

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВКИ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ МЕТОДАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ключевые слова: газораспределительная система, воздухораспределительная решетка, Z-элемент, сыпучее тело, моделирование, топографическая индикация.

Введение

Для сушки зерна семенного фонда широкое распространение получили напольные установки активного вентилирования, так как они обеспечивают более щадящие режимы сушки и позволяют снизить высокую влажность семян до кондиционной за один проход. Преимущества их в простоте конструкции, удобстве эксплуатации, возможности изготовления из доступных материалов [1]. Однако данные установки имеют и недостатки. При сушке мелкосеменных культур, между отверстиями для прохождения воздуха, в нижних слоях насыпи могут образовываться застойные зоны в которых интенсивно развиваются плесневые грибы снижающие посевные качества семян. Кроме того, разгрузка и полная очистка решёток при смене обрабатываемой культуры затруднены, что приводит к сортосмешиванию.

Цель данной работы – интенсификация процесса активного вентилирования семян мелкосеменных культур путем обоснования параметров газораспределительного устройства.

Задачи исследования:

- снизить сопротивление воздухораспределительной системы воздушному потоку;
- равномерно распределить агент сушки в зерновой насыпи;
- механизировать процесс разгрузки и очистки установки при смене партии обрабатываемого материала.

В результате исследований была разработана и обоснована новая конструкция воздухораспределительной решётки напольной установки активного вентилирования [2].

Теоретическое обоснование и методы исследования

Воздухораспределительная решётка состоит из последовательно расположенных под углом к горизонтали Z-образных элементов (рис. 1). Плоскости «Р» и «Q» образуют зазор «b» для прохождения агента сушки в зерновой слой и перекрытие «a», удерживающее сыпучий материал под углом естественного откоса. Такая конструкция решётки позволяет полностью очищать установку самотёком, наклоном бункера в сторону противоположную зазорам «b», чтобы угол наклона основных плоскостей Z-элементов превышал угол трения зерна. При этом снижаются время и затраты на разгрузку, а также исключается сортосмешивание и травмирование семян.

Для определения конструктивных параметров рабочих органов и режимов процесса сушки необходимо рассматривать всю аэродинамическую систему, формирующую воздушный поток в комплексе. Для снижения материальных и трудовых затрат предварительные исследования процессов проводились различными методами моделирования.

Плоскостями смежных Z-элементов решётки формируется «условный зерновой бункер», через который агент сушки проходит в вышележащие слои зерновой насыпи (рис. 2). Его сечение S определяется по формуле:

$$S = \frac{a_1 - a_0}{\cos \alpha}, \quad (1)$$

где $a_1 = |CB|$;
 $a_0 = |CO| = |EO|$;
 α – угол наклона Z-элемента.

