

УДК 631.363.2
МРНТИ 68.85.39

DOI 10.56339/2305-9397-2022-2-2-166-176

Нуралин Б.Н., доктор технических наук, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-0507-5445>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, bnuralin@mail.ru

Джаналиев Е.М., кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Костюченко Н.В., доктор технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-7657-3663>

НАО «Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина», г. Нур-Султан, пр. Женис 62, 010000, Казахстан, Kostyuchenkov_NV@mail.ru

Нуралин А. Ж., старший преподаватель, <https://orcid.org/0000-0001-5048-0485>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, nuralin.76@mail.ru

Nuralin B.N., Doctor of Technical Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-0507-5445>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, bnuralin@mail.ru

Janaliyev Y.M., Candidate of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Kostyuchenkov N.K., Doctor of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-7657-3663>

NAO «Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin», Nur-Sultan, ave. Zhenis 62, 010000, Kazakhstan, Kostyuchenkov_NV@mail.ru

Nuralin A.Zh., senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0001-5048-0485>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nuralin.76@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИМЕСИ НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ ОТ ИНОРОДНЫХ ТЕЛ INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE IMPURITY ON THE PROCESS OF CLEANING STEM FEEDS FROM FOREIGN BODIES

Аннотация

В статье раскрываются роль грубых стебельных кормов в скормливание крупного рогатого скота и основные проблемы их очистки от инородных примесей при приготовлении. Выявлены причины выхода из строя измельчителей или всей кормоприготовительной линии, нарушения графика кормления, сокращения привеса и надоя животных. Определены требования, предъявляемые к сепарирующим устройствам, и обоснована рациональная конструктивно-технологическая схема сепарирующего устройства с выбором основного объекта исследований – технологический процесс очистки грубых стебельных кормов от инородных твердых примесей пневмомеханическим сепарирующим устройством, новизна которого подтверждена патент на изобретение Республики Казахстан. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований технологического процесса сепарирующего устройства, получены выражения для расчета его основных конструктивно - технологических и режимных параметров. Изучены и установлены степень влияния технологических свойств и параметров примеси на скорость их витания, что позволяет устанавливать интервалы изменения скорости воздушного потока и расхода воздуха в

сепарирующем устройстве для качественной очистки грубых стебельных кормов от инородных примесей при наименьших энергозатратах.

ANNOTATION

The article reveals the role of coarse stem feeds in feeding cattle and the main problems of their purification from foreign impurities during cooking. The reasons for the failure of shredders or the entire feed preparation line, violations of the feeding schedule, reduction of weight gain and milk yield of animals have been identified. The requirements for separating devices are determined, and a rational design and technological scheme of the separating device is substantiated with the choice of the main object of research – the technological process of cleaning coarse stem feeds from foreign solid impurities by a pneumomechanical separating device, the novelty of which is confirmed by the patent for the invention of the Republic of Kazakhstan. The results of theoretical and experimental studies of the technological process of the separating device are presented, expressions are obtained for calculating its basic design, technological and operating parameters. The degree of influence of the technological properties and parameters of the impurity on the speed of their soaring has been studied and established, which makes it possible to set the intervals of change in the air flow velocity and air flow in the separating device for high-quality cleaning of coarse stem feeds from foreign impurities at the lowest energy consumption.

Ключевые слова: *Грубые стебельные корма, инородные твердые примеси, сепарирующее устройство, эксцентриковый вал, конфузор, процесс очистки, измельчитель-смеситель.*

Key words: *Coarse stalk, foreign solids, separating device, eccentric shaft, confuser, cleaning process, chopper-mixer.*

Введение. Животноводство – важнейшая отрасль сельскохозяйственного производства, поставляющая населению ценнейшие продукты питания, промышленности – необходимое сырье, а растениеводству – органические удобрения. Удельный вес продукции животноводства составляет около половины всей валовой продукции сельского хозяйства, а в районах интенсивного животноводства – более 60 %.

Увеличение производства животноводческой продукции невозможно без создания прочной кормовой базы. Особая роль при этом отводится приготовлению кормов, улучшению качества, рациональному использованию и сокращению их потерь.

В связи с дороговизной концентрированных кормов в рационе крупного рогатого скота сохраняется значительная доля грубых стебельных кормов, которые являются важным источником клетчатки, физиологически необходимой для жвачных животных.

Основной операцией при подготовке грубых стебельных кормов к скармливанию является измельчение, поэтому важная роль в кормоприготовительных операциях отводится кормоизмельчительным и смесительным машинам, которые применяются для получения сбалансированных кормосмесей [1-3].

Процесс измельчения осложняется тем, что вместе с грубыми стебельными кормами в рабочую камеру измельчителей попадают инородные твердые примеси, вследствие чего их режущие органы быстро повреждаются, увеличиваются затраты на приобретение запасных частей и ремонт. Это приводит к выходу из строя измельчителей или к длительной остановке всей кормоприготовительной линии, к нарушению графика кормления, к сокращению привеса и надоя животных. Иногда заостренные мелкие инородные твердые примеси, попадая вместе с кормами в органы пищеварения животных, вызывают у них травматические заболевания, и даже гибель. Хозяйства несут от этого ощутимые экономические потери.

В связи с созданием многоукладной сельскохозяйственной экономики и переходом на новые формы организации труда данные проблемы особую актуальность приобретает в развитии малых ферм с низким уровнем механизации. На этих фермах наименее механизированы процессы кормоприготовления, из-за чего возрастает доля ручного труда, сокращается прирост продукции, высок кормовой травматизм, низка эффективность производства.

