

Повышение эффективности рабочего процесса в вертикальном лопастном смесителе

С.В. Брагинец, к.т.н., **Е.В. Бенова**, к.т.н., **А.В. Яковлев**, к.т.н.,
А.С. Алфёров, к.т.н., ФГБНУ Северо-Кавказский НИИМЭСХ

В настоящее время в стране производятся комбикорма для различных видов и возрастов животных и птиц, которые изготавливаются по рецептам, утверждённым в установленном порядке. Под качеством комбикорма, кроме прочих параметров, необходимо понимать степень его однородности, т.е. насколько качественно смешаны его ингредиенты. Подготовка кормов к скармливанию — одна из наиболее трудоёмких технологических операций. Подавляющее большинство кормосмесителей, применяемых в хозяйствах, не отвечают предъявляемым к ним требованиям: они энергоёмки, малопроизводительны и не обеспечивают требуемого качества смеси (степень однородности кормов). Перед наукой стоит важная задача — исследовать основные закономерности процесса смешивания, которые позволили бы значительно повысить эффективность процесса смешивания ингредиентов сыпучих кормов [1–3].

Для перемешивания сыпучих кормов широко применяются лопастные смесители (рис. 1). К основным достоинствам этого типа смесителей относится простота и надёжность конструкции, невысокая потребляемая энергия. Их недостатком является недостаточно высокое качество получаемой смеси, особенно при смешивании ингредиентов, склонных к сегрегации. В соответствии с требованиями к готовой смеси процессу смешивания

соответствует диффузионное смешивание. Этот вид смешивания наиболее интенсивно протекает при механическом псевдооживлении ингредиентов. Это может быть достигнуто в смесителях с лопастными рабочими органами, расположенными вертикально [4, 5]. Таким образом, наиболее предпочтительна диффузионная модель смешивания или перемешивания в непроточных кипящих слоях, с продольной циркуляцией материала [3].

Для интенсификации процесса смешивания в ФГБНУ СКНИИМЭСХ был разработан и изготовлен лабораторный образец вертикального лопастного смесителя (рис. 1) с дополнительными рабочими органами, а именно вертикальными рёбрами, установленными на внутреннюю стенку бункера смесителя (рис. 2). Рёбра имеют прямоугольную и треугольную форму различной высоты — 15, 20, 25 мм. Их задачей является затормозить слой материала у стенок смесителя, благодаря чему происходит интенсивное оседание массы и послойное смешивание.

Проведённые испытания с каждым типоразмером рёбер проходили следующим образом: в смеситель поочерёдно загружали наполнитель (дроблёная пшеница) и контрольный ингредиент (окрашенное пшено) в размере 1% от массы наполнителя.

Смешивание проводили в течение 5 мин. с остановкой через каждую минуту и выборкой проб, которые отбирали специальным пробоотборником из трёх разных точек смесителя по 300 г



Рис. 1 – Вертикальный лопастной смеситель (общий вид)

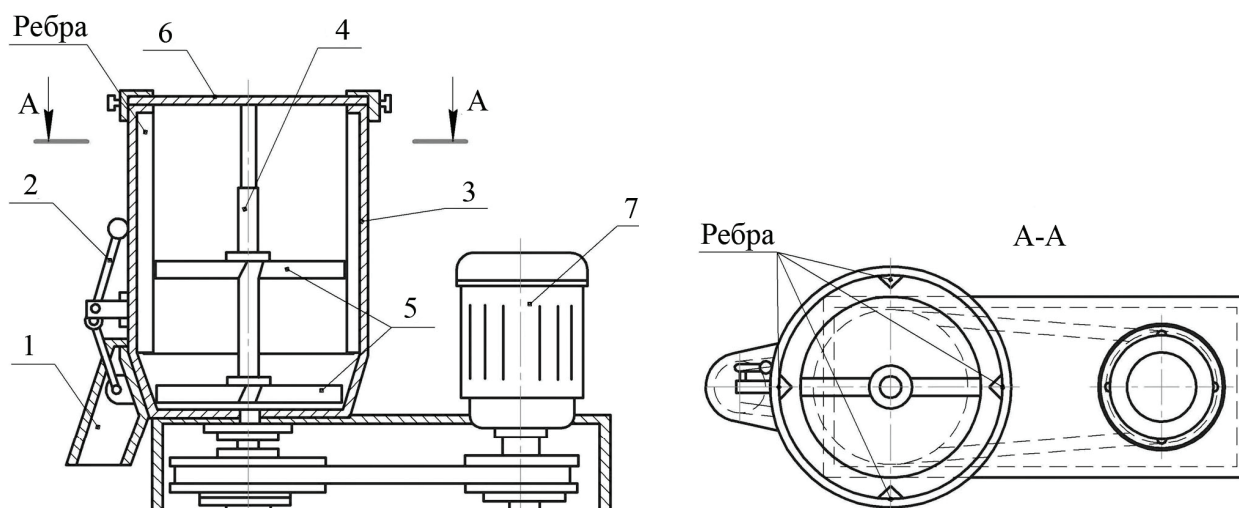


Рис. 2 – Вертикальный лопастной смеситель периодического действия с дополнительными рабочими органами:

