

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В Международной промышленной академии (МПА) в октябре состоялся практический семинар на тему «**Обеспечение эффективной, безопасной и энергосберегающей работы аспирационных и пневмотранспортных систем на предприятиях ХПРС. Паспортизация аспирационных и пневмотранспортных установок**». Данные курсы повышения квалификации прошли руководители и специалисты технических и инженерных служб предприятий по хранению и переработке растительного сырья (зерна): технические директора, главные инженеры, главные механики, главные энергетики, инженеры по аспирации, охране труда и промышленной безопасности.

В соответствии с программой обучения были рассмотрены следующие вопросы: требования Ростехнадзора к аспирационным и пневмотранспортным системам по федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности (ФНиП) «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья» (утверждены приказом Ростехнадзора от 03.09.2020 г. №331, в редакции от 01.01.2021); обеспечение взрыво- и пожаробезопасности аспирационных и пневмотранспортных систем и предприятия в целом; возможности по снижению энергозатрат в аспирационных и пневмотранспортных системах; способы повышения эффективности работы аспирационных установок и сокращения пылевых выбросов в атмосферу на предприятиях по переработке зерна; измерение запыленности воздуха в рабочей зоне машины и в воздуховодах, аэродинамические измерения (методы и приборы), обработка результатов; новая форма паспортов аспирационных и пневмотранспортных установок, порядок их согласования в надзорных органах; разработка и заполнение паспортов аспирационной (АУ) и газоочистой (ГОУ) установок; экспертиза промышленной безопасности аспирационного и пневмотранспортного оборудования с истекшим сроком службы для подтверждения его соответствия требованиям ФНиП; порядок продления срока безопасной эксплуатации оборудования на опасных производственных объектах (ОПО); опасности несоответствия сертифицированного оборудования требованиям ФНиП; подтверждение соответствия нового оборудования, применяемого на ОПО, требованиям технических регламентов Таможенного союза (в форме обязательной сертификации или декларирования).

На семинаре в качестве докладчиков выступали не только сотрудники кафедры Инженерного обеспечения МПА (заведующий, преподаватели и доценты), но и приглашенные практики, а именно главный конструктор ЗАО «Совокрим» Сергей Александрович Мельников, который рассказал об основах проектирования и расчета аспирационных систем, об оптимальных решениях по их компоновке и расчету, о монтаже, испытании и наладке, об основных требованиях к монтажу и наладке (текст см. ниже).

В соответствии с требованиями по безопасности на зерноперерабатывающих предприятиях все оборудование должно быть оснащено системами аспирации для предотвращения выделения пыли в рабочую зону. Они должны обеспечивать: эффективность (выполнять свою функцию с минимальными затратами); взрывобезопасность (эффективно предотвращать выделение пыли как источника опасности); экономичность (оборудование должно быть оптимально рассчитано и подобрано); надежность.

ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1. Выявление оборудования, подлежащего аспирации, и распределение его по аспирационным сетям

При создании нового предприятия проектировщик в первую очередь разрабатывает технологию, рассчитывает и подбирает соответствующее оборудование, размещает его на плане производственного помещения. На основании этого инженер по аспирации делает свой проект. Он выявляет, какое оборудование необходимо аспирировать, какие характеристики должны быть обеспечены на этом оборудовании по расходу воздуха и давлению.

Требования к компоновке аспирационных сетей:

- одновременность работы оборудования сети, так как нецелесообразно аспирировать неработающее оборудование;
- пыль из аспирируемого оборудования одинакова по качеству, поэтому возможен возврат относив в производство;
- компактность расположения аспирируемого оборудования для обеспечения проходов (согласно правилам проектирования), в том числе эвакуационных, необходимого расстояния для обслуживания оборудования и т.д.;

• запрещено объединять взрывоопасное оборудование, к которому относится все оборудование ударно-истирающего действия (дробилки, вальцевые станки, обочные машины, нории), и оборудование бункерного типа, так как взрывоопасное оборудование потенциально может дать искру, которая станет источником первичного взрыва, а если первичная ударная волна дойдет до бункерного оборудования, то может произойти второй достаточно серьезный хлопок.

