

## **Производство однородных комбикормов и качество премиксов**

В.С Крюков, профессор

*Гранулометрические параметры премиксов, регламентируемые действующими ГОСТ Р 51095 -97 и ГОСТ Р 52356-2005, не создают условий для производства не только качественных комбикормов, но и премиксов.*

С увеличением продуктивности животных повышаются требования к однородности кормов. В странах с развитым животноводством комбикорм с однородностью 95% считают отличным, 90% - хорошим, 80% и менее - не приемлемым, тогда как в известном руководстве, изданном ещё в СССР в 1991 г. (Правила организации и ведения технологических процессов ... Воронеж, 1991), однородным считался корм с показателем однородности не ниже 75%. В 2008 году ВНИИКП издал «Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов», в котором упоминается, что в настоящее время выше указанную величину можно считать устаревшей.

Требование к однородности комбикормов за последние годы возросло в связи с усложнением их рецептуры, включающей всё больше компонентов, при этом не играет особой роли: попадают ли компоненты в корма непосредственно в смеситель или с премиксами. Установлено, что однородность корма для цыплят и поросят раннего возраста является важным фактором, влияющим на рост и потребление корма. Животные старшего возраста потребляют больше корма, который дольше задерживается в желудочно-кишечном тракте, поэтому они менее чувствительны к вариabельности его состава. (McCoу et al., 1994; Traylor et al., 1994; Groesbeck et al., 2007). С практической точки зрения коэффициент вариации состава комбикорма равный 5% вполне достижим. Так, на комбикормовых заводах Франции за 5 лет, начиная с 1999 года, коэффициент вариации смеси, определяемый на основе индикаторных веществ, снизился с 7 до 5% (Bolton and Clayton 2006).

Примерные требования к однородности комбикормов, которыми руководствуются американские производители, представлены в таблице 1 (Herrman, Behnke 1994).

Требования к однородности комбикормов

С v, %	Оценка корма	Корректирующие действия
< 10	Отличный	Нет
10-15	Хороший	Увеличить время смешивания на 25-30%
15-20	Удовлетво - рительный	Увеличить время смешивания на 50%; Проверить состояние оборудования; Исключить недогрузу и перегрузку; Изменить последовательность загрузки компонентов.
> 20	Плохой	Возможна комбинация выше названных проблем. Выявить технические причины, произвести ремонт и настройку.

Производители смесителей в рекламных проспектах указывают, что их машины позволяют приготовить комбикорм с однородностью 95% при соотношении 1:100000. Чего больше в этих заявлениях: лукавства или наивности? Что скрывается за этими величинами? Для непосвящённых в детали или доверчивых потребителей – это абстрактные цифры, однако, если отнестись к ним строго, то их в лучшем случае можно считать полуправдой.

Чтобы реальные параметры соответствовали этим цифрам, условия их достижения надо ограничить рядом требований к свойствам частиц, как добавляемых веществ, так и основной смеси. Так, К.Веннке, который опубликовал десятки работ по смешиванию, в 2005 г. на конгрессе по свиноводству в США в университете штата Иова привёл данные, которые демонстрируют влияние среднего размера частиц и времени смешивания на коэффициент вариации состава смеси.

Таблица 2

Влияние размера частиц на эффективность смешивания

Средний размер частиц комбикорма, мкм	Время смешивания, мин		
	0,5	1,5	3,0
	Коэффициент вариации, %		
< 699	35,1	8,3	8,8
700 - 899	43,1	10,3	8,7
> 900	50,1	14,3	11,6

Из таблицы 2 следует, что с увеличением среднего размера частиц коэффициент вариации состава комбикорма возрастал независимо от времени смешивания. При этом смесь с меньшим размером частиц раньше достигала более высокой однородности.

К такому же выводу пришли Groesbeck, et al. (2007), изучая распределение частиц соли разной крупности по комбикорму для поросят (рис.1). На графике видно, что частицы соли, имевшие наименьший размер, быстро достигали максимального распределения по комбикорму, и при продолжении смешивания в течение 8 минут их коэффициент вариации в смеси не изменялся. В тоже время частицы, имевшие размер 3 мм, характеризовались гораздо худшей распределяемостью по комбикорму. Через 60 секунд после начала смешивания их коэффициент вариации в смеси достигал минимального для них значения ( $C_v$  - 55%). При продолжении смешивания резко возрастала их сегрегация ( $C_v$  – 100%), достигая максимума через 2,5 минуты, которая затем медленно снижалась. В результате коэффициент вариации содержания крупных частиц соли через 8 минут возвращался к его минимальному значению.

