

УДК 547.386; 636.085.533

## **ЦЕННОСТЬ ЖИДКОЙ КОМПЛЕКСНОЙ МИКРОЭЛЕМЕНТНОЙ ДОБАВКИ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИКОРМА С ЕЕ УЧАСТИЕМ**

**В.В. Лебедев<sup>1</sup>, Г.Ю. Рабинович<sup>2</sup>**

Тверской государственной технической университет

<sup>1</sup>*Кафедра машины и аппараты химических производств*

<sup>2</sup>*Кафедра биотехнологии и химии*

Показано использование при получении кормов запатентованной жидкой комплексной добавки, содержащей хелатный комплекс янтарной кислоты с микроэлементами – железом, марганцем, цинком, медью, кобальтом, селеном, йодом и метионином. Апробированный технологический процесс и разработанное оборудование позволяют вводить добавку в корм при заданной концентрации и с необходимой производительностью.

**Ключевые слова:** *жидкая комплексная добавка, микроэлементы, технологическая схема и оборудование для приготовления комбикормов.*

В питании сельскохозяйственных животных основополагающее значение имеют минеральные соединения, которые поступают в организм либо за счет полноценных кормов, либо путем дополнительного введения в рацион микроэлементных премиксов, причем не по отдельности, а в составе комплекса. Следует иметь в виду, что в последние годы процессы составления комбикормов целенаправленно улучшаются и в первую очередь за счет разработки и использования специализированных технологических линий обогащения кормов и кормовых смесей различными веществами, позиционируемыми в качестве добавок. Наиболее перспективным введением таких добавок является их использование в растворенном виде.

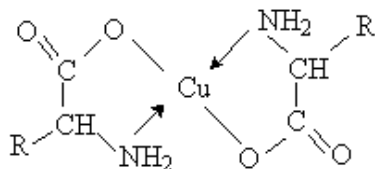
Вместе с тем ключевое значение имеет состав самой добавки, чаще всего это необходимые для животных микроэлементы. Роль микроэлементов в жизнедеятельности животных невозможно переоценить, они оказывают влияние на процессы оплодотворения, рост и развитие животных, обеспечивают функционирование дыхательной и кровеносной систем, способствуют росту продуктивности, устойчивости животных к неблагоприятным факторам внешней среды и к заболеваниям [1; 2]. При нарушении баланса жизненно необходимых для животных микроэлементов, таких, как железо, марганец, цинк, медь, кобальт, селен, йод, возможно развитие многих эндемических,

физиологических и генетических заболеваний. Повсеместно в животноводстве используются премиксы, содержащие неорганические формы микроэлементов – это либо соли, либо оксиды. Специалисты, работающие в данной области, отмечают, что неорганические формы микроэлементов плохо усваиваются клетками кроветворных органов [3, с. 36]. Вместе с тем известно [4], что неорганические соли микроэлементов при контакте с витаминами ускоряют их разрушение. Чтобы не допустить нежелательного воздействия микроэлементов в виде неорганических солей на витамины, применяют специальные методы защиты витаминов, что делает их существенно дороже, или введение микроэлементов осуществляют в виде нерастворимых и фактически очень плохо усваиваемых карбонатов или оксидов. Поэтому введение микроэлементов в корма в виде минеральных солей часто становится пустой тратой денег также из-за химической несовместимости ряда ионов. Так, в премиксах в качестве источника меди используют сернокислую медь, а в качестве источника йода – йодистый калий. При их контакте образуются два вещества: практически нерастворимое неусваиваемое соединение йодид меди и легко испаряющийся элементарный йод. Нетрудно заметить, что йода в премиксах или будет очень мало, или не будет совсем.

В то же время биодоступность многих элементов существенно выше, если они находятся в составе органических соединений [5, с. 51]. Именно поэтому отмечается особый интерес к препаратам нового поколения, в которых микроэлементы содержатся в виде комплекса с биолигандами. Самые перспективные соединения этой группы – хелаты, содержащие циклические группировки органических молекул. Их применение в животноводстве обеспечивает более полное усвоение металлов и нормализацию обменных процессов. Микроэлементы из хелатных соединений практически полностью усваиваются организмом, поскольку именно в такой форме в процессе длительной эволюции животные получали микроэлементы из растений.