2. Расчет кратности воздухообмена

Любая аспирация забирает из производственного помещения воздух. Чтобы определить, необходимо ли компенсировать количество забираемого воздуха, следует произвести расчет кратности воздухообмена i :

$$i = \frac{Q_{\text{общ}}}{V_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{общ}}$ — суммарный расход воздуха, который отсасывается при аспирации оборудования и удаляется после очистки из помещения наружу, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$V_{\text{п}}$ — внутренний объем рабочего помещения, в котором установлено аспирируемое оборудование, м^3 .

При кратности воздухообмена менее допустимой для мукомольных, крупяных и комбикормовых заводов ($i_{\text{н}} = 1$ обмен в час, для элеваторов $i_{\text{н}} = 1,5$ обмена в час) допускается не делать возврат воздуха в помещение. При большем значении кратности воздухообмена на этаже следует устанавливать приточную вентиляцию с подогревом в зимнее время.

Для начала рассчитывают расход воздуха, проходящего через одно приточное устройство Q_1 :

$$Q_1 = 3600 \frac{\pi D^2}{4} v, \quad (2)$$

где D — диаметр приточного устройства, выбираемый из стандартных значений в пределах 400–800 мм;

v — скорость воздуха, задаваемая не более 5 м/с.

Затем по формуле определяют число приточных устройств n :

$$n = \frac{Q_{\text{общ}} - i_{\text{н}} V_{\text{п}}}{Q_1}. \quad (3)$$

Полученное число округляют до целого в большую сторону.

3. Компоновка аспирационных сетей

Компоновку следует выполнять с соблюдением следующих условий:

- аспирационные установки для повышения надежности работ и удобства эксплуатации рекомендуется проектировать с минимально возможным количеством точек отсоса;
- в состав установки следует включать преимущественно оборудование, работающее одновременно;
- при проектировании аспирационных установок необ-

ходимо стремиться к минимальной протяженности воздуховодов, так как при протяженных трассах возникают большие сопротивления, что в дальнейшем не позволит нормально сбалансировать, настроить сеть;

- воздуховоды рекомендуется прокладывать преимущественно вертикально или с углом наклона к горизонту не менее 60° , чтобы избежать залегания пыли;

- горизонтальные участки одной сети желательно располагать на одном уровне по высоте;

- в одну установку по возможности включают однородные машины;

- следует стремиться к симметричному расположению воздуховодов относительно главной магистрали;

- не допускается прокладка воздуховодов аспирационных систем через силосы, бункеры, кабельные и другие шахты, лестничные клетки, тамбур-шлюзы, электропомещения, а также бытовые, подсобные и другие административно-хозяйственные помещения (примечание: допускается прокладка воздуховодов через силосы, бункеры, кабельные и другие шахты, если они выполнены из сварных или цельнотянутых труб, выдерживающих давление взрыва 12 кгс/см).

4. Подбор пылеуловителя

Существуют два вида пылеуловителей, применяемых на зерноперерабатывающих предприятиях, — циклоны и рукавные фильтры. Циклоны более дешевые, но имеют низкий коэффициент полезного действия (90–95%), то есть в атмосферу будет выделяться часть отобранной пыли. Они применяются либо при многоступенчатой очистке в нескольких циклонах, либо на предприятиях, расположенных удаленно от населенных пунктов. Циклон подбирают по скорости воздушного потока на входе в него. Для этого предварительно по найденному расходу воздуха в пылеуловителе подбирают ближайший и меньший по размерам циклон (по таблицам технических характеристик циклонов). Затем определяют площадь входного отверстия выбранного циклона (по его размерам, также указанным в характеристиках). Далее рассчитывают скорость входа воздуха в циклон $V_{\text{вх}}$:

$$V_{\text{вх}} = Q_{\text{ц}} / S_{\text{вх}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{ц}}$ — расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

$S_{\text{вх}}$ — площадь входного отверстия в циклоне, м^2 .

Найденную расчетную скорость сравнивают с оптимальной скоростью для выбранного циклона. Если она равна рекомендуемой или близка к ней, то циклон выбран правильно.

