

Чеботарева А.В., Касперович В.Л.* , Зинюхин Г.Б.

Оренбургский государственный университет

*Департамент пищевой промышленности Московской области

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ И ПЫЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Технологические процессы на зерноперерабатывающих предприятиях сопровождаются интенсивным выделением пыли. Исследование особенностей распределения воздушных потоков, создаваемых технологическим оборудованием и пофракционного распределения зерновой и мучной пыли в различных функциональных отделениях предприятий отрасли позволило разработать устройство и более эффективный способ обеспыливания производственных помещений.

Практически все технологические процессы на зерноперерабатывающих предприятиях и хлебозаводах сопровождаются интенсивным выделением пыли. Поэтому обеспечение эффективной очистки воздуха имеет для них первостепенное значение.

По данным ВНИИЗа, в заготавливаемом зерне содержание пыли от общей массы зерна достигает до 0,3 %. [1] Значительная ее часть концентрируется в бороздке, бородке, оболочках, и при обработке отделяется от поверхности зерна в виде минеральных и органических частиц.

Пыль – неоднородная полидисперсная совокупность единичных элементов, имеющих геометрически неправильную форму, широко варьируемую плотность, а размеры – начиная от долей микрометра до миллиметра, характеризуется достаточно одинаковым химическим составом, но обладает различными свойствами, которые значительно отличаются от исходного материала. Комплексно пыли характеризуются как основными геометрическими признаками – дисперсный состав, форма, рельеф поверхности частиц, так и физическими характеристиками: массовыми – плотность одиночных частиц и их совокупностей в виде агрегатов, аэродинамическими, электрофизическими, теплофизическими, сорбционными, адгезионными, взрывными и др. [2, 3, 4]

Знание свойств пыли позволяет судить о степени ее опасности в санитарно-гигиеническом отношении, способности образовывать взрывоопасные концентрации с воздухом, определенное время находиться в воздухе во взвешенном состоянии и т.д. Наконец, знание этих характеристик совершенно необходимо при расчете и выборе устройств для пылеулавливания, а также для принятия технологических решений по уменьшению пылеобразования и пылевыделения. [5, 6]

Несмотря на ряд выполненных исследований по изучению закономерностей распределения производственной пыли в зависимости от ее свойств и характеристик, на сегодняшний день многие вопросы еще до конца не решены, по многим имеются противоречивые данные. Это, в полной мере относится к зерноперерабатывающим предприятиям и, прежде всего, мукомольного цикла.

В связи с этим, нами было изучено пофракционное распределение пыли в различных производственных помещениях мукомольных предприятий – КХП № 1, ХПП (г. Оренбург), АО «Комбинат хлебопродуктов» (г. Истра, Московская область) и АО «Раменский комбинат хлебопродуктов» (пос. Дружба, Раменский р-н, Московская обл.) с типичным расположением унифицированного технологического оборудования. Наиболее характерными в подготовительных отделениях мелькомбинатов являются этажи зерновых сепараторов, камнеотделительных и обоечных машин, в размольных отделениях – этажи рассевов, вальцевых станков, а в отделениях готовой продукции – помещения весовыхбойных аппаратов.

В многих видах современного технологического оборудования используются различные методы интенсификации протекающих в них процессов. Наиболее распространенным из них является использование совместного воздействия вибрации и колебаний в горизонтальной плоскости (рассева: основные - Р3-БРБ и контрольные – Р3-БРВ), наклонной (зерновые сепараторы: А1-БИС-12, А1-БЛС-16) или совершающие возвратно-поступательные движения (камнеотделительные Р3-БКТ, ситовечевые машины – А1-БСО, А1-БС2-О и др.).

Каждый вид технологического оборудования характеризуется определенным движением воздушных потоков, создаваемых их конструктивными элементами. Как показали результа-

ты наших исследований, большое влияние на направленность и скорость перемещения воздуха оказывают потоки, создаваемые приводами, в первую очередь, электродвигателями и движущимися частями технологического оборудования.

