

# АСПИРАЦИЯ СИЛОСОВ, ЗАГРУЖАЕМЫХ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКОЙ

**В. ЗЕМЕЛЬКИН, А. ЗЕМЕЛЬКИН, ООО «НПП «ДУБРАВА»**  
**Д. БАЛОДЕ, АО «Брянскпиво»**

Подача зерна в силосы пневмотранспортной установкой (ПТУ) является одним из наиболее распространенных, современных и энергоэффективных способов загрузки, при этом применяемое оборудование не требует частого обслуживания. Однако необходимо учитывать некоторые особенности этого способа.

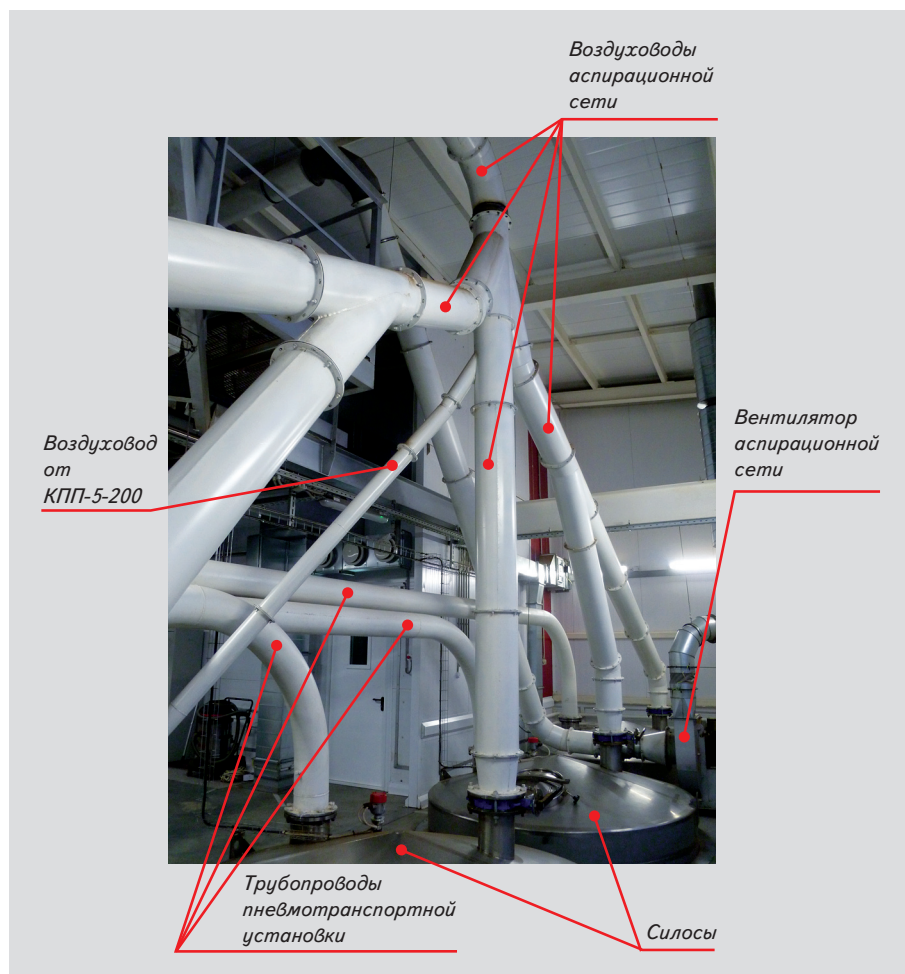
В соответствии с требованиями документов Ростехнадзора все процессы и оборудование, при работе которого возможно выделение пыли, должны аспирироваться, в том числе силосы, загружаемые сыпучим продуктом (зерном, солодом и т.п.). При определении количества воздуха, отсасываемого от силоса, как правило, исполь-

зуют нормативы, изложенные в документе «Указания по проектированию аспирационных установок предприятий по хранению и переработке зерна и предприятий хлебопекарной промышленности» (ЦНИИПромзернопроект, 1998). Эти нормативы установлены для силосов, загружаемых механическим транспортом (нории, транспортеры, механические лопаты). При этом в объеме отсасываемого воздуха учитывается только объем вытесняемого продуктом воздуха из силоса с запасом на возможные подсосы.

При загрузке силосов пневмотранспортной установкой необходимо учитывать также объем привносимого ею воздуха в силос. Кроме того, для правильного расчета количества отсасываемого воздуха требуется учитывать вид побудителя движения воздуха в ПТУ и равномерность подачи (загрузки) продукта.

В 2019 г. НПП «ДУБРАВА» разработало для АО «Брянскпиво» пневмотранспортную установку нагнетательного типа для подачи высушенного солода из двух сушилок в пять силосов мельничного участка. На наш взгляд, разработанный нами проект ПТУ не тривиальный и имеет несколько особенностей, при реализации которых нам пришлось решать определенные задачи.