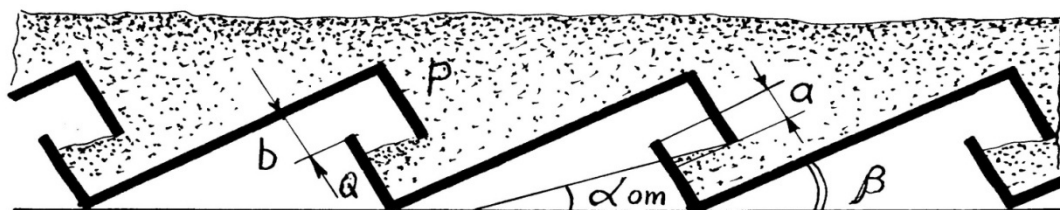


Рис. 1. Z-образная воздухораспределительная решетка

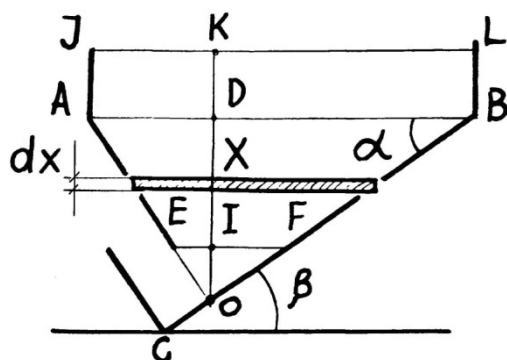


Рис. 2. Геометрические параметры сыпучего тела над Z-элементами

Так как сплошная наклонная плоскость «CB» непроницаема для воздуха, вдоль нее образуется поток повышенного скоростного напора. Его значение будет повышаться при увеличении угла наклона плоскости. Следовательно, над решёткой могут образовываться потоки различной интенсивности. Для расчёта аэродинамической характеристики «условного зернового бункера» была принята математическая модель на основе формулы Матье, как наиболее полно описывающая падения давлений при турбулентных и ламинарных потоках [3].

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = \frac{k \cdot \zeta_{KS} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot v^2}{\varepsilon^4 \cdot d_K \cdot 2 \cdot g_N}, \quad (2)$$

где $\frac{\Delta P}{\Delta l}$ – потери давления в слое 1 м, Н/м² · м;

k – безразмерный коэффициент, критическое число Рейнольдса, переход от ламинарного режима к турбулентному;

ζ_{KS} – коэффициент аэродинамического сопротивления условных шаров;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³;

v – скорость воздуха в свободном сечении, м/с;

ε – пористость слоя, м³/м³;

d_K – эквивалентный размер частицы, м;

g_N – пересчетный коэффициент,

$$g_N = 9,80665 \text{ (м} \cdot \text{кг)} / (\text{с}^2 \cdot \text{Н}).$$

Заменяв в формуле (2) значения, характеризующие зерновой материал в аэродинамическом отношении K_3 , получим:

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = K_3 \cdot v^2 -$$

при турбулентных потоках; (3)

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = K_3 \cdot v -$$

при ламинарных потоках. (4)

Из закона неразрывности, выражая массу воздуха через его плотность ρ и расход Q , получим:

$$m = \rho \cdot Q = \text{const}. \quad (5)$$

Но расход воздуха можно получить через сечение бункера S и скорость v :

$$Q = Sv = \text{const}. \quad (6)$$

Учитывая формулы (4) и (6), получим выражение, рассматривающее зависимость между изменением сечения бункера и потерями давления воздушного потока в насыпи:

$$\frac{\Delta P}{\Delta l} = \frac{\zeta_3}{S} + K, \quad (7)$$

где $\zeta_3 = K_3 \cdot Q$ – коэффициент, характеризующий зерновой слой и воздушный поток;

K – поправочный коэффициент.

Коэффициенты ζ_3 и K – определяются на основе экспериментальных данных методом наименьших квадратов по формулам:

$$\zeta_3 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta P}{\Delta l} \right)_i S_i - K \sum_{i=1}^n S_i \right); \quad (8)$$

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta P}{\Delta l} \right)_i S_i^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta P}{\Delta l} \right)_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n S_i \right)^2}, \quad (9)$$

где n – количество экспериментов;

I – параметры решётки (рис. 2).

Методом дифференцирования находим суммарные потери в сыпучем теле:

$$\Delta P = \zeta_3 \left(\frac{H}{S} + \frac{I}{(\text{tg} \alpha + \text{ctg} \alpha)} \ln \frac{|OD|}{|OI|} + K(H + |OD| - |OI|) \right). \quad (10)$$

Выразив формулу (10) через параметры решётки и $|OD| = (a_1 - a_0) \sin \alpha$; $|OI| = a_0 \cdot \cos \alpha$, получим формулу падения давления в бункере над одним элементом

$$\Delta P = \zeta_3 \left(\frac{H \cdot \cos \alpha}{a_1 - a_0} + \frac{I}{(\text{tg} \alpha + \text{ctg} \alpha)} \ln \frac{(a_1 - a_0) \sin \alpha}{a_0 \cos \alpha} \right) + K[H + (a_1 - a_0) \sin \alpha \cdot a_0 \cdot \cos \alpha], \quad (11)$$

где H – высота сыпучего тела, м.

По данной зависимости можно рассчитывать падение давления в сыпучем теле практически над любым газораспределительным устройством.