Материалы и методы исследований. В кормлении крупного рогатого скота широко используются грубые стебельные корма, в частности, солома, которые богаты клетчатками. При кормлении высококалорийными концентрированными кормами, содержащими недостаточное количество клетчатки, нарушается работа пищеварительных органов животных, что приводит к потере массы, ухудшению внешнего вида и снижению иммунитета [4].

Для переваримости и усвояемости питательных веществ кормов широкое распространение приобретает использование в рационах животных кормовых смесей, состоящих из всех видов кормов, имеющихся в хозяйстве [5, 6]. Научными исследованиями доказано, что при оптимальном соотношении кормов фактическая питательность смеси оказывается на 15...30 % выше расчетной, получаемой от простого суммирования питательности каждого корма, а расход кормов на единицу продукции снижается на 15...20 % [7].

В процессе уборки, хранения, транспортировки и погрузки в грубые стебельные корма попадают различные инородные твердые примеси: металлические предметы (болты, гайки, сегменты), камни различной формы и размеров, а также очень крупных, тяжелых предметов (лемеха, пальцы гусениц, пальцы соединений). При подготовке кормов к скармливанию из-за их засоренности инородными твердыми примесями происходят всевозможные поломки рабочих органов машин, в особенности измельчителей - смесителей.

Отказы машин и оборудования кормоцехов приводят к снижению качества подготовки кормов, к срыву распорядка кормления и, как следствие, к снижению продуктивности животных (таблица 1).

Таблица 1 – Потери молока у коров в зависимости от времени простоя кормоприготовительных линий

Длительность простоя (мин.)	Потери молока					
	Ферма на 300 коров		Ферма на 600 коров		Ферма на 900 коров	
	кг	%	кг	%	кг	%
20	54,5	2,40	89,0	2,74	107,5	2,38
40	165,5	7,29	201,4	6,19	293,5	6,52
60	290,5	12,79	308,9	9,66	425,5	9,46
80	456,5	18,64	467,8	13,55	568,5	13,48
100	600,2	26,52	615,8	18,95	729,5	16,21

Кроме того, твердые инородные примеси, встречаясь с вращающимися ножами измельчителей, нередко вылетают за пределы рабочей камеры, что снижает безопасность работы обслуживающего персонала.

Исследования, проведенные в крестьянских хозяйствах Западно-Казахстанской области, показали, что число поломок кормоприготовительных машин от попадания в рабочие органы инородных твердых примесей составляют 42%, от конструктивных недоработок - 22%, и от неправильной эксплуатации и несвоевременного технического обслуживания машин - 28%. Остальные причины составляют 8 %.

Ущерб, наносимый хозяйствам содержащимися в грубых стебельных кормах инородными твердыми примесями, не ограничивается только простоями машин и их ремонтом. Также очень широк кормовой травматизм у животных от содержащихся в кормах мелких заостренных твердых предметов (кусочки проволоки, гвозди, стекло и др.) [8].

После сравнения преимуществ и недостатков вышеприведенных устройств, а также физико-механических свойств разделяемых компонентов, разработано устройство (рисунок 1, а) для отделения инородных твердых примесей от грубых стебельных кормов, новизна которого подтверждается патентом на изобретение Республики Казахстан [17].

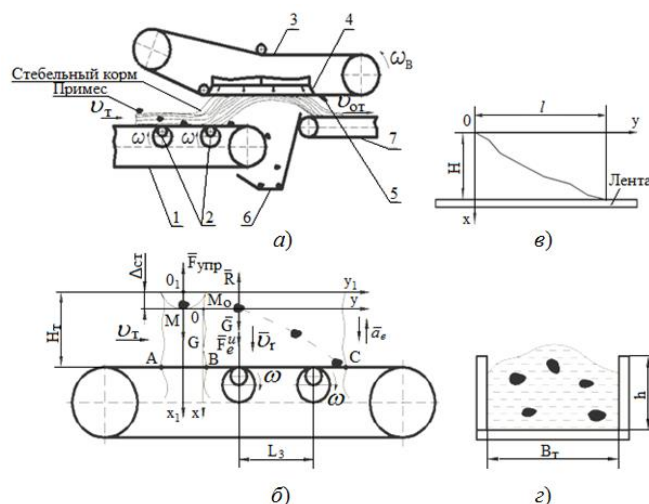


Рисунок 1 – а) конструктивно-технологическая схема сепарирующего устройства; б) схема сил, действующих на примесь в слое соломы; в) график вертикального движения примеси; г) поперечное сечение смеси соломы и примеси до воздействия эксцентриков
1–загрузочный транспортер; 2 – эксцентриковые валики; 3 – съемник;
4 – конфузор вентилятора; 5–скребок; 6–емкость для сбора примесей;
7– отводящий транспортер.

Для отделения инородных твердых примесей от сельскохозяйственных материалов существует множество устройств различных конструкций [9-16]. Отечественными учеными разработаны кормоочистительные машины, предназначенные для очистки грубых стебельных кормов от инородных твердых примесей в кормоприготовительных линиях.

Применяемые в практике сепарирующие устройства целесообразно классифицировать по следующим признакам: по способу сепарации, по применяемым физико-механическим свойствам разделяемых компонентов, по характеру действия рабочего органа, по его типу и конструкции.

Анализ существующих конструкций сепарирующих устройств показывает, что в настоящее время мало эффективных средств очистки кормов, которые могли бы отделять от кормов всевозможные инородные примеси. Кроме того, применяемые сепарирующие устройства не универсальны по отношению к очищаемым кормам.

