

# ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

## 6.1. ВВЕДЕНИЕ

Давление – это один из самых важных факторов в системе вентиляции. Различают *абсолютное* и *относительное* давление в зависимости от плотности молекул в пространстве. С повышением плотности повышается давление, и наоборот. Плотность молекул при работе в системе вентиляции можно сравнить с плотностью молекул в любой другой системе. Это называют разницей давления. Так как мы живем в условиях относительно устойчивого давления - 1000 гектоПа, другое давление может рассматриваться относительно этого стандартного давления. При нагнетании воздуха вентилятором в воздуховод создается разница давления между атмосферным давлением и воздуховодом. В данном информационном справочнике мы будем оперировать термином *давление*, имея в виду *стандартное давление*. Так как разница может быть *положительной* или *отрицательной*, то и давление может быть *положительным* и *отрицательным*. Оба этих вида давления измеряются по отношению к стандартному давлению. В вентиляционных системах может быть как *положительное*, так и *отрицательное* давление. Это зависит от того, нагнетается ли воздух в воздуховод или вытягивается из него.

При нагнетании свежего воздуха вентилятор создает отрицательное давление в воздуховоде, между местом подачи воздуха и вентилятором. Это отрицательное давление создает поток воздуха снаружи (когда давление выше) во внутрь. В зависимости от сопротивления воздуха при входе в воздуховод и мощности вентилятора это давление может достичь высоких показателей, опасных для воздуховодов. В данном справочнике мы поясним, что происходит, если отрицательное давление наблюдается в воздуховоде и какие меры предосторожности можно принимать, чтобы предотвратить повреждение воздуховода.

## 6.2. РАЗНИЦА МЕЖДУ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ И ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Очень важно помнить, что отрицательное и положительное давление по-разному влияет на воздуховоды. При положительном давлении в воздуховоде генерируется сила выталкивающего характера, которая появляется благодаря столкновению молекул со стенками воздуховода.

## 6.3. ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ В ГИБКИХ ВОЗДУХОВОДАХ

Если нагнетать воздух в шарик, то он надуется. Повышение давления внутри шарика создаст силу, которая будет раздувать стенки шарика во всех направлениях. Благодаря увеличению напряжения, вызывающего обратную силу, создастся баланс - и надувание прекратится. Отрицательное давление внутри замкнутого пространства (воздуховода) производит такой же эффект. Если при создании давления сила подает воздух внутри воздуховода, то поведение воздуховода зависит от его размера и структуры стенки. Было установлено, что большие объемы более чувствительны к давлению, чем маленькие. Это объясняется тем, что давлению равно силе, применимой к определенному участку.

Давление 1000 Па создает силу, равную давлению 100 кг на площадь 1м<sup>2</sup>. Повышение объема (в случае воздуховодов, увеличение диаметра) приведет к повышению общей силы давления на стенку.

Очевидно, что в гибком воздуховоде с большим диаметром меньше сопротивление отрицательному давлению.

Гибкий воздуховод может пострадать от отрицательного давления двумя способами. Он либо сожмется, либо будет подвержен так называемому эффекту домино. Далее приводятся объяснению этих воздействий.

# ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

#### 6.4. ЭФФЕКТ ДОМИНО

В зависимости от структуры гибкого воздуховода эффект может отличаться. Наиболее важный эффект на гибкие воздуховоды показан на нижеприведенных рисунках.

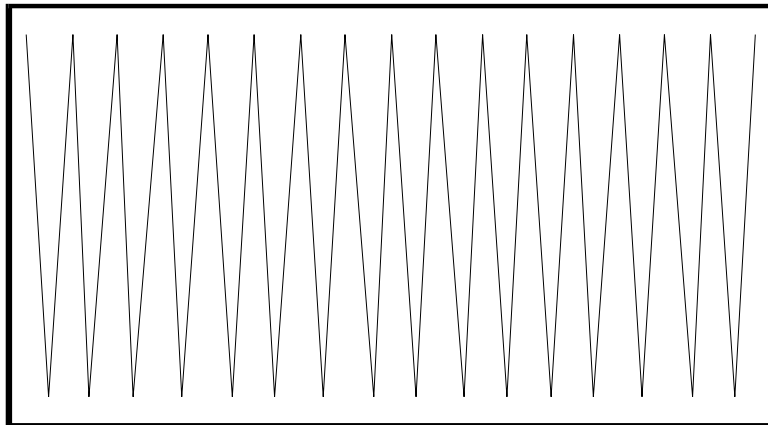


Рис. 1.