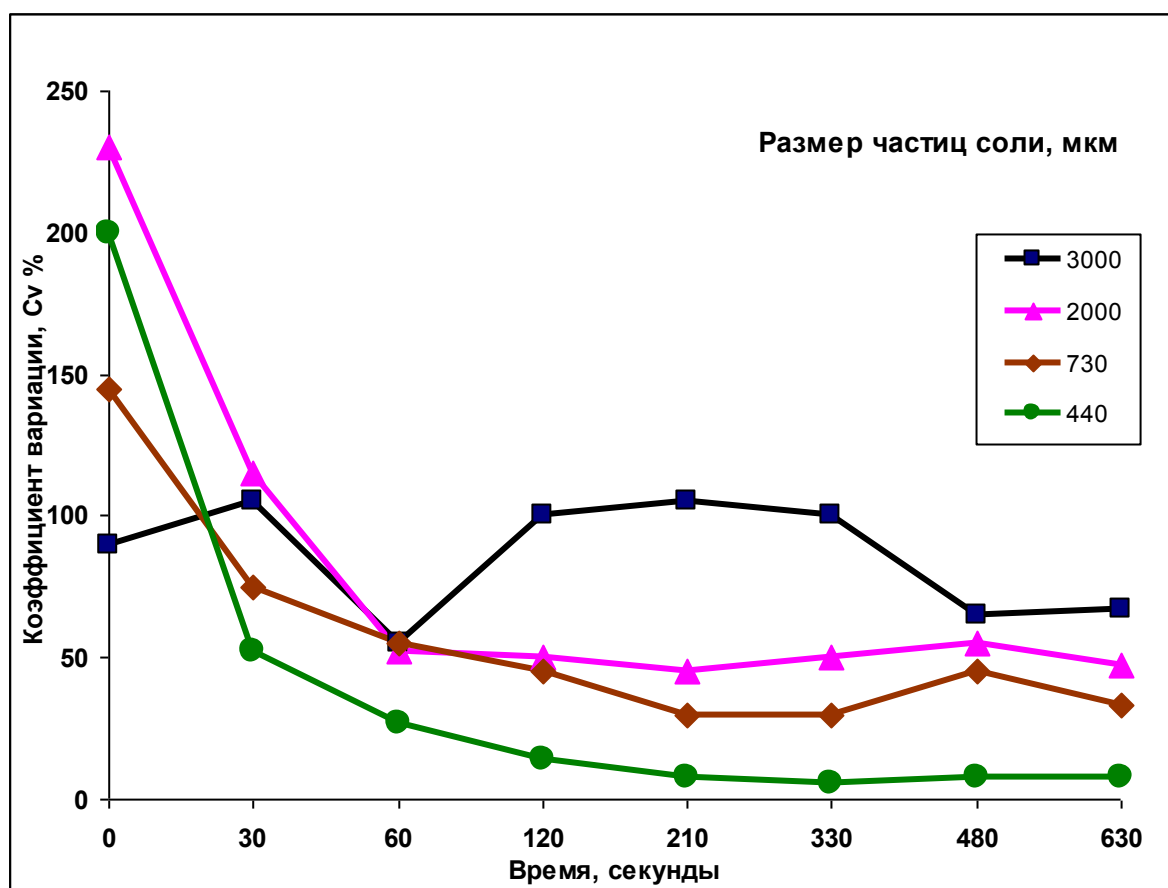


Рис. 1 Распределение по комбикорму частиц соли разного размера.

На основании анализа представленных результатов можно сделать важный вывод: смешивание равных доз одного и того же количества вещества в одних и тех же условиях, приводит к разному его распределению по комбикорму в зависимости от размера

смешиваемых частиц и, соответственно, их количества. К сожалению, исследователи не изучили ещё один вариант распределения соли, который бы включал половину дозы частиц размером 440 мкм и половину – 2000 мкм. Что следовало бы ожидать в этом варианте? Коэффициент вариации должен повысится, так как число крупных частиц уменьшилось и, следовательно, равномерность их распределения должна ухудшиться, тогда как распределение мелких частиц не повлияло бы на распределение соли по комбикорму. Из этого следует важный вывод, который указывает, что помол веществ, добавляемых в корм (премикс) должен быть максимально однородным. Неоднородность распределения вещества будет зависеть от доли частиц крупного размера. При большом диапазоне размера частиц в дозируемой порции, однородность производимых смесей продукта будет снижаться, несмотря на одинаковую дозу вещества, включаемого в смесь.

Среди части специалистов бытует мнение, что при увеличении времени смешивания наблюдается снижение однородности комбикорма, хотя с этим мнением не все согласны. Сравнивая динамику изменения коэффициента вариации частиц крупного и мелкого размера, можно прийти к заключению, что в зависимости от размера частиц веществ, выбранных для контроля, а в широком смысле – от их физических свойств, можно прийти к разным выводам. При длительном смешивании веществ с крупными частицами их сегрегация и распределение устанавливаются на некоем стабильном уровне однородности через более длительный промежуток времени и при более высоком коэффициенте вариации, чем в случае использования веществ с мелкими частицами. Этот вывод тоже не всегда будет однозначным, так как на него будут влиять, как удельная плотность частиц, так свойства основной смеси. Важнейшую роль для производства однородных кормов играет правильная эксплуатация смесителя. Его перегрузка даже на 20% ведёт к потере качества смеси (Wicker. and Poole, 1991).

Таблица 3

Влияние заполнения смесителя на однородность смеси

Заполненный объем, %	Время Смешивания, мин	Коэффициент вариации, %	
		лизин	метионин
100	2,0	11,99	34,61
100	2,5	8,33	4,99
100	3,0	4,64	2,59
120	2,0	56,18	34,88
120	2,5	62,58	31,37
120	3,0	33,96	29,80

Из представленных результатов видно, что при загрузке смесителя в соответствии с его технической характеристикой, лизин и метионин с высокой равномерностью распределялись по массе комбикорма, тогда как смешивание того же состава в перегруженном на 20% смесителе не позволило приготовить однородного корма. Российские производители с давних времён характеризуют смесители, указывая их вместимость в килограммах, что является не корректным. В Европе и Америке в технических характеристиках всегда указывают полный и рабочий объёмы, выраженные в литрах. Именно объём заполнения смешивающей камеры играет определяющую роль для приготовления однородной смеси, а её масса будет зависеть от плотности смешиваемого материала.

Что такое однородный корм? Можно ответить, что это такой корм, в любой части (порции) которого присутствуют все компоненты в относительных долях в соответствии с величинами, заданными рецептом комбикорма. Если вспомнить, что понятие «однородность корма» широко используется в специальной литературе в сочетании с различными величинами: от 98 до 50% и менее, то о каком соответствии заданной рецептуре может идти речь, если коэффициент вариации превышает величину технически достижимого минимума вариации или погрешности методов анализа контролируемого вещества.

Возникает ещё один вопрос, - в какой «любой части»? – это может быть 1 тонна или 1 кг, а может быть масса суточного рациона, например, цыплёнка, который в зависимости от возраста может потреблять от 15 до 150 граммов корма в сутки. Проблема усугубляется ещё и тем, что однородность корма необходимо подтвердить. Это достигается химическими анализами, для которых берут навески массой от 2 до 10 граммов. Можно ли ожидать, что степень однородности порций, 2 г и 1000г отобранных из одной и той же смеси, будет одинаковой? Ещё раз вернёмся к определению однородности: «присутствуют все компоненты в относительных долях в соответствии с величинами, заданными рецептом комбикорма». А могут ли все компоненты смеси с одинаковой величиной однородности в заданном соотношении присутствовать в любой порции?

У специалистов сложилось мнение, что при производстве комбикорма или другой кормовой смеси самым важным является точное дозирование всех компонентов. Безусловно, это необходимое условие, но при этом нельзя упускать из виду важнейшее понятие, что *смешиваются и распределяются по смеси не граммы или килограммы веществ, а частицы веществ*, являющиеся носителями указанных величин массы.

Если исключить из рассмотрения влияние технических характеристик смесителя и свойств частиц, то на основании теоретических расчётов можно проследить чёткую зависимость вероятностного нахождения частиц сырья в 1 кг смеси в зависимости от их числа в смеси.

