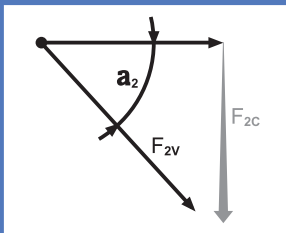


AIR CURTAINS

ВОЗДУШНЫЕ ЗАВЕСЫ



Theory of air curtains Теория о воздушных завесах

[002-016]



Basic Основные завесы

[018-030]

Basic-Air solution



Comfort Комфортные завесы

[031-075]

Comfort-Air solution



Design Дизайновые завесы

[076-106]

Design-Air solution



Industry Промышленные завесы

[107-121]

Industry-Air solution

THEORY OF AIR CURTAINS

ТЕОРИЯ О ВОЗДУШНЫХ ЗАВЕСАХ



1.0. Two main principles used during design of air curtains

When designing air curtains for specific areas one must bear in mind:

- Interaction of the air flow coming through the doorway and air flow created by the air curtain
- Mixing of cold air, which gets into the protected area with the air from the air curtain

By using the first principle we affect the amount of air which gets into the area and with the second, its temperature. The temperature of this air is very important for the subjective sensing of its behaviour inside the area.

1.0. Два основных принципа используемых при проектировании воздушной завесы

При проектировании воздушной завесы для данного пространства необходимо учитывать:

- взаимное влияние воздушного потока входящего дверным проемом и воздушного потока образованного завесой
- смешивание холодного воздуха, который проникнет в защищаемое пространство с воздухом из завесы

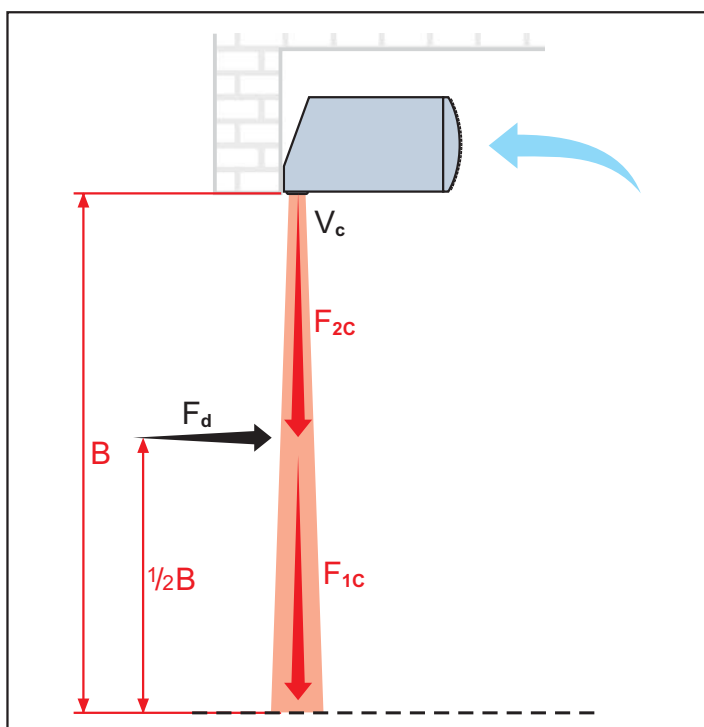
Использованием первого принципа оказывается влияние на количество воздуха, который проникнет в пространство, использованием другого на его температуру. Температура данного воздуха для субъективного восприятия его действия внутри пространства очень важна.

1.1. Principle of interaction of two air flows

This effect can be transferred to the interaction of two forces. The force of airflow in the doorway F_d and the force of air flow of the air curtain F_c .

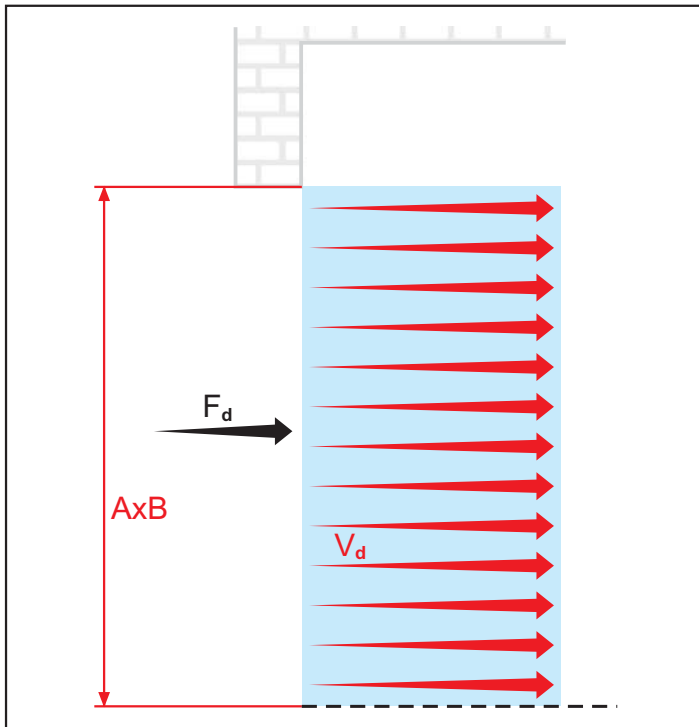
1.1. Принцип взаимодействия двух воздушных потоков

