

УДК 621.929

Н. В. Турубанов, О. Ю. Медведев, А. Ю. Исупов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ В ВЕРТИКАЛЬНОМ СМЕСИТЕЛЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В статье приведены исследования влияния изменения конструктивно-технологических параметров вертикального смесителя на качество готового продукта. Найдена зависимость показателей работы смесителя от величины шага витков шнека. Определено влияние установки распределительного конуса на процесс смешивания материала.

Анализ существующих смешивающих устройств, наиболее распространенных в РФ, позволяет сделать вывод о том, что наличие на рынке огромного количества этих агрегатов не позволяет отдать предпочтение одному из них. Все они имеют свои достоинства и недостатки. В связи с этим разработка смесителя компонентов для производства высококачественных комбикормов с низкой энергоемкостью процесса и высоким качеством получаемой продукции является важной научно-технической задачей [1].

Ключевые слова: смеситель, смешивание, комбикорм.

Целью исследований является повышение эффективности функционирования вертикального смесителя периодического действия по смешиванию компонентов концентрированных кормов путем обоснования параметров и режимов работы.

Общий вид и конструктивно-технологическая схема смесителя представлены на рисунке 1 [2].

На основании анализа научно-технической литературы шаг витков шнека 4 (рис. 1 б) выполнен переменным, т.е. та часть, которая помещена в бункер для премиксов 8 имеет меньший шаг ($l_1 = 130$ мм), а часть, находящаяся в смесительной камере 5 больший ($l_2 = 140$ мм). Диаметр витков шнека $D_{ш} = 200$ мм. Частота

вращения $n_{ш} = 150 \text{ мин}^{-1}$. На привод шнека установлен двигатель мощностью 2,5 кВт [2].

В качестве основного компонента смеси использовали дерть среднего помола, в качестве премиксов гранулы ПНД (полиэтилен низкого давления). Общий вид ПНД представлен на рисунке 2.

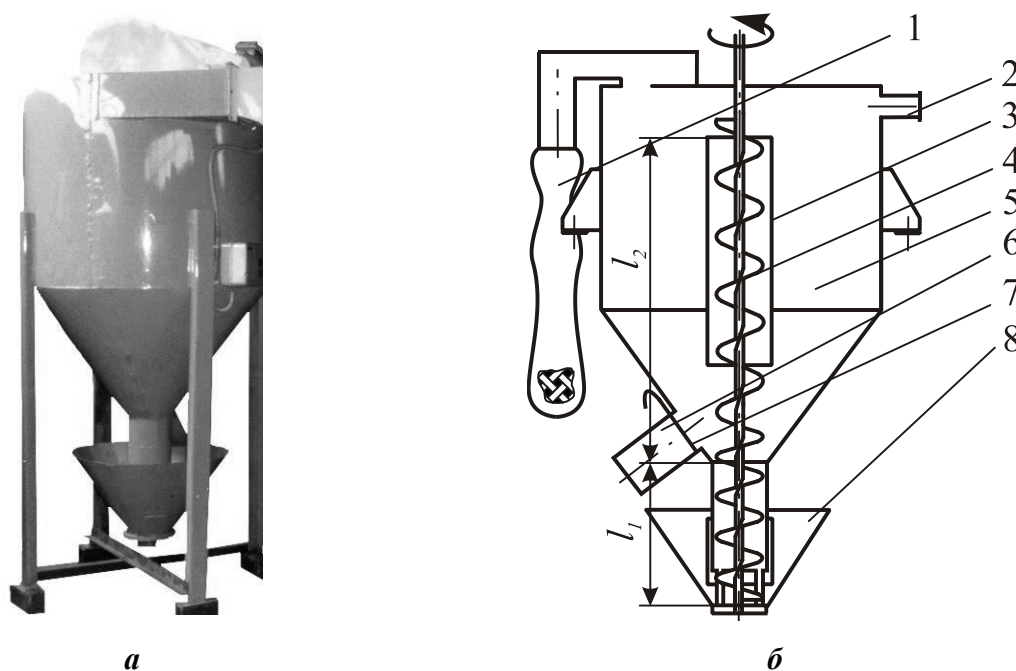


Рис. 1 – Вертикально-шнековый смеситель: а – общий вид,

б – конструктивно-технологическая схема вертикально-шнекового смесителя:

1 – улавливающий фильтр; 2 – патрубков загрузки; 3 – труба; 4 – шнек; 5 – смесительная камера; 6 – выгрузной патрубков; 7 – заслонка; 8 – бункер для премиксов



Рис. 2 – Полиэтилен низкого давления

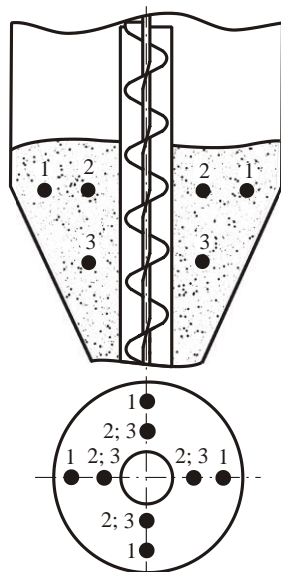


Рис. 3. Схема отбора проб из смесителя 1; 2; 3 – зоны отбора проб

Отбор проб осуществляли точечным методом с помощью пробоотборника из 12 зон смесителя с интервалом 30 секунд. Пробы подлежали анализу, в ходе которого фиксировалась фактическая однородность в исследуемой зоне.

Схема отбора проб представлена на рисунке 3. Смешивание осуществляли в массовой пропорции 10:1. Качество смешивания оценивали по коэффициенту вариации.

После реализации экспериментов и обработки данных получены зависимости изменения степени однородности в зонах 1, 2 и 3 во времени.

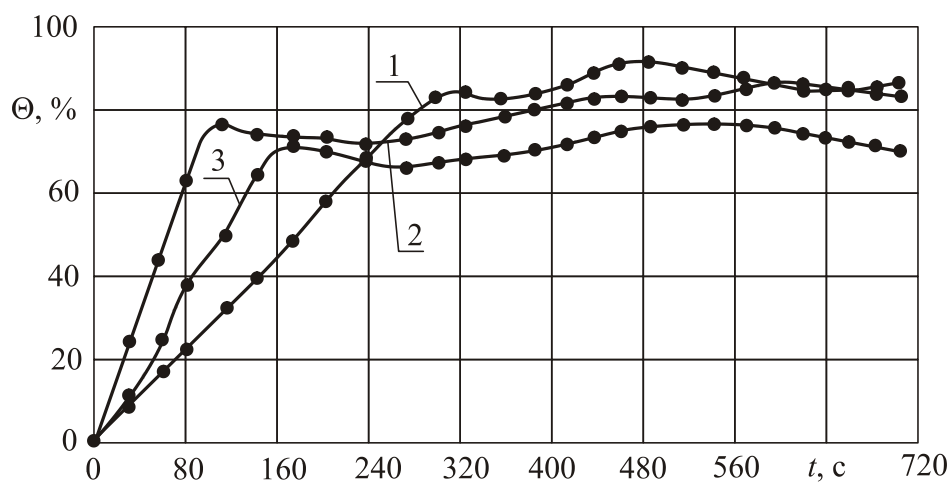


Рис. 4. Изменение степени однородности в зонах 1; 2 и 3 во времени

Из представленных на рисунке 4 зависимостей видно, что система в целом не достигает установленной зоотехническими требованиями однородности. Материал, в силу разности гранулометрического состава, на выходе из шнека, под воздействием центробежных сил разделяется на фракции. В первой зоне наблюдается концентрация ключевого компонента и крупных фракций дерти. Во второй и третьей зоне сосредоточены мелкие и пылевидные фракции, препятствующие перемещению материала из первой зоны к шнеку. Максимальная однородность Θ смеси в первой зоне составляет 88...91%, во второй 85...88%, в третьей 77...79%.

Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что на данных режимах работы смеситель характеризуется низкой однородностью готовой смеси. В смесителе присутствуют застойные зоны.

Для устранения указанных недостатков на трубу шнека был установлен распределительный конус и проведены исследования при тех же режимах работы.

По результатам экспериментов построены зависимости изменения степени однородности в зонах 1; 2 и 3 во времени (рис. 5).

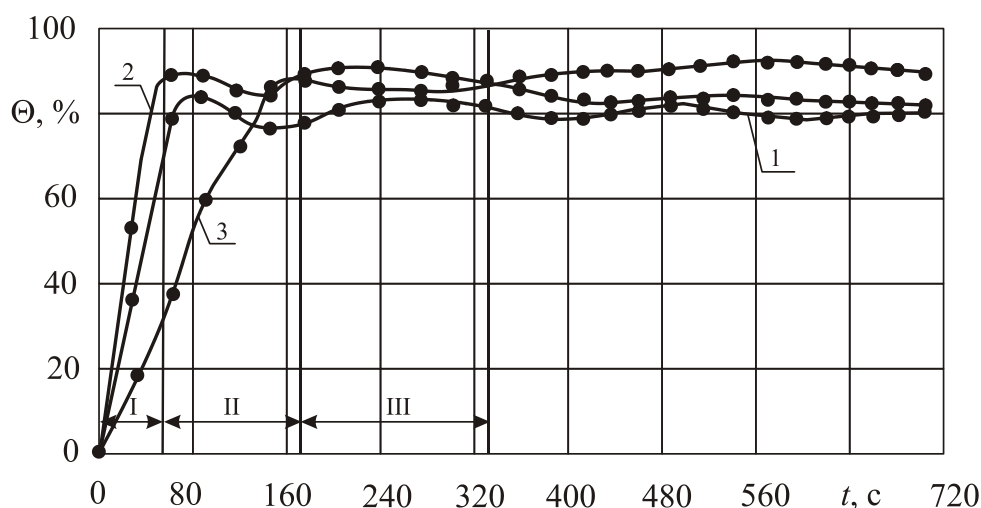


Рис. 5. Изменение степени однородности в зонах 1; 2 и 3 во времени с установленным усредненным конусом

Полученные зависимости можно условно разделить на три состояния: I – конвективное смешивание, при котором скорость процесса смешивания практически не зависит от физико-механических свойств материалов, смешивание происходит на уровне макрообъема; II – диффузионное смешивание, при котором процесс смешивания несколько замедляется, процесс входит в полосу допуска; III – состояние завершения смешивания, когда показатель однородности смеси колеблется не некоторых пределах. При дальнейшем продолжении смешивания происходит сегрегация, при котором однородность смеси уменьшается.

Как видно из представленных зависимостей применение распределительного конуса позволило интенсифицировать процесс, что привело к ликвидации застойной зоны 1, повышению однородности смешивания, уменьшению времени, необходимого для достижения системой равновесного состояния.

Процесс смешивания (смена состояний во времени) в зонах 1 и 2 протекает практически одновременно. Процесс смешивания в третьей зоне несколько отстает от первой и второй, что связано с большей удаленностью зоны от поверхности. Однако во всех зонах система приходит в равновесное состояние практически одновременно.

Средняя максимальная однородность Θ готовой смеси составляет 83...88 %. Время t необходимое для достижения равновесного состояния системы составляет $t = 240...320$ с.

Следующий этап исследований направлен на нахождение зависимости показателей работы смесителя от величины шага витков шнека [2]. Для этого были изготовлены три шнека с разными шагами витков, условные обозначения шнеков в ходе исследований и соответствующий им шаг представлены в таблице.