Таблица 4

Расчётное распределение частиц по массе смеси

Количество частиц в 1 тонне смеси	Заданное число частиц в 1 кг смеси	Ожидаемое число частиц в 1 кг с учётом их распределения	Диапазон величин содержания частиц в смеси, %
2000	2	0 – 6	0 – 300
20000	20	8 – 32	40 -160
200000	200	160 – 240	80-120
2000000	2000	1880 – 2120	94-106
3000000	3000	2840 – 3160	95 – 105

С увеличением числа частиц вероятность их нахождения в 1 кг корма всё больше приближается к заданному количеству. Так, если в смеситель загружена 1 тонна сырья и к нему будет добавлено БАВ, содержащее 20000 частиц, то они со 100%-ной гарантией окажутся в смесителе, и их расчётное количество в 1 кг составит 20 штук. Однако при смешивании, на основании закона случайного распределения, в 1 кг смеси может оказаться от 8 до 32 частиц. Диапазон колебаний их содержания в смеси в этом случае достигает 60%. Требования к однородности комбикормов для цыплят и поросят составляют 95%; взрослым свиньям и телятам рекомендуется скармливать корма, однородность которых не ниже 90%. Из расчётов, приведенных в таблице № 4, следует, что сужения диапазона колебаний содержания частиц (а, следовательно, и вещества) в корме до 5% можно достичь, если их число в 1 кг будет составлять не менее 3000 штук. Выше приведенные расчёты являются теоретическими и отражают возможное распределение однородных «правильных» частиц, насыпная масса которых близка к массе приготавливаемой смеси. Они не связаны с конкретными веществами, их дозами или размером частиц. В практических условиях не встречаются компоненты, размер частиц которых одинаков и отвечает требуемой величине, поэтому существуют формулы расчёта среднего размера частиц на основании гранулометрического анализа.

Значительный диапазон колебаний размера частиц характерен, как для одного вида сырья, так и, ещё в большей степени для смеси, включающей разные продукты. Как

следует из графика на рисунке 1, даже фракции частиц разного размера одного и того же вещества будут распределяться в смеси не одинаково равномерно. Насыпная масса кормовых компонентов, используемых для производства комбикормов и премиксов, характеризуется широким диапазоном - от 0,3 до 2,7 г/см<sup>3</sup>, а размер их частиц от минимального до максимального может изменяться в 10 -50 раз. Это создаёт существенные трудности при приготовлении однородных смесей. Дополнительные помехи для равномерного распределения частиц по смеси создают электростатические свойства сырья, его влажность. В связи с этим для производства гарантированно однородного корма, вышеупомянутые величины, полученные в результате теоретических расчётов числа частиц, увеличивают в несколько раз.

Декларируемая поставщиками характеристика смесителя, обеспечивающего однородность комбикормов или других продуктов при смешивании в соотношении 1:100000 недостоверна, если она не сопровождается ограничением условий, при которых эта величина может быть достигнута. В связи с этим производители комбикормов в западной Европе, применяя смесители с такими характеристиками, принимают нижний предел массы компонента на порядок выше, при котором они могут гарантировать высокую степень однородности распределения его по корму. То есть надёжной считается минимальная доза вещества, включаемого в смесь, равная не 10, а 100 г на 1 тонну. Необходимость принятия такого решения обусловлена не конструктивными особенностями смесителей и дозаторов, а исключительно свойствами используемого сырья. Объяснить его можно тем, что внимание уделяют только массе смешиваемого вещества и упускают из виду требования к размеру частиц дозируемого продукта. Это подтверждается тем, что на эту тему в мировой литературе имеется очень ограниченное число публикаций. Дополнительные трудности для равномерного распределения частиц по смеси создают высокие электростатические свойства у ряда из них, а так же влажность сырья.

Величины, отражающие массу продукта, привычны, так как на их основе учитывают сырьё по бухгалтерским документам, точность процессов дозирования в технологической линии, по ним контролируют качество комбикормовых продуктов при химическом анализе их состава. В тоже время не достаточно обращают внимания на гранулометрический состав сырья, что создаёт существенные проблемы для производства качественных продуктов. Количество частиц в сырье или в премиксе никогда не рассчитывают. Этот показатель, как и однородность комбикормов или премиксов не входят в число обязательных нормируемых показателей. Последние особенно важны для оценки качества премиксов и в определённых условиях могут стать определяющими для

производства качественных комбикормов. На основании анализов однородности премиксов можно оценить их качество и совершенство технологии. Важным является уровень профессионального мастерства специалистов у производителей премиксов, которые определяют пригодность тех или иных видов сырья, а также требования к его подготовке перед использованием. Даже на самом совершенном оборудовании невозможно производить продукцию высокого качества, если не подобрано сырьё необходимого гранулометрического состава.

Ряд БАВ включают в состав кормов в количестве менее или около 1 грамма на 1 тонну (селенит натрия, углекислый кобальт, соли йода, биотин, фолиевая кислота, витамин В<sub>12</sub>), количество ряда других компонентов не превышает 10 г/т (витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, К<sub>3</sub>). Эти продукты распределяются по массе комбикорма с большой вариацией, которая обусловлена недостаточным количеством частиц в одном его килограмме (Панин И.Г. и другие 2009)

В таблице 5 указано расчетное количество частиц сырья с насыпной массой около единицы, которое должно содержаться в 1 грамме БАВ в зависимости от доли включения его в комбикорм.

Таблица 5

Количество частиц в 1г сырья, необходимое для равномерного распределения по 1 тонне смеси (Ахе D.E. 1995).

Количество вещества в 1 т корма	Средний размер частиц		Средняя масса частицы, мкг	Количество частиц в 1 г сырья, шт.
	<i>мкм</i>	<i>mesh</i>		
10 мг	8			
100 мг	22			
1000мг	44	325	0,064	15 600 000
4,8 г	74	200	0,307	3 260 000
13 г	105	150	0,833	1 200 000
40 г	149	100	2,551	392 000
55,5 г	177	80	3,559	281 000
184,0 г	250	60	11,806	84 700
750,0 г	420	35	48,077	20 800
2 091,0г	595	28	133,940	7 466

Из приведенных данных можно рассчитать, что для равномерного распределения БАВ по массе смеси ( $C_v < 5\%$ ) рекомендуется включать сырьё, обеспечивающее содержание в 1 тонне около 15 миллионов частиц. Чтобы получить такое количество частиц сырья, вводимого в корм в малых дозах его надо измельчать более тонко. Так, при включении в корм 1 г вещества размер его частиц должен составлять 0,044 мм. При увеличении дозы



в 5 раз крупность помола можно увеличить всего в 1,7 раза. Даже вещества, которые включают в количестве 40г/т, должны иметь средний размер частиц 0,149 мм, а соли цинка, марганца и железа, которые включают в корм в количестве 120 - 230 г/т, - около 0,250 мм. Приведенные величины следует рассматривать как усреднённые, тогда как при включении в смесь конкретной дозы сырья с определённой удельной массой, необходимо рассчитывать средний размер частиц, гарантирующий их достаточное количество для производства корма с высокой однородностью распределения в нём веществ, входящих в рецепт. Исходя из значений, приведенных в таблице 5 можно предположить, что при дальнейшем увеличении доз веществ размер частиц может быть увеличен. Однако, если вернуться к таблице 2 и рисунку 1, то можно предположить, что размер частиц БАВ не должен превышать 0,45 мм

Нужно ли задавать вопрос: как часто контролируют размер и число частиц в БАВ, используемых для производства комбикормов и премиксов? В действующем ГОСТ Р 52356-2005 на премиксы всё сведено к тому, чтобы размер их частиц не превышали 1,2 мм. Это свидетельствует о том, что разработчики ГОСТа упустили эту проблему.