Пневмотранспортная установка состоит из двух ветвей, при этом каждая ветвь имеет собственный побудитель движения воздуха. На одной ветви ПТУ с трубопроводом номинальным диаметром 200 мм мы установили воздуховодку ВПЗ 3,6-1800 (уже имевшуюся



**Рис. 1. Пневмотранспортная установка  
для загрузки пяти силосов и аспирация силосов**

на предприятии и предложенную нам для использования). На другой ветви ПТУ с трубопроводом таким же диаметром была установлена спроектированная нами роторная воздуходувка ВРМТ 95/5. Обе ветви ПТУ проходят по улице и перед входом в мельничное помещение объединены в общий трубопровод диаметром 200 мм. Работа каждой ветви ПТУ осуществляется поочередно.

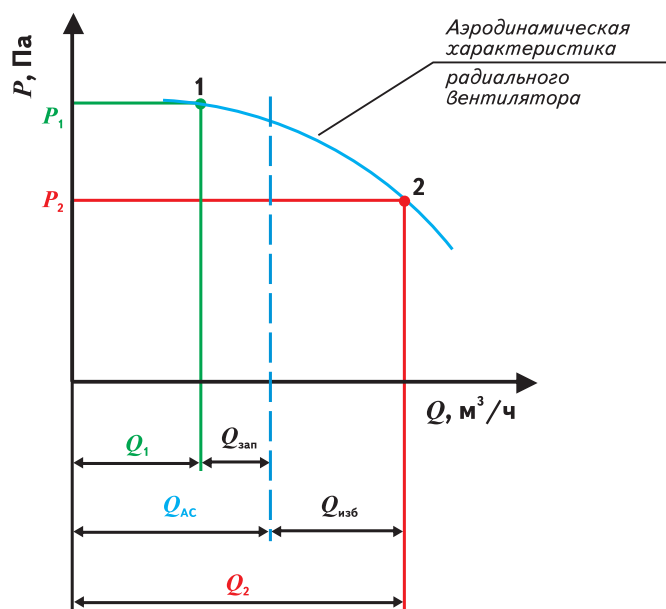
Общий трубопровод присоединен к переключателю воздушных потоков КПП-5-200, разработанному и изготовленному ООО «НПП «ДУБРАВА», который направляет воздушный поток с продуктом в требуемый силос. Следует отметить, что здесь силос выполняет функцию разгрузителя. Таким образом, это проектное решение позволяет отказаться от «классического» способа отделения продукта от воздуха в циклонах-разгрузителях со шлюзовыми затворами и сэкономить на оборудовании, его монтаже и дальнейшем обслуживании.

Трубопровод, по которому подается продукт из ПТУ в силос, выполнен вертикально для снижения вероятности травмирования продукта о металлические стенки силоса (рис. 1).

Использование силосов в качестве разгрузителей потребовало разработки проекта надежной аспирации силосов, так как иначе входящий в них воздушный поток из ПТУ создавал бы избыточное давление. Нами была разработана аспирационная установка, оборудованная вентилятором и фильтром, которая объединяет пять силосов. Во время работы ПТУ отсос воздуха осуществляется только от того из них, в который подается продукт, остальные силосы отсечены от аспирационной установки дроссельными заслонками. Ее компоновка выполнена с минимальным использованием горизонтальных участков воздухопроводов, так как вертикальные и наклонные воздухопроводы значительно улучшают надежность работы аспирационной установки.

Расчет воздуха, требуемого для аспирации силосов, был выполнен в соответствии с нормативами из Указаний ЦНИИ ПЗП, с учетом количества вытесняемого продуктом воздуха и объема воздуха, вносимого в силос пневмотранспортной установкой при проектной ее загрузке. Но, несмотря на это, во время работы ПТУ из силосов периодически выделялась в помещение пыль. Анализ ситуации показал, что пыление силосов происходило только при подаче продукта на ветви пневмотранспортной установки, оборудованной воздуходувкой ВПЗ 3,6-1800. Причем именно в тот момент, когда загрузка продукта в установку уменьшалась или временно прекращалась.

Чтобы понять происходящее, необходимо рассмотреть работу воздуходувки ВПЗ 3,6-1800, которая является радиальным вентилятором высокого давления. Аэродинамическая характеристика радиальных вентиляторов в координатах, где ось  $X$  — давление ( $P$ ), развиваемое вентилятором, Па, а ось  $Y$  — производительность вентилятора или расход воздуха ( $Q$ ), м<sup>3</sup>/ч, имеет вид «падающей»



**Рис. 2. График зависимости производительности радиального вентилятора от нагрузки (давления):**

- $Q_1$  — объем воздуха, поступающего в силос от ПТУ вместе с продуктом при проектной загрузке трубопровода;
- $Q_{\text{АС}}$  — объем воздуха, откачиваемый из силоса аспирационной установкой;
- $Q_2$  — объем воздуха, поступающий в силос от ПТУ в случае прекращения загрузки продукта в трубопровод;
- $Q_{\text{зап}}$  — величина запаса объема воздуха, принятого для аспирационной установки;
- $Q_{\text{изб}}$  — величина избыточного объема воздуха

кривой (рис. 2). При уменьшении нагрузки (развиваемого давления) на вентилятор увеличивается его производительность (объем перекачиваемого воздуха).

