

## МОДУЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕЧЕБНЫХ КОМБИКОРМОВ И ПРЕМИКСОВ В ХОЗЯЙСТВАХ

В.И. Сыроватка, О.Н. Дидманидзе, Е.П. Парлюк, А.Д. Обухов, Н.В. Жданова

**Реферат.** В работе представлены результаты исследований по оптимизации машинной технологии и рационального конструктивного исполнения модульных установок фракционного измельчения зерновых компонентов и шарового смесителя. Заданный фракционный состав помола (степень измельчения) обеспечивается оригинальной конструкцией молотковой дробилки с вертикальным цилиндрическим сменным перфорированным решетом с перфорацией 4;5;6 мм (вместо 2 и 3 мм, как в применяемых дробилках) через которые частицы помола по мере их образования свободно транспортируются воздушным потоком из дробилки через циклон на тканое сито решетного стана, где помол разделяется на проходную – заданную фракцию и не проходную – сход – крупная часть, которая составляет 10...15 % и по скатной доске направляется в дробилку на повторное измельчение. При этом достигается помол заданной фракции, многократно сокращается наличие мучной пыли, исключаются затраты энергии на ее образование. Установка фракционного измельчения обеспечивает модуль помола 1,8 против 2,4 на применяемых дробилках, снижение удельных затрат энергии в 1,8...2,7 раза, а эксплуатационные расходы снижаются на 29 %. Модульность установок производительностью 2,0; 4,0 и 6,0 т/ч заключается в конструктивной взаимозаменяемости. Принимается за базовую установка производительностью 4,0 т/ч, а в остальных заменяются только мощность электродвигателя для привода дробилки и небольшие конструктивные изменения дробильной камеры. В комплекте модульных установок не имеется габаритного и металлоемкого смесителя. Повышение однородности смеси обеспечивается многократным смешиванием. Предложен шаровой измельчитель-смеситель, который обеспечивает высокую степень однородности смеси (95...98 %) за счет одновременного конвективного и диффузионного способов смешивания. Представлены формулы расчета производительности установки с учетом суточной потребности и потерь времени на устранение неполадок, настройку и технический уход.

**Ключевые слова:** модульная установка, шаровой смеситель, сферический экран, фракционный состав помола, конвективное и диффузионное смешивание.

**Введение.** Комбикорма составляют основу рациона животных и птицы: в свиноводстве и птицеводстве они занимают 95...100%, а в молочном скотоводстве – 30...45%. От потребляемого количества и качества комбикормов зависят объемы производства, качество и себестоимость полученной продукции.

Целью данной работы является предложить животноводческим и птицеводческим хозяйствам и комплексам оптимальную машинную технологию и рациональное оборудование для производства комбикормов и премиксов непосредственно в хозяйствах из фуражного зерна собственного производства и покупных лечебных препаратов, витаминных и минеральных добавок, что позволит исключить транспортные перевозки зерна из хозяйств на комбикормовые заводы, а комбикормов обратно в хозяйства; надежно обеспечить животных и птиц свежими качественными комбикормами и премиксами, на 20...25% снизить себестоимость комбикормов собственного производства.

Для реализации поставленной цели необходимо обосновать оптимальную технологию и рациональную конструкцию машин в модульном исполнении производительностью от 2 до 6 т/ч, обеспечивающих равномерный заданный крупности помол зерновых компонентов, высокую степень однородности смеси комбикормов и премиксов, снижение энергоемкости и металлоемкости оборудования в 1,5...2,0 раза.

**Условия, материалы и методы.** Мировое производство комбикормов с каждым годом возрастает, повышается их кормовая ценность за счет применения сои, гороха, рапса, травяной и рыбной муки, морских водорослей, микроэлементов и других высокоэффективных ингредиентов и премиксов.

Это обусловлено тем, что домашние комбикорма на 20...25 % дешевле заводских. При этом исключаются большие затраты на перевозки зерна на комбикормовые заводы, а комбикормов обратно в хозяйства, а также перемены в доставке транспортных грузов из-за аномальных погодных и дорожных условий. Специального оборудования для производства комбикормов и премиксов в хозяйствах в настоящее время в нашей стране не производится.

Практика производства продукции животноводства и птицеводства в последние годы показала, что в условиях рыночной экономики хозяйства, не имеющие достаточно посевных площадей и угодий для производства гарантированной кормовой базы, а корма составляют 65...70 % в себестоимости продукции, не рентабельны и обанкротились.

Важно и то, что специалисты хозяйств в случае производства комбикормов на ферме или комплексе имеют возможность по необходимости менять рецептуру комбикормов и своевременно вводить нужные витаминные, минеральные добавки и лечебные препараты.

Крупные комплексы и холдинги с потре-

Таблица 1. Мировое производство комбикормов за 2019 год [2]

Страна	Объем производства, млн. т
Китай	187,89
США	177,9
Россия	40,5
Индия	39
Испания	34,8
Япония	25,3
Германия	25

ностью комбикормов 60...100 и более т/сутки обеспечиваются комбикормами от собственных комбикормовых заводов или частных, расположенных в той же местности, а средние предприятия: к ним относятся все молочные фермы, свинофермы на 6,0...12 и 25 тыс. голов, и птицефабрики 0,5...1,0 млн кур-несушек или бройлеров, удаленных от промышленных центров, производят комбикорма или кормовые смеси из фуражного зерна собственного производства и покупных лечебных, витаминных и минеральных добавок. При этом необходимо обеспечить равномерный помол зерновых, заданную однородность смеси, производить и регулярно скармливать лечебные корма, поддерживать хорошее состояние и продуктивность поголовья [4].