Производители кормов и премиксов находятся в плену заблуждения, предполагая, что, добавляя 10 кг премикса на 1 тонну корма, можно решить проблему производства комбикормов с требуемой однородностью распределения в них БАВ. Это мнение не подтверждено исследованиями и сложилось на основе предположения того, что поскольку в премиксе БАВ уже подверглись смешиванию и разбавлению, то в дальнейшем, попадая в корм в составе большой порции и при последующем смешивании, они будут продолжать ещё лучше распределяться по массе комбикорма. Увеличение времени смешивания в разумных пределах, даже за счёт двух стадийного процесса, не ведёт к увеличению однородности смешиваемого продукта. В отдельных случаях после достижения некой максимальной однородности смеси этот показатель может снизиться на несколько процентов в результате сегрегации, однако при продолжении работы смесителя процессы распределения компонентов и их сегрегация приходят во взаимное равновесие, определяя постоянную величину однородности (рис. 1). Распределение частиц и их сегрегация характеризуются переменными величинами, которые зависят как от технической характеристики смесителя, так и от числа и свойств распределяемых частиц и свойств основной смеси.

Применение премиксов для производства комбикормов позволяет решить две основных и очень важных проблемы. Первая – организационная, заключается в том, что исключается необходимость иметь в составе предприятия специалистов, которые

должны хорошо знать физико-химические и технологические свойства кормовых препаратов витаминов, микроэлементов, ферментов и ряда других.

Приобретение надлежащих источников отдельных витаминов и других БАВ, требует создания условий для хранения нескольких десятков наименований БАВ, организации их бухгалтерского учёта и контроля активности. На заводах по производству премиксов список сырья превышает сотню наименований. Преимуществом премиксов является то, что при их использовании достаточно организовать работу только с одним продуктом.

Вторая проблема – технологическая, связана с тем, что при дозировании в комбикорм отдельных препаратов БАВ, на технологической линии необходимо дополнительно устанавливать 2 – 3 довольно дорогих по стоимости и обслуживанию микродозатора, способных с достаточной точностью подавать в смеситель десятки и сотни граммов веществ. При этом они не должны «потеряться» в транспортных механизмах или «улететь» в аспирацию. В этом отношении требования к узлу дозирования премиксов намного проще, чем к дозированию отдельных компонентов. Выше указанное усложнение технологической линии, увеличение стоимости оборудования, а так же все проблемы, связанные с приобретением отдельных компонентов БАВ, привели к тому, что в мировой практике кормопроизводства такой подход не получил распространения. Других проблем, кроме вышеназванных, использование премиксов не решает. Именно это явилось основополагающим в мировом аспекте для отказа производителей комбикормов от организации самостоятельного дозирования отдельных БАВ в комбикорма и выделения производства премиксов в самостоятельное направление.

Можно указать на нецелесообразность строительства на новых заводах цехов предварительных смесей (ЦПС) или их существования на ранее построенных предприятиях.

Если одна порция продукта, приготовленная в ЦПС, полностью направляется в одну порцию главного смесителя, то в этом случае основная роль ЦПС сводится к точному дозированию компонентов, включаемых в корм в малых дозах. В этом случае микродозатор(ы) оказывается удалённым на значительное расстояние от основной технологической линии, что вызывает задержку части сдозированных микрокомпонентов в транспортных механизмах. Эффективность смешивания в ЦПС в этом варианте не оказывает влияния на однородность производимого комбикорма, а смеситель, установленный в ЦПС, является лишним и служит местом для образования переносимых остатков.

Более распространённый вариант работы ЦПС заключается в том, что произведённую предварительную смесь делят на несколько порций, которые загружают в

смеситель для приготовления конечного продукта. В этом случае коэффициент однородности производимого комбикорма будет всегда ниже, чем в первом случае. Это обусловлено тем, что предварительная смесь будет приготовлена с каким-то коэффициентом вариации состава, а затем часть её будет включена в порцию сырья для производства комбикорма, которая на заключительном этапе будет смешана с коэффициентом вариации, присущим этому этапу, что приведёт к дополнительному снижению однородности распределения веществ по комбикорму.

Вернёмся к тому, что задача по производству однородных кормов не будет решена, если не достигается надлежащая степень измельчения каждого вещества, обеспечивающего получение необходимого числа частиц. Любая масса премикса не решает проблему однородности распределения по корму отдельных БАВ, потому что входящие в его состав вещества, попадая в смеситель, при смешивании будут распределяться в нём в соответствии со свойствами, присущими конкретному веществу независимо от предварительного разбавления или смешивания с наполнителем. Этот вывод сделали американские исследователи из Канзасского Университета ещё в 1983 году (McElhiney, Tangprasertchai, 1983). Для испытаний использовали БАВ, которое включали в комбикорм в чистом виде или после разбавления в результате предварительного смешивания 2 - 50 раз. После смешивания корма, в который вносили испытуемое вещество, из каждого замеса отбирали по 20 образцов массой 50 граммов для химического анализа.

Из представленных данных (табл. 6) следует, что разбавление вещества не повысило равномерность его распределения по массе комбикорма в процессе смешивания. Диапазон колебаний его концентрации в корме, при всех предварительных разбавлениях, находился в пределах 212 -280 г/т или 86,5 – 114,3%. В образце, отобранном из корма, в который вносили не разбавленный препарат, диапазон колебаний составил 92,8 – 120,5%. Расчет коэффициента вариации содержания БАВ по средним значениям для 6 вариантов, в которых использовали разбавленное и не разбавленное вещество, показал, что он равнялся 1,0%. Это с высокой степенью достоверности подтверждает отсутствие различий по распределению в смесях БАВ после предварительного его смешивания с наполнителем (табл. 6).

## Содержание БАВ в корме в зависимости разбавления

№ п.п.	Уровень разбавления	Результаты исследований		Коэффициент вариации, %
		В среднем по 20 образцам, г/г	Диапазон колебаний, г	
1	Не разбавлен	249	231 - 300	6,59
2	1 : 1	248	224 - 265	4,34
3	1 : 5	247	212 - 279	6,56
4	1 : 10	244	218 - 268	6,64
5	1 : 25	244	220 - 280	7,17
6	1 : 50	243	227 - 274	4,97

Совсем недавно аналогичные исследования были проведены в институте кормовых технологий в Брауншвейге (Feil und Strauch 2006) [рис. 2].

