

Обоснование места установки сводоразрушающего устройства в зерновом бункере с боковым выпускным отверстием

Д-р техн. наук В. С. КУНАКОВ, инж. К. А. ТИМОЛЯНОВ (ДГТУ, ka300790@gmail.com)

Аннотация. Проанализированы результаты эксперимента по определению области сводов в зерновом бункере с боковым выпускным отверстием. Обосновано место установки сводоразрушающего устройства. Предложена формула для расчета максимально возможного количества действующих сводов. Определены высоты выпускного отверстия, при которых действие сводов на процесс истечения минимально или отсутствует, в зависимости от угла наклона днища и размеров сводообразующего сечения.

Ключевые слова: сводообразование, сводоразрушающее устройство, сводообразующее сечение, область сводов, зерновой бункер, боковое выпускное отверстие.

Substantiation of installation place for bridge preventing device in a grain bin with side outlet

V. S. KUNAKOV, K. A. TIMOLYANOV (Don State Technical University, ka300790@gmail.com)

Summary. The article analyzes the results of experiment in finding of areas of bridging in a grain bin with side outlet; substantiates the place of installation of bridge preventing device; proposes a formula for calculation of maximum possible number of existing bridges. It also determines the heights of outlet whereby the impact on flow process is minimal or absent, depending on angle of bottom slope and dimensions of bridging section.

Keywords: bridging, bridge preventing device, bridging section, area of bridging, grain bin, side outlet.

В бункерах происходит образование сводчатых структур из зернового материала [1]. Для борьбы со сводообразованием используют механические, вибрационные, пневматические, аэрационные и другие сводоразрушающие устройства, действие которых направлено на разрушение перемычек в области сводов.

Областью сводов в зерновом бункере следует считать зону, в которой возможно образование и разрушение сводчатых структур из сыпучего материала. Как правило, в этой зоне происходит сжатие (сужение) потока по мере движения.

Для нахождения области сводов создана экспериментальная установка, состоящая из металлического бункера с боковым выпускным отверстием (рис. 1). На торцевой стенке бункера закреплена чувствительная тензометрическая площадка для измерения сил, действующих со стороны сыпучего материала на торцевую стенку бункера. Площадка может перемещаться по высоте.

Выявлено, что силы, действующие на торцевую стенку бункера, до некоторой высоты переменны по амплитуде и носят пульсирующий характер. По мере подъема чувстви-

тельной площадки обнаружено экспоненциальное ослабление амплитуды пульсирующих сил. Исходя из значений высоты, после которых происходит явное ослабление пульсаций, определены значения максимальных образующих сечений (BC , рис. 2) относительно диаметра частиц d (см. таблицу).

Для бункера с боковым выпускным отверстием область сводов представлена фигурой $DBCK$ на рис. 2. Данная зона ограничена торцевой стенкой DB , максимальным сводообразующим сечением (перпендикуляр BC к днищу), днищем CK и ми-



Рис. 1. Экспериментальная установка

нимальным сводообразующим сечением (перпендикуляр DK к днищу).

С целью определения максимально возможного количества сводов в бункере с боковым выпускным отверстием примем, что:

1) зерновой материал рассматривается как неупругие шары диамет-

ром d , который определяется по формуле проф. В. А. Богомягих [2]:

$$d = k_{\phi} \sqrt[3]{abc},$$

где k_{ϕ} — коэффициент формы зерновой частицы, введенный В. А. Богомягих и равный для подсолнеч-

ника 0,96, для пшеницы 1, для кукурузы 0,98, для гречихи 0,54 [2]; a, b, c — длина, ширина и толщина зерновой частицы, м;

2) каждый образованный свод имеет две точки опоры — на торцевой стенке и на днище бункера;

3) угол наклона днища бункера a больше угла естественного откоса сыпучего материала;

4) максимальное сводообразующее сечение (кратчайшее расстояние между опорами свода), при котором возможно образование динамических сводов, равно $15d$.

Таким образом, максимальное количество сводов N в бункере определим как количество зерен, уложенных на торцевой стенке в один слой по всей ширине бункера:

$$N = b \left(\frac{15d}{\cos a} - h \right) / d^2,$$

где b — ширина бункера; d — условный диаметр частицы; a — угол наклона днища бункера к горизонту; h — высота выпускного отверстия; $15d$ — сводообразующее расстояние, на котором возможно образование динамических сводов.

Проведем анализ полученного выражения количества сводов N в зависимости от угла наклона днища a и высоты выпускного отверстия h (рис. 3).

