



УДК 664.723.047

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ ГРУЗОНЕСУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО
КАНАЛА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЫГРУЗНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА-
ОХЛАДИТЕЛЯ ЗЕРНА ПОСЛЕ СУШКИ**

*Зимин И.Б., к.т.н., доц. кафедры «Автомобили, тракторы и сельскохозяйственные
машины»*

ФГБОУ ВПО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», Россия

Органически связанной с сушкой зерна является операция охлаждения зерновой массы после сушки. Перспективным направлением совершенствования техники и технологий охлаждения зерна после сушки является применение в составе зерносушилок аэродинамических устройств. Для достижения наилучшего технологического эффекта охлаждения зерновой массы на аэродинамических устройствах нами предлагается использовать криволинейную поверхность грузонесущего рабочего органа транспортного канала.

Зерновой материал, охлаждение зерна, аэродинамический выгрузной рабочий орган-охладитель зерна после сушки, газораспределительная решетка, лопатка жалюзи.

На современном этапе развития техники и технологий послеуборочной обработки зерна особая роль отведена зерносушильным агрегатам, от качественной работы которых в полной мере зависит сохранение качественных показателей зерновой массы, перед ее закладкой на хранение. Органически связанной с сушкой зерна является операция охлаждения зерновой массы после сушки. Согласно агротехническим требованиям, температура зерновой массы после сушки не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 10°C [3].

Перспективным направлением совершенствования техники и технологий охлаждения зерна после сушки является применение в составе зерносушильных агрегатов аэродинамических устройств, способных обеспечивать охлаждение просушенного зерна одновременно с его транспортированием [1,4]. С целью совершенствования рабочего процесса охладителя зерна аэродинамического типа нами предлагается использовать криволинейную форму грузонесущей поверхности транспортного канала [6]. Для обоснованного подхода к проектированию и изготовлению рассматриваемого типа грузонесущего органа аэродинамического охладителя определим его основные конструктивные параметры.

Подача (G , кг/с) зернового материала вдоль выпрямленной лопатки длиной πR_0 может быть определена по формуле [2]:

$$G = S v_m \rho_m \quad (1)$$

где S – площадь поперечного сечения щели газораспределительной решетки, м²;

v_m – скорость смещения зернового материала вдоль грузонесущей поверхности газораспределительной решетки, м/с;

ρ_m – плотность зернового материала, кг/м³



Для достижения наилучшего технологического эффекта, в случае изготовления лопаток-жалюзи криволинейной формы, необходимо, чтобы каждая воздухоподводящая щель газораспределительной решетки имела высоту ($h_{щ}$), изменяющуюся в пределах от $h_{щ}=0$ (у верхних кромок транспортного канала) до $h_{щ}=h_{щ\max}$ (в нижней части транспортного канала).

Площадь поперечного сечения (S , м²), с точки зрения технологических параметров, можно выразить из формулы (1):

$$S = \frac{G}{v_m \rho_m} \quad (2)$$

С другой стороны, принимая во внимание конструктивные параметры газораспределительной решетки, величину S можно определить по формуле:

$$S = \frac{\pi R_o h_{щ}}{2} \quad (3)$$

где R_o – радиус изгиба лопатки – жалюзи газораспределительной решетки, м;
 $h_{щ}$ – высота щели газораспределительной решетки, м

При минимальной высоте слоя зернового материала, равной $h_{щ} = t \cdot \operatorname{tg} \alpha$ (где t – шаг щелей газораспределительной решетки, м; α – угол наклона лопатки-жалюзи к горизонту, град.) заданная подача (G) аэродинамического выгрузного рабочего органа-охладителя зерна после сушки обеспечивается возрастанием скорости смещения (v_m) зернового материала.