Это действие можно перевести на взаимодействие двух сил. Силы воздушного потока в двери F_d и силы воздушного потока с завесы F_c .



1.1.1. Force of airflow in doorway F_d

This force is created by the effect of airflow in an open, unprotected doorway (force in doorway). If it is absolutely calm outside, the flow of air in the doorway is caused solely by the difference between inside t_i and outside t_e temperatures. The picture of airflow looks like this:



The amount of air, which flows inside is the same as the amount, which escapes. For a suitable air curtain this is a case, when the air flow through the door practically stops. More often however is the case when the wind is blowing outside and the flow in the doorway then looks like this: To aid further comments we will consider the speed profile of the flow in the doorway, compared with the medium speed of flow v_d .

The force of this airflow is dependent on:

- The free opening of the doorway $S (m^2) = A \cdot B$, where A (m) and B (m) are width and height of the door
- Medium speed of flow in the doorway v_d (m/s)
- Density of flowing air ρ (kg/m³)

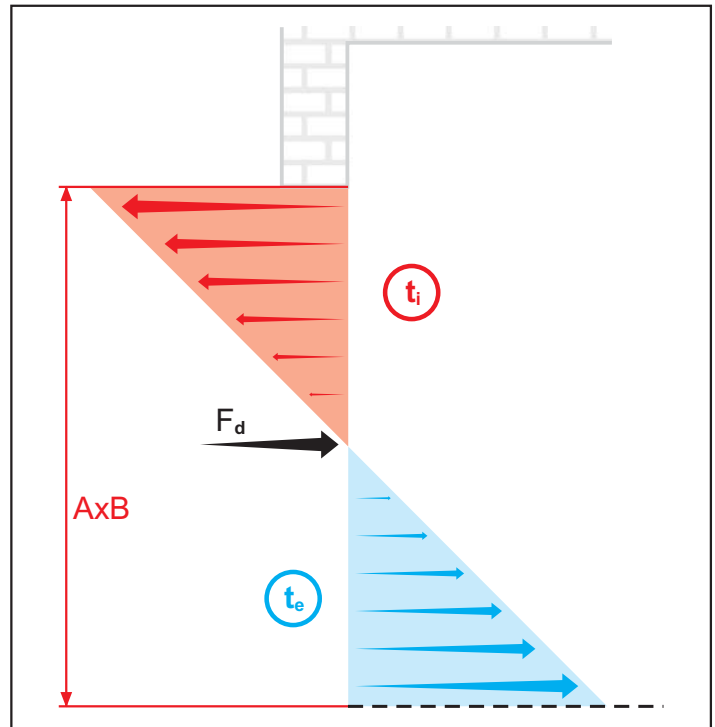
And is found using:

$$F_d = (S \cdot v_d) \cdot \rho \cdot v_d = S \cdot r \cdot v_d^2$$

Application point of force is considered to be at middle height of the doorway.

1.1.1. Сила воздушного потока в двери F_d

Эта сила образуется действием воздушного потока в свободном, незащищенном пространстве двери (сила в двери). В случае если на улице безветренная погода, поток воздуха в дверном проеме причинен только разницей внутренней t_i и внешней температуры t_e . Имеется следующая картина воздушного потока:



Количество воздуха, который струится внутрь такой же, как количество, которое уходит наружу. Для пригодной завесы это случай, когда практически остановится движение в двери. Но намного чаще имеются случаи, когда на улице дует ветер и поток воздуха в двери выглядит потом следующим образом:

Для дальнейшего изложения будет учитываться, что скоростной профиль потока воздуха в двери уравновешен, со средней скоростью потока v_d .