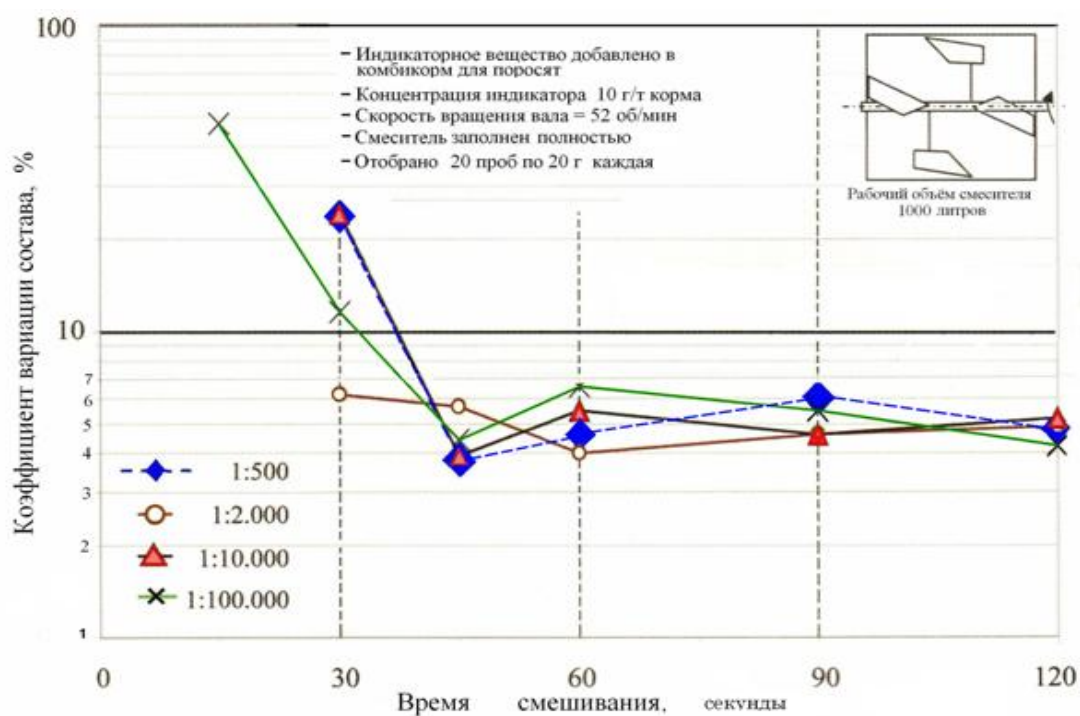


Рис.2. Динамика коэффициента вариации при распределении маркера по массе комбикорма.

При изучении распределения 10 г/г маркера (метилвиолет) по комбикорму для поросят, было установлено, что уже через 45 секунд после начала смешивания, был

получен корм, вариация содержания маркера, в котором составляла 4,0 %. При продолжении смешивания начала проявляться сегрегация и коэффициент вариации через 15 следующих секунд возрос до 6,5 %. Продолжение смешивания привело к достижению некоего равновесия между величиной однородности и сегрегации, и установлению коэффициента вариации на уровне 4,2 %. Этот же маркер предварительно разбавляли путём смешивания с наполнителем, и вносили в смеситель в составе смеси массой 100, 500 или 2000 граммов. Определение содержания маркера в кормах и последующие расчёты позволили установить, что во всех случаях величина коэффициента вариации маркера не зависела от его предварительного разбавления, и через 120 секунд смешивания коэффициент вариации всех смесей составлял 4-5%.

Эти же исследователи (Feil, Strauch, 2006) изучали распределение по комбикорму меди. В корм добавляли 150 г /т чистого сульфата меди или его массу довели до 500 и 2000 граммов путем предварительного смешивания с наполнителем (рис.3).

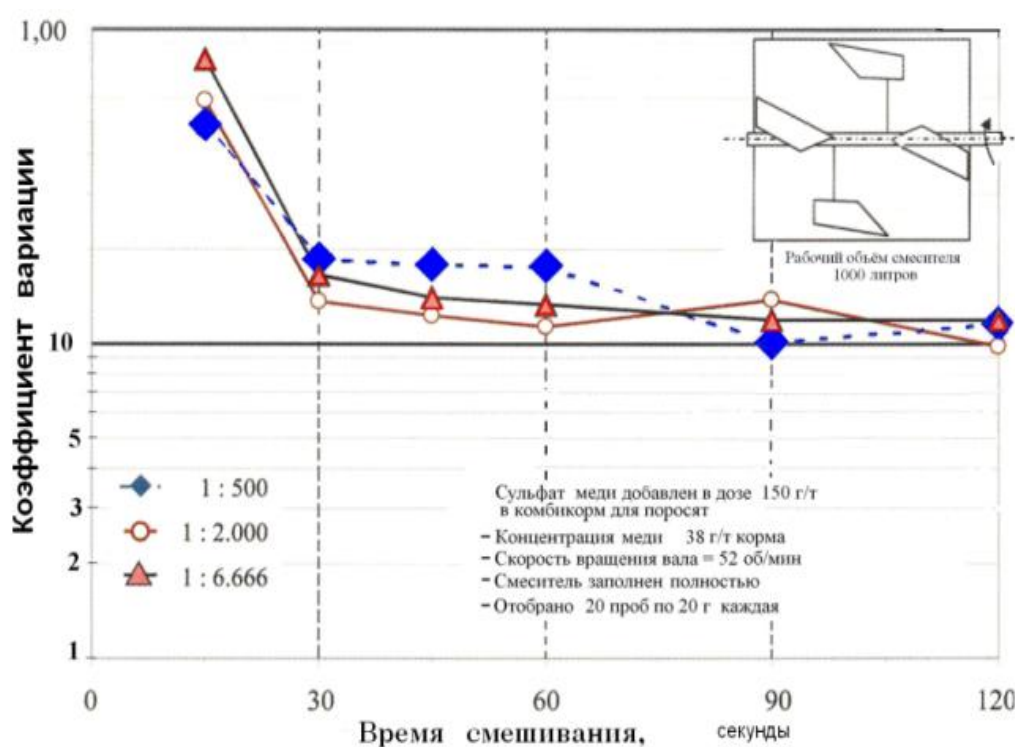


Рис. 3. Динамика коэффициента вариации при распределении меди по массе комбикорма

Результаты анализа показали, что разбавление сульфата меди не повышало однородности его распределения по массе комбикорма: через 2 минуты смешивания коэффициент вариации концентрации меди во всех вариантах достиг одинаковой величины.