Результаты

экспериментальных исследований

Для получения экспериментальных данных к расчету коэффициентов ζ_3 и K была изготовлена физическая модель установки активного вентилирования, состоящая из:

- центробежного вентилятора;

- воздушного канала;
- зернового бункера высотой 800 мм и шириной 80 мм;
- Z-образных решёток с одинаковой эффективной площадью отверстий и различной длиной основных плоскостей элементов.

Давление измерялось микроманометром на входе в воздушный канал и в конце его, а также в пятидесяти точках зерновой насыпи. Согласно формуле (10) и данным измерений получаем потери давления ΔP на единицу высоты зернового слоя. Подставляя значения экспериментальных данных в формулы (8) и (9), получаем значения коэффициентов: $\zeta_3 = 7,177$ ед., $K = 0,111$ ед./мм. Коэффициент корреляции при расчетах составил $r = 0,986$.

Для определения возможных застойных зон и наглядного изображения движения агента сушки в зерновой насыпи на модели установки была применена частная методика – топографический метод индикации газовых потоков [4]. В зерновую насыпь при заполнении бункера семенами над решёткой вертикально закладывались проволочные рамки, обтянутые пропитанной крахмалом марлей. Между вентилятором и воздушным каналом подключался нагревательный прибор для возгонки сухого йода. При образовании паров йода включался вентилятор, и они продувались через решётки в зерновой слой. По интенсивности потемнения крахмала на рамках определялись зоны интенсивности газовых потоков (рис. 3). Эксперимент показал, что в нижних слоях зерновой насыпи на всех решётках застойных зон не образуется.

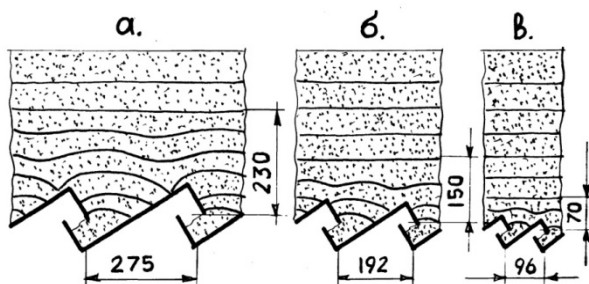


Рис. 3. Изограммы выравнивания давлений агента сушки в насыпи над Z-образными элементами

Оптимизация параметров Z-образной решётки производилась методом покоординатного спуска по программе, составленной для компьютера [4]. Математическое моделирование показало, что при уменьшении угла наклона плоскостей СВ Z-элементов и зазоров ОЕ (рис. 2) потери давления стремятся к нулю. То есть наименьшее сопротивление воздушному потоку оказывает решётка с максимально возможными раз-

мерами зазоров и минимальными промежутками между ними. Эти параметры были определены из геометрических соотношений на основе физико-механических свойств семян.

По результатам математического и физического моделирования были определены параметры Z-образной воздухораспределительной решётки и изготовлен экспериментальный образец установки в соответствии с требованиями к напольным сушилкам для обработки селекционных семян методом активного вентилирования [4].

На экспериментальной установке отрабатывались режимы сушки мелких семян рапса и уточнялись параметры решётки.

Установка состоит из вентилятора, калорифера, воздушного канала, шарнирно установленного на раме зернового бункера, дно которого образовано Z-образной воздухораспределительной решёткой размером 2000x1600 мм и эффективной площадью отверстий 11,8%. Разгрузка бункера через выгрузную решётку (а.с. № 1144908) производится наклоном бункера гидроцилиндрами.

Выводы

Испытания показали, что воздушные потоки различного давления выравниваются при толщине слоя семян 0,45 м на высоте 0,04-0,16 м при длине основной плоскости Z-элемента от 0,1 до 0,3 м. Через 10 ч активного вентилирования при чередующихся температурных режимах влажность семян рапса снизилась с 17,5 до 7,54%. Неравномерность влажности по слоям составила +1,83; - 2,33%, что соответствует требованиям сушки селекционных семян.

Воздухораспределительная решётка с Z-образными элементами проверена в работе на различных модификациях установок активного вентилирования и показала высокую эффективность по сравнению с существующими напольными сушилками. Она была внедрена в нескольких хозяйствах Омского и Тюкалинского районов Омской области.

