

УДК 631.31

UDC 631.31

ТЕОРИЯ СМЕШИВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ С ВОДОЙ В СИСТЕМЕ ПОЕНИЯ ОТКОРМОЧНОЙ СВИНОФЕРМЫ

THEORY OF MIXING DRUGS WITH WATER IN DRINCING SYSTEMS FATTENING PIG FARMS

Коваленко Владимир Павлович
д.т.н., профессор
Кубанский ГАУ, г. Краснодар, Россия
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
телефон: +7(861)221-59-42, e-mail: mail@kubsau.ru

Kovalenko Vladimir Pavlovich
Dr.Sci.Tech., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
13, Kalinin st., 350044, Krasnodar, Russia
Phones: +7(861)221-59-42, e-mail: mail@kubsau.ru

Корнеев Дмитрий Витальевич
к.т.н., доцент
Кубанский ГАУ, Краснодар, Россия
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
телефон: +7(918)4336149,
e-mail: korneevdmitriy@list.ru

Korneev Dmitry Vitalyevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
13, Kalinin st., 350044, Krasnodar, Russia
Phones: +7(918)4336149,
e-mail: korneevdmitriy@list.ru

Обоснована перспективность применения медикаментов при введении жидких лекарственных препаратов. Определены основы физического процесса смешивания жидких препаратов. Установлено распределение концентраций вводимого лекарственного препарата по сечению трубопровода

The prospect of medicaments application by means of injection of liquid medicine is substantiated. Principals of physical process of mixing liquid medicine are determined. Distribution of injected medicine concentration on pipeline section is established in the article

Ключевые слова: ЛЕКАРСТВО, ДВИЖЕНИЕ, ТУРБУЛЕНТНЫЙ РЕЖИМ, ВВЕДЕНИЕ ПРЕПАРАТА, СМЕШЕНИЕ, МАССООБМЕН, РАСХОД

Keywords: MEDICINE, MOVEMENT, TURBULENT MODE, PREPARATION INTRODUCTION, MIXTURE, MASS EXCHANGE, EXPENSE

В настоящее время, в связи с участвовавшими случаями эпидемиологических заболеваний свиней в Краснодарском крае, остро встал вопрос о внедрении в технологический процесс откорма свиней современных методов введения лекарственных препаратов (вакцинации), которые должны обеспечивать:

массовость введения лекарственных препаратов;

широкий диапазон дозирования и большое количество выдаваемого препарата;

точное дозирование препаратов при любом их массовом расходе.

В зависимости от агрегатного состояния выделяют твердые лекарственные формы (таблетки, драже, капсулы, порошки и др.), мягкие (свечи, мази и др.), жидкие (растворы, настойки, отвары) и газообразные (аэрозоли).

Вводить лекарственные средства можно через пищеварительный тракт (энтерально) или минуя его (парентерально) в виде инъекций (подкожных, внутримышечных, внутривенных), нанесения их на кожу или слизистые оболочки, ингаляции и некоторых других методов (вагинальное, уретральное введение и т. д.).

При выборе способа применения лекарственных средств учитывают необходимость быстрого или медленного получения эффекта, состояние органов и систем организма (в частности, пищеварительного тракта при энтеральном способе введения), показания к общему или местному их применению.

Лекарственные средства, вводимые через ротовую полость (особенно с кормом), вначале подвергаются воздействию слюны, слизи и частично всасываются ее слизистой оболочкой. Поступив в желудок, многие из них растворяются и проникают в кровь, а некоторые разрушаются.

Введение лекарственных препаратов при массовых обработках свиней в составе корма или питьевой воды считается наименее трудозатратным методом профилактики и лечения ряда опасных заболеваний. С лечебной целью в комбикорма могут вводиться кокцидиостатики и антибиотики, однако, зачастую, необходимо подвергнуть лечению ограниченную группу свиней. Скармливание антибиотиков здоровым животным – не отвечает задачам рациональной антибиотикотерапии. Поэтому антибиотики целесообразно вводить иногда и с питьем, или в индивидуальном порядке. Более того, многие препараты частично или полностью разрушаются в процессе производства комбикорма в результате воздействия высокой температуры [2].

В связи с этим в животноводстве широко используют способ введения жидких лекарственных препаратов и витаминов путем смешивания их с питьевой водой [3]. Применяют следующие способы смешения жидкостей: механическое с помощью мешалок, барботажное путем подачи в

жидкость газа и гидродинамическое, при котором используется энергия потока жидкости [6].

