Исследование процесса сушки проводится с целью научного обоснования выбора рациональных методов и оптимальных режимов процесса, а также необходимых формул или выражений для проектирования и расчета сушильных установок. В данной работе рассматривается гелиосушильный модуль, расмещенный в куполе тепличного сооружения. Цель размещения гелиосушильного модуля в верхней части сооружения заключается в исключении теневого эффекта в течение светового дня. Поскольку внутри теплицы воздух имеет высокую влажность в камеру гелиосушильного модуля, воздух в виде сушильного агента поступает из атмосферы в горячем виде.

Предлагаемое усовершенствование конструкции тепличного сооружения путем совмещения с гелиосушильным модулем в летний период, когда солнечная энергия достигает своего пика, будет иметь определенные преимущества. Южные регионы Республики Казахстан, имеют благоприятные возможности для широкого применения солнечной энергии в теплицах и сушильных устройствах. Этому способствует с достаточно высокой солнечной активностью в летнее и весенне-осеннее время.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию основных параметров и режимов работы предлагаемого гелиосушильного модуля для сушки различных сельскохозяйственных культур в условиях юго-востока Казахстана.

Ключевые слова: теплица, гелиосушилка, гелиосушильный модуль, влажность, солнечная энергия, сушка, конвекция, теплообмен, теплоемкость, энтальпия.

МРНТИ 55.63.31 **DOI** https://doi.org/10.37884/1-2025/43

О.Е. Сейпаталиев[1], Қ.Қалым[1], Т. Әбилжанұлы[2], Д.Т.Абилжанов[2], Г.Д.Еспергенова[2], Г.С.Әлмугамбетова[2]

[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г.Алматы, Казахстан, mr.seipatal@mail.ru, abdirahim_334@mail.ru,*
[2]ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», г.Алматы, Казахстан, : abilzhanuly.kazniimesh@mail.ru, r16dan@mail.ru, gul.sataeva@mail.ru, ss5o1@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАЛОГАБАРИТНОГО РАЗДАТЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

Аннотация

В статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на обоснование параметров малоразмерного раздатчика-смесителя кормов. Теоретические исследования позволили разработать аналитические выражения для определения производительности выгрузки кормосмеси и расчета массы выгружаемого корма на одном метре кормового стола. Эти выражения являются основой для оптимизации работы устройства.

В ходе эксперимента были получены данные о таких параметрах, как частота вращения горизонтального шнека, продолжительность процесса смешивания, площадь выгрузного окна, а также степень равномерности распределения кормосмеси по длине кормового стола

При этом оптимальная частота вращения горизонтального шнека составила 26 мин$^{-1}$, что обеспечило стабильную и эффективную работу устройства. Время смешивания для овец было определено в пределах 3–5 минут, а для крупного рогатого скота (КРС) — 8–9 минут, что способствовало лучшему качеству кормосмеси. Однородность выгрузки корма по длине кормового стола составила 92,4%, что является важным показателем равномерности кормления животных. Полученные результаты позволяют рекомендовать данные параметры для улучшения эффективности работы раздатчиков-смесителей кормов в

сельскохозяйственном производстве, а также обеспечивают основу для дальнейших исследований в области механизации кормопроизводства.

***Ключевые слова**: измельчитель грубых кормов, раздатчик-смеситель кормов, измельчитель зерновых кормов, горизонтальный шнек, приготовление кормосмесей, однородность выгрузки, производительность выгрузки.*

Введение

По состоянию на 2024 года 70% поголовья крупного рогатого скота и овец содержится в крестьянских хозяйствах и хозяйствах населения.

Известно, что на одно хозяйство населения приходится 5…10 голов крупного рогатого скота и 50…100 голов овец, а в 70…80% крестьянских хозяйств содержится в среднем 50…100 голов КРС и до 500 голов овец. Однако в этих хозяйствах не организованы молочные и откормочные фермы, поэтому в нашей стране не налажен выпуск продукции животноводства. Для решения данной проблемы МСХ РК создают модельные фермы в различных регионах республики. При этом для организации производства продукции животноводства (молоко, мясо) возникает необходимость механизации процессов приготовления и раздачи кормов.

