

It is studied analysis of electromagnetic system " network - active filter of higher harmonics" which influences quality of electric energy of supply system. It is conducted researches in field of electromagnetic compatibility showing that at introduction to operation and in course of application of technical means has to be regulated by requirements to issue restriction with electric equipment and devices of electromagnetic hindrances in environment capable to break functioning of other equipment.

Inductance, higher harmonics, quality of electric energy, asymmetry coefficient, smoothing filter, nonlinear load, voltage tension, active filter, filter throttle.

УДК 621.3:636.5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УГЛОМ НАКЛОНА НЕПОДВИЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ВЗВЕШИВАНИЯ СЫПУЧЕЙ КОРМОВОЙ СМЕСИ В ПОТОКЕ

***А.В. ДУБРОВИН, доктор технических наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства», г. Москва***

Предложен принцип технологически наилучшего автоматического управления углом наклона неподвижной поверхности скольжения и качения по ней частичек взвешиваемой сыпучей кормовой смеси для животных и птицы. В соответствующем устройстве отсутствует традиционный электропривод для перемещения смеси в горизонтальной плоскости, в результате чего экономится электрическая энергия при сохранении в целом точности процесса взвешивания и производительности измерителя массы сыпучей смеси в потоке.

Угол наклона поверхности движения, сыпучая смесь, взвешивание в потоке.

Известные устройства высокоточного взвешивания сыпучих материалов в потоке на движущейся в горизонтальной плоскости ленте транспортёра [1, 2 и др.] традиционно используют искусственный источник энергии, как правило, электричество. Вынуждается применение достаточно мощного электропривода, существенно усложняющего и удорожающего конструкцию устройства и увеличивающего эксплуатационные энергетические затраты при работе устройства.

Существуют многочисленные математические модели, алгоритмы расчёта и управления, технические решения достаточно точного измерения массового расхода и дозирования сыпучих материалов [1, 2 и др.]. Все они предполагают горизонтальное расположение в пространстве весоизмерительной поверхности для наиболее полного учёта вертикально

© А.В. ДУБРОВИН, 2015

направленной силы тяжести, принудительное движение этой поверхности с сыпучим материалом с постоянной скоростью для упрощения учёта этой характеристики процесса непрерывного во времени взвешивания и дозирования. Принципиально необходимы дополнительный источник энергии для движения ленты весоизмерительного транспортёра с нагруженным на неё сыпучим материалом и соответствующее дополнительное движительное оборудование.

Цель исследований – отказ от энергии внешнего источника, например электричества, взвешивание сыпучей смеси в потоке за счёт энергии только силы земного тяготения, осуществление движения взвешиваемой сыпучей смеси самотёком (скольжением и качением частиц сыпучей смеси) по неподвижной направляющей поверхности весоизмерительной конструкции; автоматическая установка такого значения угла наклона поверхности, при котором величина произведения вертикальной проекции силы тяжести взвешиваемой сыпучей смеси и скорости ее движения самотёком имеет технологически наибольшее (оптимальное) значение.

Материалы и методика исследований. Время соскальзывания или скатывания сыпучего материала по поверхности самотёком равно времени задержки t_0 , т.е. времени пребывания материала на весовом транспортёре (как указано в [1, 2 и др.]), или на неподвижной наклонённой поверхности движения смеси. Это время пропорционально рабочей длине направляющей L , по которой скользит или перекатывается вниз сыпучий материал, и обратно пропорционально скорости движения V массы сыпучего материала самотёком:

$$t_0 = L/V, \text{ м/с.} \quad (1)$$

Поэтому для определения значения временной задержки t_0 в конкретном режиме работы наклонной направляющей длиной L нужно знать соответствующее значение скорости движения V смеси самотёком, которое можно определить двумя способами. Первый – сразу измерять во время действия технологического процесса взвешивания величину скорости V , что потребует сложных и дорогостоящих неконтактных измерителей для всех весоизмерительных бесприводных самотёчных наклонных направляющих, установленных в кормоцехе и производственных животноводческих или птицеводческих помещениях сельскохозяйственного предприятия. Понятно, что такой способ связан с чрезмерными затратами и экономически нецелесообразен.