В частности, распределение скоростей воздушного потока, созданного зерновым сепаратором А1-БИС-12, характеризуется симметричностью (ось симметрии совпадает с продольной осью оборудования), распределением со стороны, противоположной приводу, с наибольшим значением $v = 0,5 \text{ м/с}$ (рис. 1). Это, очевидно, результат закручивания воздушного потока, созданного электродвигателем и движением корпуса (амплитуда $r=9,25 \text{ мм}$, число оборотов $n = 325 \text{ об}^{-1}$) при обтекании им неподвижного пневмоканала сепаратора.

Аналогичный характер имеет распределение скоростей воздушного потока, созданного в зоне обоечной машины РЗ-БМО-6 (рис. 2). Это также особенность ее конструктивного исполнения – вращающийся рабочий орган находится внутри закрытого неподвижного цилиндрического корпуса и воздушный поток, создаваемый в основном приводом, образует «аэродинамическую тень», расположенную по оси привода со стороны, ему противоположной.

Несколько отличается закономерность распределения скоростей воздушного потока камнеотделительной машины РЗ-БКТ ($r=2,5 \text{ мм}$, число оборотов $n=960 \text{ об}^{-1}$), принимающей параболический вид со стороны противоположной приводу (рис. 3).

Конфигурация распределения скоростей воздушного потока ситовеющей машины А1-БС-2О аналогична сепаратору А1-БИС-12 (рис. 4). При значительных различиях выполняемых ими технологических задач, они имеют близкие конструктивные решения исполнения корпуса, расположения привода, что сказывается и на близости их аэrodинамики.

Вальцевые станки А1-БЗН, А1-БЗ-2Н, А1-БЗ-3Н имеют модульное исполнение – герметичный неподвижный корпус с вращающимися попарно внутри мелющими валами и два привода, расположенные с обеих сторон по продольной оси машины. Диаграмма распределения скоростей воздушного потока, созданного вальцевым станком, имеет вид эллипса, большая ось которого совпадает с продольной осью оборудования (рис. 5).

Наибольшим своеобразием характеризует-

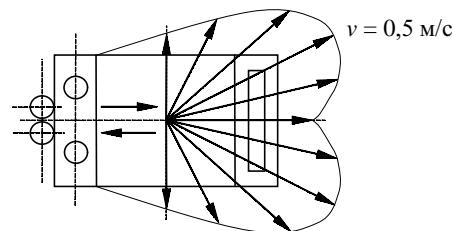


Рисунок 1. Диаграмма скоростей воздушного потока сепаратора А1-БИС-12

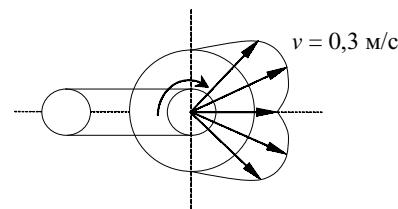


Рисунок 2. Диаграмма скоростей воздушного потока обоечной машины РЗ-БМО-6

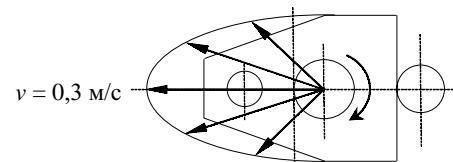


Рисунок 3. Диаграмма скоростей воздушного потока камнеотделительной машины РЗ-БКТ

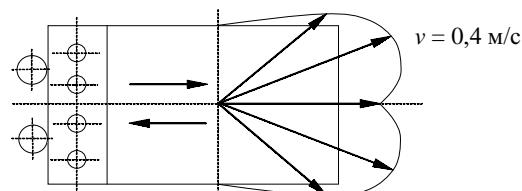


Рисунок 4. Диаграмма скоростей воздушного потока ситовеющей машины А1-БС-2О

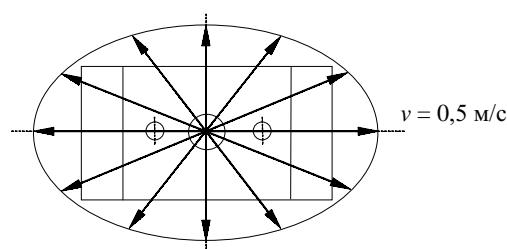


Рисунок 5. Диаграмма скоростей воздушного потока вальцевого станка А1-БЗН

ся воздушный поток, создаваемый рассевами РЗ-БРБ и РЗ-БРВ. Диаграмма распределения скоростей воздуха этих машин имеет вид параллелограмма со скругленными углами, большая диагональ которого смещена относительно продольной оси оборудования в сторону противоположную вращению на 25-30° (рис. 6).