Гидродинамическое смешивание жидких компонентов осуществляется тремя способами: за счет турбулентных пульсаций; с помощью специальных стационарных устройств, вставок, обеспечивающих развитие турбулентности путем изменения скорости потока жидкости по величине и направлению, а также с помощью смесительных устройств струйного типа (труба Вентури). Последние применяют для получения однородных смесей двух жидкостей, расходы которых резко отличаются друг от друга [6].

На свиноводческих предприятиях, в частности при откорме свиней, чаще используют медикаторы, обеспечивающие смешение жидких лекарственных препаратов и витаминов с питьевой водой за счет турбулентных пульсаций, создаваемых гидромотором аппарата.

Введение лекарственных препаратов животным через систему поения с использованием медикаторов получило широкое распространение, чему способствует постоянно увеличивающееся количество подходящих медикаментов. Благодаря новейшим разработкам улучшается растворимость традиционных порошковых препаратов и появляются новые жидкие формы [1].

Медикаторы (Рисунок 1) – дозаторы лекарственных препаратов, монтирующиеся в существующую линию подачи воды животным, и использующие давление воды в качестве движущей силы. Подача лекарственных препаратов происходит непосредственно в питьевую воду, при этом смешивание препарата с водой происходит за счет турбулентности потока, создаваемой в самом медикаторе.

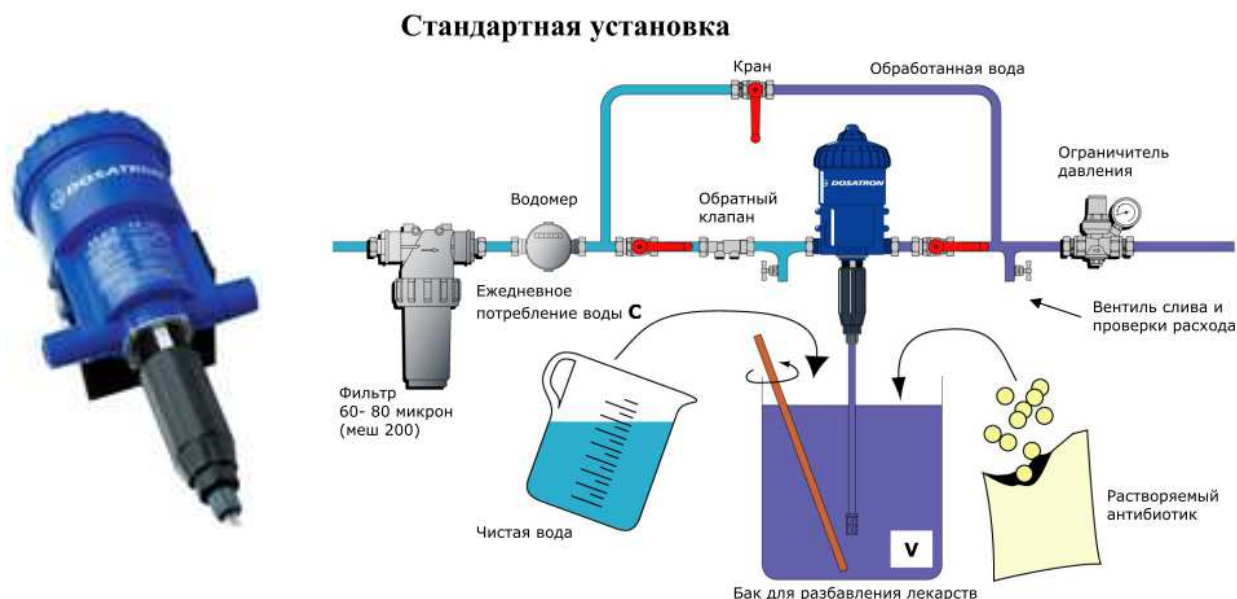


Рисунок 1 – Медикатор и его установка в узле водоподготовки

Используя медикаторы, свиньям с водой дают антибиотики, кокцидиостатики, витамины, минеральные вещества и микроэлементы, органические кислоты, аминокислоты, адаптогены, стресс-протекторы, антиоксиданты, иммунокорректоры и другие препараты. Кроме того, медикаторы позволяют проводить очистку и дезинфекцию линии водоснабжения от биопленки и минеральных отложений, для чего в линию вводят, например, 2% -ный раствор препарата CID 2000, в состав которого входят перекись водорода, парауксусная кислота, органические кислоты, долговременные стабилизаторы. Экспозиция после введения препарата CID 2000 в систему поения составляет 8 ч.