Изучение физико-механических свойств разделяемых компонентов показывает, что для очистки стебельных кормов от инородных твердых примесей наиболее эффективными являются устройства, в которых процесс сепарации происходит в результате пневмомеханического воздействия на разделяемые компоненты.

В процессе работы сепарирующего устройства разделяемые компоненты транспортером подаются к местам воздействия на ленту эксцентриковых валиков, где они от вибрации встряхиваются и расслаиваются. При этом стебельный корм, попадая в зону действия всасывающего воздушного потока, притягивается к перфорированной ленте съемника за счёт большей парусности. По мере движения ленты стебельный корм транспортируется в емкость для сбора примесей и поступает на отводящий транспортер. Застывший на перфорированной ленте корм снимается скребком. Инородные твердые примеси после прохождения зоны воздействия эксцентриковых валиков падают на поверхность ленты загрузочного транспортера и перемещаются в емкость для сбора примесей.

Таким образом, для выделения инородных твердых примесей из связанных материалов, какими являются стебельные корма, наиболее эффективными являются сепараторы с рабочими органами в виде воздушного потока. В сепараторах такого типа для отделения инородных примесей от стебельных кормов используют различие совокупности физико-механических свойств. Такой подход дает возможность добиться более качественной сепарации механическими устройствами и ожидать их развитие в направлении использования возможно большего числа комбинаций отличительных свойств разделяемых компонентов.

Для изучения расслоения разделяемых компонентов после воздействия эксцентриковых валиков рассмотрим движения примеси в слое соломы. Ленту загрузочного транспортера условно разделим на два участка: AB – без эксцентриковых валиков и BC – с эксцентриковыми валиками (рисунок 1, б) [18].

Если не учитывать объем твердых примеси, содержащейся в ворохе, то высоту слоя материала, поступающего на загрузочный транспортер, можно определить по формуле:

$$H_T = \frac{(1-\beta)Q}{B_T \rho_c v_T}, \quad (1)$$

где β – коэффициент относительного содержания примесей в исходном материале; Q – подача исходного материала на ленту загрузочного транспортера, кг/с; B_T – ширина ленты загрузочного транспортера, м; ρ_c – плотность соломы, кг/м³; v_T – скорость ленты загрузочного транспортера, м/с.

Уравнение относительного движения примеси в вибрирующем слое соломы имеет вид:

$$x = \left(-\frac{g}{4n^2} + \frac{Ap}{2n} \right) + \left(\frac{g}{4n^2} - \frac{Ap^3}{2n(p^2 + 4n^2)} \right) \exp(-2nt) + \frac{gt}{2n} + \frac{Ap}{\sqrt{p^2 + 4n^2}} \sin(pt - \beta), \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; n – коэффициент, определяющий «вязкость» вороха соломы при вибрациях; A – амплитуда колебаний, связанная с геометрическими параметрами эксцентриковых валиков, м; p – круговая частота колебаний, равная угловой скорости вращения эксцентриковых валиков, рад/с; β – неизвестный сдвиг эксцентриковых валиков по фазе, рад.

Первое слагаемое уравнения является постоянной величиной, второе слагаемое убывает по экспоненциальному закону, третье слагаемое является линейной функцией времени, четвертое слагаемое – гармоническая составляющая.

График вертикального движения примеси имеет вид, показанный на рисунке 1, в.

Средняя скорость вертикального движения примеси

$$v_{cp} = \frac{H}{t}. \quad (3)$$

где H – вертикальное перемещение примеси, м; t – время, с.

Для разделения компонентов в воздушном потоке над зоной BC ленты нижнего транспортера установлен конфузор вентилятора, который создает всасывающий воздушный поток [19].

Предполагая, что воздух движется равномерно вертикально вверх со скоростью v_v , принимаем коэффициент парусности примесей $k_{pm} = 0,008 \text{ м}^{-1}$, а коэффициент парусности соломы $k_{nc} = 0,044 \dots 0,065 \text{ м}^{-1}$. Таким образом, примеси создают препятствие для поднятия соломы вверх воздушным потоком. Для изучения движения разделяемых компонентов будем рассматривать самый неблагоприятный случай, когда до входа в зону BC все примеси лежат на поверхности соломы, и каждая примесь M_1, M_2 , придавливает свой участок I, II , в нижележащем слое соломы. При пересечении участка BD примесь начинает двигаться вниз относительно слоя соломы вследствие вибрации, создаваемой эксцентриками. При этом часть вороха S , лежащая выше примеси, подхватывается воздушным потоком и движется в сторону вентилятора. Нижележащая часть вороха остается придавленной примесью.

Скорость витания соломы v_{vc} составляет от 8 до 16 м/с [20]. Поэтому скорость воздушного потока v_v принимается равной 18 м/с, чтобы обеспечить движение соломы вверх. Скорость витания примесей v_{vp} составляет около 35 м/с, что примерно в два раза больше принятой скорости воздуха. Таким образом, на примесь со стороны воздуха действует сила воздействия воздушного потока:

$$R_n = 0,25 \cdot mg \quad (4)$$

Обоснование конструктивно-режимных параметров сепарирующего устройства производим, принимая скорость ленты для транспортирования соломы в пределах 0,4... 0,8 м/с.

Ширину ленты определяем из выражения:

$$B_T = \sqrt{\frac{Q}{k_{\text{пр}} \cdot \rho \cdot v_T}}, \quad (5)$$

где Q – подача исходного материала на ленту загрузочного транспортера, кг/с; ρ – плотность материала, кг/м³; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент производительности, зависящий от формы поперечного сечения грузового потока. Для формы поперечного сечения, показанной на рисунке 1, z , коэффициент $k_{\text{пр}} = 0,078$.