В настоящее время на зерноперерабатывающих предприятиях все чаще устанавливают рукавные фильтры, которые хорошо себя зарекомендовали благодаря большей степени очистки. Подбирают рукавные фильтры по площади фильтрующей поверхности $S_{\text{ф}}$:

$$S_{\phi} = Q_{\phi} / Q_{уд}, \quad (5)$$

где Q_{ϕ} — расход воздуха на фильтре, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{уд}$ — удельная нагрузка на фильтровальную ткань, $\text{м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$.

5. Предварительный подбор вентилятора

Предварительный подбор вентилятора и места его установки проводят для того, чтобы спроектировать трассу воздуховодов на чертежах общего вида. Предварительно вентилятор подбирают по расходу воздуха и ориентировочному давлению вентилятора. Расход воздуха в сети, перемещаемого вентилятором $Q_{в}$, определяют по формуле:

$$Q_{в} = Q_{п.сети} + Q_{подс}, \quad (6)$$

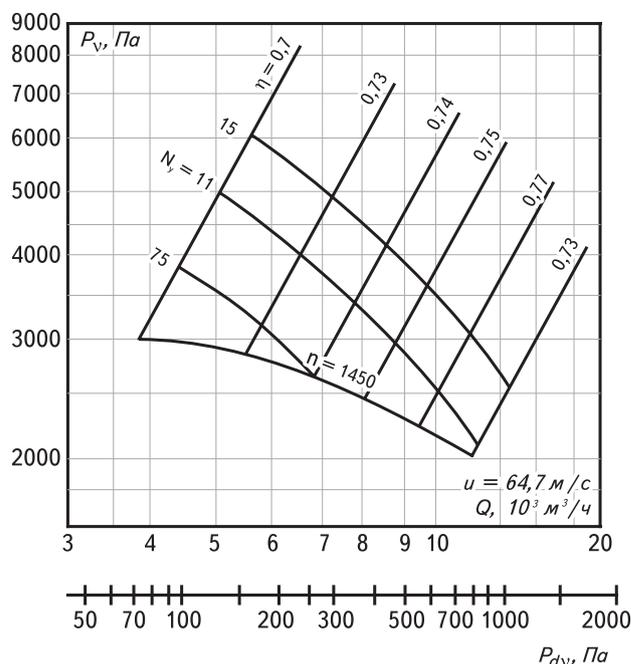
где $Q_{п.сети}$ — полезный расход воздуха в сети, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{подс}$ — подсос воздуха в сети, принимаемый равным 10%.

По найденному расходу воздуха и ориентировочному давлению вентилятора по аэродинамическим характеристикам (см. рисунок) предварительно подбирается вентилятор с максимальным КПД. На рабочей кривой вентилятора находят точку на пересечении значений расхода воздуха $Q_{в}$ и давления, которое необходимо создать в этой сети.

6. Расстановка пылеуловителей и вентиляторов

Пылеуловители и вентиляторы размещают в производственном здании, как правило, на верхних этажах: вентиляторы достаточно шумное оборудование, а установка фильтров на верхних этажах дает бóльшую гибкость при возврате отходов в производственный процесс (бункер, транспортер и т.д.). Также при их расстановке необходимо обеспечить проходы для людей с учетом того, что оборудование достаточно габаритное и для его обслуживания



Аэродинамическая характеристика
вентилятора В.Ц5-35-8, 5В1-01

желательно предусмотреть специальную площадку, так как его основные рабочие механизмы расположены наверху, например блок продувки. Следует организовать выброс воздуха, менее трудозатратный способ — выброс его через окно или стену, но в данном случае на улицу будет идти большой шумовой поток, даже при установке глушителя. Поэтому рекомендуется делать вывод для выброса воздуха через крышу и устанавливать на него «зонтик», благодаря которому основной шумовой поток будет направляться вверх. Но такая организация выброса воздуха требует более тщательной герметизации швов, чтобы избежать попадания атмосферных осадков внутрь производственного здания.

