

# Исследование струи, образующейся при истечении воздуха в слой солода

А.О. ЛЮБИМОВ, канд. техн. наук Н.И. ЛУКИН

*The investigation of the structure of the spray, as formed during flowing of air in the layer of a grain material (malt) has been carried out. A relationship is obtained for the determination of maximum diameter of the spray profile and a radius of the zone of filtration.*

Для проведения испытаний по исследованию струи, образующейся при истечении воздуха в слой солода, была создана экспериментальная установка (рис. 1).

Экспериментальная установка состоит из барабана 2, выполненного из органического стекла. Барабан опирается на опорные ролики 6. Газораспределительное устройство 4 представляет собой горизонтальную неподвижную трубу, расположенную по оси барабана, с системой подводящих труб 5, направленных вниз. Газораспределительное устройство 4 своим левым концом проходит через лабиринтовые уплотнения и неподвижно закреплено в стойке, а с правой стороны барабана оно проходит через подвижную крышку 3 и неподвижную стойку 7 и соединяется системой труб, в которых смонтирована диафрагма 9, с вентилятором 1. Отработанный воздух выводится из барабана через ла-

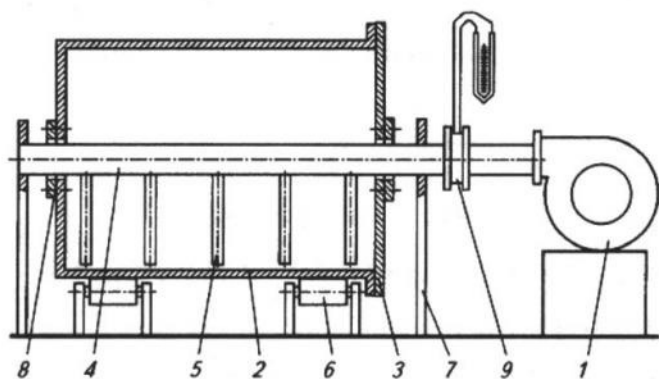


Рис. 1. Установка для исследования струи, образующейся при истечении воздуха в слой солода: 1 — вентилятор; 2 — корпус барабана; 3 — крышка барабана; 4 — газораспределительное устройство; 5 — подводящие трубы; 6 — опорные ролики; 7 — опорные стойки; 8 — уплотнения; 9 — диафрагма

биринтовые уплотнения 8. Барабан во время исследования вращается ( $\approx 15$  об/мин). Расход поступающего в аппарат воздуха измеряли при помощи диафрагмы 9.

После достижения струей стенки барабана («пробой» слоя) формируется квазиустойчивый струйный канал, сечение которого монотонно увеличивается с ростом расстояния от трубы. В результате проведенных наблюдений было обнаружено резкое увеличение площади сечения канала в пристенной зоне (толщина зоны равна диаметру частицы  $d_{экв}$  материала) [3]. Это связано с тем, что порозность

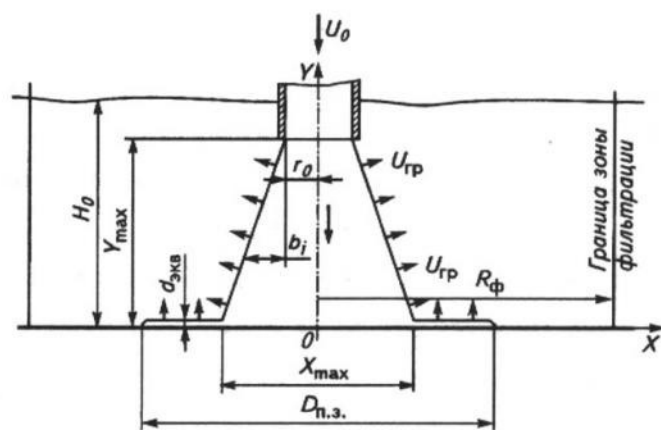


Рис. 2. Модель струи в неподвижном слое зернистого материала:

$H_0$  — высота слоя материала, м;  $U_0$  — скорость воздуха в трубе, м/с;  $U_m = \frac{2,73r_0U_0}{C_x y}$  — закон падения осевой скорости по длине основного участка осесимметричной струи [2], м/с;  
 $r_0$  — радиус насадка, м;  $C_x = 0,92$  — константа струи [1];  
 $y$  — расстояние от выходного сечения трубы, м;

$U_{гр} = \frac{1,42Ar}{1400+5,22\sqrt{Ar}} \mu_{cp}$  — скорость на границе газового факела [2];  $d_{экв}$  — эквивалентный диаметр частиц, м;  
 $R_{ф}$  — радиус зоны фильтрации, м;  $D_{п.з.}$  — диаметр канала в пристенной зоне