Второй способ – только один раз измерить подобным сложным и дорогостоящим измерителем (например, оптоэлектронным и т.п.) скорости самотёка различных сыпучих смесей на направляющих с различными материалами их конструкций, различными формами их поперечных сечений, в отсутствие и при наличии принудительных внешних вибраций направляющей с различными сочетаниями амплитуд и частот вынужденных колебаний. Затем по полученным опытным данным построить графические и математические модели процесса самотёка сыпучей смеси. Тогда в реальных условиях производства останется только иметь данные о виде сыпучей смеси, длине L , материале рабочей поверхности направляющей,

форме поперечного сечения направляющей конструкции для того, чтобы вычислить по такой известной математической модели (2) сначала значение скорости движения V смеси самотёком, затем временной задержки t_0 по (1). Потом автоматически установить технически (достаточно большая проекция усилия $F(t)$ действия на датчик силы) и технологически (достаточно большая скорость самотёка смеси V) оптимальный угол наклона направляющей поверхности. В результате, с помощью вычисленного сначала значения скорости самотёка смеси V , с достаточно высокой точностью определяется требуемое значение временной задержки t_0 , причём весоизмеритель избавляется от достаточно дорогой, сложной и не всегда точной и надёжной системы электропривода.

Результаты исследований. Величина скорости перемещения (движения) V сыпучего корма (кормовой смеси) самотёком по длине L направляющей, установленной с наклоном к горизонту под углом $ugol (a...b)$, зависит также от трения скользящих и катящихся частичек корма по материалу направляющей *mater napravl*, сопротивления направляющей прохождению по ней сыпучего материала в зависимости от формы поперечного сечения направляющей *forma popereth seth*, размаха (от амплитуды) поперечных направлению силы тяжести искусственно вызванных колебаний направляющей *ampl*, частоты этих искусственно вызванных колебаний *frequence*, от физико-механических свойств собственно сыпучего материала (сыпучего корма или сыпучей кормовой смеси *svoystva smesi kormov* (рис. 1).

$$V = f(ugol (a...b), mater napravl, forma popereth seth, ampl, frequence, svoystva smesi kormov). \quad (2)$$

С увеличением угла наклона направляющей к горизонту от нуля до 90° вертикальная проекция силы тяжести смеси изменяется по зависимости косинуса, скорость V изменяется от нуля (смесь лежит без перемещения по длине направляющей, поскольку нет движущей её силы) до величины

$$V_{90^\circ} = (L \times g)^{0.5}, \quad (3)$$

где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Влияние частоты вынужденных поперечных колебаний направляющей *frequence* на взаимную связь частичек смеси и направляющей (т.е. на значение скорости V) имеет выраженный оптимальный характер. При нулевой и малой частоте *frequence* воздействие на частицу смеси практически отсутствует, равно как и при достаточно большом значении частоты *frequence*, когда инерционность массы частицы не позволяет ей сдвинуться с места на направляющей и таким образом начать движение по ней. Качественные зависимости скорости V от частоты поперечной вибрации имеют похожий друг на друга характер при изменении вида материала, из которого изготовлена направляющая *mater napravl*, и от формы её поперечного сечения *forma popereth seth*, при неизменных физико-механических свойствах сыпучей смеси *svoystva smesi kormov*. В частном случае, отражающем характер процесса, эти условия выглядят так: *mater napravl = const_1*, *forma popereth seth = const_2*, *svoystva smesi kormov = const_3*.