Высота борта загрузочного транспортера равна

$$h_o = k_1 \cdot B_T, \quad (6)$$

где $k_1 = 0,1-0,15$ – коэффициент, учитывающий соотношения высоты борта и ширины ленты транспортера.

Длину L_k участка BC ленты транспортера, на котором расположены эксцентрики (рис. 4), выберем из условия, когда примесь M находится наверху слоя соломы на высоте H от ленты:

$$H = H_T - \Delta_{cm}, \quad (7)$$

где H_T – толщина слоя исходного материала на загрузочном транспортере, м; Δ_{cm} – статическая деформация слоя, м.

При воздействии эксцентриковых валиков примесь будет опускаться вниз со средней скоростью:

$$v_{\text{ср}} = \left(1 - \frac{v_B^2}{v_{\text{вп}}^2}\right) \frac{g}{2n}. \quad (8)$$

Среднее время вертикального перемещения примеси будет равно:

$$t_{\text{ср}} = \frac{H}{v_{\text{ср}}} = \frac{2n(H_T - \Delta_{cm})}{(1 - v_B^2 / v_{\text{вп}}^2)g}. \quad (9)$$

Тогда длина участка BC должна удовлетворять неравенству:

$$L_k \geq v_T \cdot t_{\text{ср}} = \frac{2n \cdot (H_T - \Delta_{cm})v_T}{(1 - v_B^2 / v_{\text{вп}}^2)g}. \quad (10)$$

Исходя из конструктивных соображений, для встряхивания слоя соломы с твердыми примесями выбираем количество эксцентриковых валов, равное 2. Это объясняется тем, что если не произойдет встряхивания примесей первым эксцентриком, то этот процесс должен осуществляться с помощью второго эксцентрика. Тогда вероятность встряхивания каждым эксцентриком равна 0.5. Если примесь имеет большую длину и расположена вдоль подающего транспортера в слое соломы, то она может встряхиваться сразу двумя эксцентриками. Исходя из этого, определяется крайние точки участка ленты, где должны расположиться эксцентриковые валики.

Выбор геометрических параметров эксцентрикового валика осуществляется из условия, что помимо горизонтального движения со скоростью v_T лента загрузочного транспортера на участке BC должна совершать вертикальные гармонические колебания с амплитудой A , равной удвоенному эксцентриситету e валика и круговой частотой p . Оси вращения эксцентриковых валиков расположены на одном уровне, имеют одинаковую форму, и лента на участке BC находится в натянутом состоянии. Участок ленты, взаимодействующий с эксцентриковыми валиками, представлен в рисунке 1, a .

Полагая, что радиус большой окружности эксцентрикового вала для ленты, равен:

$$R = A \quad (11)$$

определяется высота расположения конфузора над загрузочным транспортером:

$$H_{\text{вер}} = H_T + H_{\text{вых}} \quad (12)$$

Результаты и их обсуждение. Для проверки теоретических предпосылок и математических моделей по расслоению примеси проведены экспериментальные исследования на разработанной лабораторной сепарирующей установке (рисунок 2).

Конфузор имеет возможность перемещаться в вертикальном направлении. Угол наклона воздушного потока β при проведении опытов составлял 90° , что позволил исследовать высоту захвата соломы при расположении его перпендикулярно воздушному потоку. Перед каждым опытом предварительно с помощью дроссельной заслонки устанавливали скорость

воздушного потока, при которой солома притягивалась к перфорированной ленте. Ее брали с разным коэффициентом перфорации (*а. k = 0,2; б. k = 0,4; в. k = 0,6*).

Подача стебельного вороха увеличивалась за счет увеличения толщины слоя корма на загрузочном транспортере. Угол наклона воздушного потока к горизонту изменялся в пределах от 30° до 90° с помощью изменения направления сопла конфузора. Масса тела инородных примесей варьировалась в пределах от 5 гр. до 15 кг.

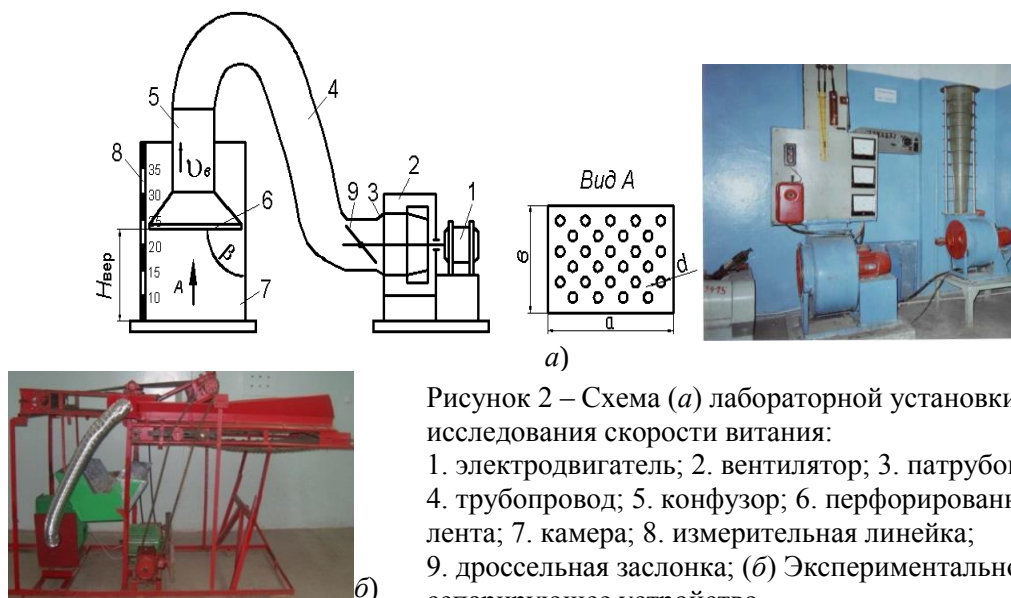


Рисунок 2 – Схема (а) лабораторной установки для исследования скорости витания:

1. электродвигатель; 2. вентилятор; 3. патрубок; 4. трубопровод; 5. конфузор; 6. перфорированная лента; 7. камера; 8. измерительная линейка; 9. дроссельная заслонка; (б) Экспериментальное сепарирующее устройство.