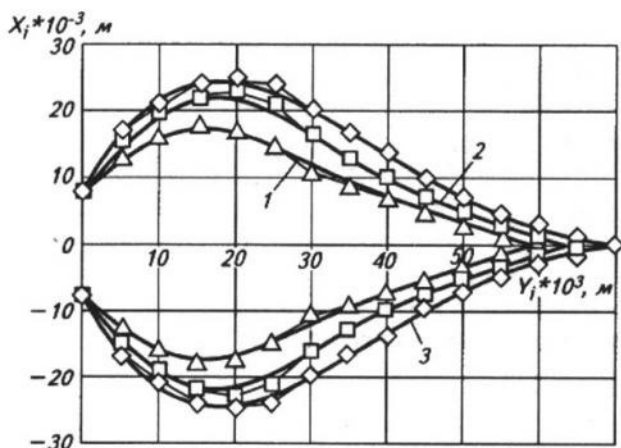


Рис. 3. Зависимость ширины профиля струи от расстояния до насадка:  
 $1 - v = 12 \text{ м/с}$ ;  $2 - v = 15 \text{ м/с}$ ;  $3 - v = 17 \text{ м/с}$ ;  $r_0 = 0,016 \text{ м}$

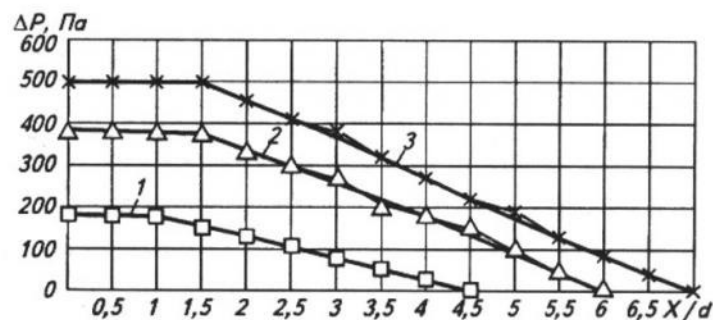


Рис. 4. Перепад давления в слое солода в зависимости от расстояния от оси струи при различной скорости воздуха:  $1 - v = 12 \text{ м/с}$ ;  $2 - v = 15 \text{ м/с}$ ;  $3 - v = 17 \text{ м/с}$ ;  $d = 0,016 \text{ м}$  — диаметр насадка,  $y = 0,01 \text{ м}$  — расстояние от стенки (продольное сечение)

материала в пристенной зоне больше, чем порозность материала в барабане, поэтому и гидравлическое сопротивление слоя в пристенной зоне меньше. На рис. 2 показана модель струи, ограниченной стенкой в неподвижном слое зернистого материала после «пробоя». После того как воздух достигает стенки барабана, происходит гашение скорости воздуха и он распространяется по окружающим частицам материала в режиме фильтрации. Диаметр зоны фильтрации определяет минимальное расстояние между подводными трубами.

Была изучена структура струи, образующейся при истечении воздуха в слой материала. Результаты исследований представлены на рис. 3, из которого видно, что ширина профиля струи имеет некоторый максимальный диаметр. После обработки экспериментальных данных была получена зависимость для расчета максимального диаметра профиля струи:

$$X_{\max} = 2r_0 \left( 1 + m \frac{U_0}{U_{\text{гр}}} \right), \quad (1)$$

где  $m = 0,096$  — эмпирический коэффициент.

Расстояние от выходного сечения трубы до сечения с максимальным диаметром струи получено в результате обработки экспериментальных данных

и может быть найдено по формуле

$$Y_{\max} = f \frac{U_0 r_0}{U_{\text{гр}}}, \quad (2)$$

где  $f = 0,23$  — эмпирический коэффициент.

Диаметр зоны фильтрации зависит от скорости воздуха, истекающего в слой материала. На экспериментальном стенде (см. рис. 1) были проведены исследования по изменению перепада давления в слое материала в зависимости от расстояния от оси насадка при различной скорости воздуха. На рис. 4 показано расстояние  $X/d$ , которое является радиусом зоны фильтрации, то есть воздух проходит через слой солода в режиме фильтрации, пока перепад давления в слое не становится равным нулю.

После обработки экспериментальных данных было получено уравнение для расчета радиуса зоны фильтрации:

$$R_{\phi} = 1,5X_{\max}. \quad (3)$$

#### Список литературы

1. *Абрамович Г.Н.* Теория турбулентных струй. — М.: Физматгиз, 1960.
2. *Бувич Ю.А., Минаев Г.А.* // ИФЖ. 1976. Т.30. № 5.
3. *Минаев Г.А.* Механика струйных течений в зернистом слое. — Минск: изд. ИТМО АН БССР, 1976.