Поэтому достаточно построить зависимости скорости V движения смеси от угла наклона $ugol$ ($a..b$), амплитуды $ampl$ и частоты $frequence$ поперечных колебаний. Для упрощения графической и затем математической модели процесса движения сыпучей смеси по направляющей поверхности можно в первом приближении считать смесь однородной, т.е. состоящей из примерно одинаковых по массе и по форме её частичек. Тогда количество экстремумов (максимумов) взаимодействия вибрации и движения смеси равно одному, и кривая линия зависимости скорости движения смеси V от частоты вибрации занимает наилучшее единственное положение (самая левая из трёх кривых линий на рис. 1).

В отсутствие вибрации (поперечных колебаний) направляющей смесь начинает движение вниз при увеличении угла наклона направляющей до значения A . При угле наклона направляющей 90° смесь падает вниз с ускорением свободного падения и в нижнем конце направляющей приобретает скорость $(L \times g)^{0,5}$. При наличии вибрации (поперечных колебаний) направляющей смесь начинает движение вниз при увеличении угла наклона направляющей до меньшего чем A значения B . При угле наклона направляющей 90° смесь также падает вниз с ускорением свободного падения и в нижнем конце направляющей также приобретает скорость $(L \times g)^{0,5}$. При оптимальной для наилучшего движения смеси частоте вибрации и наибольшей амплитуде этих колебаний угол C начала движения смеси является самым меньшим по сравнению с углами A и B наклона направляющей от её горизонтального положения. Сила тяжести смеси, находящейся на направляющей, изменяется от относительной единицы (от истинного значения $F_{max} = F_0 \times \cos 0^\circ = F_0 \times 1 = F_0$) до нуля по косинусоидальной зависимости с изменением угла наклона направляющей от 0° до 90° . Поэтому различие $\Delta ugol$ между наилучшими углами наклона в отсутствие $ugol_{opt}^{отс}$ и при наличии $ugol_{opt}^{нал}$ вибрации даёт прирост измеряемой величины силы тяжести и прирост расчётной скорости транспортирования смеси ΔF_{opt} , ΔV_{opt} по сравнению с соответствующими значениями при переходе от отсутствия вибрации $F_{opt}^{отс}$, $V_{opt}^{отс}$ к её включению и наличию $F_{opt}^{нал}$, $V_{opt}^{нал}$. Вибрация направляющей со смесью даёт выигрыш в скорости взвешивания сыпучего материала $\Delta V(ugol_{opt}^{отс})$ при оптимальном значении угла наклона направляющей $ugol_{opt}^{отс}$ для случая отсутствия вибрации. Также имеется выигрыш в скорости взвешивания сыпучего материала $\Delta V(ugol_{opt}^{нал})$ при оптимальном значении угла наклона направляющей $ugol_{opt}^{нал}$ для случая наличия вибрации. Для любых других сыпучих смесей также можно легко определить опытным путём точный вид зависимости скорости самотёка смеси V от указанных в (2) величин и обоснованно выбрать требуемые параметры конструкции и сопоставить их с энергетическими характеристиками вибратора. Остаётся найти по модели вида (2) расчётное оптимальное значение V . Надо найти баланс (компромисс) между по возможности большей составляющей силы, действующей в вертикальном направлении на силоизмерительный датчик, установленный в конце направляющей по её длине, и по возможности большей скоростью самотёка смеси. При отсутствии и наличии вибрации

направляющей имеются два соответствующих значения технологически оптимальных углов наклона направляющей поверхности: $угол_{опт}^{отс}$ и $угол_{опт}^{нал}$. Первая величина всегда больше второй, поскольку вибрация поверхности со смесью облегчает самотёк смеси при меньших углах наклона поверхности.