В настоящее время в зарубежных странах выпускаются раздатчики-смесители кормов с бункером объемами 8…36 м^3, а в странах СНГ выпускаются раздатчики-смесители и раздатчики-измельчители кормов с бункерами объемами 6 и более м^3 [1…7].

Если учесть, что суточный рацион крупного рогатого скота составляет 28…30 кг полнорационной кормосмеси, т.е. для фермы с поголовьем 100 голов крупного рогатого скота суточный объем кормосмеси равен 3000 кг. При трехкратном кормлении масса кормосмеси для раздачи составляет 1000 кг. Известно, что плотность кормосмеси составляет 360 кг/м^3, значит необходимый объем бункера раздатчика-смесителя составляет 3,0 м^3 [8-9].

Кроме того, иностранные раздатчики-смесители кормов имеют высокую стоимость. Например, раздатчик-смеситель кормов РСК-6 (Республика Беларусь) имеет цену около 6,0 млн. тенге, поэтому для решения проблемы страны возникает необходимость разработки отечественного раздатчика-смесителя кормов с объемом бункера 3,0 м^3.

Материалы и методы исследования

При проведении экспериментальных исследований по обоснованию параметров раздатчика-смесителя применен метод однофакторного экспериментального исследования. Для обоснования параметров процесса смешивания применен метод математической статистки, в частности для оценки однородности смешивания и распределения выгружаемой массы по кормовому столу определены коэффициенты вариации каждого опыта, проведенного в зависимости от времени смешивания и от площади выгрузного окна [10].

Результаты и обсуждение исследования процесса

В настоящее время раздатчики-смесители имеют вертикальные и горизонтальные шнеки, предназначенные для смешивания кормов. Здесь для процессов смешивания более высокой однородности применяются машины с горизонтальными шнековыми рабочими органами. В настоящее время выпускаются машины с двумя и тремя горизонтальными шнеками.

На первом этапе разработки малогабаритного раздатчика-смесителя кормов нами предусматривается провести экспериментальные исследования посвящённые процессу двухконтурного смешивания с использованием одного механизма горизонтального шнека.

Для изготовления раздатчика-смесителя с использованием одного механизма горизонтального шнека были разработаны технические спецификации и чертежи.

Согласно техническим требованиям, длина горизонтального шнека составила 3,0 м. В центральной части шнека, на протяжении 600 мм, были размещены лопатки, в то время как на его крайних участках располагались витки (рисунок 1).

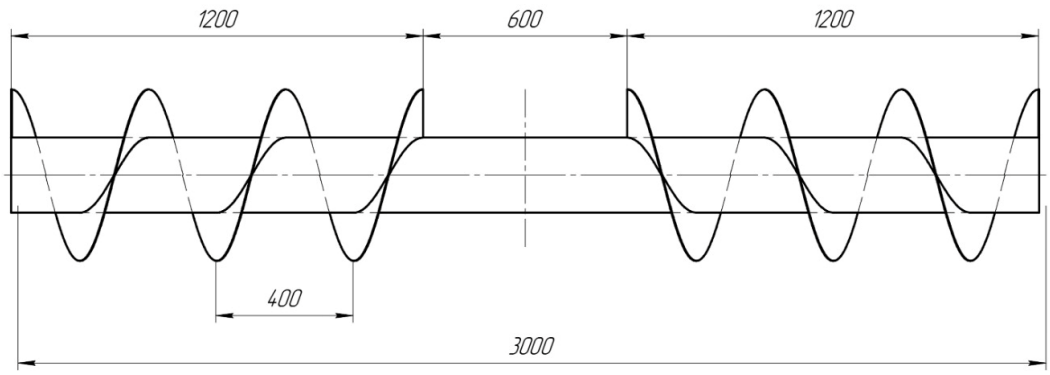

Рисунок 1 – Схема конструкции и технологического процесса работы бункера с горизонтальным шнеком

.

