

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СМЕСЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

В статье рассматривается вопрос о необходимости описания процесса смесеприготовления математическими методами. На основе проведенных исследований сформирована конструктивно-технологическая модель взаимосвязи параметров, описывающих процесс смешения, и выделены наиболее значимые. Использование гравитационной поверхности позволяет интенсифицировать процесс смешения, что наглядно показано на графических зависимостях.

Определяя наиболее выгодные условия смесеприготовления, необходимо технологический процесс описать математическими методами. Известные направления моделирования имеют различные отправные точки, но объединяются единым элементом, входящим в основу физической субстанции природы процесса смешения. Параметрический синтез предусматривает поэтапное создание математических моделей операций входящих в технологический объект. Математический аппарат, позволяющий осуществить решение задач, стоящих перед исследователем, предусматривает наличие не только определенных начальных условий, но и оптимальности результатов. Вероятнее всего, достаточно продуктивным является утверждение, что идеальное смешение приобретает приоритетное направление при мобилизации внешних потенциалов для достижения однородности смеси. Вариативность и многомерность процесса приготовления однородной смеси заставляет актуализировать проблему создания приближенных, изменяющихся моделей смесительных систем, причем из многообразия моделей возможна элиминация кибернетических, которые описываются дифференциальными уравнениями [6]. Технологическое описание процесса представляет собой определенную взаимосвязь системы закономерностей. Аккумуляцию всех параметров, влияющих на процесс смешения, отразить в математической модели невозможно, поэтому необходимо обратить внимание на те из них, которые воздействуют наиболее существенно, при этом функция модели не должна быть только описательной, так как важна роль предсказательного характера процесса. Математическое моделирование смесеприготовления состоит из нескольких ступеней [2]:

1. рациональное осмысление математической модели в зависимости от целей и задач;
2. отождествление модели с помощью экспериментов;
3. сопоставление математических и теоретических исследований модели;
4. аппроксимация модели;
5. поэтапный просчет технологии процесса.

При формировании математической модели появляется возможность использования антиподных способов исследования. Первый – это дедуктивный способ. Он основан на рассмотрении объекта от общего к частному, т. е. разложение объекта на более мелкие элементы, в ре-

зультате чего решение упрощается, не изменяя природу всего объекта. Вторым способом – индуктивный. Основан на решении системы от частных положений к общим.

Эвристическая роль индукции заключается в синтетической функции, так как при наложении ограничений определяется экстремум в строго математических рамках.

Рассматривая множество конструктивно-технологических параметров и выделяя его как отдельный элемент математического моделирования, следует исходить из степени конструктивного совершенства вибросмесителя, выражая его определенной зависимостью или конкретной выходной величиной.

На основании теоретических исследований, можно сформировать конструктивно-технологическую модель взаимосвязей параметров, описывающих элементы конструкции вибросмесителя, с особенностями протекания процесса в рабочей камере при приготовлении однородных кормовых масс.

Приготовление кормосмеси – это видоизменяющийся во времени процесс, наиболее важной компонентой в описании которого является внутренняя характеристика системы, представленная в виде передачи диссипативной энергии смешиваемой массе, в результате чего аккумулируются частные элементы для образования единой системы. основополагающими параметрами выступают конструктивно-технологические, в связи с невозможностью отнологизировать все из них, воздействующие на приготовление кормосмеси, необходимо выбрать максимально оказывающие влияние.

Из разнообразного множества конструктивно-технологических параметров (КТП) выбирают такие, как:

- продолжительность цикла смешения, t ;
- коэффициент загрузки вибросмесительной камеры, K_3 ;
- площадь виброактивной поверхности, $S_{\text{вк}}$.

Продолжительность цикла смешения определяется исходя из амплитудно-частотных характеристик процесса и найденного решения обеспечения максимальной степени однородности (М%) готовой кормовой смеси (табл. 1).

Коэффициент загрузки вибросмесительной камеры является весьма значительным качественным показателем кормовой смеси на всем этапе ее приготовления, так как при определенных соотношениях данных показателей достигается «золотая середина» процесса. Для

того чтобы не возникало нежелательных явлений, способствующих затормаживанию процесса, объем смесительной камеры заполняют на 2/3...3/4 от общего объема, оставляя свободным для виброкипения часть рабочей камеры, так как при дальнейшем уменьшении количества смешиваемого материала в рабочей камере резко снижается производительность смесителя, а энергозатраты возрастают, хотя при этом обеспечивается достаточно высокое качество готовой смеси. Из вышесказанного следует, что коэффициент загрузки смесителя (K_z), определяемый из эксперимента, зависит от достижения равновесного состояния между производительностью смесителя и качеством смеси.