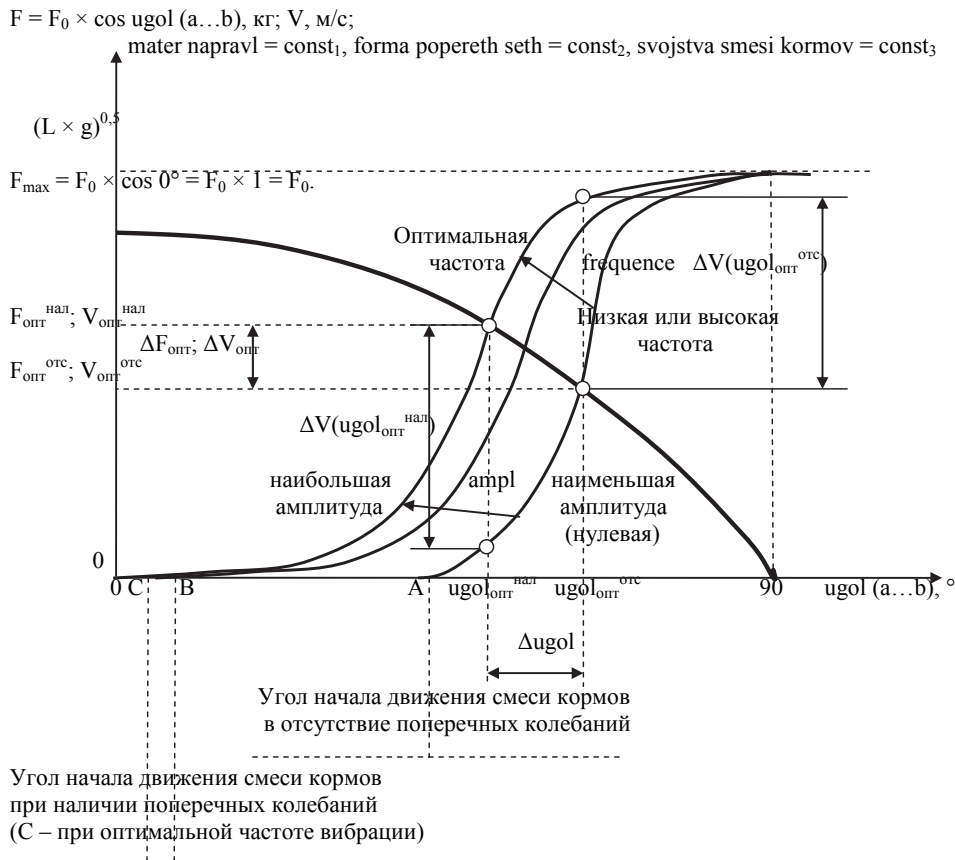


Рис. 1. Зависимости силы воздействия смеси на датчик силы F и скорости самотёка смеси V от угла наклона направляющей поверхности $угол (a...b)$:

$(L \times g)^{0,5}$ – скорость свободного падения смеси в конце вертикально расположенной направляющей поверхности, т.е. наклонённой на 90° ; A – угол начала движения смеси кормов в отсутствие поперечных принудительных колебаний (вибрации направляющей поверхности), $^\circ$; B – угол начала движения смеси кормов при наличии поперечных колебаний при оптимальной частоте вибрации, $^\circ$; C – угол начала движения смеси кормов при наличии поперечных колебаний при оптимальной частоте вибрации, $^\circ$; $F_{опт}^{нал}$ и $V_{опт}^{нал}$ – оптимальные значения силы и скорости при наличии вынужденной вибрации с оптимальной частотой, кг и м/с; $F_{опт}^{отс}$ и $V_{опт}^{отс}$ – оптимальные значения силы и скорости в отсутствие вынужденной вибрации, кг и м/с; $\Delta F_{опт}$ и $\Delta V_{опт}$ – выигрыши в силе и в скорости при переходе от отсутствия вибрации к её наличию с оптимальной частотой, кг и м/с; $угол_{опт}^{нал}$ и $угол_{опт}^{отс}$ – оптимальные значения углов наклона при наличии вибрации с оптимальной частотой и при её отсутствии, $^\circ$; $\Delta V(угол_{опт}^{нал})$ и $\Delta V(угол_{опт}^{отс})$ – выигрыши в скорости самотёка смеси при наличии вибрации с оптимальной частотой и при её отсутствии, м/с