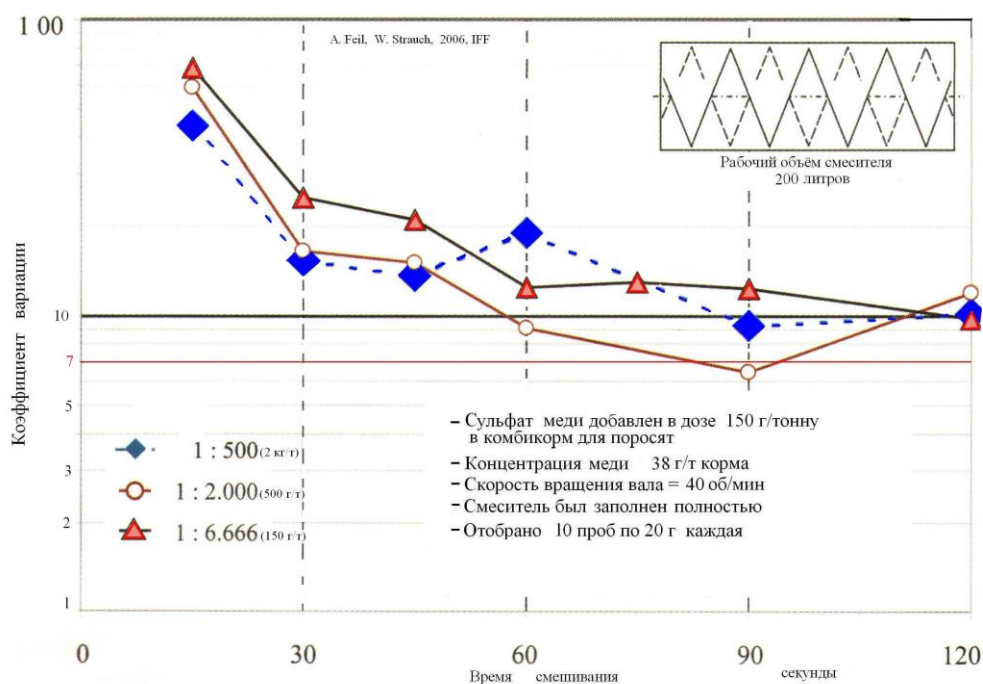


Рис. 4. Динамика коэффициента вариации при распределении меди по массе комбикорма при использовании ленточного смесителя

Такие же результаты после 2 минут смешивания были получены в случае замены лопастного смесителя на ленточный, хотя динамика показателя вариации распределения меди по корму в процессе смешивания отличалась (рис. 3 и 4). Это с одной стороны отражает различия в процессе смешивания, характерные для машин двух типов, а с другой стороны не выявляет заметных преимуществ лопастных смесителей, получивших распространение в последние годы, по сравнению с ленточными по эффективности действия. Преимуществом ленточных смесителей является их меньшая энергоёмкость

Приведенные результаты ещё раз подтверждают, что разбавление вещества (предварительное смешивание) не влияет на его распределение по смеси. Это вполне естественно, так как при разбавлении не изменялись ни физические свойства вещества, которые определяют его поведение в процессе смешивания, ни число частиц сульфата меди в смеси. Сравнивая полученные результаты, можно заметить, что тестирование смесителя по общепринятой методике, подтвердило возможность распределение в нём маркера в дозе 10 г/т (1:100000) с коэффициентом вариации не более 5%. Однако результаты не были подтверждены при замене маркера на медный купорос, доза которого была в 15 раз выше, чем маркера. С увеличением дозы вещества в смеси следовало бы ожидать снижения коэффициента вариации, однако это ожидание было бы правомерным, если бы увеличили дозу того же самого вещества (маркера), то есть вещества с теми же физическими характеристиками. Разбавление медного купороса несколько не приблизило коэффициент вариации до потенциально возможного, который мог быть достигнут на

смесители тестируемой конструкции. При этом условия испытаний были одинаковы, то есть использовали тот же смеситель и корм, приготовленный по тому же рецепту. Это подтверждает, что распределение веществ по смеси определяется в первую очередь физическими свойствами используемых веществ. Таким образом, в зависимости от свойств выбранного маркера техническая характеристика смесителя будет отражаться по-разному. В данном исследовании с помощью специального маркера эффективность одного и того же смесителя была оценена выше, чем при применении сульфата меди, и подтверждала возможность достижения смесителем смешивания с коэффициентом вариации не более 5% при соотношении 1:100000. Смешивание сульфата меди, даже при соотношении 1:6666, показало, что коэффициент вариации распределения меди по смеси составил 10%.

Оценивая результаты распределения маркера и сульфата меди в смеси, можно предположить, что приготовленная смесь имела разную структуру. Однако, согласиться с таким допущением нельзя, поскольку добавление в неё 10 г/т маркера или 150 г/т сульфата меди в расчёте на 100 – 500 кг комбикорма не могло повлиять на его физико-механические свойства в такой мере, которая могла бы их изменить.

При изложении материала настоящей статьи употребляется широко распространённое понятие «однородность комбикорма», однако оно не обусловлено конкретными техническими величинами, отражающими качество смеси. Его употребление не обосновано и вводит в заблуждение специалистов. Правильно говорить об «однородности распределения по массе комбикорма любого отдельного вещества» или нескольких веществ, при этом, не забывая, что степень однородности распределения каждого вещества будет различной. В тоже время не говорят: комбикорм однородно распределяется по смеси – такое выражение полностью лишено смысла потому, что он сам является смесью. К подобному выводу о том, что «...показатель, характеризующий однородность смешивания частиц комбикорма по какому-то одному индикаторному веществу, не является полной характеристикой однородности смеси» раньше пришли Панин И.Г. и Колпаков Ю.М. (2004). Вместе с тем можно указать, что выше отмеченный нами алогизм, широко употребляется, когда говорят о распределении премикса (смеси) по комбикорму (смеси) и никого это не смущает. Это, видимо, сложилось потому, что премикс является одним из компонентов комбикорма и практики уделяют внимание словам: «один компонент» корма, и при этом совершенно не учитывают, что он является смесью, а не монокомпонентом.

При публикации статей, научных отчётов и прочих материалов, исследователи, используя понятие «однородность комбикорма», обычно указывают, что они для изучения

использовали конкретный маркер и, следовательно, речь может идти о распределении по смеси только этого вещества, однако, вопреки фактам, делают заключение об однородности корма (премикса или другой смеси) в целом.

Из вышеизложенного следует, что приводимые в рекламных проспектах или технических характеристиках смесителей указания: «однородность комбикорма  $C_v < 5\%$  при соотношении 1:100000» не характеризуют однородность комбикорма. Они характеризуют смеситель, который способен распределить только конкретный маркер с указанным коэффициентом вариации, по смеси с определёнными характеристиками. На другие случаи указание: «однородность комбикорма  $C_v < 5\%$  при соотношении 1:100000» не распространяется, а «однородность корма» - не имеет смысла. Это утверждение полностью распространяется на все смеси, включая премиксы.

Подмена правильного выражения «однородность распределения по массе комбикорма отдельного вещества» на лишённое технического обоснования: «однородность комбикорма», выгодно производителям смесителей, потому, что оно носит яркий рекламный характер. Паспортную техническую характеристику смесителя, указывающую на эффективность смешивания нужно воспринимать как сравнительную по отношению к смесителям других конструкций, испытанных по аналогичной методике.