Наличие мелкой фракции (мучной пыли) в комбикормах вредно для животных и обслуживающего персонала [5]. Для каждого вида и возраста животных и птицы фракционный состав смеси должен быть оптимальным, а содержание мучной пыли и крупных частиц не должно превышать допустимых норм [6].

Скопление поголовья затрудняет выявление и лечение больных особей. Поэтому реализуется способ крупно-группового скармливания лечебных премиксов и комбикормов. Техника для их приготовления снижает затраты труда, повышает эффективность профилактических и лечебных мер, защищает обслуживающий персонал от поражения. При этом требуется однородность смеси 95...98 %, а однородность смеси ингредиентов комбикормов на применяемых смесителях составляет только 85...90 %. Трудности в повышении однородности смеси лечебных комбикормов усугубляются ничтожной долей микроэлементов: 50...450 г/т комбикормов, их плотность в 3...6 раз выше наполнителя, а размеры частиц 30...300 микрон (табл. 2).

Микроэлементы в основном представляют окиси тяжелых металлов (табл. 1). С увеличением плотности, размеров частиц, однородность смеси снижается независимо от конструкции смесителя и времени смешивания [8]. Содержание витаминов В1, В2, В6 не превышает 10 г/т. В то же время лечебные препа-

Таблица 2 – Количество, плотность и размеры частиц микроэлементов в комбикормах [7]

Компонент, носитель микроэлемента	Количество ввода в комбикорм, г/т	Плотность частиц компонента, г/см <sup>3</sup>	Размер частицы, мкм (микрон)	
			для молодняка	для взрослых
ZnSO <sub>4</sub> • 7H <sub>2</sub> O (сульфат цинка)	311,11	3,740	142	391
ZnCO <sub>3</sub> (карбонат цинка)	120,69	4,440	98	269
ZnO (оксид цинка)	96,82	5,700	84	230
CaSO <sub>4</sub> • 7H <sub>2</sub> O (сульфат кальция)	4,83	1,948	44	121
CaCO <sub>3</sub> (карбонат кальция)	2,22	4,130	26	73
CaCl <sub>2</sub> • 6H <sub>2</sub> O (хлорид кальция)	4,03	1,924	42	114
MnSO <sub>4</sub> • 5H <sub>2</sub> O (сульфат марганца)	452,49	2,950	174	479
MnCO <sub>3</sub> (карбонат марганца)	229,89	3,125	136	375
CuSO <sub>4</sub> • 5H <sub>2</sub> O (сульфат меди)	10,55	2,290	54	149
CuCO <sub>3</sub> (карбонат меди)	4,52	4,000	34	93
Kj (йодид калия)	0,93	3,140	22	60
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (метасиликат натрия)	0,44	3,070	17	47

раты, витаминные и минеральные добавки важны, так как обеспечивают до трети продуктивности животных и птицы в хозяйствах [9]. В комбикорма такие препараты вводят в составе премиксов, в которых масса наполнителей в тысячи раз больше, чем препаратов. Размеры частиц солей микроэлементов варьируют от пылевидных до крупных (1...2 мм), они обладают высокой токсичностью и способствуют биоаккумуляции, активно воздействуют на биологические процессы организма. Поэтому необходимо обеспечить мелкое их измельчение и высокий коэффициент однородности смеси премиксов и лечебных комбикормов.

**Анализ и обсуждение результатов.** Расчет производительности модульного блока. Оптимальную производительность блока для каждого хозяйства следует рассчитать. Исходным фактором расчета производительности модульного блока является потребность комбикормов в смену или сутки. При необходимости иметь запас комбикормов на выходные и праздничные дни можно работу блока использовать в две смены.

Вместимость склада сырья при каждом цехе (модуле) составляет не менее суточного запаса, что гарантирует независимость работы блока в течение суток; при расчете удобно пользоваться производственной программой на сутки [10].

Если  $N$ , т/сут. – производственная программа т, а  $T_{p.c.}$  – фонд рабочего времени часов в смену (сутки), то теоретическая производительность  $G_T$  равна:

$$G_T = \frac{N}{T_{p.c.}}, \text{ т/ч} \quad (1)$$

При определении фонда рабочего времени блока следует учитывать, что в ночное время фермы не потребляют комбикорма, склады не отпускают сырье, не работают технические службы и другие неудобства.

Действительная производительность ( $G_g$ ) больше теоретической, она равна

$$G_g = \frac{G_T}{\eta_{ис.}}, \quad (2)$$

где  $\eta_{ис.} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{T_{p.c.} - T_n}{T_{p.c.}}$  (3)

$T_n$  – сумма потерь рабочего времени суток (смены) по  $i$ -тым причинам.

Величину  $\eta_{ис.}$  – отношение времени безреборной работы установки в смену (сутки) к суммарному времени работы и простоев за тот же период  $T_{p.c.}$  называют коэффициентом использования установки. Он показывает долю времени работы модульного блока в общем фонде рабочего времени смены и характеризует уровень ее эксплуатации по надежности, регулировкам, затратам времени на переналадки и др.

