

УДК 636.085. 54.631.363.286

UDC 636.085. 54.631.363.286

05.00.00 Технические науки

Technical science

**К ВОПРОСУ ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ В  
КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ  
НА БАЗЕ РЕЛЯТИВНЫХ ВИНТОВЫХ  
БАРАБАНОВ****TO THE QUESTION OF PREPARATION OF  
THE CONCENTRATED FORAGES IN FEEDING  
DEVICES CARS ON THE BASIS OF RELATIVE  
SCREW DRUMS**

Марченко Алексей Юрьевич

Marchenko Alexey Yuryevich

к.т.н., доцент

Cand.Tech.Sci., associate professor

*Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия**Kuban state agricultural university, Krasnodar, Russia*

Показано, что для приготовления концентрированных кормов целесообразно использовать вибрационный принцип смешивания с использованием больших амплитуд перемещений компонентов кормов от 10 до 500 мм. и более, который реализуется при использовании релятивных винтовых барабанов. За счет дискретно расположенных по периметру релятивного винтового барабана плоских или криволинейных элементов, размещенных по периметру под углом, не только к оси вращения релятивного винтового барабана, но и друг к другу, частицам компонентов кормов сообщается сложное пространственное движение с большой амплитудой перемещений от 10 до 500 мм. Показана возможность создания ресурсосберегающих технологий и оборудования для смешивания компонентов кормов. Ранее она ограничивалась низкой интенсивностью протекающих процессов и локализацией в ограниченной зоне, а также малыми величинами амплитуд колебаний в известных конструкциях. В предлагаемых конструкциях оборудования для смешивания компонентов кормов движение частиц компонентов кормов обеспечивается оригинальной конструкцией рабочих органов – релятивных винтовых барабанах, совершающих лишь вращательное движение вокруг собственной оси. Сложное пространственное движение с большой амплитудой от 10 до 500 мм и более, частицам компонентов кормов сообщается стенками релятивного винтового барабана различных типоразмеров и конфигураций, которое усложняется винтовыми линиями и винтовыми поверхностями направленных навстречу друг к другу по периметру винтового барабана, поэтому для качественного смешивания частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане достаточна длительность процесса в пределах от 1,5 мин. до 1.75 мин

It is shown that for preparation of the concentrated forages it is expedient to use the vibration principle of mixing with use of big amplitudes of movements of components of forages from 10 to 500 mm. and more which can be done when using relative screw drums at the expense of the flat or curvilinear elements which are discretely located on perimeter of a relative screw drum placed on perimeter at an angle not only to an axis of rotation of a relative screw drum, but also to each other, the difficult spatial movement with a big amplitude of movements from 10 to 500 mm is reported to particles of components of forages. Possibility of creation of resource-saving technologies and the equipment for mixing of components of forages is shown. Earlier it was limited to low intensity of the proceeding processes and localization in a limited zone, and also small sizes of amplitudes of fluctuations in known designs. In the offered designs of the equipment for mixing of components of forages the movement of particles of components of forages is provided with an original design of working bodies – the relative screw drums making only a rotary motion round own axis. The difficult spatial movement with a big amplitude from 10 to 500 mm and more, is reported to particles of components of forages by walls of a relative screw drum of various standard sizes and configurations which becomes complicated screw lines and screw surfaces directed towards to each other on perimeter of a screw drum therefore process duration ranging from 1,5 min. till 1.75 min. is sufficient for high-quality mixing of particles of components of forages in a relative screw drum

Ключевые слова: РЕЛЯТИВНЫЙ ВИНТОВОЙ  
БАРАБАН, АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЙ,  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

Keywords: RELATIVE SCREW DRUM,  
AMPLITUDE OF FLUCTUATIONS, RESOURCE-  
SAVING

Ресурсосбережение представляет собой одно из важнейших направлений технической политики, реализуемое через машины нового поколения [1].

В животноводстве качественное и калорийное кормление является определяющим условием высокой продуктивности животных. Современные технологии кормления рассчитаны на использование разнообразных кормов и только в приготовленном виде. Это обуславливает необходимость выбора эффективного технологического процесса приготовления кормов, главным элементом которого является их смешивание.

Работы по созданию таких технологических процессов и кормоприготовительных машин важны и актуальны. Многолетний опыт использования разработок наших отечественных ученых позволил создать условия для решения этой проблемы. Однако, в современный период рыночных отношений, многие операции приготовления кормов стали серьезным препятствием в разработке ресурсосберегающих технологий их приготовления.

Основные материалы представленных исследований накоплены автором и обобщены в результате решения расчетных задач, возникших в процессе создания основ теории проектирования кормоприготовительных машин на базе релятивных винтовых барабанов [1,2,3,4].

Для релятивных винтовых барабанов характерно выполнение технологического процесса во время транспортирования в неориентированном состоянии частиц компонентов кормов через рабочее пространство, с произвольной скоростью. Их комбинирование позволяет внутри релятивного винтового барабана, не только создавать и осуществлять колебания компонентов кормов с амплитудой перемещения от 10 до 500 мм и более, но и управлять их колебательным процессом, уменьшая, при этом, транспортный или технологический эффект [1,2,3,4].