1 – патрубок выгрузной; 2 – ручка открытия заслонки; 3 – корпус; 4 – вал; 5 – наклонные лопасти; 6 – крышка; 7 – электропривод

в трёхкратной повторности. Из каждой пробы отбирали навеску массой 100 г, и производили подсчёт содержания контрольного ингредиента. Оценка качества смеси осуществлялась при помощи коэффициента вариации. Результаты экспериментальных исследований влияния высоты рёбер и времени смешивания, высоты установки верхних лопастей на валу ротора при различных частотах вращения лопастного вала на неравномерность смешивания приведены на рисунках 3–5.

Анализ результатов исследований показывает, что с ростом высоты рёбер неравномерность смешивания падает, но после достижения высоты рёбер свыше 20 мм растёт, при частоте вращения ротора 400 мин^{-1} и длительности смешивания 3 мин. Процесс можно объяснить тем, что с ростом торможения движения смешиваемых слоёв происходит более интенсивное псевдооживление и внутрислойное смешивание. Однако при больших величинах рёбер образуется воронка смешивания,

внутри которой идёт сегрегация смеси. Длительность смешивания существенно влияет на качество смешивания, наименьшая неоднородность смешивания достигается при времени смешивания 3–4 мин. при частоте вращения вала – 400 мин^{-1} , высоте рёбер 20 мм и угле наклона $\alpha = 15^\circ$.

Влияние расстояния между лопастями на неоднородность смешивания при постоянной частоте вращения лопастного вала смесителя, угле установки лопастей $\alpha = 15^\circ$ показывает, что с ростом величины расстояния между верхними и нижними лопастями неоднородность смеси уменьшается. Требуемая однородность смеси (свыше 97%) достигается при $l = 125 \text{ мм}$ и высоте рёбер 15–20 мм для смесителя ёмкостью 40–50 кг обогащающих добавок.

С ростом частоты вращения лопастного вала неравномерность смешивания падает до определённого предела, и после достижения частоты вращения свыше $400\text{--}420 \text{ мин}^{-1}$ растёт. Это объясняется тем,

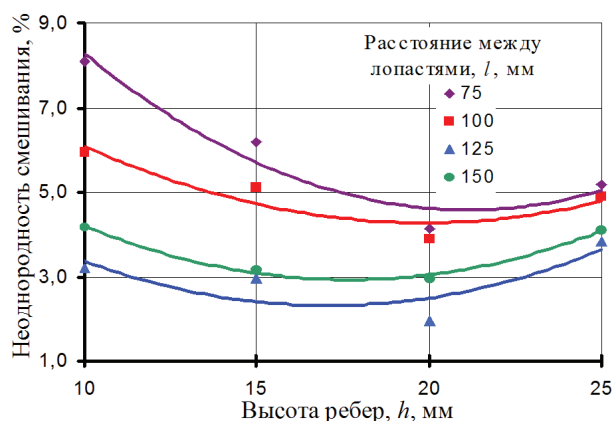


Рис. 3 – Зависимость неоднородности смешивания от высоты рёбер, h при различном расстоянии между лопастями, l ($n = 400 \text{ мин}^{-1}$)

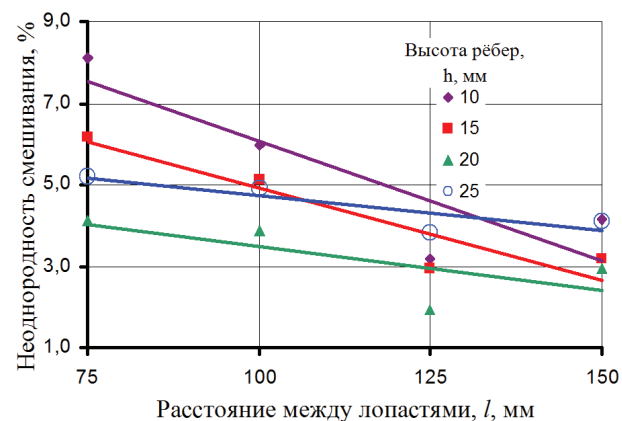


Рис. 4 – Зависимость неоднородности смешивания от расстояния между лопастями, l при различной высоте рёбер, h ($n = 400 \text{ мин}^{-1}$)

