

ПЕРЕРАБОТКА: ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 631.363.636

И.Я. Федоренко,
А.Ф. Кнорр,
И.А. Наумов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИСТ АРТЕМИИ КАК ОБЪЕКТА ПЕРЕРАБОТКИ

Цисты (яйца) рачка *Artemia Salina*, добываемые на соленых водоемах Алтайского края, по своему биохимическому составу не уступают и даже превосходят целый ряд белково-витаминных добавок и премиксов. Это обуславливает высокую кормовую ценность и хорошие результаты при использовании цист артемии в качестве кормовых добавок для сельскохозяйственных животных. Наилучшие результаты дает скормливание комбикормов, обогащенных этой природной добавкой.

Технологические решения, принимаемые в отношении обработки и переработки того или иного ингредиента комбикормов, во многом зависят от его физико-механических свойств. Те физико-механические свойства, которые являются наиболее важными в той или иной технологической операции, называют технологическими.

Кроме того, рабочие формулы, по которым проводится расчет конструктивных и кинематических параметров рабочих органов, производительности и энергоемкости машин для дозирования, смешивания, транспортировки, сепара-

ции, очистки, содержат ряд коэффициентов, отражающих указанные свойства.

Физико-механические свойства можно классифицировать, выделив следующие характеристики:

- физические (гранулометрический состав, влажность, плотность и др.);
- фрикционные (коэффициенты внешнего и внутреннего трения, угол естественного откоса и т.д.);
- аэродинамические (скорость витания, коэффициент аэродинамического сопротивления и т.д.);
- деформативные свойства (модуль деформации, коэффициент бокового распора, время релаксации напряжения и т.д.).

Слой цист артемии представляет собой двухфазную смесь, состоящую из самих цист и воздушной фазы. Цисты представляют собой зернистый материал, довольно выровненный по гранулометрическому составу, но с малыми размерами частиц.

Гранулометрический состав в связи с этим определяли с помощью микроскопа, а не при помощи ситового анализа, как это рекомендуется во всех руководствах для дисперсных материалов.

Для определения размеров цист использовали микроскоп ТП-2 «Виккерс», применяемый в металлографических исследованиях.

Под микроскопом хорошо видно, что цисты имеют почти правильную шарообразную форму. Отступление от этой формы наблюдается у некондиционных яиц, у которых поврежден хитиновый слой.

По результатам измерений построили соответствующую гистограмму и функцию плотности распределения размеров цист (рис. 1).

Визуально можно заключить, что распределение близко к нормальному закону. Для подтверждения этого провели соответствующий статистический анализ при помощи компьютерной программы «Statistica 6.0», используя критерий «хи-квадрат». Полученное значение χ^2 составило 8,6, $\chi^2_{табл} = 16,9$. Поскольку $\chi^2 < \chi^2_{табл}$, то с 95%-ной вероятностью можно утверждать о нормальном законе распределения цист артемии по размерам. При этом математическое ожидание составляет $d = 0,238$ мм, среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,109$ мм.

Коэффициент вариации v размеров цист составляет:

$$v = \frac{\sigma}{d} = \frac{0,0119}{0,2379} = 0,05 \text{ (5,0\%)} \quad (1)$$

Это весьма малый разброс около среднего размера цист. При показателях $v \leq 5\%$ уместно говорить о высокой выравненности размеров цист артемии.

Согласно существующей классификации материалов по гранулометрическому составу, слой цист можно отнести к мелким порошкам.

Фрикционные свойства и сдвиговые характеристики определяют угол естественного откоса, внутреннее и внешнее трение. Они характеризуют степень сыпучести и подвижности и во многом зависят от формы частиц сыпучих продуктов, их поверхности и других факторов.

Сыпучий продукт, находясь на горизонтальной поверхности, сохраняет равновесие, образуя с плоскостью определенный угол, называемый углом естественного откоса.

Мы определяли угол естественного откоса χ посредством обмера контуров конуса, образованного путем насыпки материала из воронки при ее медленном поднятии вверх. Для цист равновесной влажности $W = 6 - 7\%$ данный угол равен $25 \pm 0,5$.