Таким образом, приравнивая правые части выражений (2) и (3), после преобразований получим формулу для определения радиуса изгиба лопатки – жалюзи газораспределительной решетки:

$$R_o = \frac{2G}{\pi v_m t \rho_m \operatorname{tg} \alpha} \quad (4)$$

Для исключения прорывов воздуха через щели газораспределительной решетки и наиболее полного взаимодействия зерновой массы необходимо, чтобы зерновой материал, расположенный по ширине криволинейной (вогнутой) поверхности лопатки-жалюзи, не соскальзывал к центральной осевой линии транспортного канала аэродинамического выгрузного рабочего органа-охладителя зерна после сушки. Для выполнения отмеченного условия весьма важно, чтобы угол между касательной к окружности радиуса изгиба лопаток-жалюзи и горизонталью должен находиться в пределах угла (φ) трения скольжения зернового материала (рис.1). Таким образом, делаем вывод, что форма поперечного профиля лопатки-жалюзи решетки должна быть такой, чтобы все участки криволинейной поверхности лопатки-жалюзи при удержании зернового материала были равноценны. В этих условиях радиус изгиба лопатки-жалюзи должен иметь не постоянную, а переменную величину, изменяющуюся от R_o до R_{\max} .

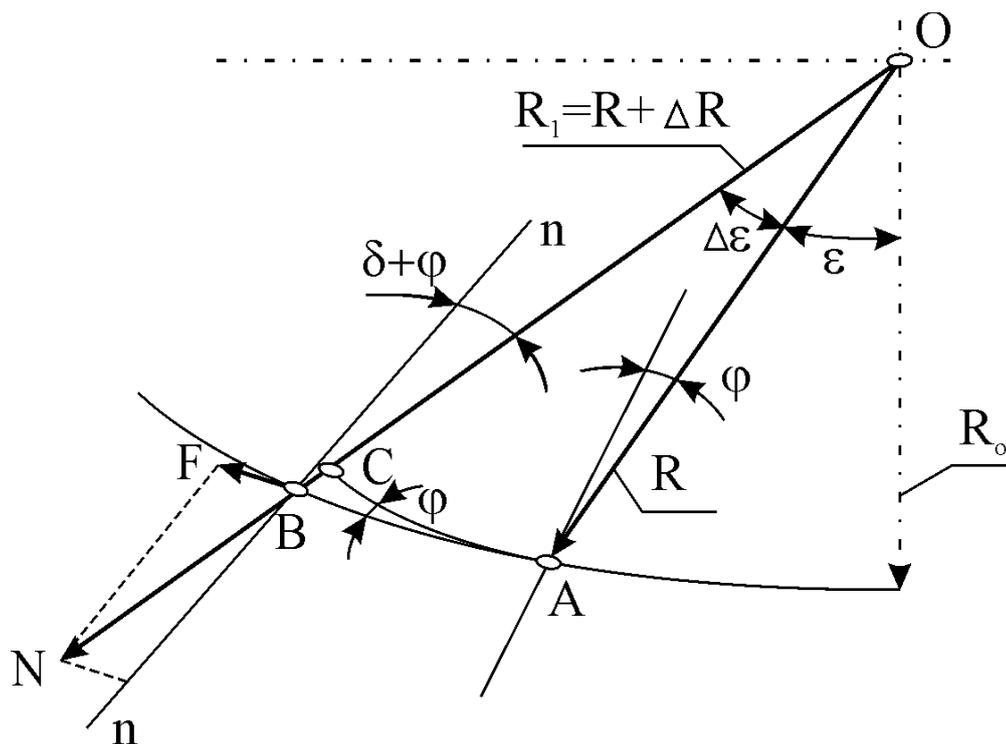


Рис. 1. К определению формы криволинейной поверхности лопаток-жалюзи газораспределительной решетки

На основании изложенного, представляет интерес получение зависимости, описывающей форму криволинейной поверхности, в случае изготовления лопатки-жалюзи с переменным радиусом изгиба.