Угол ввода стебельного потока в воздушный поток оставался постоянным $\alpha=270^{\circ}$. Скорость ввода частиц стебельного вороха изменялся в пределах $0,4-0,8$ м/с. Выделенные инородные твердые примеси собирались в емкости для сбора примесей, после чего подсчитывалось количество выделенных примесей в отходах. Измерение скорости воздушного потока в конфузоре производилось крыльчатым анемометром АК-6370, защищенным от внешних вибрационных воздействий. Скорость воздушного потока изменяли в пределах $15,66...23,66$ м/с [21].

Согласно данным исследований, в стебельных кормах чаще встречаются металлические примеси, камни, лед. Изредка корм загрязняется стеклом, изделиями из резины и пластмассы, примесями растительного содержания. В процентном соотношении это выглядит так: металл – 65 %, камни и комки почвы – 20 %, лед – 3 %, прочие примеси (стекло, пластмасса, резина и др.) – 12 %. Примеси, которые в кормах встречаются очень редко (кости и прочие примеси), во внимание не брали.

Исследование скорости витания проводились при расположении материала перпендикулярно воздушному потоку для различных видов кормов при изменении их влажности и размеров частиц (рисунок 3).

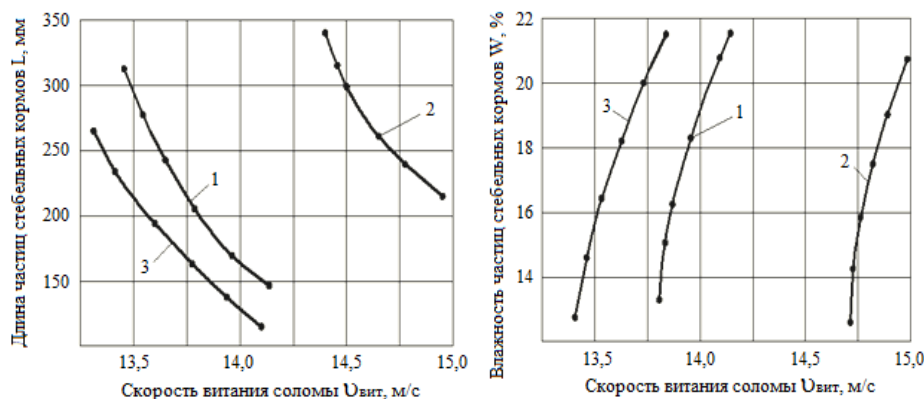


Рисунок 3 – Влияние длины и влажности частиц стебельных кормов на скорость витания: 1 – яровая пшеница; 2 – озимая пшеница; 3 – ячмень

Исследования по определению физико-механических свойств примесей включали в себя определение размеров сепарируемых частиц, их влажности, плотности, коэффициента трения, скорости витания частиц [22].

Для определения аэродинамических свойств разделяемых компонентов исследованию подвергались частицы грубых стебельных кормов различных видов, определенного размера и влажности, а также мелкие твердые инородные примеси, которые находятся в связанных частицах стебельных кормов. Опыты по определению скорости витания проводились для стебельных кормов (для соломы ячменя, яровой и озимой пшеницы) длиной до 400 мм.

Для этого брались частицы определенного вида корма, подлежащего измельчению, различной длины при постоянной влажности.

Для определения зависимости скорости витания от влажности брали частицы примерно одинаковой длины для определенного вида корма, но различной влажности.

Исследованиями определялись верхние и нижние значения скорости витания вороха частиц стебельных кормов в зависимости от количества частиц. Для этого брались частицы примерно одинаковой длины и влажности для каждого вида корма. Результаты эксперимента представлены на рисунке 4.

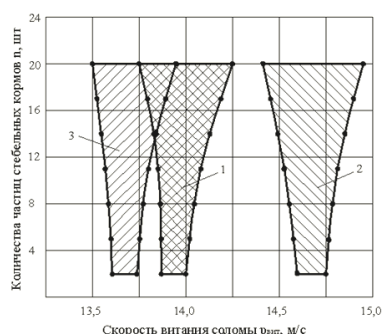


Рисунок 4 – Влияние количества частиц стебельных кормов на скорость витания: 1 – яровой пшеницы; 2 – озимой пшеницы; 3 – ячменной

При определении скорости витания вороха частиц стебельного корма установлено, что с увеличением количества вороха стеблей скорость витания уменьшается, а разброс верхнего и нижнего ее значения становится большим. Очевидно, для группы стеблей коэффициент сопротивления становится большим и приближается к коэффициенту сопротивления пластины, но после отрыва наиболее легкого стебля условия обтекания изменяются, коэффициент сопротивления уменьшается и последние стебли уносятся приблизительно при той же скорости, что отдельные частицы.