Большинство операций по приготовлению кормов особенно трудно поддается механизации и автоматизации из-за разнообразия кормов, то есть относятся к числу малопроизводительных операций, при этом, важным критерием кормов является качество их приготовления.

Вышеуказанные причины приводят к тому, что операции приготовления кормов становятся «узким местом» в технологической цепочке производства мяса, молока и птицы.

Известно, что для смешивания компонентов кормов широко применяют различные барабанные устройства. Однако, низкая интенсивность процессов смешивания и локализация компонентов кормов в ограниченной зоне, приводят к большой длительности технологического процесса приготовления кормов в барабанных устройствах, что делает его малопроизводительным.

Для совершенствования процесса приготовления, как показали наши исследования, более целесообразно использовать вибрационный принцип смешивания. Вибрация – распространенный вид механического воздействия на компоненты кормов. Его реализация в конструкциях машин делает их более эффективными в сравнении с барабанными устройствами. Прежде всего, это обусловлено конструктивной простотой технологической схемы вибрационных машин, основными узлами которой являются двигатель 1, виброактиватор 2, преобразующий вращательное движение в колебательное перемещение рабочего органа в виде контейнера 4 передающего колебательные перемещения частицам компонентов кормов. При этом контейнер упруго подвешен на пружинах – (упругие связи 3) и так как масса рабочих органов и компонентов кормов велика, то вибрационные машины могут работать в диапазоне перемещений контейнера лишь от 1-3 мм. ввиду того, что при увеличении амплитуд колебаний происходит разрушение упругих связей, например, пружин 4 (рисунок 1). В данной схеме наибольшие потери энергии

приходится на 2-е звено – виброактиватор и на 3-е звено – систему упругих связей. Следовательно, решение задачи ресурсосбережения в процессе приготовления кормов следует искать в нестандартных решениях, поиске оригинальных конструкций машин и технологий, обеспечивающих смешивания компонентов кормов без виброактиваторов.

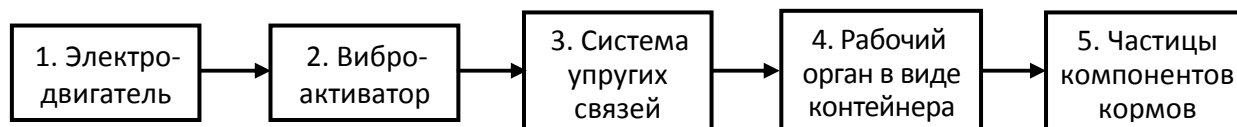


Рисунок 1 – Условная схема движения в вибрационных машинах

Поэтому для смешивания компонентов кормов нами предлагаются релятивные винтовые барабаны, в которых частицы компонентов кормов перемещаются непрерывным потоком от загрузки к выгрузке и, при этом, совершают колебания с большой амплитудой перемещений от 10 до 500 мм и более, в зависимости от диаметра релятивного винтового барабана (рисунок 2).

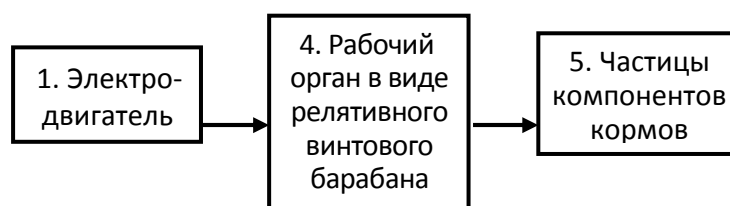


Рисунок 2 – Условная схема движения в предлагаемых конструкциях установок на базе релятивных винтовых барабанов

В предлагаемых конструкциях установок от электродвигателя– 1 вращение передается релятивному винтовому барабану РК 5.1.а – 2, вращающемуся с определенной скоростью. За счет дискретно расположенных по периметру релятивного винтового барабана плоских или криволинейных элементов, размещенных по периметру под углом, не только к оси вращения релятивного винтового барабана, но и друг к другу, частицам компонентов кормов – 3 сообщается сложное пространственное движение с большой амплитудой перемещений в пределах 200-500 мм (рисунок 3) по мере перемещений кормов от загрузки к выгрузке.

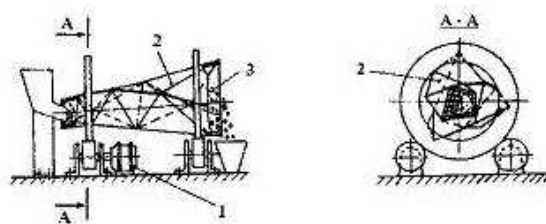


Рисунок 3 – Схема предлагаемой конструкции установки на базе релятивного винтового барабана РК 5.1.а

Нами предлагается установка на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а (рисунок 4), рассчитанного по разработанной теории и методике проектирования кормоприготовительных машин на базе релятивных винтовых барабанов [5].