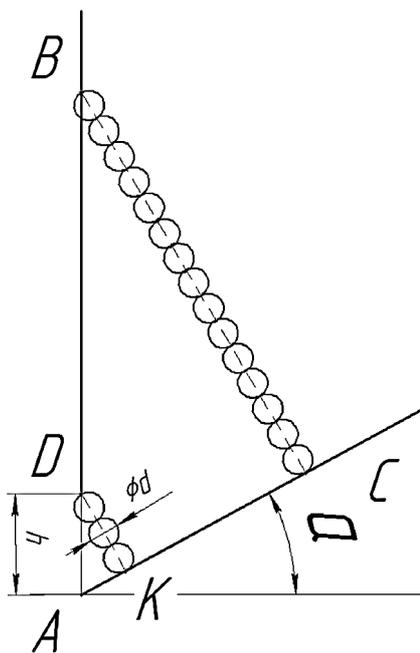


Рис. 2. Укладка шаров на границе области сводов

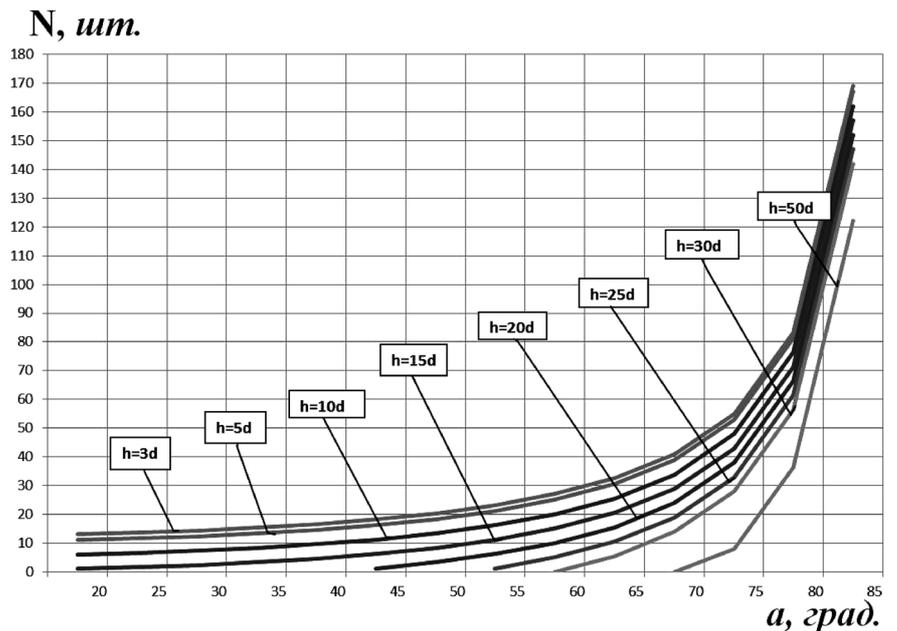


Рис. 3. Зависимость количества сводов N от угла наклона днища a при ширине бункера, равной диаметру одной частицы ($b = d$), размере максимального сводообразующего сечения $15d$ и разных высотах выпускного отверстия h

**Предельные размеры сводообразующих сечений,
при которых возможно образование сводов, для культур кондиционной влажности
при высоте выпускного отверстия 0,03 м**

Культура	$a = 30^\circ$	$a = 45^\circ$	$a = 60^\circ$
Пшеница, $d = 0,0037$ м	$14d$	$15d$	$15,5d$
Просо, $d = 0,0027$ м	$12,5d$	$13,5d$	$14,5d$
Подсолнечник, $d = 0,0051$ м	$15d$	$15,5d$	$16d$
Кукуруза, $d = 0,0075$ м	$17d$	$16,8d$	$18d$

Из представленного на рис. 3 графика следует, что влияние сводообразования возможно только в том случае, когда при заданных значениях высоты выпускного отверстия h (на графике относительно диаметра частицы d) и угла наклона днища a в бункере существует некоторое количество сводов N . Например, при высоте выпускного отверстия $h = 20d$ и угле наклона днища a до 45° будет наблюдаться устойчивое истечение без сводообразования. При угле наклона днища a более 45° в бункере

возможно образование некоторого количества сводов N .

Выводы

1. Определены места установки сводоразрушающего устройства для бункера с боковым выпускным отверстием в зависимости от диаметра частиц d в сводообразующих сечениях размером: для пшеницы менее $(14...15,5)d$; для проса менее $(12,5...14,5)d$; для подсолнечника менее $(15...16)d$; для кукурузы менее $(16,8...18)d$.

2. Силы, действующие на стенки бункера при истечении сыпучего материала, носят пульсирующий характер с определенным значением частоты.

3. Предложена формула для расчета максимально возможного количества сводов в бункере. Анализ показал, что когда высота выпускного отверстия больше размеров сводообразующего сечения, влияние сводов на процесс истечения стремится к нулю.

Литература и источники

1. **Каталымов А. В.** и др. Исследование пульсаций давления у края выпускного отверстия при истечении сыпучего материала // Механика сыпучих материалов: Тез. докл. Всесоюз. конф. — Одесса, 1980.
2. **Богомягих В. А.** и др. Теоретические основы расчета сводоразрушающих устройств бункеров сельскохозяйственного назначения. — Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1997.