



*Турчанинова Тамара Петровна*

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,

руководитель направления

*Гречанников Михаил Владимирович*

старший научный сотрудник

*Ейвин Петр Сергеевич*

старший научный сотрудник

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт

хлебопекарной промышленности»

г. Москва

## **СИСТЕМА ДЛЯ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДУХА**

*Аннотация:* в статье приводятся основные требования, которые учитываются при разработке устройств для очистки технологического воздуха, используемых в системах пневмотранспорта и аспирации на предприятиях хлебопекарной промышленности. Дано краткая характеристика существующих рациональных методов очистки запыленного (отработанного) технологического воздуха в аспирационных установках для улавливания мучной пыли. Дано краткое описание эффективности улавливания мучной пыли различными аппаратами. Описаны способы очистки тканевых фильтровальных элементов. Приведена информация о разработке типоразмерного ряда (4,6 и 8 м<sup>2</sup>) новой системы – комплекса для очистки технологического воздуха марки Ш2-ХАБ-Х.

*Ключевые слова:* технологический воздух, аспирация, фильтр, степень улавливания мучной пыли.

Разделение газовых (воздушных) неоднородных систем относится к числу широко распространенных процессов пищевой технологии в различных отраслях промышленности. При этом необходима очистка отработанного технологического воздуха от взвешанных в нем частиц для уменьшения загрязнения воздуха и улавливания ценного продукта.

В каждом современном технологическом процессе производства муки и других сыпучих материалов присутствуют системы аспирации и пылеулавливания. В этих системах предусматривается создание разрежения (с целью исключения пыления) посредством отсоса воздуха, а также частично мучной пыли из аппаратов, систем механического транспорта, бункеров, силосов и т. п. Мучная пыль улавливается из воздушного потока и возвращается в процесс, а очищенный воздух после фильтра выбрасывается в атмосферу, поэтому степень очистки должна соответствовать предельно допустимым нормам – 60–100 мг/м<sup>3</sup> (при ПДК равной 4 и 6 мг/м<sup>3</sup> соответственно) [1; 3].

Из оборудования систем улавливания мучной пыли на хлебопекарных предприятиях применяются: пылеосадительные камеры, циклоны и рукавные фильтры.

На ряде старых пищевых производств пылеосадительные камеры эксплуатируются до настоящего времени. Основными же аппаратами улавливания на современных пищевых производствах являются циклоны и рукавные фильтры.

Степень улавливания мучной пыли различными аппаратами приведена в таблице 1.

Таблица 1

Эффективность улавливания мучной пыли различными аппаратами

Тип уловителя	Степень улавливания при среднем размере, %			
	>50мк	10 мк	5 мк	1 мк
Пылеосадители	80	60	20	
Циклоны	84	85	67	10
Рукавные фильтры	99,8	99,9	99,9	99

Как видно, наиболее эффективным типом уловителя мучной пыли являются рукавные фильтры [3].

В хлебопекарной промышленности отсутствуют эффективные экологичные и пожаровзрывобезопасные устройства для разделения и очистки технологического воздуха отечественного производства, позволяющие обеспечить максимальную степень очистки, технологичных в изготовлении, простых и надежных в эксплуатации.

Наиболее широкое применение на современных пищевых предприятиях имеют рукавные фильтры, в которых рукава регенерируют методом обратной продувки. «Pulse – Jet» – способ более широко применяется в последние 10–15 лет рядом западных фирм. Ведущими фирмами в производстве воздушных рукавных тканевых фильтров за рубежом являются: «Бюлер» (Швейцария), «Бюлер Минг», GmbH (Германия), «Симон Генри» Ltd, «Симон – Баррон» Ltd (Великобритания); «Микро Пул Корп» (США); «Говони» и «Сирчем» (Италия) и др.

Эти фирмы занимаются разработкой и изготовлением фильтров с регенерацией фильтровального материала либо с помощью продувочного воздуха, либо при помощи механизма встряхивания, либо с комбинированной системой регенерации (сочетание обратной продувки со встряхиванием).