Это нормальное положение проволочной спирали внутри стенки гибкого воздуховода, вид со стороны. Соседние витки соединены материалом, из которого сделан воздуховод. В зависимости от этого материала расстояние между витками проволоки может быть различным. Проволока защищает воздуховод от повреждений и т.п. Однако, материал определяет степень жесткости воздуховода. Мы уже объясняли, что сила, вызванная отрицательным давлением внутри воздуховода, давит вовнутрь воздуховода. Обычно, направление этого давления перпендикулярно стенке воздуховода. В этом случае проволока, так же как и материал воздуховода, должны выдержать это давление.

Сила обозначена стрелками, см. рис. 2. Стойкость на разрыв стенок материала воздуховода определяет максимальное давление.

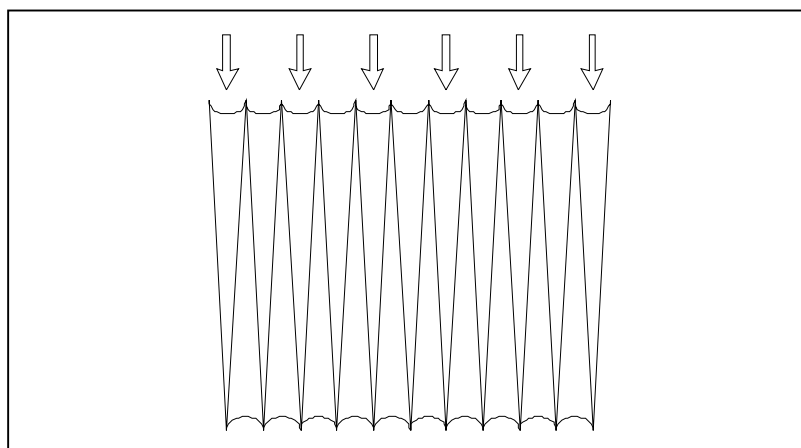


Рис. 2.

## ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Это будет примерно максимальное положительное давление, стрелки на рис. 3 указывают в обратном направлении (рис. 3).

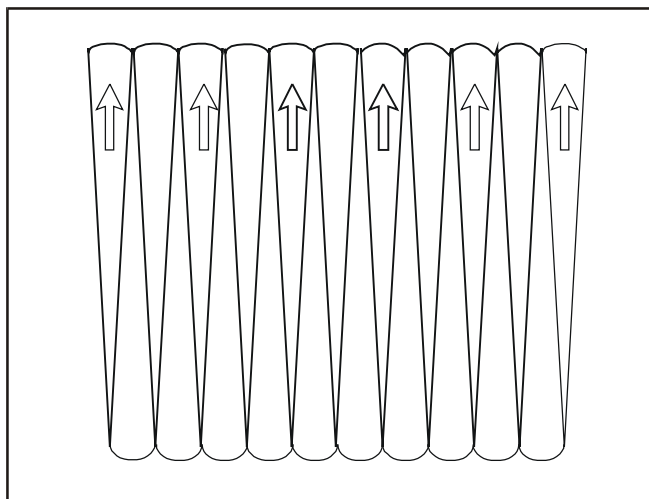


Рис. 3.

К сожалению, на самом деле ситуация иная. В реальности происходит следующее: витки проволоки падают, как ряд фишек домино (см. рис. 4). При этом пространство внутри воздуховода уменьшается за счет давления извне.