Изменение направления вращения рассева в противоположную сторону приводит к зеркальному изменению вида диаграммы скоростей (рис. 7).

Очевидно, это объясняется тем, что привод рассева, расположенный на специальной раме прикрепленной к потолку, дает вклад в вертикальную составляющую воздушного потока и не является определяющим. Учитывая, что радиус круговых колебаний привода рассева составляет $r = 37,5$ мм, число оборотов $n = 220$ об⁻¹, площадь боковых стенок – 2,84 и 10,04 м², становится очевидным, что основной поток воздуха создается за счет движения его корпуса.

Отделение готовой продукции, оборудованное на большинстве мелькомбинатов весо-выбойными установками фирмы «Мельинвест» или их аналогами, в силу особенностей реализуемых процессов с пульсирующим режимом

движения продукта характеризуется аналогичным характером движения воздуха с равнозначными значениями скоростей по всем направлениям (рис. 8).

Следует отметить, что совместная работа множества однотипных или различных видов оборудования в пределах ограниченного производственного пространства приводит к наложению воздушных полей, создаваемых ими, и формированию аномальных зон с повышенным или турбулентным характером движения его потоков. Так, например, при традиционном рядовом варианте расположения вальцевых станков между ними, или их группами, образуется перекрытие зон воздушных потоков, способствующее локализации пыли (рис. 9)

При описании особенностей распределения пыли в производственных помещениях зерноперерабатывающих предприятий используют, как правило, значение ее общей концентрации, соотношение количества осевшей и витающей фракции, дисперсный состав и некоторые другие характеристики.

Результаты наших исследований, а также других, ранее выполненных работ, свидетельствуют о том, что не все фракции равнозначны как в отношении создания пожаро- и взрыво-

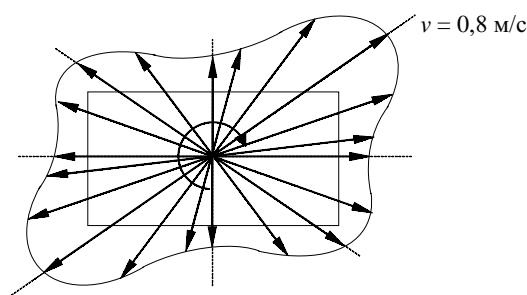


Рисунок 6. Диаграмма скоростей воздушного потока рассева РЗ-БРБ (вращение по часовой стрелке)

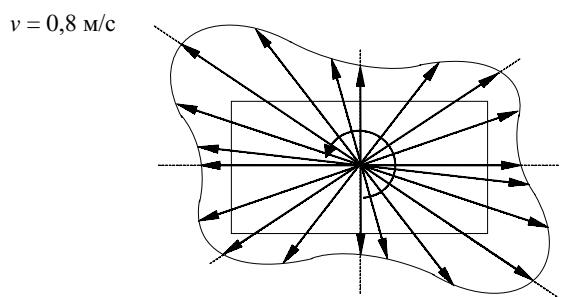


Рисунок 7. Диаграмма скоростей воздушного потока рассева РЗ-БРБ (вращение против часовой стрелки)

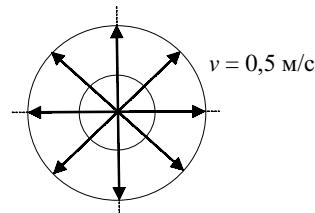


Рисунок 8. Диаграмма скоростей воздушного потока весо-выбойной установки «Мельинвест»

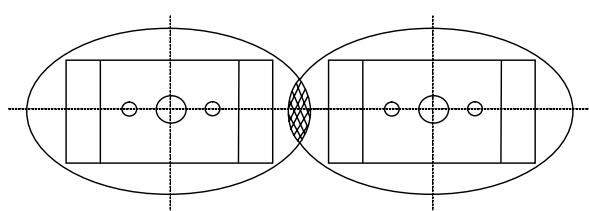


Рисунок 9. Зона перекрытия воздушных потоков группы вальцевых станков А1-БЗН

пасной обстановки, воздействия на обслуживающий персонал, так и в экологическом отношении.