Примем R_0 за начальный радиус изгиба лопатки-жалюзи. Предположим, что в полярных координатах угол ϵ (рис.1) изменяется в пределах $\epsilon_0 \leq \epsilon \leq \frac{\pi}{2}$, а радиус R изменяется в диапазоне от R_0 до R_{\max} . Пусть положение частицы зернового материала, находящейся в точке A , определяется координатами R и ϵ . Другая частица, весьма близкая к первой, лежит в точке B и имеет координаты R_1 и ϵ_1 ($\epsilon_1 = \epsilon + \Delta\epsilon$). Очевидно, чтобы частица из точки B сдвинулась в точку A , ей необходимо преодолеть силу сопротивления, при этом, если она находилась бы в точке C , то вероятность скатывания была бы увеличена. Таким образом, угол между нормалью pn и радиусом $R_1 = R + \Delta R$ должен находиться в пределах угла трения.

Принимая во внимание указанные выше допущения, в бесконечно малом треугольнике BAC (рис.1), угол φ будет соответствовать углу трения скольжения зернового материала.

Пренебрегая малыми величинами высших порядков, из треугольника ABC определяем катет:

$$BC = AC \cdot \operatorname{tg} \varphi \tag{5}$$



На основани рис.1: $BC=\Delta R$, $AC=R\Delta\varepsilon$. В этом случае выражение (5) можно преобразовать в виде:

$$\Delta R = R\Delta\varepsilon \operatorname{tg} \varphi \quad (6)$$

Запишем выражение (6) в дифференциальной форме:

$$dR = R d\varepsilon \operatorname{tg} \varphi \quad (7)$$

$$\frac{dR}{R} = \operatorname{tg} \varphi d\varepsilon \quad (8)$$

Проинтегрируем выражение (8):

$$\int_{R_o}^{R_{\max}} \frac{dR}{R} = \int_{\varepsilon_o}^{\pi/2} \operatorname{tg} \varphi d\varepsilon \quad (9)$$

$$\ln|R| \Big|_{R_o}^{R_{\max}} = \operatorname{tg} \varphi \varepsilon \Big|_{\varepsilon_o}^{\pi/2} \quad (10)$$

$$\ln|R_{\max}| - \ln|R_o| = \operatorname{tg} \varphi \left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon_o \right) \quad (11)$$

Принимая во внимание свойство логарифмов, получим:

$$\ln \left| \frac{R_{\max}}{R_o} \right| = \operatorname{tg} \varphi \left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon_o \right) \quad (12)$$

$$\frac{R_{\max}}{R_o} = \ell^{\operatorname{tg} \varphi \left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon_o \right)} \quad (13)$$

Отсюда:

$$R_{\max} = R_o \ell^{\operatorname{tg} \varphi \left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon_o \right)} \quad (14)$$

Выражение (14) позволяет сделать вывод, что форма криволинейной поверхности лопатки-жалюзи может быть описана уравнением логарифмической спирали.



С учетом формулы (4) получим выражение для определения формы грузонесущей поверхности транспортного канала аэродинамического выгрузного рабочего органа-охладителя зерна после сушки:

$$R_{\max} = \frac{2G\ell^{\operatorname{tg}\varphi\left(\frac{\pi}{2}-\varepsilon_o\right)}}{\pi\rho_m t\nu_m \operatorname{tg}\alpha} \quad (15)$$

Для подтверждения обоснованности теоретических положений по обоснованию криволинейной поверхности лопатки-жалюзи газораспределительной решетки, в уборочный период 2011 года нами были проведены экспериментальные исследования аэродинамического выгрузного рабочего органа-охладителя зерна после сушки в непосредственной привязке к технологической линии СПК «Красное Знамя» Новоскольнического района Псковской области. Проведенные экспериментальные исследования показали хорошую работоспособность нового грузонесущего органа аэродинамического выгрузного рабочего органа-охладителя зерна после сушки. Результаты производственного эксперимента позволяют сделать следующие выводы [5]:

1. Для охлаждения зерна после сушки в аэродинамическом охладителе для более рационального использования агента охлаждения целесообразно использовать газораспределительную решетку с радиусом вогнутости 350 мм, максимальной высотой щели 4 мм с шагом по пластинам не более 50 мм. Рекомендуемый диапазон скорости фильтрации агента охлаждения при этом 1...1,34 м/с.