Чаще всего больные животные теряют аппетит, но при этом хорошо пьют для компенсации обезвоживания и гипертермии, поэтому ввод лекарства в питьевую воду очень эффективен и приводит к быстрому терапевтическому эффекту. Некоторые препараты могут использоваться в том виде, как поставляются, при этом всасывающее устройство вставляется в заводскую упаковку. Опытные специалисты настоятельно рекомендуют применять ударные дозы, которые затем заменяют обычными. Конструкция до-

затора позволяет легко и точно изменять дозировку лекарства снаружи и менять один препарат на другой [4].

Помимо соответствия всем перечисленным зоотехническим требованиям к процессу введения лекарственных препаратов, медикаторы отличаются высокой надежностью в работе и длительным сроком эксплуатации при регулярной промывке. Также, в случае ошибки, лекарственный препарат можно легко заменить, предварительно промыв медикатор чистой водой (это занимает несколько минут).

В сравнении с введением лекарственных препаратов с кормами медикаторы жидких препаратов имеют ряд преимуществ:

с водой лекарственные препараты попадают в организм животного в течение нескольких часов, тогда как с кормами для достижения заданной дозировки препарата в организме животного может потребоваться несколько дней;

наиболее полная усвояемость лекарств происходит из воды;

высокая однородность и низкий уровень контаминации лекарственных препаратов;

введение препаратов в воду позволяет более адресно проводить лечение животных или их групп.

В связи с изложенным, поставили следующие задачи исследований:

изучить гидродинамическую обстановку в медикаторе, при которой обеспечиваются турбулентные пульсации жидкости;

изучить условия процесса массообмена между лекарственными препаратами и питьевой водой, при которых осуществляется полное смешение двух жидких сред с различными концентрациями действующего вещества.

Турбулентность, представляет собой сложное многоплановое явление [5]. Обычно ее связывают с приграничной гидродинамической активностью, резким ростом, запутыванием контактной поверхности и распадом, перемешиванием первоначально гладких компактных образований,

хотя она существует и в случае непрерывной стратификации в отсутствие контактных поверхностей. Важнейшую роль в теории турбулентности играет случай скачка плотности ρ в несжимаемой жидкости, разделяющего две однородные по плотности области. По существу исследование турбулентной динамики в случае скачка образует основу всех дальнейших построений, в которых турбулентность осложняется дополнительными физическими эффектами, например абляционным уносом вещества.

Единственной постоянной, содержащей размерности [L] и [T], является ускорение g . Малые масштабы (вязкий, капиллярный и т.п.) стянуты в нуль, большие (внешние) - бесконечны. Тогда толщина перемешанного слоя растет по автомодельному закону

$$h = a(\mu, \varepsilon) g t^2, \quad (1)$$

где $\mu = \frac{\rho_D}{\rho_U}$ $\mu = \frac{(1-A)}{(1+A)}$;

$$A = \frac{(1-\mu)}{(1+\mu)} \text{ - число Атвуда;}$$

ε - относительная амплитуда однородных (автомодельных) длинноволновых начальных возмущений. Она равна

$$\varepsilon = \frac{2\pi\delta\eta_o(\lambda)}{\lambda}, \quad (2)$$

или

$$\varepsilon = \delta\eta_o(k)k, \quad (3)$$

в случае возмущения контактной границы. При несущественности этих возмущений коэффициент пропорциональности a зависит от единственного безразмерного параметра задачи μ или A .

В перемешанном слое выделяют два фронта перемешивания - верхний и нижний [5]. Они окаймляют сверху и снизу слой перемешивания. Пусть текущие позиции этих фронтов, отсчитанные от текущего положе-

ния контактной границы в одномерном расчете (т.е. в отсутствие неустойчивости и турбулентности), равны h_+ и h_- . Соответственно и коэффициент пропорциональности a представляется в виде суммы

$$a = a_+ + a_-, \quad (4)$$

поскольку полная толщина h равна

$$h = h_+ + h_-. \quad (5)$$

При несущественности однородных (автомодельных) длинноволновых начальных возмущений значения a_+ и a_- являются функциями от единственного безразмерного параметра задачи $a_+(A)$ и $a_-(A)$. Записывают

$$a_+ = a_+ A. \quad (6)$$

Оказывается, что a_+ слабо зависит от A . Обычно этой зависимостью пренебрегают. В общем случае, т. е. при наличии однородных начальных шумов достаточной амплитуды, имеем

$$a_+(A, \varepsilon) = a^+(\varepsilon) A \quad (7)$$

Известно [7], что турбулентное движение жидкости характеризуется неупорядоченными траекториями частиц. Академик Ландау Л.Д. структуру турбулентного движения рассматривал как результат наложения на основной поток жидкости, движущейся с некоторой средней скоростью \bar{v} , турбулентных пульсаций различных масштабов, в которых участвуют «комки» жидкости. При этом под масштабом движения $l(m)$ понимают расстояние, на котором «комки» сохраняет свою индивидуальность и существенно меняется скорость движения.