Для подробного анализа коэффициента использования установки ее рассчитывают как

функцию частных безразмерных коэффициентов потерь времени по различным причинам [11, С. 206-208].

$$\eta_{ис.} = f(C_1; C_2; C_3; \dots C_{ni}) \quad (4)$$

где  $C_{ni}$  – коэффициент, учитывающий простой рабочего времени по  $i$ -той причине.

Частные коэффициенты определяются по формуле:

$$C_1 = 1 - \frac{T_{n1}}{T_{p.c.}}, \quad (5)$$

где  $C_1$  – частый коэффициент использования рабочего времени, учитывающий простой, например, по техническим неисправностям;

$T_{n1}$  – сумма потерь рабочего времени в смену (сутки) по техническим неисправностям.

$$C_2 = 1 - \frac{T_{n2}}{T_{p.c.}}, \quad (6)$$

где  $C_2$  – частный коэффициент использования рабочего времени, учитывающий простой на регулировки, а  $T_{n2}$  – соответствующие потери времени.

Аналогичным образом определяются частные коэффициенты по другим видам потерь.

Тогда на основании формулы (3) получим суммарный коэффициент потери рабочего времени по  $i$ -тым причинам:

$$\eta_{ис.} = \sum_{i=1}^{i=n} C_i, \quad (7)$$

где  $C_i$  – потери производительности по  $i$ -тым причинам, а формула (2) будет иметь вид:

$$G_g = G_T \sum_{i=1}^{i=n} C_i. \quad (8)$$

По частным коэффициентам рабочего времени рассчитывают потери производительности по каждому виду простоя. Так потери производительности по причинам технической неисправности будут равны:

$$\Delta G_{C_1} = G_T \frac{T_{n1}}{T_{p.c.}}; \quad (9)$$

Из-за простоев на регулировке:

$$\Delta G_{C_2} = G_T \frac{T_{n2}}{T_{p.c.}}$$

Анализ баланса производительности позволяет изыскать наиболее целесообразный вариант использования модульного блока, обеспечивающего минимальные потери производительности. Численные значения потерь времени определяются экспериментально или опытом. С учетом потребностей в комбикормах, изложенных выше, предложен новый способ и техника производства смесей.

Модульная установка производства фракционных смесей концентрированных кормов (рис. 1 – общий вид установки; рис. 2 – разрез рис. 1 по А-А; рис. – разрез дробилки-смесителя рисунку 2 по Б-Б) [12]).

Подробное описание конструкции устройства производства фракционных смесей кон-

центрированных кормов и способ его работы представлены в патенте [12].

Для повышения однородности смеси лечебных комбикормов и премиксов в составе модульного блока включена:

Установка смешивания лечебных препаратов, витаминных и минеральных добавок с наполнителем (рис. 4) [15].

Установка включает лабораторную мельницу 1 для приготовления первичных премиксов с устройством ввода препаратов 2, бункер для наполнителя 3 с загрузочным шлюзом 4; измельчитель-смеситель 5 для приготовления вторичных премиксов содержит шаровой корпус 6 с обтекателем 7 в верхней части, в нижней цилиндрической части сферического корпуса на раме 8 закреплен рабочий диск 9, с насечкой 16 на рабочей стороне в форме Архимедовой спирали, по центру которого проходит вал привода 10, на нем закреплена двухсторонняя лопасть 11 (рис.4, вид А), стороны лопастей, прилегающие к рабочей поверхности диска, срезаны по углом естественного откоса смеси  $\alpha = 23...31^\circ$ ; (рис.4, вид Б), между рабочим диском и двухсторонней лопастью установлены регулировочные прокладки 12; вдоль вертикальной оси шарового корпуса измельчителя-смесителя установлен

сферический экран 13 радиусом, образующей ее поверхность ( $r_{\text{экр.}}$ ), равный  $2/3$  радиуса шарового корпуса  $R_{\text{ш}}$ , ( $r_{\text{экр.}} = 2/3 R_{\text{ш}}$ ); в нижней части шарового корпуса установлен выгрузной патрубок 14 с заслонкой 15.

Работает установка смешивания лечебных препаратов, витаминных и минеральных добавок с наполнителем следующим образом.

В лабораторную мельницу 1 для приготовления первичных премиксов при открытой крышке и закрытой заслонке с устройства ввода препаратов 2 помещают лечебный премикс, а из бункера 3 добавляют наполнитель в соотношении 1:3. Включают в работу лабораторную мельницу и в течение 60 секунд совместно измельчают и смешивают компоненты. Полученный первичный премикс при открытой заслонке и работающей лабораторной мельнице через шлюз 4 выгружают в измельчитель-смеситель 5 для приготовления вторичного премикса; в него же из бункера 3 добавляют 15...20 % от установленной дозы наполнителя в лечебном комбикорме. Включают в работу вал привода 10 измельчителя-смесителя и закрепленную на нем двухстороннюю лопасть 11, сторона диска 9, прикрепленного на раме 8 срезана под углом естествен-