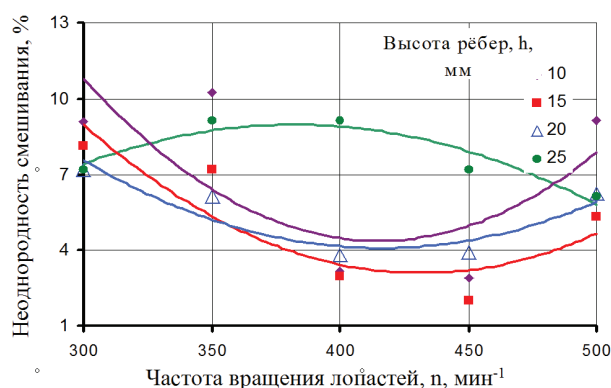


Рис. 5 – Зависимость неоднородности смешивания от частоты вращения, n при различной высоте рёбер, h

Влияние высоты рёбер на неоднородность смешивания и энергоёмкость процесса (при $n = 400 \text{ мин}^{-1}$, $t = 3 \text{ мин}$, $l = 125 \text{ мм}$, $\alpha = 15^\circ$)

Высота рёбер, h , мм	Неоднородность смешивания, %	Энергоёмкость процесса смешивания, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}$
10	3,18	8,70
15	2,95	9,11
20	1,94	9,42
25	3,82	11,10

что с ростом частоты вращения более интенсивно идёт процесс псевдооживления и проникновения частиц в смешиваемых слоях, особенно это заметно при высоте рёбер 15, 20 мм. При частотах свыше 420 мин^{-1} и выше идёт сегрегация смеси, когда более крупные частицы за счёт большего количества инерционной силы перемещаются по другим траекториям при движении в псевдооживленном слое.

С увеличением высоты рёбер неоднородность смеси падает (табл., рис. 6), однако энергоёмкость процесса смешивания возрастает. Требуемая однородность смешивания достигается при величине высоты рёбер равной 20 мм, энергоёмкость процесса при этом составляет $9,11\text{--}9,42 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$.

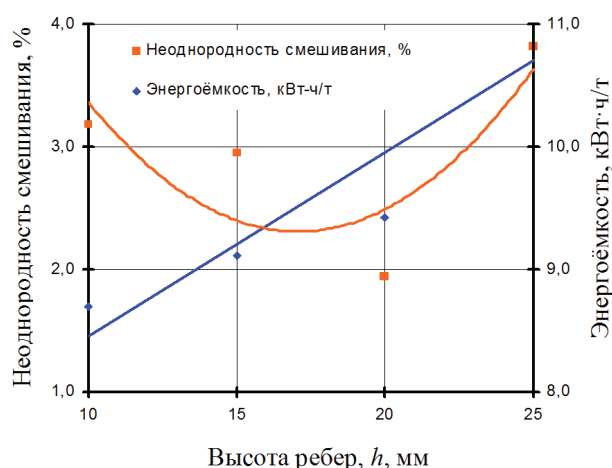


Рис. 6 – Влияние высоты рёбер на неоднородность и энергоёмкость смешивания (при $n = 400 \text{ мин}^{-1}$, $t = 3 \text{ мин}$, $l = 125 \text{ мм}$, $\alpha = 15^\circ$)

Результаты производственной проверки смесителя в составе технологической линии в комбикормовом цехе ЗАО «КСП «Родина» Новокубанского района Краснодарского края показали, что оборудование обеспечивает требуемые производительность и качество приготовляемой смеси трудносмешиваемых обогащающих и лекарственных микродобавок.

Литература

1. Сыроватка В.И., Обухова Н.В., Комарчук А.С. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка // Кормопроизводство. 2010. № 7. С. 42–45.
2. Михайлов В.А., Кочегура Е.С., Алфёров А.С., Акулиничев А.Ю., Петунин Л.Н. Повышение качества смешивания компонентов комбикормов / В.А. Михайлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 8. С. 15–16.
3. Фролов В.Ю., Сысоев Д.П., Марченко А.Ю. Экспериментальные аспекты процесса смешивания компонентов комбикормов цилиндрическим винтовым барабаном / В.Ю. Фролов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. Т. 1. № 37. С. 231–235.
4. Хлыстунов В.Ф. Совершенствование технического оснащения системы жизнеобеспечения свиней. Зерноград: ВНИПТИМЭСХ. 2009. С. 232.
5. Скоркин В.К., Резник Е.И., Мусин А.М. Эффективность применения новых комплектов машин для приготовления грубых кормов / В.К. Скоркин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2004. № 13 (2). С. 108–114.