В. Ф. Веденьев, С. А. Мельников, А. В. Титов

АСПИРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ

ПРЕДПРИЯТИЙ
ПО ХРАНЕНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

ДЕЛИ
ПЛЮС

Пособие **Аспирационные установки предприятий по хранению и переработке растительного сырья** (М.: ДеЛи плюс, 2018. — 214 с.; авторы: Веденьев В.Ф., Мельников С.А., Титов А.В.) предназначено для повышения квалификации инженерно-технических работников предприятий, монтажно-наладочных управлений, проектных организаций, относящихся к отрасли хранения и переработки растительного сырья агропромышленного комплекса.

На современном этапе каждое из четырех направлений использования аспирационных установок — санитарно-гигиеническое, экологическое, технологическое и обеспечение пожаровзрывобезопасности — становится все более значи-

мым. Это связано прежде всего с ужесточением контроля состояния воздуха на рабочих местах и атмосферного воздуха вокруг предприятий со стороны надзирающих органов (по экологии, пожарнадзору, технадзору и санэпиднадзору); с со-

7. Проектирование трассы воздуховодов

После того как определили, какое оборудование будет включено в аспирационную сеть, где примерно будут проходить воздуховоды, рассчитывают их диаметры:

$$D = 19 \sqrt{\frac{Q}{v}}, \quad (7)$$

где Q — расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

v — скорость воздуха, $\text{м}/\text{с}$.

Далее прорисовывают расчетную схему аспирационной сети: как именно воздуховоды от разного оборудования соединяются в единую сеть, где установлены фильтры и вентиляторы, как организован выброс воздуха.

Всю аспирационную сеть разбивают на участки с одинаковым расходом воздуха и выбирают главную магистральную сеть. Это сумма последовательных участков по направлению движения воздуха, вызывающих максимальные потери давления. Как правило, это та часть воздуховодов, которая идет от оборудования, имеющего наибольший расход воздуха или наиболее удаленного. По главной магистрали все трубы идут прямо. Все остальные участки сети называют боковыми участками или ответвлениями (ветвями), так как они являются параллельными и не влияют на потери давления в сети. Начало и конец каждого участка обозначают буквами русского алфавита, по главной магистрали — прописными, по боковым участкам — строчными.

8. Расчет аспирационной установки

Цель расчета — определение всех параметров аспирационной установки для окончательного подбора вентилятора, обеспечивающего надежную и экономичную ее работу. Для этого составляют расчетную таблицу (см. таблицу), заполняют ее, проводя необходимые расчеты диаметров и потерь давления на каждом участке главной магистрали

и боковых участков. Потери давления на участке делятся на два вида: потери давления по длине (верхняя часть таблицы) и потери давления на местные сопротивления (нижняя часть таблицы). Элементы местных сопротивлений — диффузоры, конфузоры, сужения, расширения, отводы, тройники, каждый из которых имеет свой коэффициент сопротивления.

Форма расчетной таблицы

Параметры аспирационной сети	1	Обозначение участка	
	2	Расход воздуха, Q , $\text{м}^3/\text{ч}$	
	3	Скорость воздуха, v , $\text{м}/\text{с}$	
	4	Диаметр воздуховода, D , мм	
	5	Потери на 1 м воздуховода, R , $\text{Па}/\text{м}$	
	6	Расчетная длина участка, l , м	
	7	Потери на длине l , Rl , Па	
	8	Сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\Sigma\zeta$	
	9	Динамическое давление, H_d , Па	
	10	Потери на местные сопротивления, $H_{\text{м.с}} = \Sigma\zeta H_d$, Па	
	11	Потери на участке, $H_{\text{пт}} = Rl + \Sigma\zeta_{\text{нд}}$, Па	
	12	Потери на главной магистрали, $\Sigma H_{\text{пт}}$, Па	
Перечень коэффициентов местных сопротивлений	13	l_k/D или n	
	14	Конфузоры и диффузоры	α , град
	15		ζ
	16	Отводы и колена	α , град
	17		$n = R_o/D$
	18		ζ
	19	Тройники	α , град
	20		S_n/S
	21		S_6/S
	22		Q_6/Q
	23		ζ_n и ζ_6

вершенствованием техники и технологии, применяемых в зерноперерабатывающей отрасли, в том числе комбикормовой, а также с усилением требований по обеспечению пожаровзрывобезопасности.