Таблица

Шаг винта сменного шнека

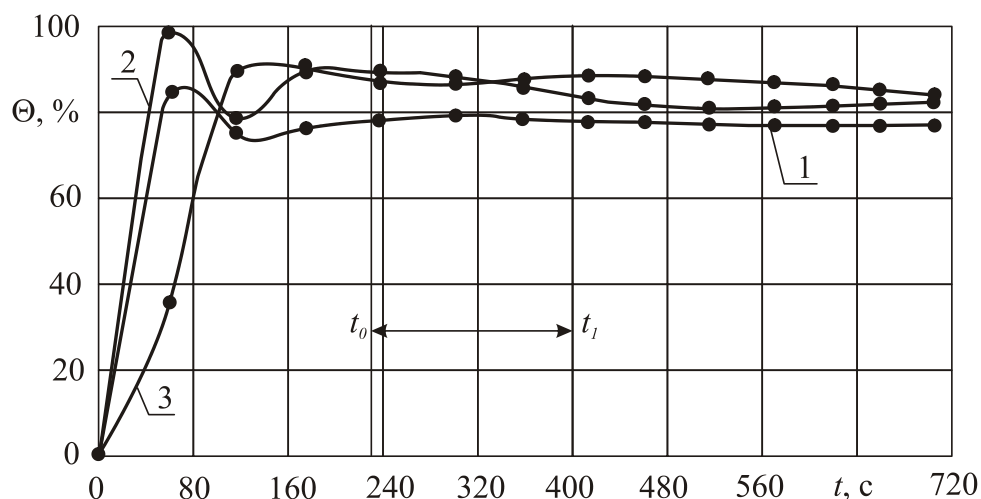
Номер сменного шнека	Шаг витков шнека, мм	
	l_1	l_2
1	120	130

Технические науки

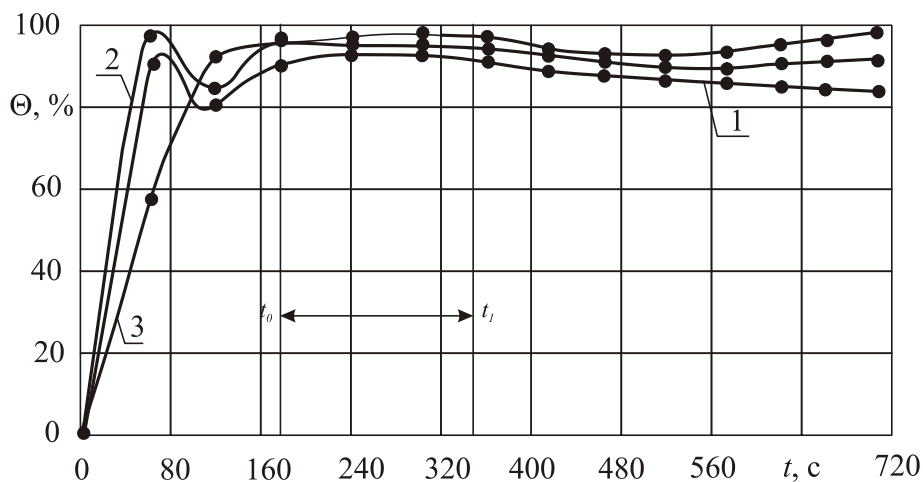
2	130	160
3	140	190

Эксперименты проводились при тех же настроечных параметрах смесителя, что и при предварительных исследованиях. В качестве основного компонента смеси использовали дерть среднего помола, в качестве премиксов гранулы ПНД. Смешивание осуществляли в пропорции 10:1. Пробы отбирали с интервалом в 60 с. Качество смешивания оценивали по коэффициенту вариации.

После реализации экспериментов получены зависимости изменения степени однородности в зонах 1; 2 и 3 от времени при различных шагах витков шнека (рис. 6 а, б, в).