Устройство (рис. 2) работает следующим образом. Изначально известны и соответственно заданы в виде материальных сигналов вид и, следовательно, требуемые физико-механические свойства направляющей поверхности весоизмерительной конструкции. Это осуществляется посредством задатчика вида материала направляющей 5. Одновременно известна форма и размеры поперечного сечения направляющей поверхности, которые сильно влияют на величину механического воздействия поверхности на сыпучую смесь в её потоке. Это производится посредством задатчика формы и размеров поперечного сечения направляющей 6. При выборе вида сыпучей смеси для её непрерывного в потоке взвешивания и дозирования следует ввести в устройство данные о физико-механических свойствах сыпучей смеси, что и выполняется посредством задатчика вида сыпучей смеси 7. Диапазон значений углов наклона направляющей поверхности, внутри которого автоматически будет происходить поиск наибольшего значения величины произведения косинуса этого угла и расчётной скорости движения сыпучей смеси при этом угле, задаётся при помощи задатчика диапазона изменения угла наклона 8 и составляет от 0 до 90°.

Указанные сведения передаются в блок вычисления скорости самотёка сыпучей смеси для определения временной задержки и технически оптимального угла наклона направляющей 9, в котором по математическим зависимостям (2) и (1) вычисляются соответственно значение расчётной скорости самотёка сыпучей смеси V и значение временной задержки t_0 сыпучей смеси на направляющей поверхности весоизмерительной конструкции от момента времени поступления смеси на направляющую до момента времени схода смеси с направляющей. Блок вычисления 9 перебирает значения переменных и их сочетаний. Когда отсутствует вибрация, известными математическими методами в блоке вычисления 9 находится наибольшее значение величины произведения косинуса этого угла и расчётной скорости движения сыпучей смеси при этом угле и соответствующее этому наибольшему значению режимное (рабочее) значение технически оптимального угла наклона. Сразу же определяются режимные значения скорости самотёка сыпучей смеси V_{opt}^{omc} в отсутствие вибрации и временной задержки t_0^{omc} сыпучей смеси на направляющей поверхности. Данные о t_0^{omc} передаются в вычислительный блок 3, в который также поступает сигнал от датчика силы 2 и в котором по известным математическим моделям работы аналогичных устройств формируются сигналы массового расхода сыпучей смеси во времени и сигналы дозирования сыпучей смеси по её массе в отсутствие принудительной вибрации поверхности.

Если решено использовать вибрацию поверхности для облегчения движения сыпучей смеси самотёком, то уже на стадии задания физико-механических свойств сыпучей смеси блок вычисления 9 определяет соответствующие данной смеси амплитуду и частоту вынужденных колебаний при вибрации. В блоке вычисления 9 определяются другие режимные значения угла наклона, скорости самотёка сыпучей смеси

$V_{опт}^{нал}$ при наличии вибрации и соответствующей временной задержки $t_0^{нал}$ сыпучей смеси на направляющей поверхности при вибрации.