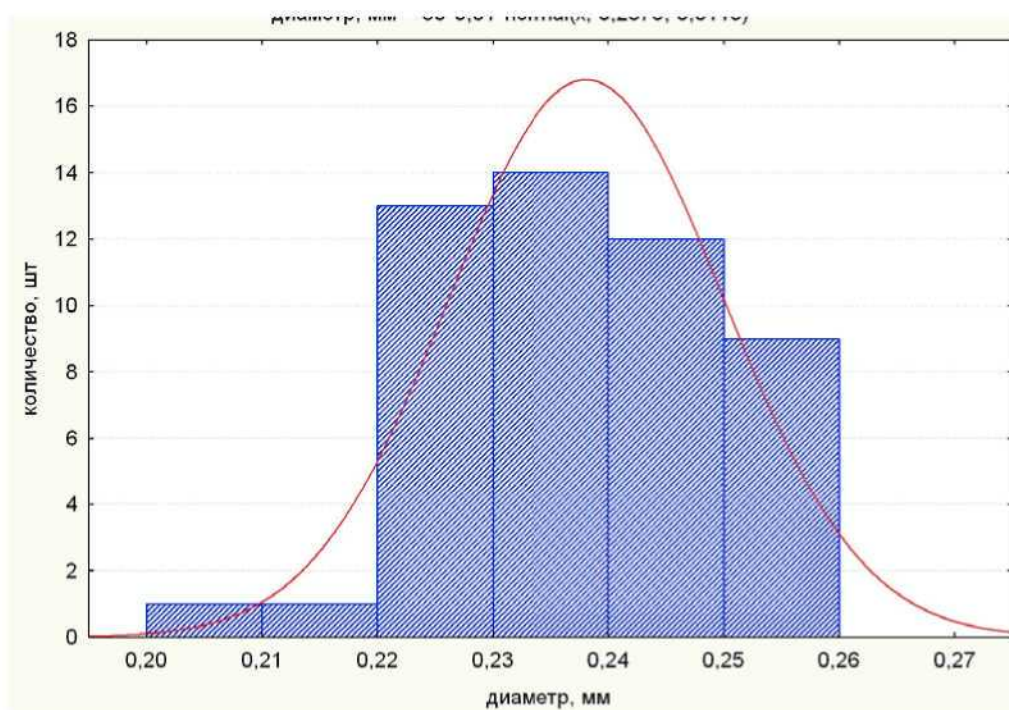


Рис. 1. Гистограмма и плотность распределения цист артемии по размерам

Трение в сыпучем материале – явление весьма сложное, зависящее от многих факторов: истинной и насыпной плотности, гранулометрического состава, размеров и форм зерна, внешних нагрузок, влажности, внутреннего сцепления.

Величину внутреннего трения обычно выражают коэффициентом внутреннего трения f_i и сцепления c , которые получают из эмпирической зависимости вида:

$$\tau = c + f\sigma, \quad (2)$$

где τ – сопротивление сдвигу, кПа;

σ – нормальное давление, кПа.

Испытания на сдвиг проводили следующим образом. В поставленные одна на другую две обоймы кругового сечения в плане помещали слой цист, и он нагружался вертикальной сжимающей нагрузкой. Затем к верхней обойме прикладывалось горизонтальное усилие, которое увеличивали до тех пор, пока оно не вызывало сдвиг одной обоймы относительно другой со срезом слоя по всей плоскости, проходящей по их контакту.

По результатам сдвиговых испытаний построили так называемый график сдвига (рис. 2). По оси абсцисс отложили нормальное напряжение σ , а по оси

ординат – среднее значение (в момент среза) касательных напряжений τ , полученных делением сдвигающего усилия T на площадь среза.

Компьютерная обработка результатов эксперимента позволила получить эмпирическую зависимость между касательными и нормальными напряжениями:

$$\tau = 0,018 + 0,511\sigma, \text{ кПа.} \quad (3)$$

Как видно, коэффициент сцепления c очень мал, он в $0,511/0,018 \approx 28$ раз меньше коэффициента внутреннего трения. Поэтому внутренним сцеплением цист при равновесной влажности можно пренебречь, а слой цист отнести к идеально сыпучим материалам.

Коэффициент внутреннего трения f_i составил по результатам данных опытов значение 0,51; соответственно, угол внутреннего трения $\varphi_i = 30^\circ$.

Как видим, угол внутреннего трения f_i оказался в наших опытах больше угла естественного откоса α ($30^\circ > 25^\circ$). Следует заметить, что существуют две противоположные точки зрения относительно того, что больше: угол внутреннего трения или угол естественного откоса [1], и этот вопрос до конца еще не прояснен.