Особое место среди хелатообразующих лигандов занимают комплексоны [6]. Комплексоны образуют с ионами металлов хорошо растворимые хелатные соединения. Одной из удачных запатентованных и прошедших государственную регистрацию (номер госрегистрации ПВР-2-5.8/02239-02242) разработок в этой области является содержащая хелаты металлов и аминокислоту метионин кормовая добавка серии Гемовит-меян [7]. Данная добавка – не механический набор микроэлементов, а синергический комплекс, наделенный качественно более высоким уровнем биологического воздействия на организм животных, нежели минеральные соли. В биодобавке микроэлементы находятся в виде таких биохимических структур, которые сходны с транспортными белками организма, что обеспечивает их повышенную

усвояемость и биодоступность. Такая возможность для введения так называемых переходных металлов Cu, Ni, Co, Cr и др. в состав хелата создается за счет свойственного  $\alpha$ -аминокислотам комплексообразования:

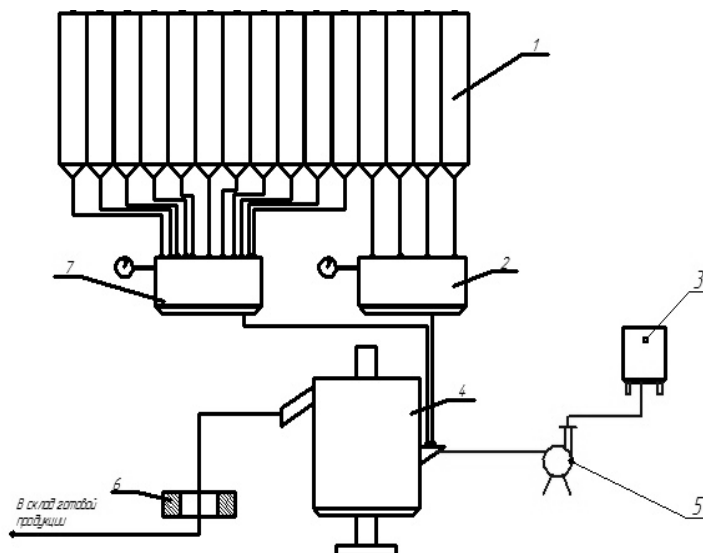


К образованному хелатному комплексу присоединяется янтарная кислота  $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$ , обнаруживаемая не только в тканях растений и животных, но и в янтаре. Известно [6], что хелаты биометаллов обладают рядом ценных свойств: они практически не токсичны, устойчивы в широком диапазоне значений pH, не разрушаются микроорганизмами, в них стирается антагонизм между микроэлементами, повышается их биодоступность. Кроме того, такие соединения практически не разрушают витамины. Безусловно, что такая добавка к корму позволит обеспечить устойчивый рост и развитие взаимосвязанных биологических процессов, протекающих в организме сельскохозяйственных животных.

Для практической реализации приведенного выше обоснования и необходимости модернизации процесса получения комбикорма была разработана технология его приготовления с введением жидкой комплексной добавки Гемовит-меян. Технологическая схема процесса получения комбикорма представлена на рис. 1. Наряду с этим было разработано оборудование, позволяющее вводить Гемовит-меян в корм в жидком виде при заданной концентрации и с необходимой производительностью. Основным аппаратом оборудования является вибрационный смеситель непрерывного действия (рис. 2).

Применение вибросмешивания позволяет существенно интенсифицировать процесс за счёт внешнего подвода энергии. Кроме того, с помощью вибрационных воздействий в одном аппарате можно совместить одновременно проведение нескольких операций. За счёт этого, а также виброкипящего состояния смешиваемых материалов упрощается возможность использования в смесителе непрерывного действия вибрационного типа такого мощного способа интенсификации процесса, как рециркуляция. Под воздействием вибрирующего перемешивающего органа слой материала дисперсной системы, непосредственно соприкасающейся с источником колебаний, периодически получает ударный импульс и, в свою очередь, передаёт часть более отдалённым слоям. При этом частицы сыпучего материала,

перерабатываемых таким образом, получают гораздо больше соударений, их траектории намного сложнее и имеют значительно больше взаимных пересечений, чем при перемешивании в смесителе других конструкций.