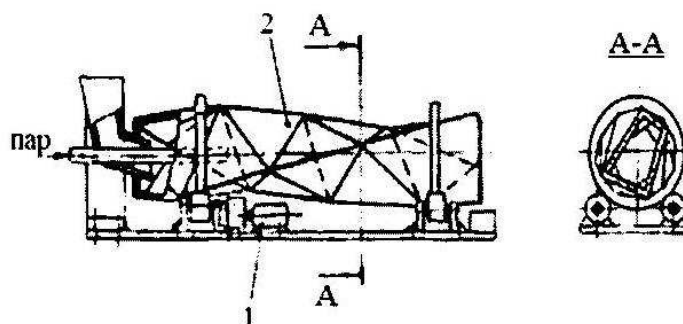


Рисунок 4– Схема предлагаемой конструкции установки на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1. а

Техническая характеристика установки на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а

Производительность, кг/ч.....	10000
Мощность электродвигателя, кВт.....	11
Габаритные размеры, мм.....	3200×1100×1050
Масса, кг.....	1800

Для определения эффективности процесса приготовления кормов проведены экспериментальные исследования на модельной экспериментальной установке на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а.

Экспериментальная установка включает станину 1 (рисунки 5 и 6), привод 2, опоры 3, сменный релятивный винтовой барабан 4 с ободами 5 и 6, два вала 7, загрузочную воронку 8. Через торцевое отверстие 9 частицы сыпучих материалов загружаются в релятивный винтовой барабан 4, а

через отверстие 10 выгружаются в емкость 11. Установка снабжена регулировочными винтами 12.

На рисунках 5 и 6 представлен образец модельной экспериментальной установки на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а. Установка работает следующим образом.

Частицы компонентов кормов загружаются непрерывным потоком в воронку 8 и через входное отверстие 9 поступают в релятивный винтовой барабан 4. В релятивном барабане РЦ 5.1.а частицы компонентов кормов перемещаются к выходному отверстию 10 и выгружаются за пределы установки, при этом им сообщаются низкочастотные колебания с большой амплитудой 300-350 мм.

При проведении экспериментов, с помощью винта 12, можно изменять положение всей экспериментальной установки относительно горизонта.

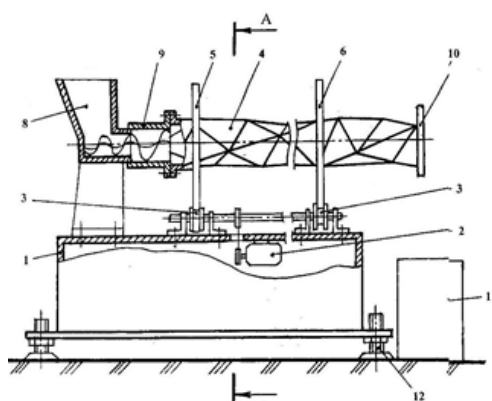


Рисунок 5 – Схема модельной экспериментальной установки на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а (вид спереди)

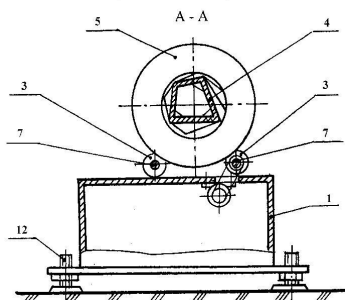


Рисунок 6 – Схема модельной экспериментальной установки на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а (разрез А–А на рисунке 5)

Краткая характеристика экспериментальной установки на базе релятивного винтового барабана РЦ 51.а с габаритными размерами (мм) – 2560×800×1430:

Длина сменных релятивных винтовых барабанов (мм).....1870

Площадь проходного сечения релятивных винтовых барабанов (м<sup>2</sup>).

0,22

Объем внутренней полости релятивного винтового барабана

РЦ5.1.а (см<sup>3</sup>) .....44000

Смена релятивного винтового барабана другого типа и класса производится путем снятия с опор 3 релятивного винтового барабана и установки на его место другого типа релятивного винтового барабана, с такими же по размеру и взаимному расположению ободами.

Время обработки (смешивания) – 0,5 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 32 оборота релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а

Длина релятивного винтового барабана – 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана – 44 литра (44000 см<sup>3</sup>).

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана, т.е. при объеме 22 литра (22000 см<sup>3</sup>) ( $K_v = 0,5$ ), а именно: 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) пшеницы, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) кукурузы, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) люцерны, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) овса.

Взята проба 1.1 литра смеси (1100 см<sup>3</sup>), которая разделена на фракции.

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница – по весу – 160 г, по объему – 230 см<sup>3</sup>, по количеству – 5000 шт.

Кукуруза – по весу – 409 г, по объему – 540 см<sup>3</sup>, по количеству – 1292 шт.

Люцерна – по весу – 121 г, по объему – 200 см, по количеству – 28139 шт.