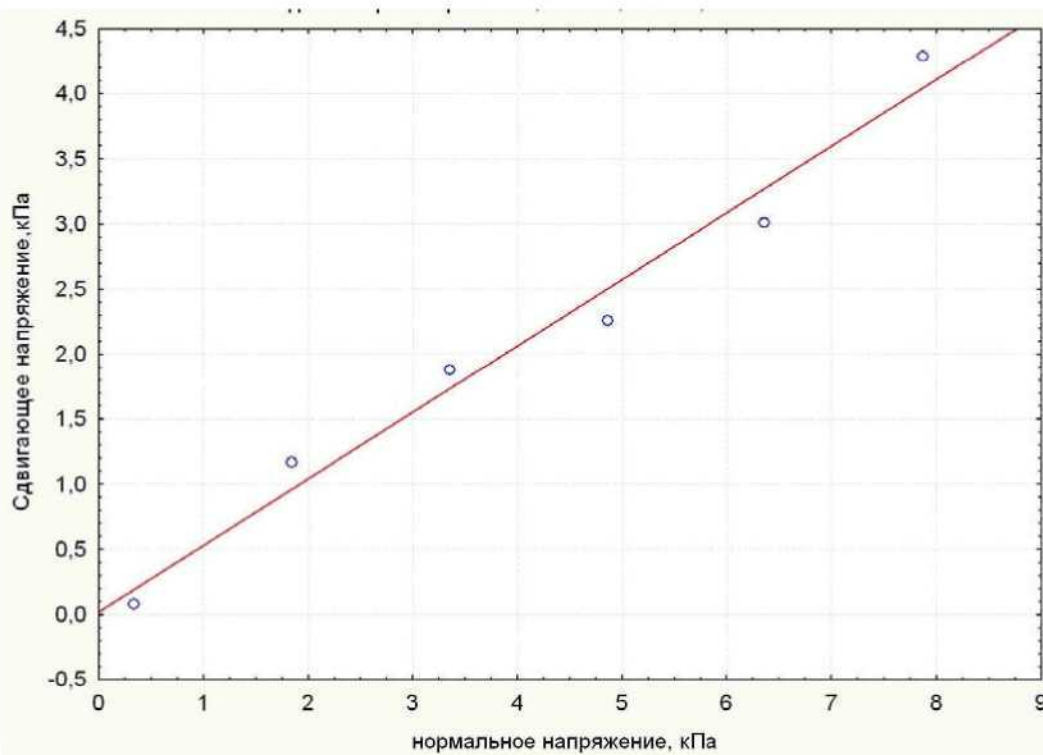


Рис. 2. График сдвига слоя цист артемии

Полученный в наших опытах результат мы объясняем тем обстоятельством, что при испытаниях на сдвиг цисты артемии уложены плотно из-за действия пригруза, поэтому преобладает трение, скольжение. В опытах же на получение угла естественного откоса часть цист может свободно перекачиваться по откосу, что и дает меньшее значение угла α .

Обратимся далее к изучению коэффициента внешнего трения – трения цист о стальную поверхность.

Как известно, коэффициент трения, скольжения f в большинстве случаев считается условно постоянной величиной, входящей в закон Кулона:

$$F = fN, \quad (4)$$

где F – сила трения, скольжения;

N – сила нормального давления.

По поводу закона Кулона многие исследователи отмечают, что он имеет только приближенный характер. Часто указывают, что коэффициент трения, скольжения зависит от нормального давления и скорости скольжения соприкасающихся тел v .

Иначе говоря, модифицированный закон Кулона можно записать в виде:

$$F = f(v, \sigma)N. \quad (5)$$

Разделив правую и левую часть этого выражения на S – площадку контакта, получим уравнение в таком виде:

$$\tau = f(\sigma, v)\sigma, \quad (6)$$

где τ – касательные напряжения в слое сыпучего материала, действующие по площади скольжения.

Разлагая функцию $f(v, \sigma)$ в ряд Тейлора в окрестности некоторой точки (центра эксперимента) и удерживая только линейные и квадратичные члены, получим математическое описание в виде некоторого полинома:

$$f(x, y) = \frac{\tau}{\sigma} \approx e_0 + e_x x + e_y y + e_{xx} x^2 + e_{yy} y^2 + e_{xy} xy, \quad (7)$$

где x, y – кодированные обозначения факторов v и σ .

Таким образом, изменяя в процессе эксперимента значения v и σ , замеряя каждый раз значение τ и подсчитывая величину f , можно оценить значение коэффициентов e_0, \dots, e_{yy} .

Опыт проводили на установке, описанной ранее. При этом использовали одну обойму, установленную на стальную площадку. Скорость скольжения v

изменяли посредством тягового механизма (лебедки), двигатель которой запитывался через преобразователь частоты. Изменяя частоту питающего напряжения, тем самым изменяли скорость движения v обоймы с материалом по стальной поверхности.