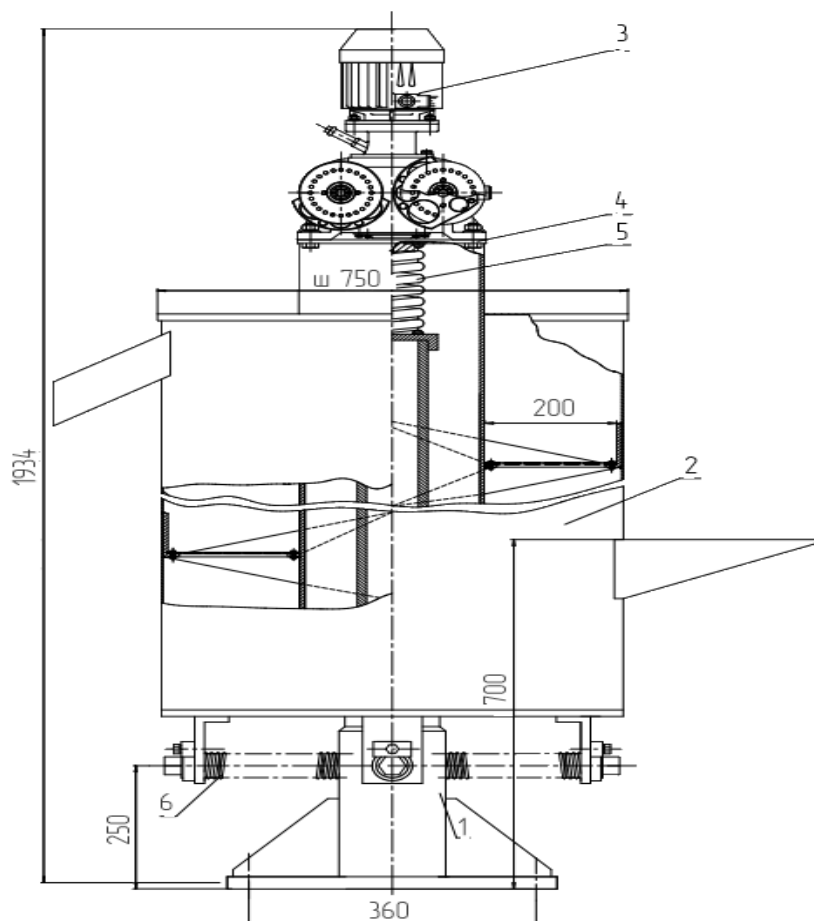


Р и с . 1. Технологическая схема приготовления комбикормов:  
1 – бункера; 2, 7 – многокомпонентные весы; 3 – емкость для добавки;  
4 – вертикальный вибросмеситель; 5 – импеллерный насос;  
6 – магнитный сепаратор

Уменьшение влияния затухания энергии распространяющейся волны на качество продукта компенсируют максимально развитой поверхностью рабочего органа. Такие смесители, обладающие высокой накопительной способностью и осложнённые рециркуляцией, хорошо сглаживают флуктуации питающих потоков. Это позволяет включать в смесительный агрегат дозаторы объёмного типа. Кроме того, важным преимуществом вибрационных смесителей является меньшее значение удельного расхода энергии и износа рабочих поверхностей, по сравнению с другими смесителями принудительного действия.

Весь процесс смешивания и перемещения продукта происходит так: дозированные компоненты комбикорма поступают в загрузочный лоток, с которого продукт просыпается на перфорированный винтовой лоток, на котором приобретает возвратно-поступательное ускорение и начинает двигаться вверх по спиральному лотку. По поверхности лотка продукт движется микроскачками, за счёт чего происходит его частичное смешивание. Кроме того, происходит интенсивное просеивание продукта через перфорированное дно лотка. Фактически

продукт с верхних витков лотка просеивается на нижние, в итоге в процессе работы происходит непрерывная рециркуляция продукта внутри корпуса смесителя. Продукт, который просеивается со второго (снизу) витка рабочего органа, попадает на первый виток смесителя (не перфорированный).