Таблица 1. Шкала оценки качества кормовой смеси

Оценка смеси	Степень однородности, %
Хорошая	99
Удовлетворительная	84
Недостаточно удовлетворительная	80
Плохая	Ниже 70

Площадь виброактивной поверхности ($S_{вр}$) состоит из двух элементов: первый – площадь внутренней поверхности смесительной камеры (S_c), второй – площадь внутренней рабочей поверхности (насадки) S_n и может варьироваться в определенном диапазоне в зависимости от конструкции насадки.

$$S_{в-к} = S_c + S_n \quad (1)$$

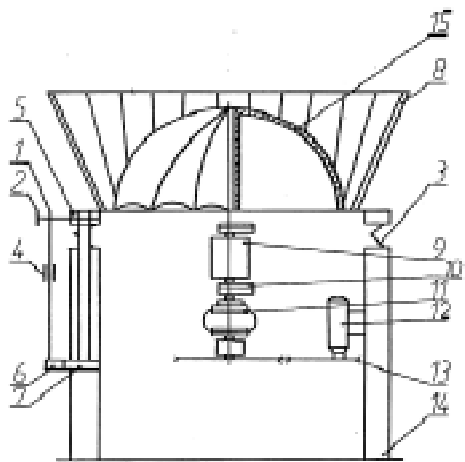


Рисунок 1. Вибрационный смеситель
 1 – пластина, 2 – регулировочный винт, 3 – амортизатор, 4 – тензорезисторы, 5 – крышка пружины, 6 – зажимное устройство, 7 – хомут, 8 – гофрированный корпус, 9 – вибратор, 10 – дебалансы, 11 – лепестковая муфта, 12 – электродвигатель, 13 – клиноременная передача, 14 – стойки, 15 – внутренняя рабочая гравитационная виброповерхность.

Площадь внутренней поверхности смесительной камеры, имеющая гофрированную поверхность (8), определяется как половина площади большого усеченного конуса ($S_{б.у.к.}$), половина площади малого усеченного конуса ($S_{м.у.к.}$), площадь кольца (S_k) (рисунок 1).

В итоге площадь внутренней поверхности смесительной камеры рассчитывается:

$$S_c = \Pi [8H(R_1 + R_2) + 8H(r_1 + r_2) + (R^2 - r_3^2)] \quad (2)$$

Площадь виброактивной насадки (15) (рисунок 1) состоит из площади гравитационной поверхности ($S_{гр}$), боковой поверхности цилиндра ($S_{б.ц.}$), кольца (S_k), усеченного конуса ($S_{у.к.}$), цилиндра ($S_{ц.}$). Наибольший интерес виброактивной насадки представляет композиция гравитационной поверхности, моделирующим элементом которой является гравитационная кривая [5].

Под гравитацией понимается тяготение или притяжение меньшей массы к большей. Поэтому, если взять некоторую нить, имеющую определенную массу, и подвесить ее за концы (А и В) (рисунок 2), то она под действием силы тяжести или тяготения займет некоторое положение. В литературе встречается название такой кривой как цепная [3], подвесная [1], линия наибольшего сопротивления и так далее, но более точное ее название – гравитационная кривая [7].

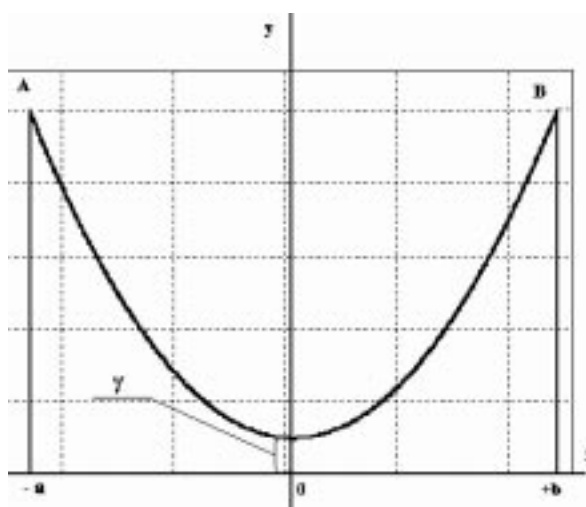


Рисунок 2. Гравитационная кривая

Для определения ее длины между произвольно взятыми точкой А ($X=-a$) и точкой В ($X=+b$) с постоянной величиной γ , характеризующей собой точку максимального провеса, необходимо подставить данные параметры в уравнение гравитационной кривой:

$$y = \gamma ch \frac{x}{\gamma} \quad (3)$$

После чего, взяв производную от гиперболического косинуса, находим:

$$y' = (chx)' = shx \quad (4)$$

Подставив полученное значение в уравнение для нахождения дуги произвольной кривой, найдем:

$$S = \int_a^{+b} \sqrt{1 + sh^2 x dx} = \int_{-a}^{+d} chx dx = shx \Big|_{-a}^{+d} = shb + sha \quad (5)$$

Исходя из основного тождеств для гиперболических функций:

$$ch^2 x - sh^2 x = 1 \quad (6)$$

следует:

$$1 + sh^2 x = ch^2 x. \quad (7)$$

Кроме того, поскольку гиперболический синус есть функция нечетная, то:

$$-sh(-a) = +sha. \quad (8)$$

В общем случае длина дуги гравитационной линии, заключенной между точками А (-а) и В (+b) будут определяться формулой:

$$S = \gamma \left(sh \frac{b}{\gamma} \pm sh \frac{a}{\gamma} \right). \quad (9)$$

Возникновение гравитационной кривой и гравитационной поверхности, полученной вследствие вращения данной кривой вокруг неподвижной оси и перемещения ее в трехмерном пространстве с переменной скоростью, стало возможным только после открытия геометрии Г. Римана [7]. В своих работах Г. Рيمان остановился на подробном построении, описании кривых такого типа и геометрическом конструировании на их основе поверхностей.

Таким образом, формирование гравитационной поверхности осуществляется совокупностью отдельных секторов, и конечная ее форма зависит от количества составных элементов. Использование гравитационной поверхности с числом составных элементов меньше шести не представляет научного и информативного интереса.

Резюмируя вышеизложенное, площадь виброактивной насадки для нашего случая рассчитывается:

$$S_u = \Pi [4R_3L + 2R_4H_1 + (R_5^2 - R_4^2) + L_1(R_5 + R_6) + 2R_6h], \quad (10)$$

где L – длина дуги сегмента, м;
R₃ – радиус основания сегмента, м;

R₄ – радиус цилиндра, м;
H₁ – высота цилиндра, м;
R₅ – наружный радиус кольца, м;
L₁ – длина усеченного конуса, м;
R₆ – радиус меньшего основания усеченного конуса, м;
h – высота цилиндра, м.

Площадь виброактивной поверхности (S_{вк}) может быть определена по формуле:

$$S_{вк} = \Pi [8H(R_1 + R_2) + 8H(r_1 + r_2) + (R^2 - r_3^2) + 4R_3L + 2R_4H_1 + (R_5^2 - R_4^2) + L_1(R_5 + R_6) + 2R_6h], \quad (11)$$

где r₁ – радиус меньшего основания усеченного конуса, м;
r₂ – радиус большего основания усеченного конуса, м;
r₃ – внутренний радиус основания корпуса, м;
H – высота корпуса, м.

В процессе смешения компоненты совместно циркулируют по сложной траектории в рабочем пространстве смесительной камеры, вокруг внутренней рабочей насадки, в результате получаемого от них ударного импульса. Следовательно, чем сложнее траектория движения частиц и больше площадь их соприкосновения с виброактивной поверхностью, тем интенсивнее протекает процесс смешения и улучшается качество приготавливаемого продукта. Зависимость процесса смешения от площади виброконтакта устанавливается параметром виброактивности [4]:

$$S_v = \frac{m \cdot K_3}{(S_c + S_u) \cdot \rho_u}, \quad (12)$$

где m – масса смешиваемых компонентов, кг;
ρ_u – насыпная плотность смеси, кг/м³.