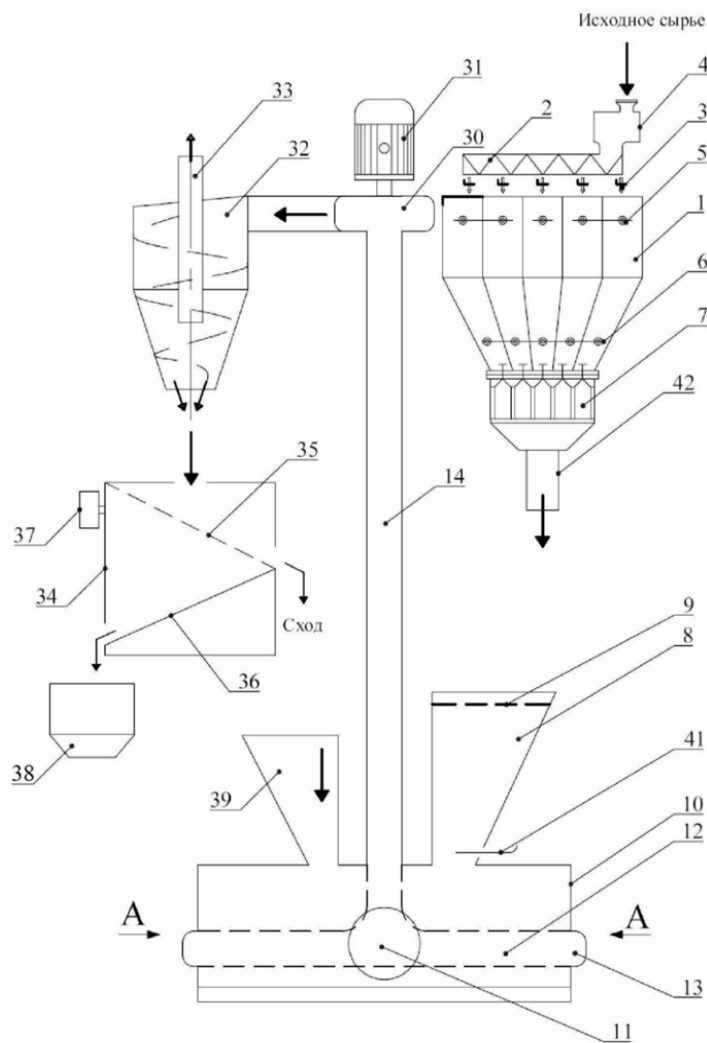


Рис. 1 – Установка производства фракционных смесей концентрированных кормов

ного откоса смеси  $\alpha = 23...31^\circ$  (рис.4, вид Б); при вращении лопасти смесь зажимается наклонной ее стороной и в зазоре 0,6...1,2 мм, который регулируется прокладками 12, между лезвием лопастей и насечкой на рабочей стороне диска в форме Архимедовой спирали зажимается под постоянным углом защемления  $\beta = 18...20^\circ$  (рис.4, вид А) и при совместном смятии компонентов происходит процесс взаимной диффузии – механическое вдавливание одного компонента в другой; двухсторонняя лопасть равномерно выбрасывает смесь измельчаемой массы с воздухом на  $360^\circ$  внутренней сферической поверхности корпуса 6 измельчителя-смесителя вторичных премиксов, создается устойчивый поток – псевдооживленный слой, в режиме повышенного давления, в котором компоненты равномерно распределяются, а обтекатель 7 через кольцевой зазор  $l$  направляет поток смеси вниз, где в объеме сферического экрана 13 с радиусом  $r_{\text{экр}}$  продолжается процесс смешивания в псевдооживленном слое в режиме пониженного давления и на его вогнутой поверхности, которая через зазор  $\delta$  направляет поток смеси к оси двухсторонней лопасти, далее в зазор между лезвиями лопастей и насечкой на рабочей стороне диска 9; вакуум в зоне вертикальной оси сферы способствует устойчивой подаче смеси на рабочие органы в зону диффузии; достигается замкнутый устойчивый процесс: одновременного измельчения путем совместного смятия компонентов, смешивания на вогнутой поверхности шара и сферического экрана, а также в их объемах в режиме псевдооживленного слоя при переменном давлении.

Таким образом, в измельчителе-смесителе установлен сферический экран 13 с окружностью образующей ее поверхность радиусом  $r_{\text{экр}}$ , равным  $2/3 R_{\text{ш}}$  – радиуса шарового корпуса ( $R_{\text{ш}}$ ) разделяет объем смесителя на зоны повышенного и пониженного давления, при этом изменяет-

ся траектория и хаотичность движения различных частиц, что способствует равномерному смешиванию компонентов, формирует материально-воздушный поток и направляет его к оси вала привода 10 в зону начала измельчения, в зазор между лезвием двухсторонней лопасти и насечкой на рабочей поверхности диска в зону совместного измельчения препаратов и наполнителя (диффузии); достигается замкнутый управляемый, устойчивый процесс смешивания.

Конвективное смешивание в псевдооживленном слое отличается высокой эффективностью, малым временем смешивания, простой конструкцией, однако при работе смесителя происходит сегрегация смеси – рассортирование компонентов по массе частиц и размерам [16]. Поэтому, для каждого типа смесителя и вида смеси необходимо экспериментально установить режим работы смесителя: соотношение компонентов, число оборотов вала смесителя, время смешивания, степень загрузки емкости смесителя и др. [17].