Размеры бункера обеспечивают объём в 3,2 м³, что соответствует необходимому объёму для передвижного кормоцеха.

В процессе работы шнека в горизонтальном расположении масса, поступающая с левых и правых витков, направляется в центральную часть бункера. Вращающиеся лопатки поднимают эту массу вверх, после чего она, достигнув определённой высоты, начинает скатываться к торцевым стенкам бункера. Затем масса поступает на начальную часть горизонтального шнека и снова перемещается в центральную часть. В результате этого создаётся замкнутый цикл движения материала в передней и задней частях бункера, обеспечивая двухконтурное смешивание массы.

В таблице 1 представлены ключевые параметры бункера.

Таблица 1 – Ключевые параметры бункера с одним горизонтальным шнеком

Показатель	Ед.измерения	Значение величины показателя
Объем бункера	м^3	3,2
Длина шнека	мм	3000
Длина участка шнека с правым и левым витками	мм	1200
Длина участка шнека с лопатками	мм	600
Высота корытообразного участка бункера	мм	650
Высота прямоугольного участка бункера	мм	800
Ширина бункера	мм	960
Частота вращения горизонтального шнека	мин$^{-1}$	25…35

На основе указанных технических требований была подготовлена проектно-чертежная документация для производства бункера с одним механизмом горизонтального шнека и объемом 3,2 м³.

При открытии заслонки лопасти, находящиеся в центре вала шнека, будут перемещать материал через выгрузное окно. Предполагаем, что скорость выхода материала через это окно будет соответствовать линейной скорости лопасти, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$\upsilon_{л} = \frac{\pi\, n_{ш}}{30}\, R_{л}\,, \qquad (1)$$

где $n_{ш}$ – частота вращения лопасти, мин$^{-1}$;

$R_{л}$ – радиус конца лопасти, м.

При заданной площади выходного окна S_o и скорости выгрузки кормосмеси υ_k, производительность выгружаемой массы Q_B может быть вычислена по формуле:

$$Q_B = \upsilon_k \ * S_o * \ \rho_{к},\, ; \qquad (2)$$

где $\rho_к$–- плотность кормосмесей, кг/м^3.

Время, необходимое агрегату для прохождения 1 метра длины кормового стола t_1, вычисляется на основе скорости его движения υ_a по следующей формуле:

$$t_1 = \frac{1}{\upsilon_a}. \qquad (3)$$

Выгружаемая масса кормосмесей на один метр длины кормового стола определяется следующей формулой:

$$m_к = Q_t \cdot t_1 = \frac{\pi\, n_ш \cdot R_n \cdot S_o \cdot \rho_к}{30\, \upsilon_а}. \qquad (4)$$

В ходе теоретических исследований были получены аналитические выражения для расчета производительности выгрузки кормосмеси, а также для определения массы выгружаемой кормосмеси на каждом метре кормового стола

Для создания бункера со шнеком одного горизонтального расположения был взят за основу ранее изготовленный раздатчик-смеситель кормов, бункер которого составляет 5 м^3.

В соответствии с новой чертежной документацией, объем бункера был уменьшен до 3 м^3, а горизонтальный шнек был оснащен витками как правого, так и левого направления. В центре шнека были установлены лопасти (рисунок 2).

Выгрузное окно было перемещено в центр бункера, а заслонка выгрузного окна получила специальный механизм, который позволяет регулировать открытие заслонки на различных уровнях по высоте окна

Рисунок 2 – Общий вид горизонтального шнека

Привод для горизонтального шнека реализован через промежуточный вал и одноступенчатый редуктор, а также с использованием ременной и цепной передач (рисунок 3).

После того как был изготовлен раздатчик-смеситель с горизонтальным шнеком, были проведены экспериментальные исследования для уточнения его параметров.

Частота вращения шнека была выбрана на основе данных предыдущих исследований и установлена равной 26 об/мин [11].