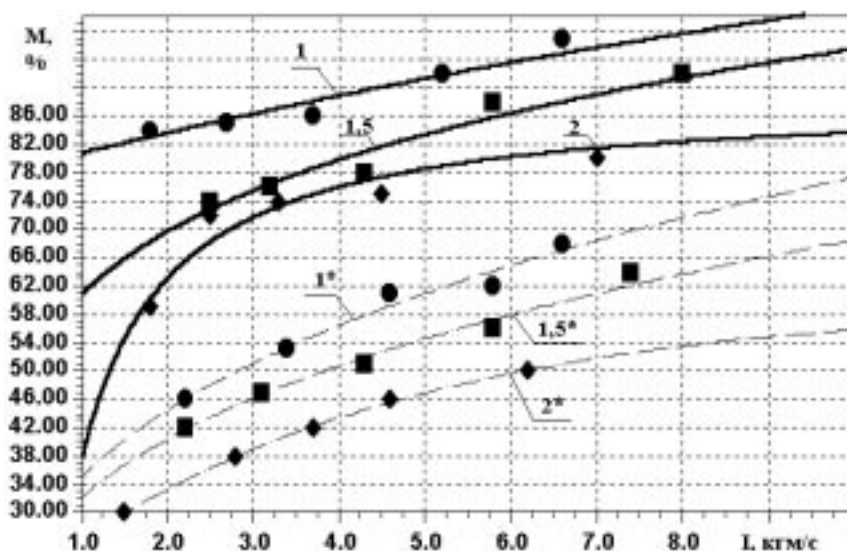


Рисунок 3. Зависимость изменения качества смеси M от величины вибрационного импульса I
— — — — — для гравитационной поверхности;
- - - - - для конической поверхности.

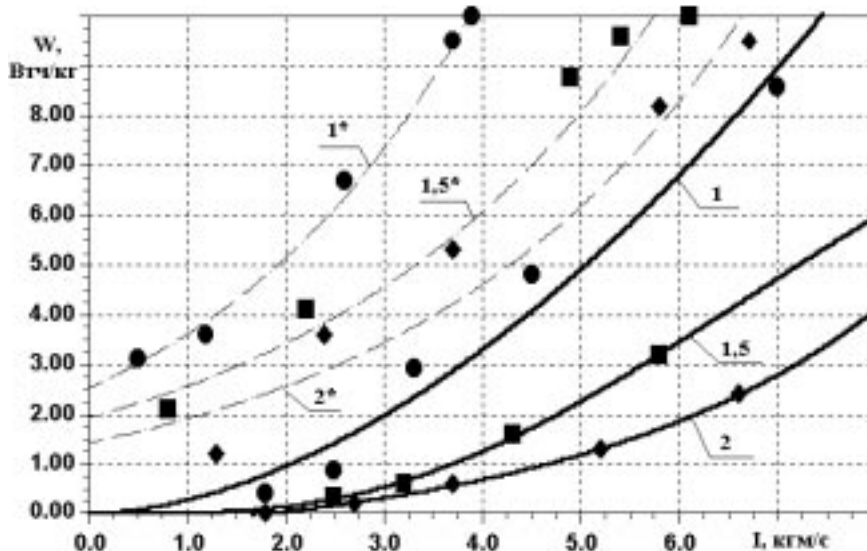


Рисунок 4. Зависимость изменения энергоёмкости процесса W от величины вибрационного импульса I

Сравнительные эмпирические данные, полученные при изучении процесса, протекающего в смесителе с внутренней рабочей насадкой в виде конуса и с гравитационной поверхностью, свидетельствуют об эффективности его в последнем случае.

Из графических зависимостей, рисунок 3, следует, что наибольшая степень однородности достигается при использовании в процессе смесеприготовления именно

гравитационной поверхности, причем в связи с тем, что продолжительность цикла смешения становится меньше, это автоматически снижает энергоёмкость процесса, рисунок 4.

Графические зависимости, представленные на рисунке 3 и рисунке 4, позволяют переходить к оптимизации наиболее эффективного процесса с целью создания возможностей прогнозирования его результатов.

Список использованной литературы:

1. Еременко П.А. Архитектура и строительные конструкции. – М., 1971.
2. Карташов Л.П., Полищук В.Ю. Системный синтез технологических объектов АПК. – Екатеринбург, УрОРАН, 1998.
3. Краткий словарь-справочник по черчению, – Л.: Изд. Машиностроение, 1970.
4. Иванова А.П. Интенсификация и оптимизация процесса смешения компонентов при приготовлении сыпучих кормов. Автореф. Дис. канд. техн. наук. – Оренбург, 2000.
5. Припадчев А.Д., Воронков А.И., Васильева М.А., Иванова А.П. К вопросу об использовании и определении площади гравитационной поверхности. Материалы международной юбилейной научно – практической конференции «Учебная, научно-производственная и инновационная деятельность высшей школы в современных условиях», Оренбург, 2001.
6. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – Киев: Техника, 1977.
7. Mathematics in the modern world. Scientific American NEW YORK, 1964.