Маркеры, рекламируемые в качестве субстанций для определения однородности комбикорма, находят всё большее распространение, но они отражают заинтересованность в продажах производителей маркеров и оборудования для их определения. Особенно распространены продукты американской фирмы «Micro Tracers, Inc., San Francisco, CA 94124» которая производит маркеры, известные под названием «микротрейсеры» (Eisenberg, Eisenberg, 1992), представляющие собой окрашенные частицы железа определённого размера («Microtraser Red #40») и приборы для их выделения из смесей.

Применение маркеров оправдано для решения конкретных задач, которые включают:

1. Сравнение смесителей между собой на основании изучения эффективности распределения в них маркера по смеси,
2. Выявление изменений технической характеристики смесителя при эксплуатации с течением времени,
3. Выявление изменения состава или физических свойств смеси на распределение в ней маркера.

Результаты исследований, опубликованные Clark, и соавторами, (2007) показали, что смешивание набора компонентов для производства комбикорма для цыплят бройлеров по-разному влияло на однородность их распределения по массе смеси (таблица 7).



## Коэффициенты вариации составных компонентов комбикорма.

№ п.п.	Вещество, изучаемое в качестве маркера	Время смешивания	
		2,5 мин	5 мин
		Коэффициент вариации, %	
1	DL- Метионин	14,56	9,47
2	L-Лизин- HCl	16,00	8,70
3	Сырой протеин	7,29	6,86
4	Соль (по хлору)	12,75	15,08
5	Фосфор	6.46	6,27
6	Марганец	20,80	17,59
7	Микротрейсер Red #40 (по частицам)	11,72	10,43
8	Микротрейсер Red #40 (по поглощению)	20,09	18,64
9	Микротрейсер RF-Blue Lake	25.15	25.54
10	Семдурамицин (Aviax)	16,11	11,23

Увеличение времени смешивания с 2,5 до 5 минут существенно повысило равномерность распределения по корму добавленных аминокислот и семдурамицина и оказало слабое влияние на распределение марганца и микротрейсера, специально предназначенного для тестирования смесителей. После 5 минут смешивания коэффициент вариации состава смеси по изучаемым веществам, различался в 3 раза и был в пределах от 6,27 до 18,64%.

Лучшим распределением характеризовались аминокислоты и фосфор, тогда как коммерческий микротрейсер RF-Blue Lake, показал наибольшую величину вариации и комбикорм, тестируемый с его применением, следовало бы признать низкокачественным. Так же высокую неоднородность показал микротрейсер Red #40 (по поглощению).

Увеличение времени смешивания до 5 минут снизило однородность распределения соли. На этот факт следует обратить особое внимание, так как соль иногда рекомендуют использовать в качестве маркера для характеристики однородности производимых кормов. Если вернуться к рисунку 1, то можно вспомнить, что её распределение по смеси очень зависит от крупности помола. К сожалению, в оригинальной публикации авторы не привели физические характеристики контролируемых веществ, что затрудняет поиски различного их поведения при смешивании.

Тестирование смесителей с применением предлагаемых на рынке маркеров, даёт возможность только сравнивать смесители между собой, при условии, что используемая

при этом смесь обладает одними и теми же физическими характеристиками. Можно также заключить, что при использовании смесителей современных конструкций, однородность смесей в большей степени зависит от свойств используемого сырья, чем от особенностей конструкции смесителя. Величины однородности распределения по смеси отдельных веществ были разными и однородность распределения по смеси любого из веществ никак не может быть перенесена все компоненты смеси, то есть на комбикорм в целом.

Использование сырья с одними и теми же характеристиками для производства комбикорма и премиксов позволяет достигать меньшей вариации БАВ в премиксе. Это обусловлено тем, что в 1%-ных премиксах концентрация БАВ, а соответственно и их частиц будет в 100 раз выше, чем в комбикорме, что облегчает возможность более равномерного распределения веществ по массе премикса. Даже минимальная доза селенита натрия, добавляемого в корм в количестве 0,445 г/т, в премиксе возрастает до 44,5 г/т.

Согласно расчётам при среднем размере частиц селенита натрия около 150 микрон можно приготовить премикс, в 1 кг которого ожидается содержание 8440 частиц с коэффициентом вариации их количества 1,11%. Это даёт право производителю премикса характеризовать продукт как высоко качественный. В действительности премикс является промежуточным продуктом – сырьём для производителя комбикормов и с 10 кг премикса в 1 тонну комбикорма поступит 84440 частиц селенита натрия или 84,4 частицы в расчёте на 1 кг корма. В этом случае коэффициент вариации ожидаемого числа частиц в корме составит 10,9%, то есть эта величина выше рекомендуемой для цыплят. Для приготовления корма с ожидаемым коэффициентом вариации селена не более 5% в нём должно содержаться не менее 400 частиц/кг, что может быть обеспечено при содержании 40000 частиц в 1 кг премикса, при среднем их размере 87,8 микрона (0,088 мм). Из этого следует вывод, что премиксы следует считать качественными, если они произведены с гарантией последующего однородного распределения входящих в их состав БАВ по массе комбикорма.

Число частиц в 1 кг премикса равное 40000, обеспечивающее 400 частиц в 1 кг корма можно считать исходным для любого БАВ, содержание которого будет ожидать в корме с коэффициентом вариации  $\pm 5\%$ .. Хотя при содержании в 1 кг премикса 40000 частиц, коэффициент вариации их ожидаемого количества в премиксе составит  $\pm 0,5\%$ , подтвердить высокое качество премикса, не говоря о корме, с достаточной степенью надёжности будет невозможно. Это обусловлено тем, что для химического анализа будет взята навеска массой 3 г, в которой возможное количество частиц (а, следовательно, и содержащегося в них вещества) размером 0,088 мм будет ожидать с коэффициентом

вариации  $\pm 9,1\%$ . Для того чтобы подтвердить высокое качество премикса химическим анализом, используя навеску массой 3 г, в 1 кг премикса должно содержаться 133330 частиц. Это требование можно обеспечить путём измельчения селенита натрия до частиц со средним размером 0,059 мм. Однородность распределения селена по комбикорму в этом случае ожидается с коэффициентом вариации  $\pm 0,86\%$ , однако подтвердить эту высокую однородность его распределения по корму путём химического анализа не удастся, даже если на анализ будет взято 10 г корма, так ожидаемое количество частиц в навеске имеет коэффициентом вариации  $\pm 8,7\%$ . Для гарантированного подтверждения высокой однородности приготовленного комбикорма, необходимо взять навеску массой не менее 30 граммов, что проблематично, поэтому концентрация селена и ряда БАВ с низкими долями включения в комбикорм, относятся к не гарантируемым показателям. Это обусловлено не качеством корма, а невозможностью обеспечения в навеске, отбираемой для анализа, достаточного числа частиц БАВ и, соответственно, анализируемого вещества. Методика оценки вариации питательных веществ в разных порциях кормов недавно была опубликована в Паниным И.Г. с соавторами (2009) в журнале «Комбикорма».