Результаты экспериментов показали, что при этой частоте вращения процесс двухконтурного смешивания прошел успешно.

Рисунок 3 – Изображение общего устройства привода механизма горизонтального шнека

Для проведения смешивания в устройство (бункер) загружено 600 кг силоса и 200 кг измельченного сена, а также 8 кг проса в качестве контрольного компонента для оценки процесса.

Для анализа процесса смешивания были взяты 10 проб по 50 г на разных этапах, чтобы оценить влияние времени смешивания. Результаты, показывающие однородность смешивания, представлены на рисунке 4

Результаты однородности смешивания приведены на рисунке 4.

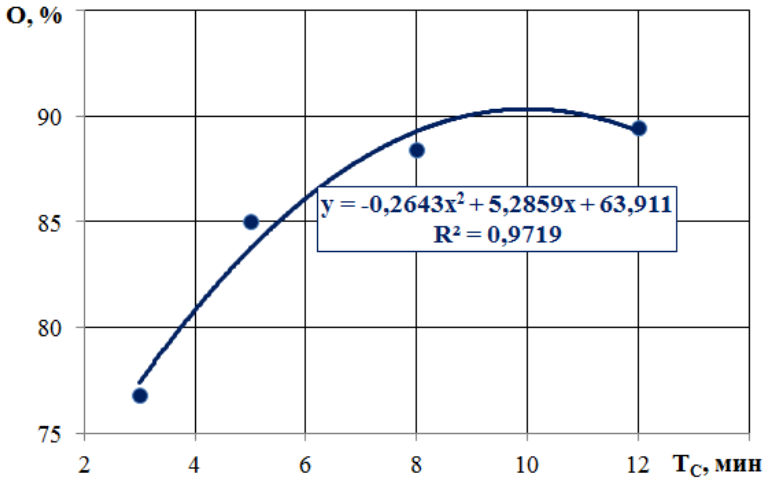

Рисунок 4 –Значение однородности смеси O в зависимости от влияния времени смешивания T_C

Согласно зоотехническим требованиям, при подготовке кормов, состоящих из сенажа или силоса и измельченных грубых кормов, необходимо обеспечить однородность смеси для овец в пределах 75-80%, а для крупного рогатого скота — 90%. Допустимое отклонение от установленного рациона составляет ±5%. Таким образом, при приготовлении кормосмеси для овец процесс двухконтурного смешивания должен длиться от 3 до 5 минут, а для крупного рогатого скота — от 8 до 9 минут.

В ходе работы раздатчика-смесителя кормов для крупного рогатого скота при трехразовой раздаче кормов на один метр кормового стола должно быть выгружено от 8 до 10 кг кормосмеси, что потребовало проведения эксперимента для определения влияния площади открываемого выгрузного окна S_o на массу кормосмеси на одном погонном метре кормового стола (рисунок 5).

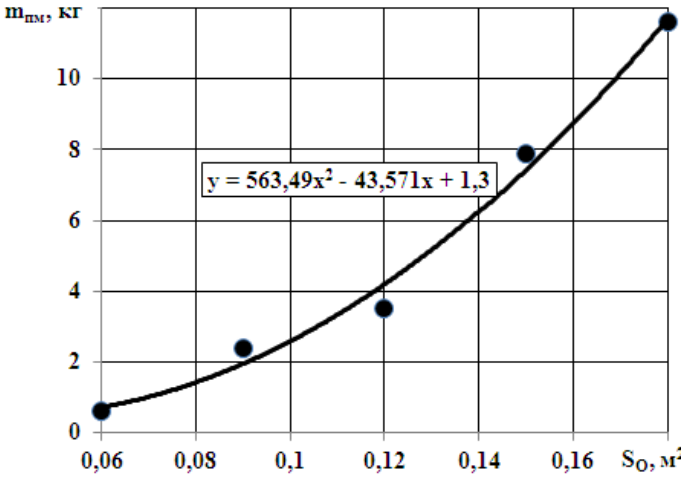

Рисунок 5 – Зависимость массы кормосмеси на одном погонном метре кормового стола от площади открываемого выгрузного окна