В связи с этим, представляется целесообразным для оценки распределения пыли использовать относительную величину – модуль пыли:

$$M_p = \frac{C_i}{\sum C_i}, \quad (1)$$

где M_p – модуль пыли;

C_i – концентрация i -ой фракции пыли;

$\sum C_i$ – суммарная (общая) концентрация пыли.

Как известно, существенную опасность с различных позиций представляет фракция пыли с размером частиц 5 мкм. Данная фракция имеет невысокую плотность и скорость витания, в связи с чем медленно оседает, легко переходит в витающее состояние и переносится воздушным потоком.

Изучение запыленности производственных помещений мелькомбинатов показало, что распределение пыли различных фракций по крупности, плотности и скорости витания тесно коррелируют с распределением скоростей воздушных потоков.

Как следует из анализа полученных данных (табл. 1), пыль каждого из функциональных помещений мукомольного завода характеризуется преобладанием той или иной фракции. В подготовительном (зерноочистительном) отделении наибольшей степенью присутствия очень мелко- (19,2 %) и мелкодисперсной (25,6 %) фракции пыли характеризуется этаж обоечных машин. Фракция очень крупнодисперсной

пыли (6,4%) преобладает на этаже зерновых сепараторов А1-БИС-12. Это, во многом результат особенностей технологических процессов, протекающих в данных машинах. В частности интенсивной обработки поверхности зерна (сшлифования оболочек), происходящей в результате действия центробежных сил и трения при высокоскоростном воздействии рабочих органов обоечных машин. Пыль, сопровождающая работу РЗ-БМО-6, значительно менее крупная, чем образующаяся при пофракционном разделении зерновой массы от примесей за счет сил гравитации в воздушно-сетевых сепараторах А1-БИС-12. На этаже камнеотделительных машин РЗ-БКТ суммарное содержание фракций пыли до 10 мкм составляет более 63%. Однако, учитывая, что в ее составе преобладают минеральные вещества, она является неблагоприятной, прежде всего, с экологической и физиологической точек зрения.

Наибольшее значение модуля пыли в подготовительном отделении ($M_p=0,448$) характерно для помещения обоечных машин, что свидетельствует о наибольшей степени его опасности со всех позиций.

Функциональные помещения размольного отделения и готовой продукции характеризуются достаточно близкими значениями модуля пыли: этаж вальцевых станков (А1-БЗН) – $M_p = 0,483$, рассевов (РЗ-БРБ и РЗ-БРВ) – $M_p = 0,471$, весовыхбайонных установок – $M_p = 0,481$, что, очевидно, является результатом большей однородности и близости свойств, состава мучной пыли и муки, чем анатомических частей зерна и его загрязнителей.

Таблица 1. Пофракционное распределение пыли функциональных отделений

Место дислокации (этаж), оборудование	Содержание пыли, %						Модуль пыли, M_p	
	Размер фракции, мкм							
	До 1	1-5	5-10	10-50	50-150	150-250		
Подготовительное отделение								
Зерновые сепараторы А1-БИС-12	7,2	13,2	25,8	34,8	12,6	6,4	0,204	
Камнеотделительные машины РЗ-БКТ	12,6	20,7	29,6	20,4	11,6	5,1	0,333	
Обоечные машины РЗ-БМО-6	19,2	25,6	33,2	12,4	5,6	3,8	0,448	
Размольное отделение								
Вальцевые станки А1-БЗН	15,9	32,4	34,1	9,2	5,5	2,9	0,483	
Рассева РЗ-БРБ, РЗ-БРВ	15,4	31,7	35,5	8,8	5,4	3,2	0,471	
Отделение готовой продукции								
Весовыхбайонные установки	16,1	33,0	33,8	9,1	5,6	2,4	0,481	