Расчет пневмотранспортной установки позволяет определить сопротивление участка трубопровода от точки загрузки продукта в ПТУ до выгрузки продукта в силос, а также производительность вентилятора, то есть объем воздушного потока, требуемый для того, чтобы продукт переместить от точки загрузки до силоса.

При проектной подаче продукта в трубопровод пневмотранспортной установки сопротивление, создаваемое продуктом движению воздуха в ПТУ на участке от точки загрузки продукта до силоса, ограничивает производительность, развиваемую радиальным вентилятором. В том случае, если подача продукта в трубопровод уменьшается или прекращается, сопротивление на участке от точки загрузки до силоса также уменьшается, так как вентилятор перемещает в основном только воздух.

Аэродинамическая характеристика радиального вентилятора такова, что при уменьшении сопротивления присоединенной к вентилятору нагрузки, а в нашем случае — участка ПТУ, увеличивается производительность вентилятора, и в силос поступает больший объем воздуха. ➡



**Рис. 3. Переключатель потоков КПП-5-200 с пультом управления (на столбе)**

Положение точки 1 на аэродинамической характеристике соответствует проектному значению характеристики вентилятора ( $Q_1$  и  $P_1$ ). При уменьшении присоединенной к вентилятору нагрузки ( $P_2$ ), когда прекращается подача продукта в трубопровод, производительность вентилятора (создаваемый объем воздуха) увеличивается — точка 2 ( $Q_2$ ). Из ПТУ в силос поступает воздух объемом, большим на величину  $Q_{изб}$ , чем может откачать аспирационная установка ( $Q_{АС}$ ). В результате этого запыленный воздух из силоса через неплотности поступает в рабочее помещение.

Таким образом, расчет количества отсасываемого воздуха для аспирации силосов, которые загружаются при помощи ПТУ, оборудованной воздуходувкой радиального типа, требует учитывать особенность аэродинамической характеристики таких воздуходувок и возможность неустойчивой загрузки продукта в трубопровод ПТУ.

В нашем случае количество воздуха, поступающего в силос от ПТУ при прекращении подачи продукта в трубопровод, увеличивалось в 1,3–1,5 раза от расчетного количества воздуха для аспирации силоса.

При подаче продукта другой ветвью ПТУ, оборудованной роторной воздуходувкой ВРМТ 95/5, увеличения объема воздуха при уменьшении или прекращении подачи продукта в трубопровод ПТУ не происходит. Это объясняется тем,

что роторная воздуходувка является машиной объемного действия. Воздушный поток и давление создаются посредством быстрого вращения двух винтов-роторов навстречу друг другу, при этом объем воздуха, находящийся в межвитковом пространстве и захваченный из зоны всасывания, перемещается в зону нагнетания.

Винты-роторы вращаются бесконтактно. Между ними имеется зазор, через который при значительном повышении давления в зоне нагнетания (противодавлении) возможен переток воздуха в зону всасывания. При этом производительность (создаваемый расход воздуха) роторной воздуходувки может уменьшаться, но на эффективность работы аспирационной установки, обслуживающей силосы, такое снижение поступающего с ПТУ воздушного потока, влияния не оказывает.

Другая отличительная особенность реализованного проекта ПТУ — это использование для управления воздушными потоками в пневмотранспортной установке кругового переключателя потоков КПП-5-200, названного на предприятии «Ромашка» (рис. 3). Пятипозиционный переключатель с трубопроводом диаметром 200 мм оборудован электроприводом и пультом управления.

Для герметизации внутри КПП-5-200 участков присоединения трубопроводов (подающего и принимающего) использован оригинальный способ, отличный от широко распространенного пневматического способа. В конструкции КПП-5-200 сжатый воздух, необходимый для работы исполнительных механизмов при пневматическом способе, не используется. Это значительно упрощает монтаж и эксплуатацию данного переключателя потоков. Кроме того, отсутствие потребности в сжатом воздухе для работы переключателя типа КПП позволяет применять эту конструкцию в неотапливаемых помещениях и на улице.

Описанные проектные и конструкторские решения ООО «НПП «ДУБРАВА» внедрены и эффективно работают на действующем передовом предприятии АО «Брянскпиво» в производственном помещении новой мельницы для солода.

Надеемся, что наш опыт будет полезен в работе любого предприятия по хранению и переработке зерна, в том числе комбикормового, и поможет избежать технических ошибок. ■