Исходя из анализа полученной зависимости, для обеспечения подачи кормосмеси, соответствующей зоотехническим нормам, площадь выгрузного окна должна находиться в пределах 0,15–0,18 м². При площади выгрузного окна S_o=0,18 м² масса выгруженной смеси составила 11,6 кг, в то время как теоретически рассчитанная масса равнялась 11,3 кг. Разница между теоретическими и экспериментальными результатами составила 2,58%, что подтверждает точность и правильность полученных аналитических выражений.

С целью определения однородности распределения массы на одном погонном метре кормового стола был проведен эксперимент, в котором площадь открытия выгрузного окна составила 0,12 м², а скорость агрегата в движении— 0,7 м/с (рисунок 6).

Рисунок 6 – Общий вид распределения выгруженной кормосмеси по длине фронта кормления

Значение массы на одном погонном метре фронта кормления приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Масса на одном метре фронта кормления $m_{пм}$ в зависимости от длины кормового стола $l_к$.

$l_к$, м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$m_{пм}$, кг	3,5	3,3	3,2	3,7	3,7	3,6	3,3	3,5	3,2	3,5	3,5	3,6	3,6

Анализ полученных данных показал, что среднее количество выгружаемой кормосмеси на одном метре кормового стола составило 3,5 кг, а коэффициент вариации — 7,6%. Это указывает на то, что однородность распределения массы по длине кормового стола составляет 92,4%, что соответствует требованиям зоотехники.

Таким образом, на основе теоретических и экспериментальных исследований были определены ключевые параметры процесса двухконтурного смешивания, включая оптимальные значения частоты вращения горизонтального шнека, времени смешивания, площади выгрузного окна и равномерности выгрузки кормосмеси по фронту кормления

Выводы

1. Теоретические исследования позволили разработать аналитические выражения для определения производительности выгрузки кормосмесей и массы выгружаемой смеси на одном погонном метре кормового стола при работе бункера с механизмом шнека в горизонтальном положении.

2. Экспериментальные исследования позволили установить оптимальные параметры: частота вращения шнека была определена как 26 об/мин, время смешивания для овец — 3-5 минут, а для крупного рогатого скота — 8-9 минут. Площадь выгрузного окна для крупного рогатого скота составила 0,15-0,18 м².

Равномерность распределения кормосмеси по длине кормового стола составила 92,4%, что соответствует зоотехническим требованиям для кормовых рационов овец и крупного рогатого скота.

Благодарность. Авторы выражают искреннюю благодарность Комитету промышленности Министер-ства промышленности и строительства Республики Казахстан за предоставление финансиро-вания (ПЦФ № BR23992300)

Список литературы

1 И. В. Ильин. Направление развития техники для животноводства и кормопроизводства / Ильин И. В. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2002. - V 12. - С. 2-7. https://elib.wkau.kz/ru/lib/document/BIBL/EE02FCBD-38E7-4CE4-A1E7-560016875EC6/

2 [Электронный ресурс]. URL: https://agroserver.ru/articles/6572.htm

3 Для крупных хозяйств: Самоходные кормосмесители //Новое сельское хозяйство. – 2005. – №1. – С.82-89.

4 Кормоцех на колесах КИС-8, КИС-9, КИС-10: проспект /Новосибирский опытно-экспериментальный завод нестандартизированного оборудования. – 1 с.

5 В.Ю. Фролов. Оптимизация процессов приготовления кормов раздатчиком-смесителем / Фролов В.Ю., Сысоев Д.П //Техника и оборудование для села. – 2011. – №2. – С.22-23.

6 Д.П. Сысоев. Совершенствование рабочего органа раздатчика кормов / Сысоев Д.П., В.Ю. Фролов //Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №5. – С.12-15.