Диффузионное смешивание осуществляется способом взаимной диффузии компонентов при совместном смятии, в результате из двух гетерогенных (неоднородных компонентов) образуется гомогенный (однородный) продукт – вещества находятся в одном агрегатном состоянии и при последующем смешивании не разделяются. Диффузионное смешивание представляется как процесс взаимного проникновения молекул одного вещества между молекулами другого, что приводит к выравниванию их концентрации по всему занимаемому объему. При этом происходит перенос вещества с мест высокой концентрации в места низкой концентрации и наоборот. Атомы соприкасающихся материалов перемешиваются на границе соприкосновения рабочих органов. [18, 19].

Установка диска из искусственных жерновых камней, закаленного чугуна, песчаников

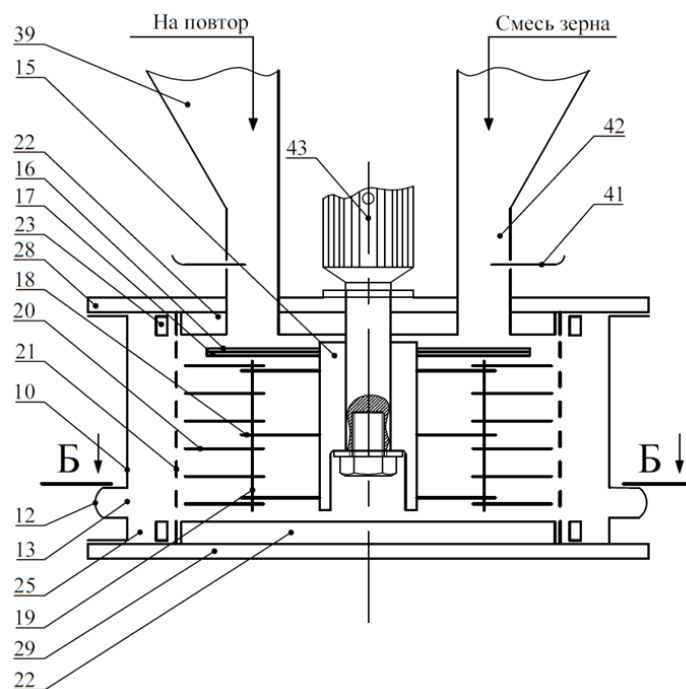


Рис. 2 – Разрез дробилки-смесителя по А-А (рис. 1)

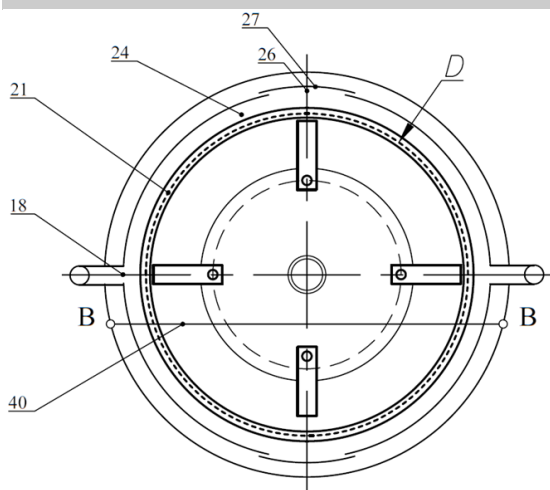


Рис. 3 – Разрез дробилки-смесителя по Б-Б (рис. 2)

или гранита и других точильных камней с высоким коэффициентом трения [20, 21] обеспечивает процесс смятия, а угол трения  $\alpha = 12...15^\circ$ , насечка на рабочей поверхности рабочего диска в форме Архимедовой спирали определена из условия сохранения постоянного угла защемления измельчаемых кусочков  $\beta = 18...20^\circ$ , по всему диаметру диска [22]. Угол трения, угол защемления и зазоры проверены экспериментально и на практике.

Особенность смешивания лечебных препаратов и витаминных термолабильных и минеральных премиксов в том, что размеры частиц солей микроэлементов, используемых в комбикормовом производстве, варьируют в широких

пределах – от пылевидных, способных витать в воздухе, до аномально крупных (1,2 мм), ограниченных лишь требованиями ГОСТ [23], что не противоречит действующим нормативным документам.

Установлено, что миграционную способность материальных частиц различной плотности в диапазоне крупности от 0,1 до 3 мм, подверженных действию воздушного потока, определяется состоянием равновесия частиц на кривой (наклонной) поверхности и зависит от скорости потока и угла наклона. На сферической поверхности создаются благоприятные условия пересекающихся траекторий движения легких и тяжелых материалов в поле действия аэродинамических, гравитационных и центробежных сил [24]. Эти принципы приняты за основу процесса смешивания предложенном способе.

**Выводы.** 1. В установке производства фракционных смесей концентрированных кормов за счет своевременного отбора заданной фракции на сепараторе из непрерывного циркулирующего потока обрабатываемой массы, а также исключения ее переизмельчения в дробильной камере на решетках с крупной перфорацией ( $\varnothing 4; 5$  и 6 мм, вместо 2 и 3 мм) достигается заданная фракция помола при увеличении производительности и снижения удельной энергоемкости в 1,5...2,0 раза, а исключение из комплекта оборудования габаритного смесителя, как отдельной машины, упрощается конструкция установки, снижается металлоемкость.