Овес – по весу – 73 г, по объему –  $160 \text{ см}^3$ , по количеству – 2393 шт.

Определение количества (шт.) семян в пробе после смешивания

1. Пшеница – 160 г. Средний вес 1 зерна пшеницы 0,032 г.

Количество зерен в пробе – 5000 шт.

2. Кукуруза – 409 г. Средний вес 1 зерна кукурузы – 0,3165 г.

Количество зерен в пробе – 1292 шт.

3. Люцерна – 121 г. Средний вес 1 зерна люцерны – 0,0043 г.

Количество зерен в пробе – 28139 шт.

4. Овес – м 73 г. Средний вес 1 зерна овса – 0,0305 г.

Количество зерен в пробе – 2393 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100% смешивании зерен  $1100:4 = 275 \text{ см}^3$

Отклонения от 100% - качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение 0,5 мин составляют:

- по пшенице  $(230 \times 100):275 = 83,6 \%$ , т.е. отклонение равно -16,4 %;

- по кукурузе  $(540 \times 100):275 = 196,4 \%$ , т.е. отклонение равно +96,4 %;

- по люцерне  $(200 \times 100):275 = 72,7 \%$ , т.е. отклонение равно -17,3 %;

- по овсу  $(160 \times 100):275 = 58,1$ , т.е. отклонение равно -41,9 %.

Итого по эксперименту, при смешивании в течение 0,5 мин., отклонения составляют: максимальное +96,4 % и минимальное -41,9 %.

Время обработки (смешивания) – 0,75 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 48 оборотов релятивного винтового барабана РЦ5.1.а.

Длина винтового барабана - 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана - 44 литра ( $44000 \text{ см}^3$ ).

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана, т.е. при объеме 22 литра ( $22000 \text{ см}^3$ ) ( $K_V = 0,5$ ), а



именно: 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) пшеницы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) кукурузы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) люцерны, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) овса.

Взята проба 1.1 литра смеси ( $1100 \text{ см}^3$ ), которая разделена потом на фракции.

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница - по весу – 188 г, по объему -  $270 \text{ см}^3$ , по количеству – 5875 шт.

Кукуруза - по весу – 303 г, по объему -  $400 \text{ см}^3$ , по количеству – 957 шт.

Люцерна - по весу – 151 г, по объему -  $250 \text{ см}^3$ , по количеству – 34186 шт.

Овес - по весу – 95 г, по объему –  $210 \text{ см}^3$ , по количеству – 4426 шт.

Определение количества (шт.) семян в пробе после смешивания

Пшеница – 188 г. Средний вес 1 зерна пшеницы  $0,032 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 5875 шт.

Кукуруза – 303 г. Средний вес 1 зерна кукурузы –  $0,3165 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 957 шт.

Люцерна – 151 г. Средний вес 1 зерна люцерны –  $0,0043 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 34186 шт.

Овес – 95 г. Средний вес 1 зерна овса –  $0,0305 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 4426 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100% смешивании зерен  $1100 : 4 = 275 \text{ см}^3$

Отклонения от 100% - качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение  $0,75 \text{ мин}$ . составляют:

- по пшенице  $(270 \times 100) : 275 = 98,1\%$ , т.е. отклонение равно  $-1,9\%$ ;

- по кукурузе  $(400 \times 100) : 275 = 145,4\%$ , т.е. отклонение равно  $+45,4\%$ ;

- по люцерне  $(250 \times 100) : 275 = 90,9\%$ , т.е. отклонение равно  $-9,1\%$ ;

- по овсу  $(210 \times 100) : 275 = 76,4\%$ , т.е. отклонение равно  $-23,6\%$ .

Итого по эксперименту при смешивании 0,75 мин отклонения составляют: максимальное +45,4% и минимальное –23,6 %.

Время обработки (смешивания) – 1,0 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 64 оборота релятивного винтового барабана РЦ5.1.а.

Длина релятивного винтового барабана – 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана – 44 литра (44000 см<sup>3</sup>).

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана, т.е. при объеме 22 литра (22000 см<sup>3</sup>) ( $K_v = 0,5$ ), а именно: 5,5 литра (5500 см<sup>3</sup>) пшеницы, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) кукурузы, 5,5 литроа (5500 см<sup>3</sup>) люцерны, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) овса.

Взята проба 1.1 литра смеси – 1100 см<sup>3</sup>, которая разделена потом на фракции.

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница – по весу – 207 г, по объему – 298 см<sup>3</sup>, по количеству – 6469 шт.

Кукуруза – по весу – 237 г, по объему – 312 см<sup>3</sup>, по количеству – 749 шт.

Люцерна – по весу – 147 г, по объему – 270 см<sup>3</sup>, по количеству – 34186 шт.

Овес – по весу – 135 г, по объему – 250 см<sup>3</sup>, по количеству – 4426 шт.

Определение количества (шт.) семян в пробе после смешивания

Пшеница – 207 г. Средний вес 1 зерна пшеницы – 0,032 г.