Характеристикой турбулентного течения жидкости является турбулентная вязкость, зависящая от скорости жидкости и размеров трубопровода. Для определения турбулентной вязкости необходимо знать не только

средние, но и пульсационные скорости потока. Оценивают пульсационные скорости, основываясь на следующих моделях турбулентности [6].

Прандль исходил из представления, что в пульсациях турбулентного потока, участвуют «комки» жидкости, которые проходят в поперечном направлении трубопровода путь смешения l без потери своей индивидуальности, не передавая окружающей жидкости импульса. Путь смешения является средней характеристикой турбулентного потока на определенном расстоянии от стенки трубопровода. На основании опытных данных для приближенной оценки принимают [6], что l пропорционально расстоянию от стенки трубопровода диаметром d , $l = 0,4d$. Тейлор, исходя из теории вихрей, полагал, что в поперечном направлении переносятся вихри и на длине смешения l остается постоянной не скорость движения вихря, а частная производная средней скорости \bar{v}_x по r (поперечный размер трубопровода). Полученная им длина пути смешения соответствует $l = 0,56d$.

При определении длины смешения в турбулентном потоке Карман предположил, что поля пульсационных скоростей в различных точках потока подобны и различаются только масштабами длины и временем. На основании этого длина пути смешения определена как $l = 0,36d$.

Таким образом, длина пути смешения пульсаций наибольшего масштаба l не превышает определяющего размера трубопровода, т.е. $l < d$. И, следовательно, вводимый жидкий лекарственный препарат смешивается с основным потоком жидкости на расстоянии, не превышающем характерный размер (d) трубопровода.

Перенос вещества (жидкого лекарственного препарата) в другую жидкость (питьевую воду) относят [6] к процессу массопередачи. Перенос вещества в указанных средах происходит в основном по конвективному механизму и определяется гидродинамической обстановкой процесса. В нем выделяют три стадии: перенос молекул жидкого лекарственного пре-

парата из объема отдающей фазы к границе раздела фаз; переход этих молекул через границу раздела между фазами (жидкое лекарство – питьевая вода) – массопередача; перенос тех же молекул от границы раздела в объем принимающей фазы (питьевой воды) – массоотдача.

При турбулентном движении питьевой воды определяющую роль в явлениях переноса массы лекарственного препарата играют турбулентные пульсации, а в непосредственной близости к стенке трубопровода - перенос по молекулярному механизму, т.е. путем молекулярной диффузии.

Поскольку при турбулентном движении питьевой воды в трубопроводе роль молекулярной диффузии в кинетике переноса массы лекарственного препарата весьма незначительна, поток количества движения лекарственного препарата составит [6]:

$$J_i \approx -D_T \frac{\partial c_i}{\partial r}, \quad (8)$$

где J_i - поток лекарственного препарата, отнесенный к единице поверхности, $\text{кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

D_T - коэффициент турбулентной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$;

c_i - концентрация лекарственного препарата, $\text{кмоль}/\text{м}^3$;

r - величина радиального перемещения препарата, м .

Знак минус в уравнении (8) означает, что поток жидкого лекарственного препарата направлен в сторону уменьшения его концентрации.

Известно, что перенос количества движения и массы при турбулентном движении жидкости происходит по единому механизму. Поэтому коэффициент турбулентной диффузии целесообразно выразить через длину смешения l следующим соотношением, аналогичным [6],

$$D_T \propto l^2 \frac{\partial v_x}{\partial r} \propto r^2 \frac{\partial v_x}{\partial r}. \quad (9)$$

С учетом (9) поток лекарственного препарата составит

$$J_i = \beta_m r^2 \frac{\partial v_x}{\partial r} \frac{\partial c_i}{\partial r} \quad (10)$$

где β_m - коэффициент пропорциональности;

$\frac{\partial v_x}{\partial r}$ - частная производная осевой скорости потока воды по радиусу

трубопровода;

$\frac{\partial c_i}{\partial r}$ - частная производная концентрации лекарственного препарата по

радиусу трубопровода.