а



б

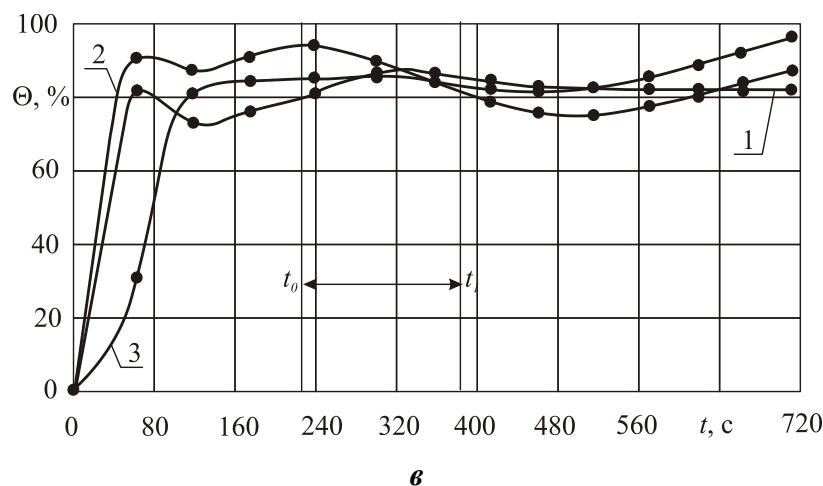


Рис. 6. Изменение степени однородности в зонах 1; 2 и 3 во времени при различных шагах витков шнека: а – шнек № 1; б – шнек № 2; в – шнек № 3

Анализ зависимостей показывает, что характер изменения степени однородности во времени для всех вариантов шнеков примерно одинаковый. В среднем система достигает динамического равновесия за 180 секунд, при дальнейшем продолжении смешивания наблюдается сегрегация. Такой характер изменения кривых обусловлен различиями, как в плотности, так и в размерах смешиваемых частиц. В зоне отбора проб 2 смесь достигает требуемой однородности за минимальный интервал времени, а в зоне отбора 3, наоборот, за максимальный. Таким образом, можно сделать вывод, о том, что необходима многократная циркуляция материала в смесительной камере для достижения равновесного состояния системы.

Время смешивания t при использовании первого шнека составляет 260...400 с, при однородности смеси $\Theta = 83...86\%$; для второго шнека – $t = 210...350$ с при $\Theta = 94...96\%$; для третьего шнека – $t = 260...360$ при $\Theta = 84...88\%$.

Выводы.

1. Применение распределительного конуса в вертикальном смесителе позволило интенсифицировать процесс смешивания, существенно повысив качество получаемой смеси, а также ликвидировать застойные зоны. Однородность получаемой смеси составляет $\Theta = 83...88\%$.

2. Время смешивания t при использовании первого шнека составляет 260...400 с, при однородности смеси $\Theta = 83...86\%$; для второго шнека – $t = 210...350$ с при $\Theta = 94...96\%$; для третьего шнека – $t = 260...360$ при $\Theta = 84...88\%$.

Список литературы

1. Турубанов Н. В., Медведев О. Ю., Исупов А. Ю. Исследование смешивания материала в горизонтальном ленточном смесителе // Общество, наука, инновации (НПК – 2016): сб. ст. 2-е изд., исп. и доп. Киров, 2016. С. 864–870.
2. Савиных П. А., Турубанов Н. В., Устюгов С. Ю., Лодыгин Д. Г. Результаты исследований процесса смешивания в вертикально-шнековом смесителе малогабаритного комбикормового агрегата // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2005. Т. 15. № 3. С. 75–79.

ТУРУБАНОВ Николай Валентинович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теоретической и строительной механики, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: nikolaytu@mail.ru

МЕДВЕДЕВ Олег Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и строительной механики, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: teosmech@yandex.ru

ИСУПОВ Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и строительной механики, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: usr10468@vyatsu.ru