Из проведенного опыта видно, что с уменьшением длины стеблей и возрастанiem их влажности скорость витания увеличивается. Поэтому распределение частиц стебельного вороха в воздушном потоке будет различным, а описание процесса пневмомеханической сепарации следует проводить с использованием нижнего и верхнего значений скорости витания.

Результаты исследований физико-механических свойств разделяемых компонентов указывают на высокие различия в их аэродинамических свойствах, что доказывает эффективность воздушной очистки грубых стебельных кормов при правильном построении технологического процесса и конструктивной схемы устройства.

Результаты исследований по определению конструктивно-технологических и режимных параметров сепарирующего устройства приведены на рисунке 5.

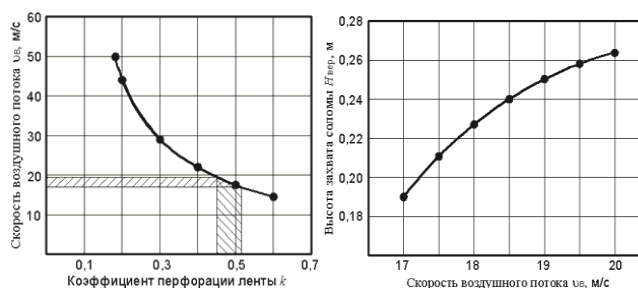


Рисунок 5 – Зависимости скорости воздушного потока от коэффициента перфорации и от высоты захвата соломы

Из графика видно, что с увеличением коэффициента перфорации k скорость воздушного потока v_v уменьшается и достигает допустимого значения из условия прочности ленты $v_v = 17,1\text{--}19,7\text{ м/с}$ при $k = 0,45\text{--}0,52$. Дальнейшее увеличение k приводит к снижению прочности ленты на разрыв. При скоростях воздушного потока $v_v = 17,1\text{--}19,7\text{ м/с}$ допустимая высота захвата соломы равна $H_{\text{зеп}} = 0,19\text{--}0,26\text{ м}$.

С целью оптимизации процесса очистки грубых стебельных кормов были проведены исследования по изучению влияния расхода воздуха Q_v на пропускную способность сепарирующего устройства. Изменение расхода воздуха производилось с помощью жалюзи воздухозаборника и определялось скоростью воздушного потока в конфузоре. При заданном расходе воздуха определялась максимальная пропускная способность устройства. Исследования проводились для соломы яровой пшеницы плотностью 40 кг/м^3 , средняя длина частиц которой находилась в пределах $220\text{--}225\text{ мм}$, с влажностью $13,4\%$. Зависимость пропускной способности от расхода воздуха показывает на правильность выдвинутых гипотез при рассмотрении технологического процесса сепараций примеси, что подтверждается сходимостью расчетных и экспериментальных данных ($93\text{--}95\%$). В расчетах коэффициент допустимой массовой концентрации стебельных кормов в воздухе γ принят равным $0,7$.

Заключение. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили установить степень влияния технологических параметров на скорости витания примесей и на величину воздушного потока, которые тесно связаны с качеством очистки и производительностью (пропускной способностью) сепарирующего устройства. Показатели работы сепарирующего устройства зависят от взаимодействия многих факторов. Тогда задача оптимизации процесса расслоения примеси, и очистки грубых стебельных кормов от твердых тел требует проведения многофакторного эксперимента с отсеиванием факторов и отысканием оптимального значения критерия оценки степени очистки от входных факторов (физико-механических свойств материалов, конструктивно-технологических и режимных параметров) методом крутого восхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Джапаров Р.Р. К вопросу повышения качества измельчения стебельных кормов / Р.Р. Джапаров // Наука и образование. – 2019. – №1 (54). – С.342-346.
- 2 Джапаров Р.Р. Кормораздатчики для выдачи кормов животным / Р.Р. Джапаров // - Наука и образование. – 2019. – №2 (55). – С.237-241.
- 3 Завражнов А.И. Араластыргыштын констрүктивті-режимді параметрлерінің оның көрсеткіштеріне әсерін зерттеу / А.И. Завражнов, С.М. Ведишев, М.К. Бралиев, А.А. Кажияхметова // Ғылым және білім. – 2021. – №2-2 (63). – Б.65-72.
- 4 Fox D.G., Tedeschi L.O., Guirouy P.J. Determining feed intake and feed efficiency of individual cattle fed in groups // Beef Improvement Federation Meet Proc., San Antonio, Texas – 2001. – P.80–98.
- 5 Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows / Vol. 95, Issue 3, March 2012, P.1472-1483 / N.A. Khan, T.A. Tewoldebrhan, R.L.G. Zom, J.W. Cone, W.H. Hendriks.
- 6 Postruminal degradation of crude protein, neutral detergent fiber and starch of maize and grass silages / Animal Feed Science and Technology, Vol. 177, Issues 3-4, 8 November 2012, P.172-179 / M. Ali, J.W. Cone, G. van Duinkerken, M.R. Weisbjerg, W.H. Hendriks.
- 7 Миронова И.В. Усвояемость питательных веществ и энергии у коров, получавших энергетическую добавку "Фелуцен" / И.В. Миронова, В.И. Косилов, А.А. Нигматзянов, Р.Р. Сайфуллин, О.В. Сенченко, Е.Р. Чалирачманов, Е.Н. Черненко // Научный журнал фармацевтических, биологических и химических наук. – 2018. – Том 9. – № 6. – С.18–25.
- 8 Джаналиев Е.М. Повышение эффективности очистки грубых стебельных кормов от инородных твердых примесей путем совершенствования сепарирующего устройства: дис... канд. тех. наук: 05.20.01: защищена 26.02.2010: утв. 04.06.2010 / Джаналиев Ернзар Максutowич. – Саратов, 2010. – 181 с. – Библиогр.: С. 142-156.
- 9 Nuralin B. Constructive-regime parameters of rotor-brush cleaner for tuberous roots dry cleaning / B.Nuralin, A.Bakushev, Y.Janaliev, M.Dussenov, Z.Kubasheva, N.Omarova, V. Zakharov // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2018, 40(2), 113.
- 10 Modern Feed-Processing Equipment for Small Farming in The Agricultural Business / N.G. Vozhdaeva, I. V. Volkov, N.N. Kuchin, O.A. Kirpicheva, N. Pushkarenko, A.V. Stepanov // Education excellence and innovation management: a 2025 vision to sustain economic development during global challenges: 35th International-Business-Information-Management-Association Conference (IBIMA). – 2020. – P.14953-14964.