По аналогии с [6] зависимость v_x от r определена следующим образом:

$$\frac{\partial v_x}{\partial r} = \frac{dv_x}{dr} = \frac{v^*}{\chi} \frac{1}{r}, \quad (11)$$

где v^* - динамическая скорость, равная

$$v^* = \sqrt{\frac{\tau_{cm}}{\rho}}, \quad (12)$$

τ_{cm} - касательное напряжение на стенке трубопровода, Па;

ρ - плотность питьевой воды, кг/м³;

χ - постоянная величина, равная 0,36.

Подставив (11) в (10), получили

$$J_i = \frac{\beta_m v^*}{\chi} r \frac{dc_i}{dr}. \quad (13)$$

Частная производная $\frac{\partial c_i}{\partial r}$ заменена полной, поскольку при обтекании контактирующей поверхности профиль концентрации не меняется по длине, и c_i является функцией только r .

Для определения характера изменения концентрации лекарственного препарата при взаимодействии его с питьевой водой проинтегрировали

выражение (13) при постоянном значении потока J_i . В результате получили

$$c_i = A_m \ln r + B_m, \quad (14)$$

где $A_m = J_i \chi / (\beta_m v^*)$ и B_m - константы, определенные опытным путем.

Как следует из выражения (14), в турбулентном потоке питьевой воды имеет место логарифмическое распределение концентрации вводимого лекарственного препарата по нормали к обтекаемой поверхности трубопровода.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Длина пути смешения пульсаций наибольшего масштаба не превышает определяющего размера трубопровода. Вводимый лекарственный препарат смешивается с основным потоком питьевой воды на расстоянии, не превышающем характерный размер трубопровода.

2. В турбулентном потоке питьевой воды имеет место логарифмическое распределение концентрации вводимого лекарственного препарата по нормали к обтекаемой поверхности трубопровода.

3. Для определения формы кривой характера распределения концентрации лекарственного препарата при взаимодействии его с питьевой водой необходимо провести экспериментальные исследования.

Список литературы

1. Дорош М.В. Болезни свиней. – М.: Домашний ветеринар. 2012.
2. Мухамедшина А.Р. Использование пропорциональных неэлектрических дозаторов в промышленном птицеводстве и свиноводстве. - ЗАО «ДанЛен» <http://www.danlen.ru/>.
3. Коваленко В.П., Фролов В.Ю., Сторожук Т.А. и др. Механизация животноводства. Учебное пособие. – Краснодар, 2012. – 190 с.
4. Бойцов А. Медикаторы DOSATRON в птицеводстве и свиноводстве. На стол ветеринарному врачу. АгроРынок 2'2013. – 3 с.
5. Иногамов Н.А., Демьянов А.Ю., Сон Э.Е. Гидродинамика перемешивания. – М.: Издательство МФТИ, 1999. – 464 с.

6. Коган В.Б. Теоретические основы типовых процессов химической технологии. Л., «Химия». – 1977. – 592 с.
7. Винников В.А., Каркашадзе Г.Г. Гидромеханика. – М., Высшая школа. 2003. – 492 с.

References

1. Dorosh M.V. Bolezni sviney. – М.: Domashniy veterinar. 2012.
2. Muhamedshina A.R. Ispolzovanie proporcionalnyh neelectrichestkih dozatorov v promyshlennom pticevodstve i svinovodstve. - CC “DanLen” <http://www.danlen.ru/>.
3. Kovalenko V.P., Frolov B.Y., Storozhuk T.A. Mehanizacia zhivotnovodstva. Uchebnoe posobie. – Krasnodar, 2012. – 190 S.
4. Boytsov A. Medicatory DOSATRON v pticevodstve i svinovodstve. Na stol veterinarnomu vrachu. AgroRynok 2’2013. – 3 S.
5. Inogamov N.A., Demyanov A.Y., Son E.E. Gidrodinamika peremeshivaniya. – М.: Izdatelstvo MFTI, 1999. – 464 S.
6. Kogan V.B. Teoreticheskie osnovy tipovyh processov himicheskoy tehnologii. L., «Himiya». – 1977. – 592 S.
7. Vinnikov V.A., Karkashadze G.G. Gidromehaniка. – М., Vysshaya skola. 2003. – 492 S.