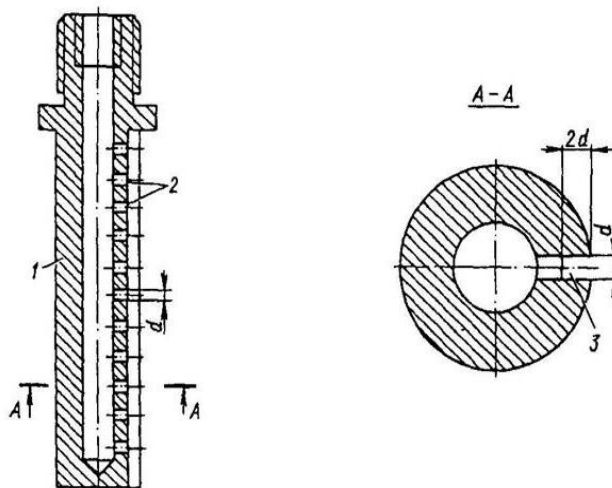
Р и с . 2. Вертикальный вибрационный смеситель: 1 – станина; 2 – корпус смесителя; 3 – электродвигатель; 4 – дебалансный механизм; 5 – вертикальная пружина; 6 – нижняя горизонтальная пружина

На выходе из смесителя устанавливается разгрузочный лоток, через который готовый продукт выводится из машины. Возможна установка в разгрузочном лотке рассекателя, для того чтобы часть готового комбикорма отправлять на вход смесителя для получения не только внутреннего, но и наружного контура рециркуляции, для получения ещё более качественной смеси. Все параметры вибрации подбираются таким образом, чтобы работа машины была оптимальной,

а потребляемая ею мощность сводилась к минимуму. Кроме этого есть возможность регулировки частоты вращения привода, за счёт установки в схему электропитания двигателя частотного регулятора.

Для распыления кормовой добавки используется простейшая по изготовлению гидравлическая форсунка струйного типа. Форсунка представляет собою насадку с цилиндрическим соплом, из которого вытекает струя жидкости, распадающаяся на капли относительно крупного размера и образующая факел с малым коневым углом.

Учитывая конструктивное исполнение вибрационного смесителя и то, что распыление кормовой добавки производится на длине 200 мм, за основу берется многосопловая форсунка прямоугольного типа с коническим расходящимся соплом. В конически расходящемся канале в области сжатия струи создается более глубокое разрежение, оптимальным считается угол конусности  $\theta = 5 \div 7^\circ$ . Вследствие расширения потока в таких каналах наблюдаются значительные потери энергии – скорость истечения из них наименьшая. На рис. 3 приведена схема компактной многосопловой форсунки.



Р и с . 3. Многосопловая форсунка для подачи гемовита:  
1 – корпус; 2 – сопловые отверстия

В качестве распылительной камеры служит цилиндр с отверстиями, равномерно расположенными в его стенке. По образующей цилиндра выполнен паз, сообщающийся с отверстиями. Ширина паза равна выходному диаметру, а глубина – двум диаметрам указанных отверстий. Распыляемая кормовая добавка под давлением 0,1 МПа подается внутрь цилиндра и распыляется наружу в виде струи. Благодаря наличию паза в результате объединения всех струй образуется линейная струя равномерной плотности.

Разработанное устройство состоит из ёмкости (куда подается премиксная добавка), импеллерного насоса (перекачивающего добавку), шланга (через который происходит процесс перемещения добавки из ёмкости в вибрационный смеситель) и трубки-распылителя (через которую непосредственно премиксная добавка будет распыляться на комбикорм в момент его смешивания в вибрационном смесителе). Для данной разработки используется ёмкость с теплоизоляцией для долговременного хранения с заданной температурой (премиксную добавку необходимо хранить при температуре 80–90 °С).

Ёмкость типа «термос» состоит из внутренней колбы, изготавливаемой из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т методом плазменного раскроя заготовки, ступельной сборки и аргонно-дуговой сварки. Слой термоизоляционного материала состоит из синтетических ват или перлитового песка. Наружная облицовка изготавливается из матовой или зеркальной нержавеющей стали для обеспечения гигиеничности, долговечности и отличного внешнего вида.

Ёмкость оборудована герметичным технологическим люком, системой перемешивания продукта эжекторного типа, моющими головками, штуцерами подачи и слива продукта, приборами КИПиА. Ёмкость изготавливается с коническим днищем, имеющим раскатанную отбортовку. Стыковая сварка днища с обечайкой обеспечивает максимальную прочность, надежность и долговечность. Импеллерный самовсасывающий насос НСУ с гибким рабочим элементом (импеллером) применяется при нагнетании жидкости с повышенной вязкостью (до 20 Пас).