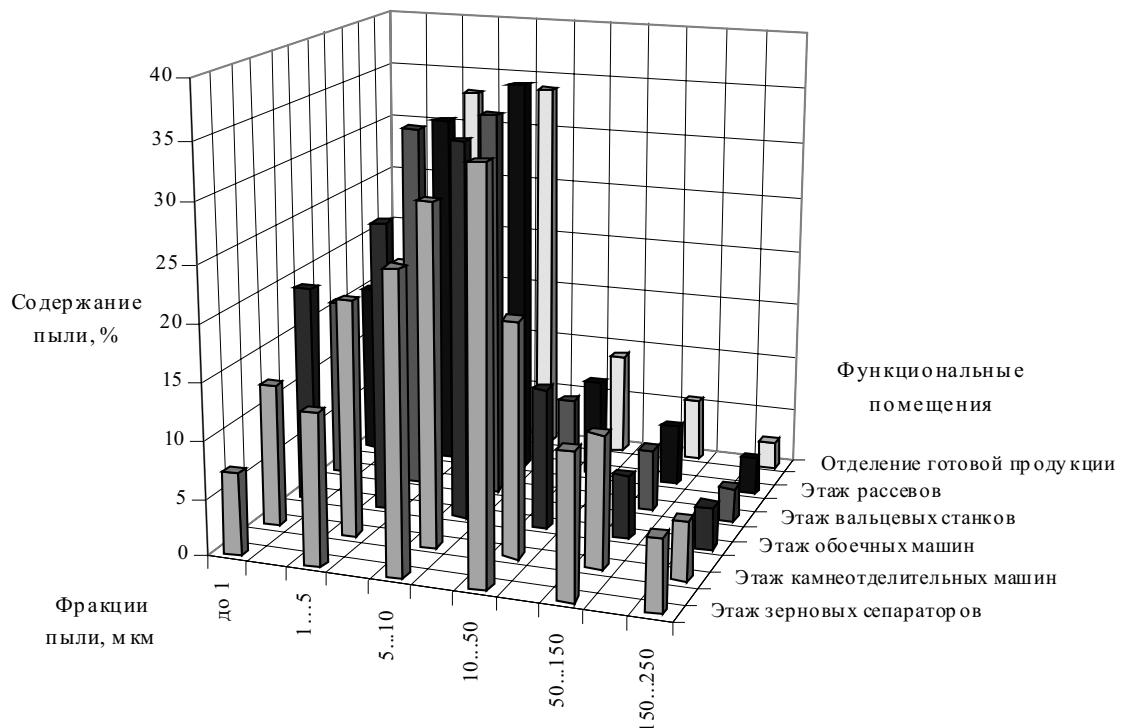


Рисунок 10. Пофракционное распределение пыли функциональных отделений АО «Комбинат хлебопродуктов №1» (г. Оренбург)

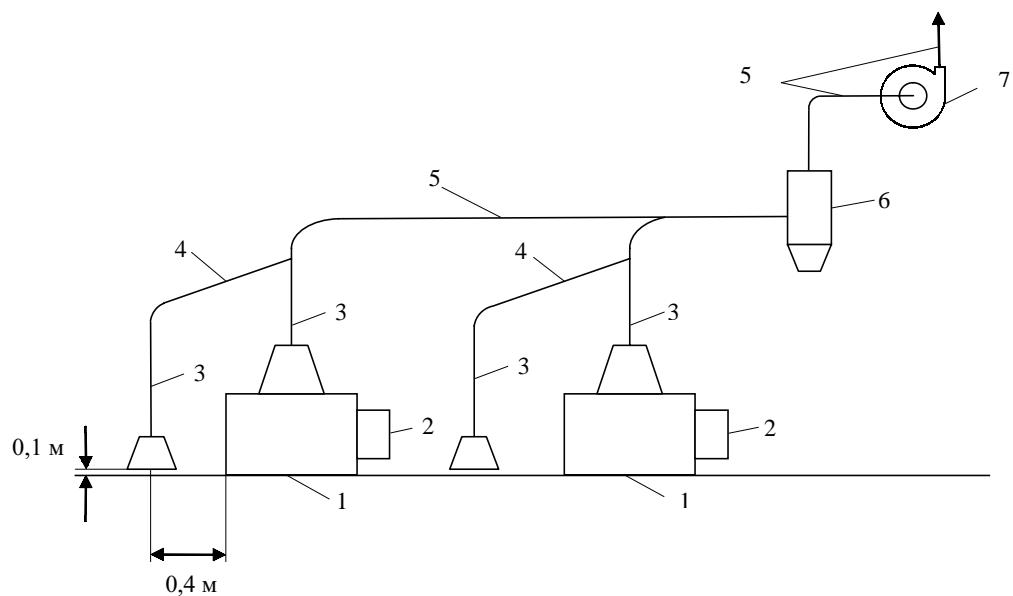


Рисунок 11. Схема обеспыливания технологического оборудования

Наглядное представление о характере распределения пыли различных фракций дает сводная диаграмма (рис. 10).