2. Процесс смешивания в смесителе со сферической камерой осуществляется одновременно способом диффузии при совместном смятии препаратов и наполнителя в зазоре 0,6...1,2 мм

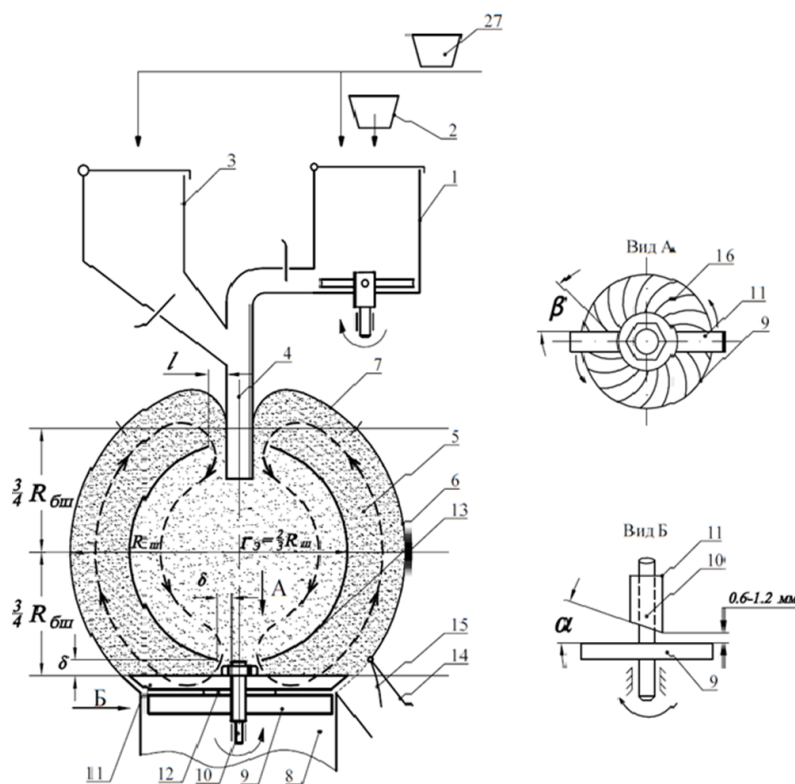


Рис. 4 – Установка смешивания лечебных препаратов, витаминных и минеральных добавок с наполнителем

между рабочей гранью лопасти срезанной под углом  $23...31^\circ$  и насечкой по Архимедовой спирали на рабочей стороне диска, и конвективным способом в режиме псевдооживленного слоя в зоне давления у внутренней поверхности сферы и в зоне вакуума вдоль вертикальной оси сферы. Сферический экран, образованный окружностью радиусом  $r_{\text{экр.}}$  равным  $2/3 R_{\text{ш}}$  разделяет объем смесителя на зону повышенного и пони-

женного давления и формирует устойчивый материально-воздушный поток в котором ингредиенты непрерывно смешиваются конвективным и диффузионным способом.

3. Себестоимость комбикормов, приготовленных на размольно-смесительной установке из зерновых собственного производства, ниже заводских на 20...25 %.

#### Литература

1. Дидманидзе О. Н., Девянин С. Н., Парлюк Е. П. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. Т. 21. № 1. С. 74-85.
2. Alltech Global Feed Survey [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alltech.com/press-release/2019-alltech-global-feed-survey-estimates-world-feed-production-increased-3-percent> (дата обращения: 31.01.2021).
3. Didmanidze O. N., Mityagin G. E., Karev A. M. The development of the automobile transport in agriculture // В сборнике: TAE 2016 – Proceedings of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. 2016. С. 138-149.
4. Животноводство. Условия труда в сельском хозяйстве и отдельных заболеваний [Электронный ресурс] // Информационный портал Охрана труда и безопасность жизнедеятельности. URL: <http://ohrana-bgd.narod.ru>.
5. Запыленность и зараженность воздуха в животноводческих помещениях [Электронный ресурс]. URL: <http://biofile.ru/bio/34941.html>.
6. ГОСТ Р 51550-2000 01.2001. Комбикорм-концентраты для свиней. Общие технические условия [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200028484>.
7. Спесивцев А. Процесс смешивания при производстве комбикормов // *Комбикорма*. 2016. № 3. С. 37-41.
8. Крюков В. С. Производство однородных комбикормов в качестве премиксов [Электронный ресурс]. URL: <https://studylib.ru/doc/2449617/proizvodstvo-odnorodnyh-kombikormov-i-kachestvo-premiksov>.
9. Афанасьев В. А. Продовольственная независимость России. М.: ООО «Технология ЦД», 2016. 598 с.
10. Волкевич Л. И. Надежность автоматических линий. М.: Машиностроение, 1969. 12 с.
11. Сыроватка В. И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. М.: ФГУП «Типография Россельхозакадемии», 2010. С. 206-208.
12. Сыроватка В. И., Жданова Н. В., Обухов А. Д., Мишуров Н. П. Способ производства фракционных смесей концентрированных кормов // Патент РФ № 2713331, 04.02.2020.
13. Чутчева Ю. В., Пуляев Н. Н., Коротких Ю. С. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства // *Техника и оборудование для села*. 2020. № 9 (279). С. 2-5.
14. Калинушкин М. П. Насосы и вентиляторы. М.: Высшая школа, 1987. С. 23-25.
15. Сыроватка В. И., Дорохов А. С., Жданова Н. В., Обухов А. Д. Способ смешивания лечебных препаратов, витаминных и минеральных добавок с наполнителем // Патент РФ № 2728320, 29.07.2020.
16. Тодесс О. М., Цитович О. Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем. Ленинград: Химия, 1981. 328 с.
17. Мухленов И. П. и др. Расчет препаратов кипящего слоя. Ленинград: Химия, 1986.
18. Сыроватка В. И., Жданова Н. В., Обухов А. Д. Способ приготовления лечебных кормов в шаровом смесителе // Патент РФ № 2737404, 30.11.2020.
19. Вебер М. Л., Виноградов М. В., Головкин Г. С. Полимерные композиционные материалы. СПб, 2008. 560 с.
20. Крагельский И. В. Коэффициенты трения. М.: МАШГИЗ, 1962. С. 8-11.
21. Мартенс Л. К. Доменное производство. Жидкий воздух // *Технические энциклопедия: в 26-ти т. М.: АО «Советская энциклопедия», 1929. Т. 7. 450 с.*
22. Горячкин В. П. Собрание сочинений. М.: Колос, 1963. Т. 1. С. 228-239.
23. ГОСТ 52356-2005 Премиксы. Номенклатура показателей [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200040454>.
24. Филиппов В. Е., Гаврильев Д. М., Лебедев И. Ф. Поведение минеральных частиц в потоке на искривленной поверхности // *Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ*. 2007. № 3. С. 368-371.