Благодаря конструкции насоса создается ламинарный поток, который исключает пенообразование и разрушение структуры продукта. Все материалы, контактирующие со средой, изготовлены из нержавеющей стали AISi 316. Импеллер: неопрен (FDA). Перекачивание кормовой добавки происходит за счет вращения резинового ротора, расположенного в овальном корпусе насоса. Насос изготовлен с рубашкой обогрева.

Все необходимые компоненты комбинированного корма находятся в бункерах, оборудованных дистанционными датчиками уровня и расходомерами. Органические наполнители для приготовления зернистого корма в заданных пропорциях накапливаются в многокомпонентных весах и подаются для перемешивания и ввода гемовита. Регулирование расхода гемовита, поддержание температуры и расход зернистого продукта производят универсальными измеритель-регуляторами со встроенными интерфейсами. Производительность вибросмесителя устанавливается при помощи частотного регулятора. Применение встроенного интерфейса позволяет контролировать весь процесс приготовления и задавать программу для необходимого

продукта. Небольшие габаритные размеры, малая энергоемкость и почти комплексная автоматизация процесса приготовления необходимого комбикорма для различных животных позволяет использовать модернизированную линию, как в небольших фермерских хозяйствах, так и на комбикормовых заводах.

В заключение отметим, что достоинства кормовой добавки Гемовит-меян – широкий набор микроэлементов, возможность ее орального применения и низкая себестоимость. А поскольку ионы металлов связаны в позиционируемой добавке в хелатный комплекс, они не оказывают разрушающего действия на витамины. Кроме того, из-за более полного усвоения микроэлементов в виде хелатов их дозировки могут быть уменьшены в несколько раз по сравнению с добавками на основе неорганических солей.

Предложено решение по практической реализации комплексной добавки, включающее разработку оборудования, позволяющего вводить Гемовит-меян в корм в жидком виде с помощью вибрационного смесителя непрерывного действия.

### Список литературы

1. Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Сульман Э.М. Биоконверсия органического сырья в удобрения и кормовые добавки (микробиологические аспекты): монография. Тверь: ТГТУ, 1999. 168 с.
2. Пат. 2158720 Российская Федерация. Комплексная микроэлементная добавка для интенсификации процесса биоферментации./ 2000. В.В. Степанок, Г.Ю. Рабинович, Н.Г. Ковалев; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственного использования мелиорированных земель. 10.11.2000
3. Балан Д. Влияние некоторых комплексных соединений кобальта на гематологическую функцию у поросят в раннем постнатальном периоде. дис... канд. биол. наук, 2012. 146 с.
4. Селионова М.И., Головкина Е.М. Использование хелатов микроэлементов с аминокислотами в молочном скотоводстве [Электронный ресурс]: URL: <http://примагросервис.рф/articles>
5. Кальницкий Б.Д. //Сельское хозяйство за рубежом. 1980. № 4. С. 50–53
6. Васильев В.П. Комплексоны и комплексоны [Электронный ресурс]: URL: <http://www.pereplet.ru.obrazovanie/stsoros/77.html>
7. Препараты гемовит – один из способов профилактики и лечения микроэлементозов животных, повышения их продуктивности [Электронный ресурс]: URL: <http://гемовит.рф/>



**VALUE LIQUID COMPLEX MICROELEMENT ADDITIVES.  
MODERNIZATION PROCESS FOR PRODUCING  
FEED WITH ITS PARTICIPATION**

**V.V. Lebedev, G.Yu. Rabinovich**

TSTU, Tver

Illustrates the use of the preparation of feed additives patented complex liquid containing succinic acid chelate with trace elements - iron, manganese, zinc, copper, cobalt, selenium, iodine, and methionine. Proven process and designed equipment allow you to enter the feed additive with a given concentration and the required performance.

**Keywords:** *liquid complex additive, trace elements, technological scheme and equipment for the preparation of feed.*

*Об авторах:*

ЛЕБЕДЕВ Валерий Валентинович – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры МАХП ТГТУ, e-mail: le-va454919@rambler.ru

РАБИНОВИЧ Галина Юрьевна – профессор, доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии и химии ТГТУ, зав. отделом биотехнологий ФГБНУ ВНИИМ.