7 Д.П. Сысоев. Экспериментальные аспекты оптимизации процесса приготовления кормов измельчителем-смесителем / Сысоев Д.П., В.Ю. Фролов //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – №10. – С.16-18.

8 М.А.Тищенко. Комбинированная машина для приготовления и раздачи кормов/ Тищенко М.А., Брагинец С.В., Клименко В.И. // Сельский механизатор. – 2010. – №11. – С.22-23.

9 T.Abilzhanuly. Justification of parameters of impact-spreading finger shaft for grinder-mixer-dryer using the example of eggshells./ Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., Gulyarenko, A., & Khan, V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(1 (129), С. 33–44. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304127

10 Касандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, Главная редакция физ-мат литературы, 1970. – 104 с.

11 В.Г. Савенко, Л.В. Ларичкина, Б.В. Лукьянов, П.Б. Лукьянов. Приготовление и раздача полнорационных кормосмесей для КРС. Технология и машины. Рекомендации по применению. – Минск, 2005. – 60 с.

References

1. I. V. Ilyin. Napravlenie razvitiya tekhniki dlya zhivotnovodstva i kormoproizvodstva / Ilyin I. V. // Traktory i sel'skokhozyaystvennye mashiny. - 2002. - V 12. - S. 2-7. https://elib.wkau.kz/ru/lib/document/BIBL/EE02FCBD-38E7-4CE4-A1E7-560016875EC6/

2. [Elektronnyy resurs]. URL: https://agroserver.ru/articles/6572.htm

3. Dlya krupnykh khozyaystv: Samokhodnye kormosmesiteli // Novoe sel'skoye khozyaystvo. – 2005. – №1. – S. 82-89.

4. Kormotsekh na kolesakh KIS-8, KIS-9, KIS-10: prospekt / Novosibirskij opytno-eksperimental'nyj zavod nestandartizirovannogo oborudovaniya. – 1 s.

5. V. Yu. Frolov. Optimizatsiya protsessov prigotovleniya kormov razdatchikom-smesitelem / Frolov V. Yu., Sysoyev D. P. // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2011. – №2. – S. 22-23.

6. D. P. Sysoyev. Sovershenstvovanie rabochego organa razdatchika kormov / Sysoyev D. P., V. Yu. Frolov // Tekhnika v sel'skom khozyajstve. – 2009. – №5. – S. 12-15.

7. D. P. Sysoyev. Eksperimental'nye aspekty optimizatsii protsessa prigotovleniya kormov izmel'chitelem-smesitelem / Sysoyev D. P., V. Yu. Frolov // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva. – 2009. – №10. – S. 16-18.

8. M. A. Tishchenko. Kombinirovannaya mashina dlya prigotovleniya i razdachi kormov / Tishchenko M. A., Braghinets S. V., Klimenko V. I. // Sel'skij mekhanizator. – 2010. – №11. – S. 22-23.

9. T. Abilzhanuly. Justification of parameters of impact-spreading finger shaft for grinder-mixer-dryer using the example of eggshells. / Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., Gulyarenko, A., & Khan, V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(1 (129), S. 33-44. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304127

10. Kasandrova O. N., Lebedev V. V. Obrabotka rezul'tatov nablyudenij. – M.: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiz-mat literatury, 1970. – 104 s.

11. V. G. Savenko, L. V. Larichkina, B. V. Luk'yanov, P. B. Luk'yanov. Prigotovlenie i razdacha polnoratsionnykh kormosmesey dlya KRS. Tekhnologiya i mashiny. Rekomendatsii po primeneniu. – Minsk, 2005. – 60 s.