#### Сведения об авторах

Сыроватка Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Золотой медали РАН имени В. П. Горячкина, главный научный сотрудник, e-mail: [vip-zhdanova-nat-77@mail.ru](mailto:vip-zhdanova-nat-77@mail.ru)  
 ИМЖ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, поселение Рязановское, поселок Знамя Октября, Россия  
 Дидманидзе Отари Назирович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, e-mail: [didmanidze@rgau-msha.ru](mailto:didmanidze@rgau-msha.ru)  
 Парлюк Екатерина Петровна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры тракторов и автомобилей, e-mail: [kparlyuk@rgau-msha.ru](mailto:kparlyuk@rgau-msha.ru)  
 Обухов Андрей Дмитриевич – аспирант, e-mail: [ojeeva@gmail.com](mailto:ojeeva@gmail.com)  
 ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия  
 Жданова Наталья Владимировна – инженер-исследователь, e-mail: [vip-zhdanova-nat-77@mail.ru](mailto:vip-zhdanova-nat-77@mail.ru)  
 ИМЖ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, поселение Рязановское, поселок Знамя Октября, Россия

#### MODULAR PLANT FOR THE PRODUCTION OF MEDICINAL MIXED FEEDS AND PREMIXES IN FARMS

V.I. Syrovatka, O.N. Didmanidze, E.P. Parlyuk, A.D. Obukhov, N.V. Zhdanova

**Abstract.** The article presents the results of research on the optimization of machine technology and rational design of modular units for fractional grinding of grain components of the farms own production and a ball mixer that provides high uniformity of compound feeds and a mixture of premixes from medicinal preparations, vitamin and mineral additives with



filler. The specified fractional composition of the grinding (crushing ratio) is the original design of hammer mill with a vertical cylindrical interchangeable perforated sieve with perforations 4; 5; 6 mm (instead of 2 or 3 mm as used crushers) through which the particle grinding as their education freely transported by the air stream from the crusher through the cyclone to woven sieve mill, where the grinding is divided into checkpoint – specified fraction and not the checkpoint – the gathering – a large part of which is 10...15 % and pitched the Board shall be sent to the crusher for re-crushing. This results in the grinding of a given fraction, a multiple reduction in the presence of flour dust, and the elimination of energy costs for its formation. Experience has proven (23) that the fractional grinding unit provides a grinding modulus of 1,8 versus 2,4 on the crushers used, reducing the specific energy costs by 1,8...2,7 times, and operating costs are lower by 29 %. The modularity of the units with a capacity of 2,0, 4,0 and 6,0 t/h is based on the constructive interchangeability. It is taken as the basic unit with a capacity of 4,0 t/h, and in the rest, only the power of the electric motor for driving the crusher and small design changes of the crushing chamber are replaced. The set of modular installations does not have a large and metal-intensive mixer. A ball chopper-mixer is proposed, which provides a high degree of homogeneity of the mixture (95...98 %) due to simultaneous selective and diffusive mixing methods. The forms for calculating the plant's performance are presented, taking into account the daily demand and the time lost for troubleshooting, configuration and maintenance.

**Key words:** modular installation, ball mixer, spherical screen, fractional composition of grinding, convective and diffusion mixing.