2. Наиболее существенное влияние на процессы перемещения и охлаждения зерна оказывают технологические и конструктивные параметры аэродинамического выгрузного рабочего органа-охладителя зерна после сушки, рациональные значения которых находятся в следующих пределах: расход агента охлаждения 1,8...2,34 м³/с; температура агента охлаждения 14,5...15,6 °С.

3. Применение аэродинамического выгрузного рабочего органа-охладителя зерна после сушки для охлаждения фуражного и семенного зерна позволяет снизить эксплуатационные затраты на 68%. С учетом годового экономического эффекта 250,5 руб./т, срок окупаемости капитальных вложений составляет 3,66 года.

Список литературы

1. Аэродинамический выгрузной рабочий орган – охладитель зерна для зерносушилок шахтного типа /Е.М. Зимин, М.С. Волхонов, И.Б. Зимин //Совершенствование средств механизации и технического обслуживания в АПК: Материалы международной научно-практической конференции. – Чебоксары: ЧГСХА, 2003. – С. 105-111.
2. Зимин, Е.М. Пневмотранспортные установки для вентилирования, транспортирования и сушки зерна (конструкция, теория и расчет). – Кострома: КГСХА, 2000. — 215 с.
3. Малин, Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. – М.: КолосС. – 2004. – 240 с.
4. Патент 2249967 РФ. Способ охлаждения сельскохозяйственных материалов после сушки /Е.М. Зимин, М.С. Волхонов, В.С. Крутов, С.А. Полозов, И.Б.Зимин; Костромская гос. с.-х. академия. – №200121563/13; Заявл. 05.08.2002; Опубл. 20.04.2005; Бюл. №11.
5. Повышение эффективности охлаждения фуражного зерна после сушки /И.Б. Зимин, М.Б. Тельпук //Вклад молодых ученых в развитие науки: Сборник материалов V международной научно-практической конференции. – Великие Луки: РИО ВГСХА, 2010. – С. 184-187.



6. Повышение эффективности функционирования охладителей зерна аэродинамического типа путем совершенствования конструктивных параметров грузонесущей поверхности транспортного канала /Е.М. Зимин, М.С. Волхонов, И.Б. Зимин //Роль молодых ученых в развитии науки: Материалы межд. научн.-практ. конференции. – Великие Луки, 2007. – С. 212 -214.

Органически связанной с сушкой зерна является операция охлаждения зерновой массы после сушки. Перспективным направлением совершенствования техники и технологий охлаждения зерна после сушки является применение в составе зерносушилок аэродинамических устройств. Для достижения наилучшего технологического эффекта охлаждения зерновой массы на аэродинамических устройствах нами предлагается использовать криволинейную поверхность грузонесущего рабочего органа транспортного канала.

Зерновой материал, охлаждение зерна, аэродинамический выгрузной рабочий орган-охладитель зерна после сушки, газораспределительная решетка, лопатка жалюзи.

With drying of grain operation of cooling of grain weight after drying is integrally connected. The perspective direction of improvement of equipment and technologies of cooling of grain after drying is application in structure a grain dryers of aerodynamic devices. For achievement of the best technological effect of cooling of grain weight on aerodynamic devices we offer to use a curvilinear surface of the cargo bearing worker of body of the transport canal.

Grain material, grain cooling, aerodynamic unloading worker of body cooler of grain after draying, gas-distributing lattice, shovel of a jalousie.

**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF RATIONAL FORM
OF A CARGO BEARING SURFACE OF THE TRANSPORT CHANNEL OF THE
AERODINAMIC UNLOADING WORKER OF BODY COOLER OF GRAIN AFTER
DRAYING**

I.B. Zimin