Результаты исследований распределения пыли в различных зонах производственных помещений мукомольного завода, как по площади, так и по высоте, позволили установить характер ее распределения в зависимости от этих параметров.

Согласно проведенным исследованиям, максимальная концентрация пыли (табл. 2) находится на высоте 0,1 м и на расстоянии 0,3-0,5 м от технологического оборудования, со стороны противоположной от его привода. Пыль, находящаяся в зоне 0,3-0,5 м, имеет средний размер частиц 5 мкм и менее, которая повышает пожаро- и взрывоопасность производства, обладает негативным экологическим действием, способна проникать глубоко в легкие, что приводит к возникновению профессиональных заболеваний, таких как силикоз, пылевой бронхит, бронхиальная астма, пневмосклероз, пневмокониоз, альвеолит.

На основе проведенных исследований был разработано устройство и способ обеспыливания производственных помещений.

Устройство для обеспыливания (рис. 11) включает технологическое оборудование 1, его привод 2, пылесосные насадки 3 для локализации пылевыделения, воздухозаборники 4, магистральный воздуховод 5, пылеуловитель 6, воздуховодную машину 7.

Способ обеспыливания производственных помещений реализуют следующим образом. Включают воздуховодную машину 7. В пылеуловителе 6, магистральном воздуховоде 5, пылесосных насадках 3 и воздухозаборниках 4 создается разряжение, обеспечивающее транспортировку пылевоздушной смеси из тех-

Таблица 2. Концентрация и фракционный состав мучной пыли в зависимости от пространственных характеристик

Расстояние точки отбора воздуха от оборудования, м	Показатели		
	ПДК, мг/м ³	Концентрация пыли в воздухе, мг/м ³	Средний размер частиц пыли, мкм
На высоте 0,05 м			
0,2	6,0	5,3	8,4
0,3	6,0	5,6	7,0
0,4	6,0	5,8	5,2
0,5	6,0	5,5	5,4
0,6	6,0	5,1	5,7
На высоте 0,1 м			
0,2	6,0	5,6	8,1
0,3	6,0	5,9	6,4
0,4	6,0	6,4	4,8
0,5	6,0	5,6	5,0
0,6	6,0	5,4	5,2
На высоте 0,15 м			
0,2	6,0	5,4	8,2
0,3	6,0	5,8	6,6
0,4	6,0	6,2	5,0
0,5	6,0	5,5	5,2
0,6	6,0	5,2	5,5

нологического оборудования 1 и пыли из зон ее максимальной концентрации с поверхности пола.

Использование данного способа для обеспыливания производственных помещений по сравнению с известными прототипами ведет к более полному отбору запыленного воздуха, снижению пожаро- и взрывоопасности производственных помещений, улучшению условий труда, снижению количества случаев возникновения профессиональных заболеваний.

Данный способ позволяет решить проблему обеспыливания производств, в которых при различных технологических процессах выделяется органическая и неорганическая пыль.

Список использованной литературы:

1. Володин Н.А., Кастроных М.Г., Кривошеин А.И. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам. – М.: Колос, 1984. – 288 с.
2. Вентиляционные установки зерноперерабатывающих предприятий. /А.В. Панченко, А.М. Дзядзио, А.С. Кеммер и др./ М.: Колос, 1974. – 400 с.: ил.
3. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. Под редакцией Е.А. Штокмана., В.А. Шилов, Е.Е. Новгородский и др. М.: Изд-во АСВ, 2001
4. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л.: Химия. – 1987. – 264 с.
5. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат. – 1981. – 296 с.
6. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю. Очистка газов мокрыми фильтрами. – М.: Химия. 1972. – 248 с.