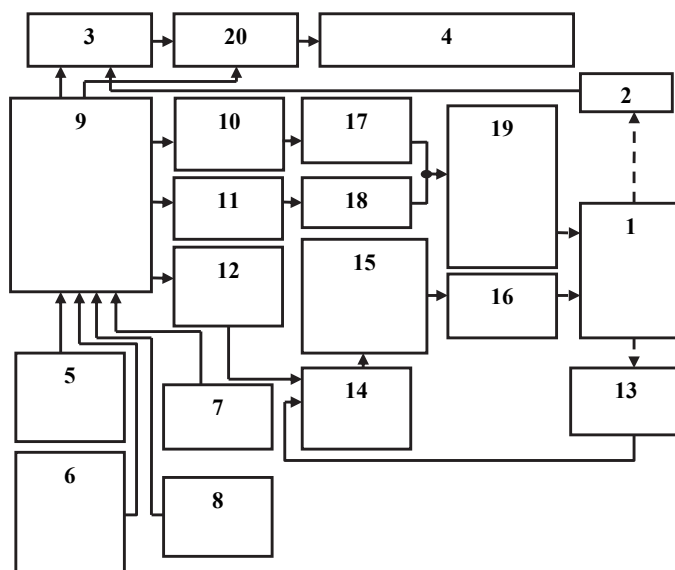


Рис. 2. Функциональная схема устройства управления технически оптимальным углом наклона неподвижной направляющей поверхности движения взвешиваемой и дозируемой сыпучей смеси самотёком за счёт силы земного тяготения при приготовлении и раздаче кормов и кормовых смесей в животноводстве и птицеводстве:

1 – направляющая поверхность движения взвешиваемой и дозируемой сыпучей смеси в весоизмерительной конструкции; 2 – датчик силы; 3 – вычислительный блок; 4 – блок интерфейса с индикатором расхода и дозы сыпучей смеси; 5 – задатчик вида материала направляющей; 6 – задатчик формы поперечного сечения направляющей; 7 – задатчик вида сыпучей смеси; 8 – задатчик диапазона изменения угла наклона; 9 – блок вычисления скорости самотёка сыпучей смеси для определения временной задержки и технически оптимального угла наклона направляющей; 10 – задатчик амплитуды вибрации; 11 – задатчик частоты вибрации; 12 – задатчик угла наклона направляющей; 13 – датчик углового положения; 14 – регулятор угла наклона направляющей; 15 – электродвигатель для изменения угла наклона направляющей; 16 – червячная или другая передача; 17 – амплитудный усилитель; 18 – генератор частоты; 19 – исполнительный элемент вибратора (соленоид, электродвигатель с кривошипом и тягой и т.п.)

Данные о $t_0^{нал}$ передаются в вычислительный блок 3, и в нём формируются сигналы массового расхода сыпучей смеси во времени или сигналы дозирования сыпучей смеси по её массе при наличии вибрации. Сигнал измеренного угла наклона от датчика углового положения 13 сравнивается в регулятор угла наклона направляющей 14 с заданным сигналом от задатчика угла наклона направляющей 12, и выходной сигнал

регулятора угла наклона направляющей 14 заставляет работать электродвигатель для изменения угла наклона направляющей 15. Посредством механической червячной или другого вида механической передачи 16 юстирующий (подстраивающий) недорогой маломощный электропривод устройства изменяет в нужную сторону и на необходимое значение угол наклона направляющей поверхности движения сыпучей смеси 1. При этом амплитудный усилитель 17 и генератор частоты 18 на соединении их выходов формируют общий для них сигнал требуемой амплитуды и частоты. Исполнительный элемент вибратора (соленоид, электродвигатель с кривошипом и тягой и т.п.) 19, соединённый механически определённым образом с направляющей поверхностью движения сыпучей смеси 1 заставляет её принудительно вибрировать в плоскости, перпендикулярной направлению измеряемой силы тяжести, что не влияет на точность взвешивания.

Выводы. Учитываются физико-механические свойства материала направляющей поверхности и форма её поперечного сечения, угол её наклона для осуществления самотёка кормовой смеси или составляющих эту смесь кормов, амплитуда и частота искусственно вызванной вибрации направляющей поверхности со смесью, облегчающей самотёк, физико-механические свойства сыпучих кормовых смесей и других сыпучих материалов. Подобные весоизмерители для систем автоматизации процессов в птицеводстве по экономическому критерию имеют невысокую стоимость по сравнению с устройствами с мощным электроприводом для перемещения взвешиваемой сыпучей смеси.