Количество зерен в пробе – 6469 шт.

Кукуруза – 237 г. Средний вес 1 зерна кукурузы – 0,3165 г.

Количество зерен в пробе – 749 шт.

Люцерна – 147 г. Средний вес 1 зерна люцерны – 0,0043 г.

Количество зерен в пробе – 34186 шт.

Овес – 135 г. Средний вес 1 зерна овса – 0,0305 г.

Количество зерен в пробе – 4426 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100 % смешивании зерен  $1100:4 = 275 \text{ см}^3$ .

Отклонения от 100% – качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение 1,0 мин. составляют:

- по пшенице  $(298 \times 100):275=108,4\%$ , т. е. отклонение составляет +8,4%;

- по кукурузе  $(312 \times 100):275=113,4 \%$ , т. е. отклонение составляет +13,4%;

- по люцерне  $(270 \times 100):275=91,6$ , т. е. отклонение равно –8,4%;

- по овсу  $(250 \times 100):275=108,5$ , т. е. отклонение равно + 8,5 %.

Итого по эксперименту при смешивании 1,0 мин. отклонения составляют: максимальное +13.4% и минимальное – 8,4 %.

Время обработки (смешивания) – 1,25 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 80 оборотов релятивного винтового барабана РЦ5.1.а.

Длина релятивного винтового барабана – 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана – 44 литра ( $44000 \text{ см}^3$ ).

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана ( $K_v=0,5$ ), т.е. при объеме 22 литра ( $22000 \text{ см}^3$ ), а именно: 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) пшеницы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) кукурузы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) люцерны, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) овса.

Взята проба 1.1 литра смеси ( $1100 \text{ см}^3$ ), которая разделена потом на фракции.

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница – по весу – 208 г, по объему –  $298 \text{ см}^3$ , по количеству – 9312 шт.

Кукуруза – по весу – 211г, по объему –  $278 \text{ см}^3$ , по количеству – 878 шт.

Люцерна – по весу – 201 г, по объему –  $286 \text{ см}^3$ , по количеству – 66511 шт.

Овес – по весу – 156 г, по объему –  $268 \text{ см}^3$ , по количеству – 5115 шт.

Определение количества (шт.) семян в пробе после смешивания

Пшеница – 298 г. Средний вес 1 зерна пшеницы 0,032 г.

Количество зерен в пробе – 9312 шт.

Кукуруза – 278 г. Средний вес 1 зерна кукурузы – 0,3165 г.

Количество зерен в пробе – 878 шт.

Люцерна – 286 г. Средний вес 1 зерна люцерны – 0,0043 г.

Количество зерен в пробе – 66511 шт.

Овес – 156 г. Средний вес 1 зерна овса – 0,0305 г.

Количество зерен в пробе – 5115 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100% смешивании зерен  $1100 : 4 = 275 \text{ см}^3$ .

Отклонения от 100% - качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение 1,25 мин. составляют:

- по пшенице  $(298 \times 100) : 275 = 108,4\%$ , т.е. отклонение равно +8,4 %;

- по кукурузе  $(278 \times 100) : 275 = 101\%$ , т.е. отклонение равно +1 %;

- по люцерне  $(286 \times 100) : 275 = 104$ , т.е. отклонение равно +4 %;

- по овсу  $(268 \times 100) : 275 = 97,5 \%$ , т.е. отклонение равно –2,5 %.

Итого по эксперименту при смешивании 1,25 мин. отклонение составляют: максимальное +8,4% и минимальное –2,5 %.

Время обработки (смешивания) – 1,5 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 96 оборотов релятивного винтового барабана РЦ5.1.а

Длина релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана – 44 литра ( $44000 \text{ см}^3$ ).

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана ( $K_V = 0,5$ ), т.е. при объеме 22 литра ( $22000 \text{ см}^3$ ), а именно: 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) пшеницы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) кукурузы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) люцерны, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) овса.

Взята проба 1.1 литра смеси ( $1100 \text{ см}^3$ ), которая разделена потом на фракции.

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница – по весу – 202 г, по объему –  $290 \text{ см}^3$ , по количеству – 6312 шт.

Кукуруза – по весу – 207 г, по объему –  $273 \text{ см}^3$ , по количеству – 654 шт.

Люцерна – по весу – 171 г, по объему –  $284 \text{ см}^3$ , по количеству – 39767 шт.

Овес – по весу – 128 г, по объему –  $283 \text{ см}^3$ , по количеству – 4197 шт.

Определение количества штук семян в пробе после смешивания

Пшеница – 202 г. Средний вес 1 зерна пшеницы  $0,032 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 6312 шт.

Кукуруза – 207 г. Средний вес 1 зерна кукурузы –  $0,3165 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 654 шт.

Люцерна – 171 г. Средний вес 1 зерна люцерны –  $0,0043 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 39767 шт.

Овес – 128 г. Средний вес 1 зерна овса –  $0,0305 \text{ г}$ .