#### References

1. Didmanidze ON, Devyanin SN, Parlyuk EP. [Agricultural tractor: yesterday, today, tomorrow]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020; 21 (1): 74-85 p.
2. Alltech global feed survey. [Internet]. [cited 2021 Jan. 31]. Available from: <https://www.alltech.com/press-release/2019-alltech-global-feed-survey-estimates-world-feed-production-increased-3-percent>.
3. Didmanidze ON, Mityagin GE, Karev AM. [The development of the automobile transport in agriculture]. V *sbornike: TAE 2016 – Proceedings of 6th International conference on trends in agricultural engineering*. 2016; 138-149 p.
4. Livestock raising. Working conditions in agriculture and certain diseases. [Internet]. Information portal labor protection and life safety. Available from: <http://ohrana-bgd.narod.ru>
5. Dust and air contamination in livestock premises. [Internet]. Available from: <http://biofile.ru/bio/34941.html>.
6. GOST R51550-2000 01.2001. Compound feed concentrates for pigs. General technical conditions. [Internet]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200028484>.
7. Spesivtsev A. [The mixing process in the production of compound feeds]. *Kombikorma*. 2016; (3): 37-41 p.
8. Kryukov VS. Production of homogeneous compound feeds as premixes. [Internet]. Available from: <https://studylib.ru/doc/2449617/proizvodstvo-odnorodnyh-kombikormov-i-kachestvo-premiksov>.
9. Afanas'ev VA. *Prodovol'stvennaya nezavisimost' Rossii*. [Food independence of Russia]. Moscow: OOO "Tekhnologiya TsD". 2016; 598 p.
10. Volkovich LI. *Nadezhnost' avtomaticheskikh linii*. [Reliability of automatic lines]. Moscow: Mashinostroenie. 1969; 12 p.
11. Syrovatka V. I. *Mashinnye tekhnologii prigotovleniya kombikormov v khozyaistvakh*. Machine technologies of compound feed preparation in farms. M.: FGUP «Tipografiya Rossel'khozakademii», 2010. S. 206-208.
12. Syrovatka VI, Zhdanova NV, Obukhov AD, Mishurov NP. *Sposob proizvodstva fraktsionnykh smesei kontsentrirannykh kormov*. [Method for the production of fractional mixtures of concentrated feed]. Patent RF № 2713331. 04.02.2020.
13. Chutcheva YuV, Pulyaev NN, Korotkikh YuS. [Prospective directions of development of traction vehicles for agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2020; 9 (279): 2-5 p.
14. Kalinushkin MP. *Nasosy i ventilatory*. [Pumps and ventilators]. Moscow: Vysshaya shkola. 1987; 23-25 p.
15. Syrovatka VI, Dorokhov AS, Zhdanova NV, Obukhov AD. *Sposob smeshivaniya lechebnykh preparatov, vitaminnykh i mineral'nykh dobavok s napolnitelem*. [Method of mixing medicinal preparations, vitamin and mineral supplements with a filler]. Patent RF № 2728320. 29.07.2020.
16. Todess OM, Tsitovich OB. *Apparaty s kipyashchim zemistym sloem*. [Apparatuses with a fluidized granular layer]. Leningrad: Khimiya. 1981; 328 p.
17. Mukhlenov IP. *Raschet preparatov kipyashchego sloya*. [Calculation of fluidized bed preparations]. Leningrad: Khimiya. 1986.
18. Syrovatka VI, Zhdanova NV, Obukhov AD. *Sposob prigotovleniya lechebnykh kormov v sharovom smesitele*. [Method of preparation of medicinal feed in a ball mixer]. Patent RF № 2737404. 30.11.2020.
19. Veber ML, Vinogradov MV, Golovkin GS. *Polimernye kompozitsionnye materialy*. [Polymer composite materials]. Saint-Peterburg. 2008; 560 p.
20. Kragel'skii IV. *Koeffitsienty treniya*. [Friction coefficients]. Moscow: MASHGIZ. 1962; 8-11 p.
21. Martens LK. *Domennoe proizvodstvo. Zhidkii vozdukh*. [Blast-furnace production. Liquid air]. *Tekhnicheskie entsiklopediya: v 26-ti t. Moscow: AO "Sovetskaya entsiklopediya"*. 1929; 7: 450 p.
22. Goryachkin VP. *Sobranie sochinenii*. [Collection of articles]. Moscow: Kolos. 1963; 1: 228-239 p.
23. GOST 52356-2005 Premixes. Nomenclature of indicators. [Internet]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200040454>.
24. Filippov VE, Gavril'ev DM, Lebedev IF. [Behavior of mineral particles in a flow on a curved surface]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' MGGU*. 2007; (3): 368-371 p.

#### Authors:

Syrovatka Vladimir Ivanovich - Doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, laureate of the Gold Medal of the Russian Academy of Sciences named after V.P. Goryachkin, chief researcher, e-mail: vip-zhdanova-nat-77@mail.ru  
 IMZh - branch of federal state budgetary scientific institution "Federal scientific agroengineering center VIM", Moscow, Ryazanovskoye settlement, Znamiya Oktyabrya settlement, Russia  
 Didmanidze Otari Nazirovich - Doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, head of Tractors and cars Department, e-mail: didmanidze@rgau-msha.ru  
 Parlyuk Ekaterina Petrovna – Ph.D. of economic sciences, associate professor of Tractors and cars Department, e-mail: kparlyuk@rgau-msha.ru  
 Obukhov Andrey Dmitrievich - a postgraduate student, e-mail: ojeeva@gmail.com  
 RGAU - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia  
 Zhdanova Natalya Vladimirovna - research engineer, e-mail: vip-zhdanova-nat-77@mail.ru  
 IMZh - branch of federal state budgetary scientific institution "Federal scientific agroengineering center VIM", Moscow, Ryazanovskoye settlement, Znamiya Oktyabrya settlement, Russia.