Список литературы

1. А.с. 1571413 СССР. Дозатор сыпучих материалов / Р.М. Славин, Г.А. Харатян, А.А. Папрян. – № 4365908/24-10; заявл. 14.01.88; опубл. 15.01.90, Бюл. №22.

2. А.с. 1485024 СССР. Устройство непрерывного действия для дозирования сыпучих материалов / Р.М. Славин и др.; опубл. 1989, Бюл. №21.

3. Дубровин А.В. Основы автоматизированного управления технологическими процессами в птицеводстве по экономическому критерию / А.В. Дубровин. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2013. – 292 с.

Запропоновано принцип технологічно найкращого автоматичного управління кутом нахилу нерухокої поверхні ковзання і кочення по ній частинок зважуваної сипучої кормової суміші для тварин і птиці. У відповідному пристрої відсутній традиційний електропривод для переміщення суміші в горизонтальній площині, в результаті чого економиться електрична енергія при збереженні в цілому точності процесу зважування і продуктивності вимірника маси сипучої суміші в потоці.

Кут нахилу поверхні руху, сипуча суміш, зважування в потоці.

Proposed principle technologically the best automatic control of the angle of inclination of the stationary sliding surface and rolling it particles of weighted granular feed for animals and poultry. In the corresponding device is not a

traditional actuator to move the mixture in the horizontal plane, resulting in saving of electrical energy while maintaining the overall accuracy of the weighing process and performance meter mass of granular mixtures in a flow.

Angle surface movement, granular mixture, weigh-in thread.

УДК 631.563.2

МОДЕЛЬ НВЧ–АКТИВАЦІЇ І СУШІННЯ ЗЕРНА АКТИВНИМ ВЕНТИЛЮВАННЯМ

С.Г. БІЛИК, В.Я. БУНЬКО, І.В. КАЛИНІЙ,
кандидати технічних наук

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Отримано критеріальне рівняння для розрахунку тривалості сушіння зерна в товстому шарі до кінцевої вологості при постійній швидкості повітря. Наведено повну систему критеріальних рівнянь, які описують процес тепло–і вологообміну в зерновому шарі при НВЧ–активації та активному вентиляванні.

Активне вентилявання, температурний градієнт, сушильний агент, граничні умови, критерії подібності, диференціальні рівняння, тепло- і вологообмін, НВЧ–активація, критеріальне рівняння.

Під час збирання врожаю ми отримуємо зерно з надлишковим вмістом вологи. Вологе зерно не підлягає тривалому зберіганню, оскільки швидко псується. Своєчасно і правильно проведена процедура сушіння не лише підвищує стійкість зерна при зберіганні, але і сприяє покращенню його якості, прискоренню дозрівання зерна, вирівнюванню зернової маси за вмістом вологи (на рівні кондиційного значення) і міри зрілості (на рівні повної стиглості), поліпшенню кольору і зовнішнього вигляду, призупиненню життєдіяльності мікроорганізмів і шкідників.

Результати досліджень, пов'язані з впливом електромагнітного НВЧ– поля на матеріал дослідження проходження зерна через активну зону, умови для рівномірної обробки зерна в НВЧ–активній зоні апарата, процес тепло–вологообміну в зерновому шарі при НВЧ–активації та активному вентиляванні викладені у багатьох працях [2,3,8], однак існує чимало питань, що потребують детальнішого опрацювання і вивчення.

Мета досліджень – отримання критеріальної моделі НВЧ–активації і сушіння зерна активним вентиляванням, яка дозволяє оцінити ефективність використання НВЧ–поля на підвищення інтенсивності сушіння.

Матеріали та методика досліджень. Під час вивчення різних теплофізичних явищ поряд з аналітичним рішенням велике значення мають і узагальнені емпіричні закономірності. Теорія подібності і моделювання

© С.Г. БІЛИК, В.Я. БУНЬКО,
І.В. КАЛИНІЙ, 2015