В нашей стране созданы фильтры с обратной продувкой в импульсном режиме. Отсутствие движущихся механизмов, предохранение ткани от чрезмерного износа создают определенные преимущества указанного способа. Однако требуется использование дополнительных агрегатов для выработки сжатого воздуха высоких давлений и сложных систем для его распределения, что удорожает и усложняет эксплуатацию таких систем [1].

Следствием этого на заводах страны в качестве фильтров используют примитивные фильтровальные «мешки», которые практически не поддаются очистке и работают до износа. При этом системы не подвергаются каким-либо расчетам, не учитываются необходимые площади фильтрации и т. д. Кроме этого, затрудняется применение центральных аспирационных систем более экономичных и эффективных.

Учитывая различную степень улавливания мучной пыли разными типами уловителей, авторами был предложен комплекс – система, предусматривающая двухступенчатую очистку отработанного технологического воздуха, которая на I-ой ступени обеспечивает грубое разделение фракций (мука, мучная пыль и воздух), а на II-ой ступени тонкую очистку отработанного технологического воздуха (до 99,9%) и выброс его в окружающую среду.

На 1-ой ступени применен инерционный пылеотделитель (типа циклона) на П-ой ступени – тканевый фильтр оригинальной конструкции.

Известно, что циклоны отличаются простотой конструкции, обеспечивают достаточно высокую степень очистки, более компактны и требуют меньших капитальных затрат. К недостаткам циклонов относятся сравнительно высокое гидравлическое сопротивление ( $400\text{--}700 \text{ Н/м}^2$  или  $40\text{--}70 \text{ мм. воз. ст.}$ ) и невысокая степень улавливания частиц размером менее  $10 \text{ мкм}$ .

Эффективность улавливания мучной пыли в циклонах возрастает с увеличением центробежной силы, объемной массы частиц и их содержания в воздушной смеси. Это значит, что грубодисперсный продукт улавливается лучше, чем мелкодисперсный. Чем больше муки или мучной пыли в аэросмеси, тем выше коэффициент полезного действия циклона. Эффективность улавливания повышается также с увеличением скорости движения аэросмеси во входном патрубке. Однако увеличение скорости не может быть беспредельным.

Установлено, что скорость аэросмеси во входном патрубке должна быть от  $12$  до  $20 \text{ м/с}$  [3]. При меньшей скорости мала центробежная сила, и частицы муки плохо отделяются от воздуха. При скорости более  $20 \text{ м/с}$  увеличиваются сопротивление циклона и унос частиц из циклона вместе с воздухом. По скорости и объему аэросмеси (для типового решения) были определены размеры циклона. По упрощенной методике эти размеры были подобраны исходя также из заданной производительности аспирируемого аппарата и рекомендуемой скорости во входном патрубке.

Сопротивление циклона определяется по формуле [1; 3]:

$$\Delta h = \varepsilon \times \frac{W^2 \times \gamma}{2g}$$

где  $W$  – скорость смеси во входном патрубке циклона,  $\text{м/с}$ ,

$\gamma$  – удельный вес газов или воздуха,  $\text{кгс/м}^2$ ,

$g = 9,81$ ,  $\text{м/с}^2$ ,

$\varepsilon$  – коэффициент (для конического циклона 3,5).

Однако циклоны, как центробежные пылеуловители, служат для предварительного пылеулавливания, чтобы разгрузить тканевые фильтры. Благодаря предварительному улавливанию грубой пыли увеличивается долговечность тканевого фильтра (II-ой ступени тонкой очистки). Срок службы фильтра определяется также гидравлическим сопротивлением фильтра. Системы аспирации или пневмотранспорта, тип вентилятора или источника сжатого воздуха обуславливают максимально допустимое сопротивление фильтра, при котором поддерживается необходимая производительность. В нашем случае сопротивление фильтра не должно превышать ~200 мм. вод. ст.