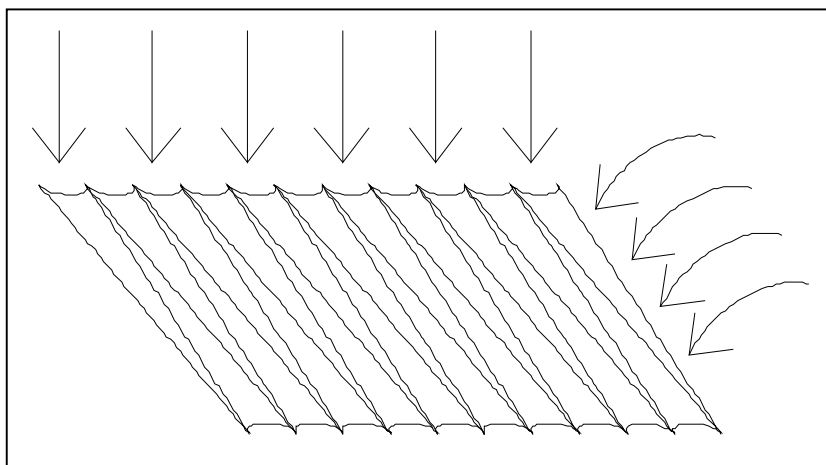


Рис. 4.

Для того чтобы этот эффект имел место требуется достаточно небольшая сила. Полезно знать, какая из важных частей воздуховода определяет стойкость к эффекту домино.

## ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Давайте посмотрим, что именно происходит в реальности.

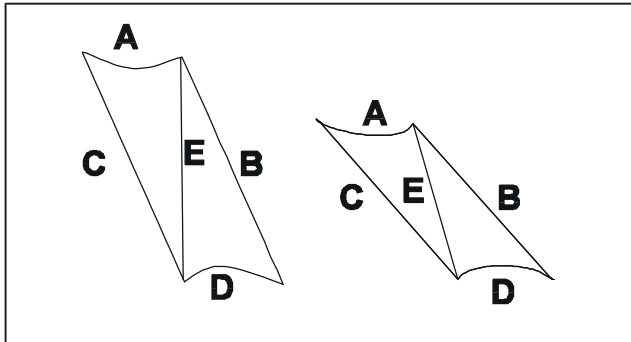


Рис. 5.

Предположим, что небольшой отрезок воздуховода (рисунок слева) имеет более или менее прямоугольную форму. Если форму этой фигуры изменить (рисунок справа), то отрезок напоминает ромб. Два нижеописанных эффекта нейтрализуют этим изменениям:

- Эффект 1** -сторона **Е** укоротится, а **В** и **С** удлинятся. Это происходит из-за растягивания и сжатия, но отрезок **Е** приходится на **В** и **С**. Легко представить, что это было вызвано перекосом проволоки в витке. Проволока **Е** деформируется больше, чем **В** и **С**. Но сама проволока нейтрализует/сопротивляется такому деформированию.
- Эффект 2** -материал **А** на рис. 5 никак не изменится, так как расстояние между витками в этом месте остается прежним. Это также касается материала воздуховода, обозначено как **Д**. Материал в середине воздуховода, между **В** и **С**, окажет некоторое сопротивление этому движению. Это сопротивление можно продемонстрировать на следующем эксперименте. Возьмите лист бумаги, поместите его вертикально и прижмите большими и указательными пальцами углы листа к столу. Теперь, отодвигайте левую руку, прижимая левые углы к столу. Лист начинает скручиваться в середине. Вы пытались сделать ромб из прямоугольника. Тоже самое происходит и с ламинатом (материалом) между двумя витками воздуховода. В зависимости от материала эта деформация может быть более или менее интенсивной.

## ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

В зависимости от материалов, упомянутых в 1 и 2, движение на рис. 5, будет встречено с большим или меньшим сопротивлением. Однако, эта сила намного меньше силы, необходимой, чтобы разорвать материал. Разрыв может произойти, если на материал воздействует очень высокое положительное давление. Таким образом, максимальное отрицательное давление, которое может выстоять гибкий воздуховод, намного меньше, чем максимальное положительное давление.