- 11 Borotov A. N. Parameters and operation process of supplier rollers of the feed chopper device / A.N. Borotov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 868 (1).
- 12 Study on preparation and distribution of forage by chopping coarse fodder/ K.D. Astanakulov, S. Gapparov, F.Karshiev, A. Makhsumkhonova, D. Khudaynazarov//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – 614 (1).
- 13 Tumanova M.I. Theoretical and experimental aspects of studying the disc working body of the feed chopper/Tumanova M. I., Kotelevskaya E.A.//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 839 (4).
- 14 Parameter optimization of cutting force in corn stalk chopping / V. Van Dam, N. H. Cong, N. Q. Tuan, N. Q. Huy, N. T. Toan // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – 9 (3). – P.655-664.
- 15 Design and test of stalk chopping and conveying device for corn combine reaping both stalk and spike / Y. Zhang, P. Diao, R. Du, L. Liu, J. Zhang // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 47. -2016. – P.208-214.
- 16 Дусенов М.К. Исследование процесса очистки корнеклубнеплодов роторной щеткой / М.К. Дусенов // Наука и образование. – 2020. – №1-2 (58). – С.117-120.
- 17 Патент на изобретение № 9022 Республика Казахстан, МПК6 А 01 D 75/00. Устройство для отделения инородных твердых предметов от стеблевых кормов / Р.Р. Джапаров, Н.Р. Джапаров, Е.М. Джаналиев (KZ). заявл. 03.11.98; опубл. 15.06.2000, Бюл. № 6.
- 18 Джаналиев Е.М. Определение параметров кулачкового сепарирующего устройства/ В.А. Мухин, Е.М. Джаналиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 7. – С. 13–14.
- 19 Джаналиев Е.М. Теоретическое исследование процесса очистки стебельных кормов от инородных твердых предметов под воздействием воздушного потока/А.Л. Брежнев, И.С. Шустов, Е.М. Джаналиев // Вестник СГАУ им. Н.И.Вавилова. – 2007. – № 2. – С.34–35.
- 20 Мухин В.А. Определение скорости воздушного потока пневмосепарирующего устройства ИСК-3 / В.А. Мухин // Вестник СГАУ им. Н.И.Вавилова. – 2005. – № 4. – С. 43–44.
- 21 Джаналиев Е.М. Исследование процесса сепарации во всасывающем воздушном потоке / Е.М. Джаналиев, Р. Р. Джапаров // Вестник с/х науки Казахстана. – 2006. – № 6. – С. 58–60.
- 22 Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешин, П. М. Рощин. – 2 изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – С.168 .

REFERENCES

- 1 Dzhaparov R.R. K voprosu povysheniya kachestva izmelcheniya stebel'nyh kormov/ R.R. Dzhaparov // Nauka i obrazovanie. – 2019. – №1 (54). – S.342-346.
- 2 Dzhaparov R.R. Kormorazdatchiki dlja vydachi kormov zhivotnym/R.R. Dzhaparov// - Nauka i obrazovanie. – 2019. – №2 (55). – S.237-241.
- 3 Zavrazhnov A.I. Aralastyrgyshtyn konstruktivti-rezhimdi parametrlerinin onyn korsetkishterine aserin zertteu / A.I. Zavrazhnov, S.M. Vedishhev, M.K. Braliev, A.A. Kazhijahmetova// Fylym zhane bilim. –2021. – №2-2 (63). – S.65-72.
- 4 Fox D.G., Tedeschi L.O., Guiryo P.J. Determining feed intake and feed efficiency of individual cattle fed in groups//Beef Improvement Federation Meet Proc., San Antonio, Texas – 2001. – P.80–98.
- 5 Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows / Vol. 95, Issue 3, March 2012, P.1472-1483 / N.A. Khan, T.A. Tewoldebrhan, R.L.G. Zom, J.W. Cone, W.H. Hendriks.
- 6 Postprandial degradation of crude protein, neutral detergent fiber and starch of maize and grass silages / Animal Feed Science and Technology, Vol. 177, Issues 3-4, 8 November 2012, P.172-179 / M. Ali, J.W. Cone, G. van Duinkerken, M.R. Weisbjerg, W.H. Hendriks.
- 7 Nutrient and energy digestibility in cows fed the energy supplement "Felucen"/ I.V. Mironova, V.I. Kosilov, A.A. Nigmatyanov, R.R. Saifullin, O.V. Sen-chenko, E.R. Chalirachmanov, E.N. Chernenkov //Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9. No 6. – P. 18-25.
- 8 Dzhanaliev E.M. Povyshenie effektivnosti ochistki grubyh stebel'nyh kormov ot inorodnyh tverdyh primesej putem sovershenstvovaniya separiruyushchego ustrojstva: dis... kand. tekhn. nauk: 05.20.01: zashchishchena 26.02.2010: utv. 04.06.2010 / Dzhanaliev Ernazar Maksutovich. – Saratov, 2010. – 181 s. – Bibliogr.: S. 142-156.