Фильтр в любой системе аспирации или нагнетательного пневмотранспорта играет весьма важную роль, являясь средством для очистки воздуха от пыли и одним из основных элементов оборудования этих систем. Каждая линия такой системы включает в себя: загрузочное устройство (загрузитель), транспортный материалопровод, разгрузочное устройство (разгрузитель), где перемещаемый продукт заканчивает свое движение и выделяется из аэросмеси, поступая в приемную емкость (бункер), а воздух, освобожденный от продукта и очищенный в фильтре, удаляется в атмосферу.

Транспортирование в какой-либо фазе может оказаться невозможным, если будет прекращено удаление воздуха в атмосферу в конце аспирационной либо пневмотранспортной линии вследствие загрязнения фильтра [3].

Даже частичное затруднение выпуска отработанного воздуха в мучной аэrosмеси в месте разгрузки продукта ведет к усиленному пылению через все мельчайшие неплотности аспирационной либо пневмотранспортной системы и технологического оборудования. Так, частичное, а тем более прогрессирующее дросселирование выпуска отработанного воздуха (что свойственно системам с нарастающим запылением разгрузочных фильтров) ведет к усиленному расходу воздуха в питателях – разгрузителях и к изменению режима работы транспортного трубопровода вплоть до образования завалов продукта в системе.

Таким образом, неисправность фильтра или недостаточность его производительности, неэффективность фильтровального материала и устройства его регенерации вызывают повышенные энергозатраты, повышение потерь сырья (распыл), недопустимую запыленность в помещениях цехов предприятия, усиление пожарной опасности, а также ухудшение или полное прекращение транспортировки аэросмеси в трубопроводах.

Большое разнообразие технологических процессов, требующих высокоэффективную очистку технологического воздуха, вызвало необходимость разработки и производства специальных аспирационных устройств, предназначенных для конкретных условий применения.

Недавними исследованиями, проводимыми авторами на ПЭЦ НИИ хлебопекарной промышленности, установлена правильность принятых оригинальных решений, (патент на изобретение №46200), заложенных в конструкцию фильтра модельного ряда Ш2-ХФС, которые подтверждены на практике [2].

Эксплуатация фильтра Ш2-ХФС в производственных условиях ряда хлебозаводов на протяжении более 5 лет дала положительные результаты. Это позволило продолжить работу по созданию более совершенной системы 2-х ступенчатой очистки технологического воздуха для аспирационных и пневмотранспортных линий. Был получен патент на полезную модель №144130 модернизированного фильтра Ш2-ХФС-ХМ.

Таким образом, по результатам предварительных исследований и анализа существующих конструкций аспирационных систем определена наиболее рациональная конструктивная схема, позволяющая максимально снизить материалоемкость, упростить технологию изготовления и унифицировать типоразмерный ряд таких систем. Для достижения максимальной степени очистки технологического воздуха от мучной пыли и компактности предлагаемого оборудования была выбрана вертикальная схема компоновки аспирационной установки, предполагающая двухступенчатую систему очистки: предварительную – в циклоне-разгрузителе и окончательную – в фильтре карманного типа.

В общем виде конструкция аспирационной системы состоит из следующих основных сборочных единиц (рис. 1) – это несущий вертикальный каркас 1 в верхней части которого крепится опорная плита 2.

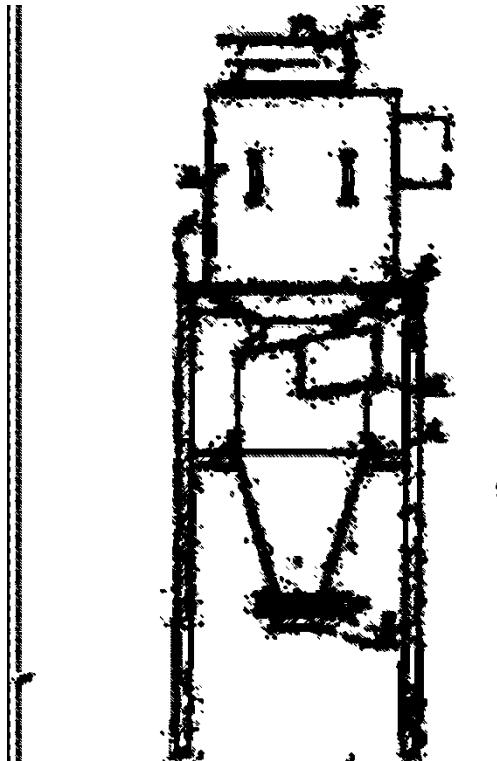


Рис. 1. Аспираторная система для очистки технологического воздуха марка Ш2-ХАБ-Х (1 – каркас; 2- опорная плита; 3 – устройство для очистки технологического воздуха; 4 – вентилятор; 5 – переходная воронка; 6 – циклон-разгрузитель; 7 – затвор; 8 – патрубок)