Сделав эти выводы, мы приходим к пониманию одного из основополагающих элементов 'поведения' гибкого воздуховода под воздействием отрицательного давления. Как можно сделать воздуховоды оптимально стойкими к отрицательному давлению?

Необходимо уменьшить вероятность эффекта домино. Для этого существует несколько способов:

- 1 Для стенок воздуховода можно использовать более жесткие материалы. Жесткий материал не так то просто согнуть, а, значит, будет сложнее деформировать прямоугольник, как показано на рисунке 5. Однако, жесткий материал сделает воздуховод менее гибким. Было установлено, что Aludec 112 имеет лучшее сопротивление отрицательному давлению, чем воздуховод PVC.
- 2 Можно использовать более толстую проволоку. Толщина проволоки окажет сопротивление деформированию, эффект 1.
- 3 При уменьшении частоты спирали проволоки будет сложнее деформировать прямоугольник, рис. 5. 'A' и 'D' стали короче, а значит расстояние между 'C' и 'B' станет меньше. Будет тяжелее сдвинуть 'C' по отношению к 'B'. Уменьшение витков проволоки это хороший способ добиться большего стойкости к отрицательному давлению. Однако при этом удлинится отрезок воздуховода.
- 4 Последняя возможность является наиболее важной! Первые три способа должны учитываться производителем воздуховодов, так как они касались структуры стенки воздуховодов. Последний способ может быть реализован пользователем воздуховода, так как он никак не связан с изменением структуры воздуховода. Так как этот способ может значительно повысить стойкость воздуховода к отрицательному давлению, мы рассмотрим его более подробно. На рис. 6 изображен воздуховодов, подверженный эффекту домино.

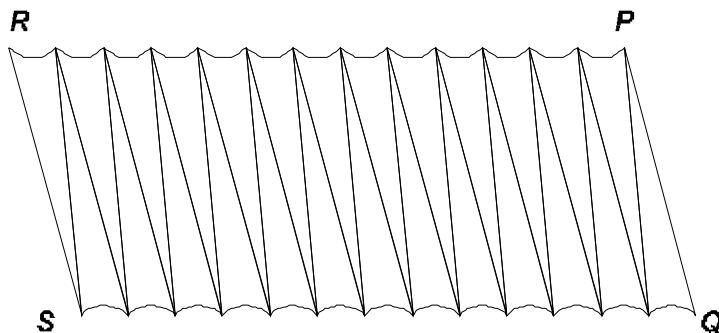


Рис. 6

## ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Как правило, точки **P**, **Q**, **R** и **S** крепятся к установке, подсоединенной к системе вентиляции. Тогда **P** точка должна находиться прямо над **Q**, как **R** над **S**. В действительности, воздуховод на рис. 6 крепится, как показано на рис. 7.