Недостаток внимания к аспирационным установкам на предприятиях является следствием сокращения или отсутствия в программах учебных заведений специального техни-

ческого образования дисциплин для подготовки кадров, в том числе по системам аспирации.

Авторы настоящего пособия поставили цель ликвидировать пробелы в знаниях технического персонала предприятий по хранению и переработке растительного сырья в области систем аспирации. Это в свою очередь позволит повысить технический уровень предприятий,

производительность труда, улучшить условия работы персонала и сохранить его здоровье.

Все материалы в учебном пособии разработаны с учетом их практического применения при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации аспирационных систем, требований федеральных норм и правил промышленной безопасности к аспирационным установкам.

По вопросу приобретения книги обращайтесь в Международную промышленную академию (г. Москва) к ведущему методисту кафедры Инженерного обеспечения Моисеевой Юлии Сергеевне по тел./факсу: +7 (499) 235-95-79, +7 (903) 779-05-44 или e-mail: moiseeva.mpa@mail.ru.

Суммируя потери давления на участках главной магистрали, находят общее сопротивление сети для подбора вентилятора. На всех боковых участках после оборудования необходимо установить дроссельные заслонки (подбираются по сопротивлению на участке) для регулирования расхода воздуха при наладке аспирационной сети.

После расчета всех данных таблицы необходимо уточнить ранее предварительно выбранные фильтры и вентилятор. Окончательный выбор фильтра производится по формуле (5) с учетом уже рассчитанного расхода воздуха.

9. Проектирование монтажной схемы

Монтажная схема — это основной из документов, который понадобится при заказе материалов, в данном случае воздуховодов. На монтажных схемах изображают в масштабе все части воздуховодов: прямые, конфузторы, отводы, тройники, диффузоры и т.п. Диаметры воздуховодов вычерчивают по результатам расчета сети. Вентиляторы и пылеуловители на монтажных схемах можно изображать схематично. Также обозначают места отверстий с заглушками для аэрометрических измерений. Эти отверстия в воздуховодах предусматривают после каждой аспирируемой точки, перед пылеуловителем и после него, перед вентилятором и после него. Места отверстий для измерений выбирают на прямых участках воздуховодов с выравненными воздушными потоками.

Каждый элемент сети имеет позицию, указываемую в спецификации к схеме. Желательно на схеме расписать требования к монтажу данной аспирационной сети. Например, крепления всех воздуховодов должны производиться с помощью фланцевых соединений (допускается крепление воздуховодов диаметром менее 315 мм с помощью манжетного соединения после согласования с заказчиком); прямые участки воздуховодов изготавливаются с запасом по длине с возможностью «подгонки» длины по месту; все изделия спецификации изготавливаются из листовой оцинкованной стали толщиной не менее 0,55 мм для воздуховодов диаметром менее 450 мм; 0,7 мм для воздуховодов диаметром равным или более 450 мм и т.д.

Литература

1. *Веселов, С. А.* Вентиляционные и аспирационные установки предприятий хлебопродуктов / С. А. Веселов, В. Ф. Веденьев. — 2004.
2. *Веденьев, В. Ф.* Аспирационные установки предприятий по хранению и переработке растительного сырья / В. Ф. Веденьев, С. А. Мельников, А. В. Титов. — 2018.
3. *Володин, Н. П.* Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам / Н. П. Володин, М. Г. Касторных, А. И. Кривошеин. — 1984.
4. Расчет аспирационной установки : методич. указания к выполнению расчетно-графической работы. — 2020. ■

- выезд опытных инженеров и on-line поддержка
- поставка оборудования и запчастей
- продажа запчастей со склада в Москве
- ревизия оборудования производства фирмы Бюлер и других фирм
- восстановление измельчающих валцов (шлифование, рифление и матирование)
- ремонт матриц пресс-грануляторов
- ремонт прессующих роликов



ООО „Бюлер Сервис“
Ваш надёжный партнер

Тел./Факс: +7 (495) 139-34-00
service.russia@buhlergroup.com
www.buhlerservice.ru
www.buhlergroup.com

Innovations for a **better world.**