9 Nuralin B. Constructive-regime parameters of rotor-brush cleaner for tuberous roots dry cleaning/B.Nuralin, A.Bakushev, Y.Janaliev, M.Dussenov, Z.Kubasheva, N.Omarova, V. Zakharov// Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2018, 40(2), 113.

10 Modern Feed-Processing Equipment for Small Farming in The Agricultural Business/ N.G. Vozhdaeva, I. V. Volkov, N.N. Kuchin, O.A. Kirpicheva, N. Pushkarenko, A.V. Stepanov // Education excellence and innovation management: a 2025 vision to sustain economic development during global challenges: 35th International-Business-Information-Management-Association Conference (IBIMA). – 2020. – P.14953-14964.

11 Borotov A. N. Parameters and operation process of supplier rollers of the feed chopper device / A.N. Borotov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 868 (1).

12 Study on preparation and distribution of forage by chopping coarse fodder/ K.D. Astanakulov, S. Gapparov, F.Karshiev, A. Makhsumkhonova, D. Khudaynazarov //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – 614 (1).

13 Tumanova M.I. Theoretical and experimental aspects of studying the disc working body of the feed chopper / Tumanova M. I., Kotelevskaya E.A.// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 839 (4).

14 Parameter optimization of cutting force in corn stalk chopping /V. Van Dam, N. H. Cong, N. Q. Tuan, N. Q. Huy, N. T. Toan // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – 9 (3). – P.655-664.

15 Design and test of stalk chopping and conveying device for corn combine reaping both stalk and spike / Y. Zhang, P. Diao, R. Du, L. Liu, J. Zhang // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 47. -2016. – P.208-214.

16 Dusenov M.K. Issledovanie processa ochistki korneklubneplodov rotnoj shhetkoj / M.K. Dusenov // Nauka i obrazovanie. – 2020. – №1-2 (58). – S.117-120.

17 Patent na izobretenie № 9022 Respublika Kazahstan, MPK6 A 01 D 75/00. Ustrojstvo dlya otdeleniya inorodnyh tverdyh predmetov ot stebel'nyh kormov / R.R. Dzhaparov, N.R. Dzhaparov, E.M. Dzhanaliev (KZ). zayavl. 03.11.98; opubl. 15.06.2000, Byul. № 6.

18 Dzhanaliev E.M. Opređenje parametrov kulachkovogo separiruyushchego ustrojstva/ V.A. Muhin, E.M. Dzhanaliev // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hoz'jajstva. – 2007. – № 7. – S. 13–14.

19 Dzhanaliev E.M. Teoreticheskoe issledovanie processa ochistki stebel'nyh kormov ot inorodnyh tverdyh predmetov pod vozdejstviem vozdušnogo potoka / A.L. Brezhnev, I.S. SHustov, E.M. Dzhanaliev // Vestnik SGAU im. N.I.Vavilova. – 2007. – № 2. – S.34–35.

20 Muhin V.A. Opređenje skorosti vozdušnogo potoka pnevmosepariruyushchego ustrojstva ISK-3 / V.A. Muhin // Vestnik SGAU im. N.I.Vavilova. – 2005. – № 4. – S. 43–44.

21 Dzhanaliev E.M. Issledovanie processa separacii vo vsasyvayushchem vozdušnom potoke / E. M. Dzhanaliev, R. R. Dzhaparov // Vestnik s/h nauki Kazahstana. – 2006. – № 6. – S. 58–60.

22 Mel'nikov S.V. Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skohozyajstvennyh processov / S. V. Mel'nikov, V. R. Aleshin, P. M. Roshchin. – 2 izd., pererab. i dop. – L.: Kolos, 1980. – S.168 .

ТҮЙІН

Мақалада ірі қара малды азықтандырудағы ірі сабақты жемшөптердің рөлі және оларды дайындау кезінде бөгде қатты қоспалардан тазартудың негізгі мәселелері көрсетілген. Ұсақтағыштардың немесе барлық азық дайындау желісінің істен шығу себептері, азықтандыру кестесінің бұзылуы, жануарлардың салмағы мен сүтінің азаюы анықталды. Сепаратор құрылғыларына қойылатын талаптар айқындалды және негізгі зерттеу объектісін - ірі сабақты жемшөптерді пневмомеханикалық сепаратор құрылғысымен бөгде қатты қоспалардан тазартудың технологиялық процесін таңдай отырып, сепаратор құрылғысының тиімді конструктивтік-технологиялық схемасы негізделді, оның жаңалығы Қазақстан Республикасының өнертабысына патентпен расталды. Сепаратор құрылғысының технологиялық процесінің теориялық және эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері ұсынылған, оның негізгі құрылымдық-технологиялық және режимдік параметрлерін есептеу үшін өрнектер алынған. Қатты бөгде қоспалардың технологиялық қасиеттері мен параметрлерінің олардың айналу жылдамдығына әсер ету дәрежесі зерттеліп, белгіленді, бұл ең аз энергия жұмсай отырып ірі сабақты жемшөптерді қатты бөгде қоспалардан сапалы тазарту үшін сепаратордағы ауа ағынының жылдамдығы мен ауа ағынының өзгеру аралықтарын белгілеуге мүмкіндік береді.