Количество зерен в пробе – 4197 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100% смешивании зерен  $1100:4 = 275 \text{ см}^3$ .

Отклонения от 100% - качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение 1,5 мин. составляют:

- по пшенице  $(288 \times 100):275 = 104,7 \%$ , т.е. отклонение  $+4,7 \%$ ;

- по кукурузе  $(275 \times 100):275 = 0,0 \%$ , т.е. отклонение  $0,0 \%$ ;

- по люцерне  $(284 \times 100):275 = 103,2\%$ , т.е. отклонение равно  $+3,2 \%$ ;

- по овсу  $(283 \times 100):275 = 102,9\%$ , т.е. отклонение равно  $+2,9 \%$ .

Итого по эксперименту при смешивании в течение 1,5 мин. отклонения составляют: максимальное  $+4,7 \%$  и минимальное  $0,0 \%$ .

Время обработки (смешивания) – 1,75 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 112 оборотов релятивного винтового барабана РЦ5.1.а.

Длина релятивного винтового барабана – 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана – 44 литра (44000 см<sup>3</sup>).

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана ( $K_v = 0,5$ ), т.е. при объеме 22 литра (22000 см<sup>3</sup>), а именно: 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) пшеницы, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) кукурузы, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) люцерны, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) овса.

Взята проба 1.1 литра смеси (1100 см<sup>3</sup>), которая разделена потом на фракции.

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница – по весу – 196 г, по объему – 281 см<sup>3</sup>, по количеству – 6125 шт.

Кукуруза – по весу – 209 г, по объему – 276 см<sup>3</sup>, по количеству – 660 шт.

Люцерна – по весу – 195 г, по объему – 278 см<sup>3</sup>, по количеству – 45348 шт.

Овес – по весу – 164 г, по объему – 295 см<sup>3</sup>, по количеству – 4393 шт.

Определение количества (шт.) семян в пробе после смешивания

Пшеница – 196 г. Средний вес 1 зерна пшеницы - 0,032 г.

Количество зерен в пробе – 6125 шт.

Кукуруза – 209 грамм. Средний вес 1 зерна кукурузы - 0.3165 г.

Количество зерен в пробе – 660 шт.

Люцерна – 195 г. Средний вес 1 зерна люцерны – 0,0043 г.

Количество зерен в пробе – 45348 шт.

Овес – 134 г. Средний вес 1 зерна овса – 0,0305 г.

Количество зерен в пробе – 4393 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100% смешивании зерен  $1100 : 4 = 275 \text{ см}^3$

Отклонения от 100% - качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение 1,75 мин. составляют:

- по пшенице  $(281 \times 100) : 275 = 102,2\%$ , т.е. отклонение равно +2,2 %;

- по кукурузе  $(276 \times 100) : 275 = 100,4\%$ , т.е., отклонение равно +0,4%;

- по люцерне (278×100): 275=101,1%, т.е., отклонение равно +1,1%;

- по овсу (295×100):275= 107,3, т.е. отклонение равно +7,3 %.

Итого по эксперименту при смешивании в течение 1,75 мин. отклонения составляют: максимальное +7,3% и минимальное +0,4 %.

Время обработки (смешивания) – 2 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 128 оборотов релятивного винтового барабана Ц5.1.а

Длина релятивного винтового барабана – 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана – 44 литра – 44000 см<sup>3</sup>.

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана ( $K_v = 0,5$ ), т.е. при объеме 22 литра (22000 см<sup>3</sup>), а именно: 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) пшеницы, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) кукурузы, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) люцерны, 5,5 литров (5500 см<sup>3</sup>) овса.

Взята проба 1.1 литра смеси -1100 см<sup>3</sup>, которая разделена потом на фракции

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница – по весу – 196 г, по объему – 282 см<sup>3</sup>, по количеству – 6125 шт.

Кукуруза – по весу – 209 г, по объему – 274 см<sup>3</sup>, по количеству – 660 шт.

Люцерна – по весу – 197 г, по объему – 281 см<sup>3</sup>, по количеству – 45813 шт.

Овес – по весу – 133 г, по объему – 293 см<sup>3</sup>, по количеству – 4361 шт.

Определение количества (шт.) семян в пробе после смешивания

Пшеница – 196 г. Средний вес 1 зерна пшеницы 0,032 г.

Количество зерен в пробе – 6125 шт.

Кукуруза – 209 г. Средний вес 1 зерна кукурузы – 0,3165 г.

Количество зерен в пробе – 660 шт.

Люцерна – 197 г. Средний вес 1 зерна люцерны – 0,0043 г.

Количество зерен в пробе – 45813 шт.

Овес - 133 г. Средний вес 1 зерна овса – 0,0305 г.

Количество зерен в пробе – 4361 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100% смешивании зерен  $1100 : 4 = 275 \text{ см}^3$ .