К верхней части опорной плиты 2 крепится доработанное устройство для очистки технологического воздуха 3 марки Ш2-ХФС-ХМ с установленным на нем вытяжным вентилятором 4.

К нижней части опорной плиты 2 через фланцевое соединение крепится переходная воронка 5, которая, в свою очередь, в нижней своей части также через фланцевое соединение соединена с циклоном – разгрузителем 6.

Сам циклон – разгрузитель 6 располагается во внутренней части несущего каркаса 1 и для более устойчивого состояния, в средней своей части, крепится к нему.

В нижней части циклона – разгрузителя 6 устанавливается дисковый поворотный запорно-регулирующий затвор 7 с патрубком 8.

Разрабатываемая аспирационная систем получила индекс – Ш2-ХАБ-6.

Габаритные размеры установки (в мм) имеют следующие значения:

Длина – 829.

Ширина – 760.

Высота – 3027.

Принцип работы системы заключается в следующем:

В начале работы аспирационной системы включается с некоторым опережением вентилятор и технологический воздух, содержащий частицы муки, из воздуховода поступает в приемное отверстие циклона – разгрузителя 6, расположенное в его верхней части, и направляется в нижнюю его часть, совершая полуборот. При этом крупные частицы мучной пыли остаются и накапливаются в нижней части циклона 6, а воздушный поток, содержащий более мелкие частицы мучной пыли, разворачивается вверх и направляется через выходной патрубок циклона к устройству для очистки технологического воздуха 3 марки Ш2-ХФС-ХМ. Устройство Ш2-ХФС-ХМ представляет собой высокоэффективный тканевый карманный фильтр, внутри которого собираются мелкие частицы пыли. Очищенный технологический воздух через верхнее отверстие устройства Ш2-ХФС-ХМ и вентилятор 4 выходит наружу. Очистка тканевого фильтра после окончания работы аспирационной системы осуществляется путем периодического встряхивания, после чего частицы муки попадают в нижнюю часть циклона – разгрузителя 6 на затвор 7.

При периодическом открывании затвора 7, через патрубок 8, собранные частицы муки поступают в пылесборник или транспортируются на другой участок производства.

По результатам испытаний для отечественной хлебопекарной промышленности будет предложен типоразмерный ряд аспирационных систем для очистки технологического воздуха с различной площадью фильтровального элемента (4, 6 и 8 м<sup>2</sup>). Такой типоряд обеспечит также оснащение конечного участка пневмотранспортных линий, работающих от генераторов сжатого воздуха разной производительности, что является актуальной задачей настоящего времени.

## ***Список литературы***

1. Турчанинова Т.П. Техника и технология бестарного хранения муки / Т.П. Турчанинова. – М.: Пищепромиздат, 2009. – 536 с.
2. Турчанинова Т.П. Новый фильтр для пневмотранспортных и аспирационных систем пищевых производств / Т.П. Турчанинова, М.В. Гречанников, В.П. Руденко, М.В. Тишаев // Хлебопечение России. – №1. – 2009. – С. 22–23.
3. Глебов Л.А. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна / Л.А. Глебов, А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев, А.Е. Яблоков. – М.: ДеЛи прингт, 2010. – 696 с.
4. Гречанников М.В. Модернизированная конструкция устройства для очистки технологического воздуха марки Ш2-ХФС-Х для применения на предприятиях пищевой промышленности / М.В. Гречанников, Т.П. Турчанинова, В.П. Руденко, П.С. Ейвин // Хлебопечение России. – №6. – 2014. – С. 25–27.