Давление в материале σ варьировали с помощью пригруза.

Опыт проводили в двукратной повторности, используя методику планирования эксперимента.

Кодированному значению скорости «+1» соответствует скорость 0,020 м/с, «-1» – 0,012 м/с. Аналогично для нормального напряжения имеем: «+1» – 7,5 кПа, «-1» – 1,5 кПа.

Обработка полученных данных с помощью программы «Statistica» позволила получить уравнение регрессии в следующем виде (после удаления незначимых коэффициентов):

$$f = 0,313 + 0,039x^2 - 0,032y + 0,023y^2. \quad (8)$$

Это уравнение адекватно на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Как следует из рисунка 3, коэффициент внешнего трения не является строго постоянной величиной, а зависит от скорости скольжения и нормального давления.

В зоне эксперимента наблюдается минимум этого коэффициента. Рабочие режимы различных машин, обрабатывающих цисты, желательнее назначать такими, чтобы как раз достигался этот минимум.

В прикладных расчетах различных устройств следует принимать для цист коэффициент внешнего трения, равным $0,31 \pm 0,01$.

Насыпная плотность, или насыпная объемная масса, сыпучего тела – это масса единицы объема материала в естественном (неуплотненном) состоянии.

Для ее определения использовали литровую пурку и электронные весы MW 300x0,01g. По результатам трехкратных измерений насыпная плотность слоя цист влажностью 6,7% составила $440,3 \pm 2,5$ кг/м³.

Плотность частиц сыпучего материала труднее поддается измерению в связи с их малостью. Среди методов определения плотности широко используют пикнометрический, флотационный и метод градиентной колонки [2].

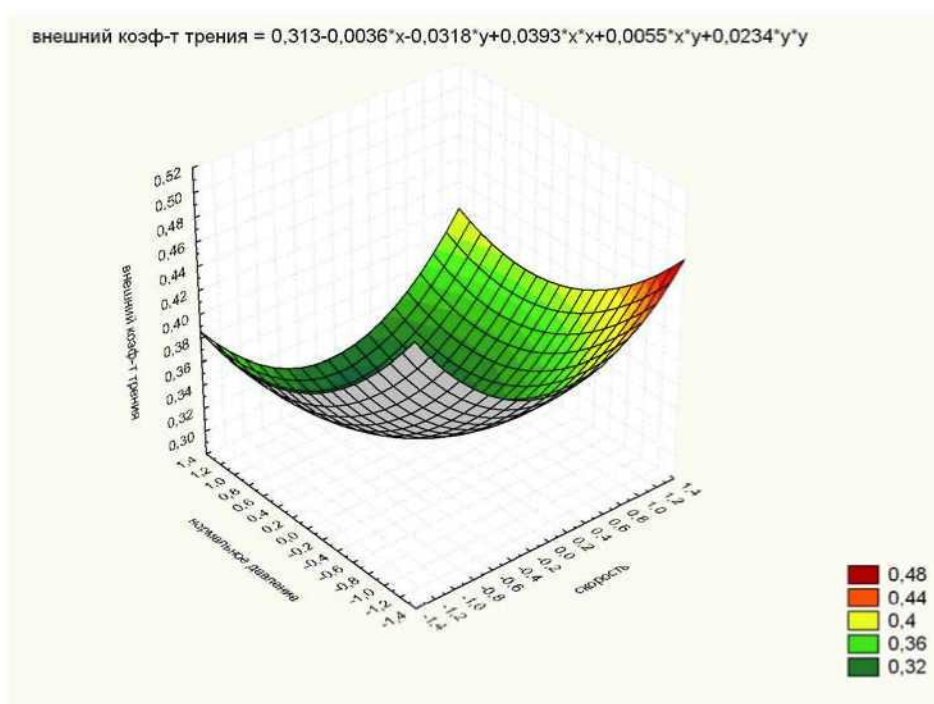


Рис. 3. Поверхность отклика для уравнения (8)

Для органических растительных материалов преимущественно применяют пикнометрический метод, которым воспользовались и мы. Принцип работы всех приборов для реализации этого метода состоит в заполнении пустот сыпучего материала нейтральной для него жидкостью и фиксации объема пустот или объема, занятого частицами.

В колбу с проградуированной в мм шкалой заливали некоторое количество керосина, объем которого фиксировали по нижнему уровню мениска. Затем засыпали 100 г цист и вели отсчет изменившегося уровня керосина.