Выше изложенные расчёты проведены на примере селенита натрия, как наиболее проблемного БАВ, однако они могут быть выполнены для каждого компонента премикса или комбикорма. Их необходимо проводить для веществ, которые включают в корм в дозе менее 0,5%, относимые к микрокомпонентам и на этом основании определять требования к размеру частиц сырья, позволяющие производить качественные комбикорма и премиксы. Премиксы следует считать качественными, если они произведены с гарантией, подтверждающей указанное количество каждого компонента, как в составе премикса, так и приготовленных с их использованием комбикормов. Последнее, возможно только при распределении входящих в их состав БАВ по массе комбикорма с требуемым коэффициентом однородности

Гранулометрические параметры премиксов, регламентируемые действующими ГОСТ Р 51095 -97 и ГОСТ Р 52356-2005, не создают условий для производства не только качественных комбикормов но и премиксов, поскольку не учитывают необходимости регулирования размера частиц каждого вида сырья. Размер частиц сырья, используемого для производства премиксов должен регулироваться не только в зависимости от количества вещества, достаточного для приготовления однородного премикса, но и с учётом последующей возможности производства однородного комбикорма. Учитывая, что по смеси распределяется не некая масса вещества, а его частицы, в настоящей статье уделено большое внимание именно этому показателю качества. Однако на

однородность смесей, кроме числа частиц оказывают влияние и другие физические свойства, которые следует учитывать,- это тема другого изложения.

Подводя итоги можно сделать заключение, что не существует метода и показателя, характеризующего однородность комбикорма. Привычное выражение «однородный комбикорм» вводит в заблуждение, как производителей, так и потребителей кормов. Показатель, отражающий однородность распределения по комбикорму какого-то одного индикаторного вещества, не может быть характеристикой однородности смеси, поскольку не отражает распределение по ней других компонентов. Вопросу «однородности кормов» посвящается много исследований, но при этом в большинстве из них авторы не указывают число частиц в используемых индикаторных веществах, не всегда указывают природу индикаторного вещества, не приводят гранулометрическую характеристику основной смеси, а также ряд других физических характеристик смешиваемых веществ. Не указываются характеристики смесителей и объём их заполнения. В результате при отсутствии подробного описания условий экспериментов трудно объяснить часто противоречивые выводы, к которым приходят авторы, что приводит в заблуждение практических работников.

Премиксы следует признать качественными, если они обеспечивают производство комбикормов с распределением по ним критических компонентов с однородностью не ниже заданной. В сложившейся ситуации потребителям премиксов необходимо понять обоснованность выше изложенных подходов к требованию качества премиксов и потребовать от производителей выпускать продукцию с необходимыми параметрами. Эти параметры должны отражаться в договорах на поставку, поскольку действующий ГОСТ на премиксы не создаёт условий для производства качественных кормов.

В настоящей статье обсуждена только роль числа частиц и связанного с ним их размера в производстве качественных комбикормов и премиксов, однако следует не упускать из виду, что на распределение БАВ по комбикорму дополнительно влияют технические возможности смесителя и транспортные системы после смешивания, так как они повышают сегрегацию компонентов. На этом основании можно предполагать, что требования к размеру частиц БАВ, а поэтому и их числа в смеси, должны быть ещё более строгими, а к самой смеси – более конкретными.

Часто возникает вопрос об оптимальном времени смешивания, - последнее зависит от характеристики приготавливаемой смеси, включая удельную массу и размер смешиваемых частиц, однородности их гранулометрического состава, и технической характеристики смесителя, с учётом степени его изношенности, его заполнения и очистки от налипших компонентов. Время смешивания необходимо устанавливать в конкретных

условиях на типичных для производства рецептах кормов или премиксов, используя в качестве маркера вещество, входящее в смесь в наименьшем количестве и дающее при лабораторном анализе наиболее воспроизводимые результаты.

#### Литература

- 1.Афанасьев В.А. 2008. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов, том 2, Воронеж, 294 стр.
2. Панин И.Г., Колпаков Ю.М. 2004. Методика оценки однородности комбикормовой продукции. ж. Аграрная наука, - №8 – с. 21-22.
3. Панин И.Г, Колпаков Ю.М., Шенцова Е.С., Гречишников В.В.2009. Оценка вариации питательных веществ в суточных рационах кормления животных. ж Комбикорма, , №5, с. 76-77.
4. Правила организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности. Воронеж, 1991, 1997.
5. Axe D.E, 1995. Factors affecting uniformity of a mix. Animal Feed Science and Technol., v.53, P.211-220.
6. Behnke, K.C. 2005. Presentation. Effect of Particle Size on Mixing Efficiency. Iowa Pork Congress.
7. Bolton Y and Clayton G. 2006. Cross Contra? Feed International. . N 4/ P 28 – 29/.
8. Clark P.M. Behnke K.C. Poole D.R. 2007. Effects of Marker selection and Mix Time on the Coefficient of Variation (Mix Uniformity) of Broiler Feed. J Appl. Poultry. Res. V. 16. P/ 464 – 470.
9. Eisenberg, S and D. Eisenberg, 1992. Markers in mixer testing: closer to perfection. Feed Management. N11, P 8, 20.
10. Feil A. und Strauch W. 2006. Direktzugabe von Zusatzstoffen - Teil 2. Feed Magazine/Kraftfutter. . N 4.S 24-29.
11. Groesbeck C. N., Goodband R. D., Tokach M. D., Dritz S. S., Nelssen J. L. and De Rouchey J. M. 2007. Diet mixing time affects nursery pig performance. J Anim. Sci. v.85, P.1793-1798.
12. Herrman T and Behnke K. 1994. Feed Manufacturing – Testing mixer performance. Bul. MF-1172 Revised, Kansas St. University Cooperative Extension Service, Manhattan, KS.
13. McCoy R.A., Behnke K.C., Hancock J.D and McElhiney R.R. 1994. Effect of mixing uniformity on broiler chick performance. Poultry Sci. v. 73, N 2, P.443 – 449.
14. Wicker D.L. and Poole D.R. 1991. How is Your Mixer Performing. Feed Management. V.42, N 9, P. 40,43.
15. McElhiney R.R., Tangprasertchai P., 1983. The effect of dilution levels in premixes on micro ingredient dispersion in animal feeds. An. Feed. Sci. Technol., 8, 139-146.

**16.** Traylor, S. L., Hancock J. D., Behnke K. C., Stark C. R., and Hines R. H. 1994. Mix time affects diet uniformity and growth performance of nursery and finishing pigs. Kansas State Univ. Swine Day 1994, P171 -175.