Отклонения от 100% - качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение 2 мин. составляют:

- по пшенице  $(282 \times 100) : 275 = 102,5\%$ , т.е., отклонение равно  $+2,5\%$ ;
- по кукурузе  $(274 \times 100) : 275 = 99,6\%$ , т.е., отклонение равно  $-0,4\%$ ;
- по люцерне  $(281 \times 100) : 275 = 102,2\%$ , т.е., отклонение равно  $+2,2\%$ ;
- по овсу  $(293 \times 100) : 275 = 106,5\%$ , т.е., отклонение равно  $+6,5\%$ .

Итого по эксперименту при смешивании в течение 2 мин. отклонения составляют: максимальное  $+6,5\%$  и минимальное  $-0,4\%$ .

Время обработки (смешивания) – 2,75 мин.

Частота вращения релятивного винтового барабана РЦ5.1.а – 64 об/мин.

Всего сделано 176 оборота релятивного винтового барабана РЦ5.1.а.

Длина релятивного винтового барабана - 1870 мм.

Общий объем релятивного винтового барабана – 44 литра –  $44000 \text{ см}^3$ .

Эксперимент проведен при загрузке 0,5 объема релятивного винтового барабана ( $K_V = 0,5$ ), т.е. при объеме 22 литра ( $22000 \text{ см}^3$ ), а именно: 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) пшеницы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) кукурузы, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) люцерны, 5,5 литров ( $5500 \text{ см}^3$ ) овса.

Взята проба 1.1 литра ( $1100 \text{ см}^3$ ) смеси, которая разделена потом на фракции.

Получены фракции по весу, объему и количеству зерен:

Пшеница – по весу – 209 г, по объему –  $300 \text{ см}^3$ , по количеству – 6531 шт.

Кукуруза – по весу – 220 г, по объему –  $290 \text{ см}^3$ , по количеству – 695 шт.

Люцерна – по весу – 172 г, по объему –  $295 \text{ см}^3$ , по количеству – 40000 шт.

Овес – по весу – 125 г, по объему –  $275 \text{ см}^3$ , по количеству – 4098 шт.

Определение количества (шт.) семян в пробе после смешивания



1. Пшеница - 209 г. Средний вес 1 зерна пшеницы 0,032 г.

Количество зерен в пробе – 6531 шт.

2. Кукуруза = 220 г. Средний вес 1 зерна кукурузы - 0,3165 г.

Количество зерен в пробе – 695 шт.

3. Люцерна – 172 г. Средний вес 1 зерна люцерны – 0,0043 грамма

Количество зерен в пробе – 40000 шт.

4. Овес – 125 грамм. Средний вес 1 зерна овса – 0,0305 г.

Количество зерен в пробе – 4098 шт.

Теоретический объем фракций, который должен быть при 100% смешивании зерен  $1100:4 = 275 \text{ см}^3$ .

Отклонения от 100% - качественного смешивания после экспериментального смешивания в течение 2,75 мин. составляет:

- по пшенице  $(300 \times 100):275 = 109\%$ , т.е. отклонение равно + 9 %;

- по кукурузе  $(290 \times 100):275 = 105\%$ , т.е. отклонение равно +4 %;

- по люцерне  $(295 \times 100):275 = 107\%$ , т.е. отклонение равно +7 %;

- по овсу  $(275 \times 100):275 = 100\%$ , т.е. отклонение равно -0,0 %.

Итого по эксперименту при смешивании в течение 3 мин. отклонения составляют: максимальное +9 % и минимальное 0,0 %.

Результаты экспериментальных исследований на рисунках 8 и 9 представлены в виде номограмм показывают, что для релятивного винтового барабана РЦ5.1.а оптимальным временем приготовления кормов является 1.75 мин.

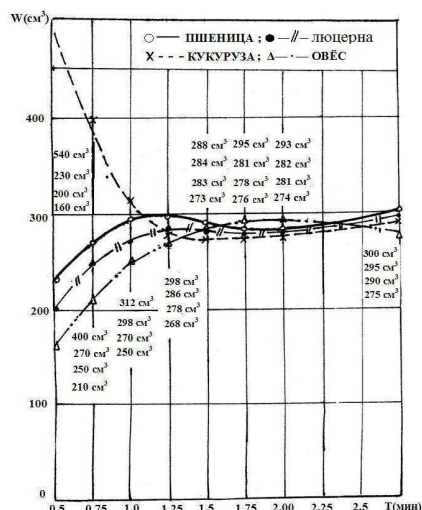


Рисунок 7 – Зависимости изменений объемов частиц кормов в пробах забора смеси от времени их смешивания