Решётка монтируется из легкодоступных материалов в условиях любого сельскохозяйственного производства на базе имеющегося тепловентиляционного оборудования рекомендуется к широкому использованию для сушки семян мелкосеменных культур.

Библиографический список

1. Братерский Ф.Д., Карабанов С.Ф. Послеуборочная обработка зерна. – М.: Агропромиздат, 1986. – 174 с.
2. А.с. 1283506. СССР. Настил для сушки семян / Н.К. Вазенмиллер, В.Л. Миклашев. – № 3883117; заявлено 11.02.85; Опубл. 15.09.86.

3. Мальтри В., Петке Е., Шнейдер Б. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения. – М.: Машиностроение, 1979. – 520 с.

4. Миклашевич В.Л. Обоснование параметров воздухораспределительной решетки для установок активного вентилирования семян рапса: дис. ... канд. техн. наук. – Омск, 1992. – 182 с.



УДК 634.74;631.535

**В.Д. Бартенов,
С.Н. Хабаров**

КОМБАЙН ДЛЯ УБОРКИ ОБЛЕПИХИ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И РАЗРАБОТКА ИСХОДНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

Ключевые слова: облепиха, комбайн, активаторы, исследовательские испытания, режимы работы, результаты испытаний, исходные требования на комбайн.

Введение

Облепиха получила в отечественном садоводстве довольно широкое распространение, но расширение площадей под ней ограничивается высокой трудоемкостью ручного сбора урожая, составляющей до 90% от всех трудозатрат. Решение этой проблемы сдерживается исключительной сложностью, обусловленных специфическими физико-механическими свойствами плодов и агробиологическими особенностями растений.

В настоящее время уборка облепихи осуществляется вручную. В НИИ садоводства Сибири проводятся многолетние НИР и ОКР по созданию рабочих органов и технических средств для уборки ее урожая.

Цель работы – разработка облепихоуборочного комбайна, определение и уточнение оптимальных конструктивных параметров рабочих органов и его режимов работы: разработка исходных требований на комбайн.

Ранее были проведены в НИИСС полевые эксперименты, доработка конструкции и исследовательские испытания различных вибрационных экспериментальных образцов рабочих органов к комбайну для уборки облепихи.

Были осуществлены теоретические исследования на ЭВМ (при помощи метода Фурье) вынужденных колебаний куста облепихи в процессе вибрации для съема урожая.

Объекты, условия, материалы и методы

В основу разработки комбайна положен стандарт предприятия СТП-84-03-11-06-86

«Смесь плодов и листьев облепихи. Технические требования», разработанные Бийским витаминным заводом (ныне ЗАО «Алтайвитамины»).

Согласно стандарту сырье облепихи представляет собой смесь плодов и листьев с эластичным однолетним приростом (длиной побегов не более 7 см) в соотношении не более 30% листьев и однолетнего прироста и 70% плодов.

Следовательно, при работе комбайна необходимо также механизировать операцию разделения получаемого вороха на следующие две фракции (согласно указанному стандарту):

- смесь плодов, сока, соплодий и однолетних эластичных побегов (приростов) длиной 7 см, с наличием листьев не более 30% к общей массе смеси;

- смесь однолетних побегов длиной более 7 см, отдельных початков, листьев и соплодий, т.е. зеленая травянистая масса.

Оценка новых сортов и гибридов облепихи, пригодных для механизированной уборки, предусматривает проведение учетов полноты съема плодов с кустов, уровня потерь урожая на землю, степени и вида повреждений ветвей разного порядка и возраста, качества вороха, форму кроны кустов, углы отхождения скелетных ветвей, длину плодоносящих веток и т.д. Были определены и уточнены физико-механические свойства и размерно-массовые характеристики плодов, состав и качество вороха, повреждения плодов, а также агротехнические исследования и учеты по оценке работы уборочных рабочих органов и в целом комбайна.

При выполнении НИР использовали общепринятые методики с учетом инженерного обеспечения и с применением стандартных приборов и средств измерения.