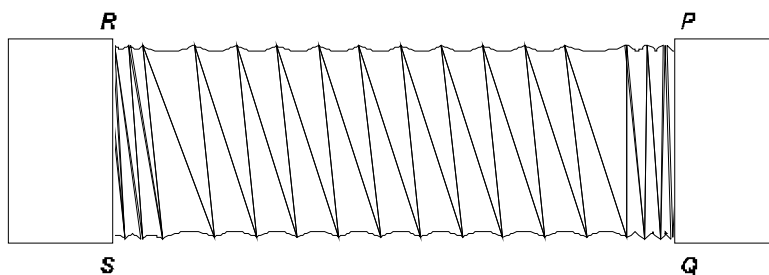


Рис. 7

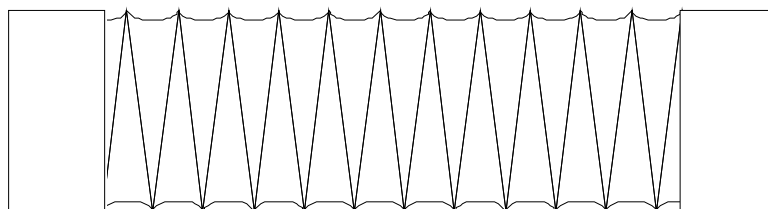
**P** прямо над **Q**, а **R** над **S**. Первый и последний витки проволоочной спирали должны находиться в вертикальном положении. Витки в середине спирали – под наклоном (как будто падающие фишки домино) из-за отрицательного давления внутри воздуховода. Однако, витки в середине могут быть подвержены эффекту домино только при условии, что есть достаточный зазор в материале в точках **P** и **S**. Материал в точке **Q** был сжат, а в точке **P** растянут, чтобы дать возможность проволоке двигаться под влиянием эффекта домино.

Если этого зазора нет, то материал сохранит положение проволоки (рис. 8). А это возможно только, если воздуховод растянут полностью и подсоединен с обеих краев с небольшим натяжением. Другими словами, каждый виток проволоки натянут с двух сторон, а потому она не может двигаться.

**Это предотвратит эффект домино!** Такой метод крепежа осложняется, если воздуховод имеет изгибы. Не смотря на это важно крепить воздуховод в оптимальном положении и растягивать его как можно больше.

Мы рассмотрели один из двух путей повреждения гибкого воздуховода в результате воздействия отрицательного давления. Второй – это сжатие.

Рис. 8



# ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

## 6.5. СЖАТИЕ

Сжатие происходит, если спираль проволоки слабее стенки воздуховода. Это значит, что структура стенки имеет большее сопротивление эффекту домино, чем проволочная спираль – сжатию. Деформация, которая происходит при сжатии воздуховода, будет такой же, как если бы на воздуховод поместили тяжелый предмет. Воздуховод сплющится. При этом спираль должна сжаться и приобрести форму овала или даже совсем плоской фигуры.

Проволока согнется в двух местах каждого витка. Легко представить, что это сжатие будет сложнее осуществить, если *толщина проволоки больше, а расстояние между витками меньше*. В последнем случае сопротивление выше за счет большего количества витков. Теперь понятно, почему труба пылесоса имеет толстую проволоку и маленькое расстояние между витками.

Важно принимать во внимание, что сопротивление гибкого воздуховода повышается при увеличении диаметра воздуховода. Силы на поверхности воздуховода с большим диаметром оказывают больше давления на проволочную спираль, а значит воздуховод можно легче сжать. Если для воздуховода с большим диаметром, например 710 мм, используется тонкая проволока, то воздуховод может сжаться даже под тяжестью своего собственного веса. Даже самое незначительное давление может привести к полному падению воздуховода.

Пользователь воздуховода не может особенно повысить стойкость воздуховода по отношению к сжатию. Когда воздуховод исчерпывает свои возможности сопротивления, то он начинает деформироваться и становится овальным. Все, что пользователь может сделать, это попытаться уменьшить отрицательное давление или применять более прочный воздуховод.

## 6.6. ВЫВОДЫ

Мы установили, что отрицательное давление может иметь более драматичные последствия для воздуховода, чем положительное давление. В зависимости от диаметра и структуры стенки воздуховода эффект сжатия или эффект домино будут иметь место. Если сначала происходит эффект домино, то пользователь может предпринять некоторые меры по уменьшению этого эффекта, в первую очередь устанавливать воздуховод правильно. Если вы наблюдаете эффект сжатия воздуховода, то знайте, что воздуховод полностью исчерпал свои возможности по сопротивлению.

Тестирование воздуховодов в лабораторных условиях может выявить особенности поведения воздуховода под воздействие отрицательного давления, но это будут результаты, присущие непосредственно этим условиям и ситуации. Трансформация воздуховода во время монтажа из-за неправильного обращения с воздуховодом, а также неправильный монтаж, очень сильно влияют на производительности и стойкость воздуховода.