По результатам трехкратных измерений получили результат:

$$\rho_{ц} = 732,2 \pm 16,4, \text{ кг/м}^3.$$

Аэродинамические свойства. При выработке комбикормов исходные ингредиенты подвергаются действию воздушных потоков, которые генерируют все без исключения рабочие органы технологических и транспортных машин.

Кроме того, воздушная среда воздействует на частицы во время различных перегрузочных операций (например, при пересыпке из норрии в бункер, из бункера в транспортное средство и т.д.).

Свойство частиц сопротивляться действию воздушного потока зависит от формы и размера частиц, их массы, состоя-

ния поверхности и положения частицы по отношению к оси воздушного потока, а также от картины действия воздушных потоков. В вертикальном восходящем потоке воздуха на частицу весом G действует сила сопротивления потока R . В зависимости от соотношения этих сил частица будет двигаться вниз (если $G > R$) или вверх ($G < R$). В частном случае при $G = R$ частица будет находиться во взвешенном состоянии, а соответствующая этому скорость воздушного потока называется скоростью витания.

Поэтому скорость витания является важнейшей аэродинамической характеристикой того или иного ингредиента комбикормов. Ее определение для частиц круглой формы может быть с достаточной точностью проведено аналитическим путем по формуле [3]:

$$U = 5,13 \sqrt{\frac{d \rho_r}{\rho_e}}, \quad (9)$$

где d – размер шарообразной частицы, м;

ρ_r – плотность частицы, кг/м³;

ρ_e – плотность воздуха, кг/м³.

Подставляя в формулу среднее значение параметров, получим:

$$U = 5,13 \sqrt{\frac{0,24 \cdot 10^{-3} \cdot 732,2}{1,2}} = 1,96 \text{ м/с.}$$

Для сравнения укажем, что большинство частиц имеет скорость витания 5,5-7,0 м/с, а цельные зерна - 8-15 м/с.

Таким образом, цисты артемии резко отличаются от других компонентов комбикормов аэродинамическими свойствами, что создает предпосылки для расслоения комбикормовой смеси при доставке ее потребителям.

Выводы

1. Слой цист артемии равновесной влажности ($W = 6-7\%$) представляет собой идеально сыпучее тело с частицами округлой формы размером $0,238 \pm 0,012$ мм и углом внутреннего трения около 30° . Угол естественного откоса составляет примерно 25° , коэффициент внешнего трения по стали — $0,31 \pm 0,1$.

2. При разработке технологии приготовления комбикорма с включением цист артемии следует особо обратить внимание на различие в плотностях цист с другими ингредиентами, которое дос-

тигает двукратной величины, а также различие в аэродинамических свойствах, составляющее по скорости витания величину 3,5.

3. Указанные различия затрудняют смешивание цист с другими ингредиентами комбикормов, а также создают предпосылки для сегрегации ингредиентов при транспортных и перегрузочных операциях.

Библиографический список

1. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел / Г.К. Клейн. М.: Стройиздат, 1977. 256 с.
2. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г.М. Кукта. М.: Агропромиздат, 1987. 303 с.
3. Злочевский В.Л. Физико-механические свойства зерна в процессе его переработки: лабораторный практикум / АлтГТУ. Барнаул, 2005. Ч. 1. 279 с.



УДК 576.8.001.8:636.5

Н.М. Мандро,
Ю.Ю. Денисович

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИНАКТИВАЦИИ МИКРОФЛОРЫ ТУШЕК ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Введение

На протяжении всего технологического процесса переработки мяса цыплят-бройлеров происходит непрерывный процесс обсеменения тушек микрофлорой, в том числе патогенной [1, 2].

Одним из путей снижения количества и активности поверхностной микрофлоры тушек цыплят-бройлеров в условиях промышленного птицеводства является аэрозольный метод применения химических и биологических препаратов [3, 4].

Аэрозольный метод обработки дает в большинстве случаев лучший результат и имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами дезинфекции [5]. При использовании аэрозолей, в несколько раз сокращается расход препаратов и уменьшается трудоемкость

обработки, что позволяет почти полностью механизировать производственный процесс и разработать новые более эффективные методы снижения поверхностной микрофлоры мяса птицы [6].

На основании этого с целью совершенствования и разработки новых альтернативных методов переработки мяса птицы перед нами были поставлены следующие задачи:

- провести микробиологический мониторинг мяса цыплят-бройлеров;
- установить степень влияния раствора активного гипохлорита натрия на поверхностную микрофлору мяса птицы;
- провести сравнительную характеристику методов обработки тушек цыплят-бройлеров.