О.Е. Сейпаталиев[1], Қ.Қалым[1], Т. Әбилжанұлы[2], Д.Т.Абилжанов[2], Г.Д.Еспергенова[2], Ғ.С.Әлмұғамбетова[2]

[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,
mr.seipatal@mail.ru, abdirahim_334@mail.ru*
[2]«Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Алматы, Қазақстан,
abilzhanuly.kazniimesh@mail.ru, r16dan@mail.ru, gul.sataeva@mail.ru, ss5o1@mail.ru

КІШІГІРІМ АЗЫҚ ТАРАТҚЫШ-АРАЛАСТЫРҒЫШТЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕГІЗДЕУ

Аңдатпа

Мақалада шағын өлшемді жем-шөп таратқыш-қоспалағыштың параметрлерін негіздеу мақсатында жүргізілген теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Теориялық зерттеулер жем-шөп қоспасын шығару өнімділігін анықтау және жемнің массасын бір метр жем беру үстелінде есептеу үшін аналитикалық өрнектерді әзірлеуге мүмкіндік берді. Бұл өрнектер құрылғының жұмысын оңтайландырудың негізі болып табылады.

Эксперименттік түрде горизонтальды бұранданың айналу жиілігі, араластыру уақыты, шығару терезесінің ауданы және жем-шөп қоспасын жем беру үстелінің бойымен біркелкі шығару мәндері анықталды.

Горизонтальды бұранданың оңтайлы айналу жиілігі 26 мин$^{-1}$ болды, бұл құрылғының тұрақты және тиімді жұмысын қамтамасыз етті. Қойлар үшін араластыру уақыты 3-5 минут аралығында, ал ірі қара мал үшін (ІҚМ) 8-9 минут аралығында анықталды, бұл жем-шөп қоспасының сапасының жақсаруына ықпал етті. Жем-шөптің жем беру үстелінің бойымен біркелкі шығуы 92,4%-ды құрады, бұл жануарларды біркелкі тамақтандырудың маңызды көрсеткіші болып табылады. Алынған нәтижелер осы параметрлерді ауыл шаруашылығында жем-шөп таратқыш-қоспалағыштардың жұмыс тиімділігін арттыру үшін ұсынуға мүмкіндік береді, сондай-ақ жем өндірісі механизациясы саласында қосымша зерттеулер жүргізуге негіз болады.

Кілт сөздер: жем-шөп таратқыш-қоспалағыш, ұсақ жем-шөп ұнтақтаушы, астық жем-шөп ұнтақтаушы, горизонтальды бұранда, жем-шөп қоспасын дайындау, шығару біркелкілігі, шығару өнімділігі.

O.E.Seipataliyev[1], K.Kalym[1], T.Abilzhanuly[2], D.T.Abilzhanov[2], G.D.Espergenova[2], G.S.Almugambetova[2]

[1]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, mr.seipatal@mail.ru, abdirahim_334@mail.ru*

[2]LLP «Scientific Production Center of Agricultural Engineering», Almaty, Kazakhstan, abilzhanuly.kazniimesh@mail.ru, r16dan@mail.ru, gul.sataeva@mail.ru, ss5o1@mail.ru

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF SMALL-SIZED FEED DISTRIBUTOR AND MIXING MACHINE

Abstract

The article presents the outcomes of both theoretical and experimental studies focused on justifying the parameters of a compact feed distributor-mixer.. Theoretical research led to the development of analytical expressions for determining the performance of the feed mixture unloading and calculating the mass of feed unloaded per meter of the feeding table. These expressions serve as the basis for optimizing the device's operation.

Experimentally, the rational values of the horizontal auger's rotational speed, mixing time, unloading window area, and uniformity of feed mixture unloading along the length of the feeding table were determined.

The optimal rotational speed of the horizontal auger was found to be 26 rpm, which ensured stable and efficient operation of the device. The mixing time for sheep was determined to be between 3-5 minutes, while for cattle (Cattle) it was 8-9 minutes, which contributed to better feed mixture quality. The uniformity of feed unloading along the length of the feeding table was 92.4%, an important indicator of uniform animal feeding. The obtained results allow recommending these parameters for improving the efficiency of feed distributor-mixers in agricultural production, and also provide a foundation for further research in the field of feed production mechanization.

Keywords: feed distributor-mixer, roughage grinder, grain feed grinder, horizontal auger, feed mixture preparation, unloading uniformity, unloading performance