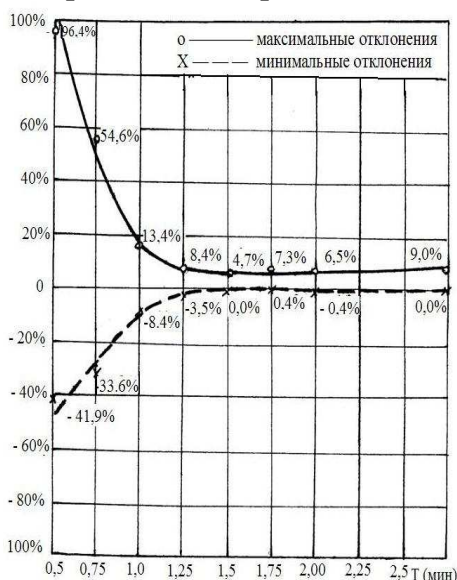


Рисунок 8– Зависимости отклонений от 100% теоретически качественных смешиваний компонентов кормов в пробах забора смеси от времени их смешивания

Отклонения по объему от среднего значения составляет:

- по пшенице +4,7 %;
- по кукурузе 0,0 %;
- по люцерне +3,2 %;
- по овсу +2,9 %.

То есть максимальное отклонения +4,7% и минимальное 0,0 %.

При продолжении экспериментального исследования наблюдается некоторое увеличение отклонений, например:

- 1,75 мин. отклонение составляют +7,3%.
- 0,4 %;
- 2,0 мин. отклонение составляет +6,5%.–0,4 %;
- 3,0 мин. отклонение составляет +9%.0,0 %.

Поэтому, для качественного смешивания частиц компонентов кормов можно принять длительность процесса от 1,5 мин. до 1.75 мин.



Рисунок 9 – Модельная экспериментальная установка на базе релятивного винтового барабана РЦ 5.1.а (вид спереди)

### Выводы

К числу наиболее важных выводов от проведенных нами исследований следует отнести:

1. Показана возможность создания ресурсосберегающих технологий и оборудования для смешивания компонентов кормов. Ранее она ограничивалась низкой интенсивностью протекающих процессов и локализацией в ограниченной зоне, а также малыми величинами амплитуд колебаний в известных конструкциях. В предлагаемых конструкциях оборудования для смешивания компонентов кормов движение частиц компонентов кормов обеспечивается оригинальной конструкцией рабочих органов – релятивных винтовых барабанах, совершающих лишь вращательное движение вокруг собственной оси. При этом, сложное пространственное движение с большой амплитудой от 10 до 500 мм и более, частицам компонентов кормов сообщается стенками релятивного винтового барабана различных типоразмеров и конфигураций, которое

усложняется винтовыми линиями и винтовыми поверхностями направленных навстречу друг к другу по периметру винтового барабана.

2. Конструкция винтовых барабанов оказывает весьма существенное влияние на скорость продольного перемещения компонентов кормов от загрузки к выгрузке. Причем, чем выше транспортирующая способность винтовых барабанов, тем меньше энергоемкость взаимодействия частиц компонентов кормов.

3. Для качественного смешивания частиц компонентов кормов в релятивном винтовом барабане достаточна длительность процесса в пределах от 1,5 мин. до 1.75 мин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Марченко А. Ю. Научно-технические основы создания ресурсосберегающих машинных технологий приготовления кормов в винтовых барабанах / А. Ю. Марченко // Научный журнал. Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2008. – С. 184-190.

2. Марченко А. Ю. Ресурсосбережение при смешивании компонентов кормов в винтовых барабанах / А. Ю. Марченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 4. – С. 20–21.

3. Марченко А. Ю. Совершенствование процессов движения сыпучих материалов с большой амплитудой / А. Ю. Марченко // Вибрационные машины и технологии: Сб. науч. тр. Курск гос. техн. ун-т. – Курск, 2008. – С. 117–127.

4. Марченко А. Ю. Разработка классификации винтовых барабанов для приготовления концентрированных кормов / А. Ю.Марченко // Научный журнал. Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2014. – С. 133-141.

5. Пат.2537900, РФ «Машина для приготовления кормов и разделения их на фракции» / А. Ю.Марченко, Г. В. Серга,; опубл. 10.02.2015, бюл. № 4.

#### References

1. Marchenko A. Yu. Scientific and technical bases of creation of resource-saving machine technologies of preparation of forages in screw drums / A. Yu. Marchenko//the Scientific magazine. Works of the Kuban state agricultural university. – Krasnodar, 2008. – Page 184-190.

2. Marchenko A. Yu. Resource-saving when mixing components of forages in screw drums / A. Yu. Marchenko//Mechanization and electrification of agriculture. – 2011. – No. 4. – Page 20-21.

3. Marchenko A. Yu. Improvement of processes of the movement of bulks with a big amplitude / A. Yu. Marchenko//Vibration cars and technologies: Сб. науч. тр. Kursk state. техн. un-t. – Kursk, 2008. – Page 117-127.

4. Marchenko A. Yu. Development of classification of screw drums for preparation of the concentrated forages / A. Yu. Marchenko//the Scientific magazine. Works of the Kuban state agricultural university. – Krasnodar, 2014. – Page 133-141.

5. Pat.2537900, the Russian Federation "The car for preparation of forages and their division into fractions" / A. Yu. Marchenko, G. V. Serga: опубли. 10.02.2015, bulletin No. 4.