Сила этого воздушного потока зависит от:

- свободного сечения дверного проема $S (m^2) = A \cdot B$, где A (м) и B (м) - ширина, или же высота двери
- средняя скорость потока в двери v_d (м/сек)
- удельная плотность циркуляционного воздуха ρ (кг/м³)

согласно соотношению:

$$F_d = (S \cdot v_d) \cdot \rho \cdot v_d = S \cdot r \cdot v_d^2$$

Действие данной силы принимается посредине высоты дверного проема.

1.1.2.1. Force of air curtain airflow F_c

This is a force, which is exerted by airflow of the air curtain on airflow in the doorway. **Application point is at middle height of the doorway.** So even the force of airflow from the air curtain is force of airflow in this place (not, as it is sometimes calculated, at the exhaust of the air curtain).

Force depends on these values:

- Volume air flow of air curtain V_c (m³/s)
- Density of flowing air ρ (kg/m³)
- Speed of air flow from air curtain v_c (m/s) **at application point of force of air flow in doorway** (this is at middle height of the doorway)

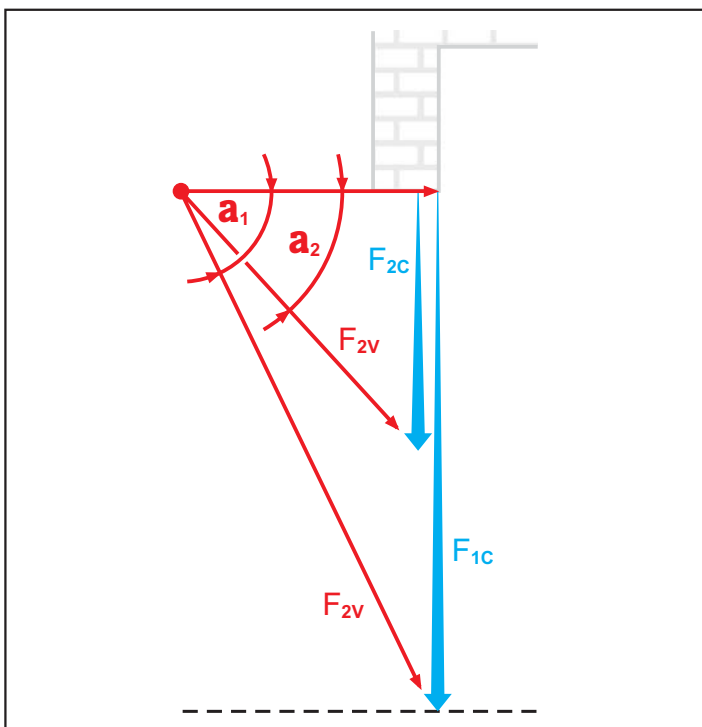
And is found using:

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_c$$

Airflow further from the exhaust quickly drops. To give you an idea we provide the following example:

If we assume that the air curtain is situated above a doorway with the following dimensions $A \times B = 1.0 \times 2.1$ m (width x height).

The air curtain will be situated just above the door. The distance from the middle height of the doorway to the exhaust of the air curtain will be 1,1 m. According to the graph showing speed of air flow "1" it falls from 13,4 m at the exhaust of the air curtain to 4,8m at a distance of 1.1 m from the exhaust (that is about one third!).



1.1.2.1. Сила воздушного потока завесы F_c

Это сила, с которой поток воздуха действует из завесы на поток воздуха в двери. **Эти силы действуют посередине высоты двери.** То есть и сила воздушного потока из завесы является силой воздушного потока в данном месте (а не так, как иногда учитывается - на выпуске из завесы).

Сила зависит от следующих величин:

- объемной подачи воздуха завесой V_c (м³/сек)
- удельная плотность циркуляционного воздуха ρ (кг/м³)
- скорости воздушного потока завесы v_c (м/сек) **в месте действия силы воздушного потока в двери** (посередине высоты дверного проема)

и согласно соотношению:

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_c$$

Поток воздуха при удалении от вывода завесы быстро опускается. Для наглядного представления приведем пример:

Будем предполагать, что завеса находится над дверным проемом размерами $A \times B = 1.0 \times 2.1$ м (ширина x высота).

Завеса будет находиться над самой дверью. От вывода завесы к середине ее высоты, таким образом, будет расстояние 1,1 м. Согласно графику скорость потока „1“ снизится с 13,4 м у вывода из завесы на 4,8 м на расстоянии 1.1 м от вывода (почти одна треть!).

1.1.2.2. Influence of mass of airflow on range of flow

In this chapter we will show what effect the mass of airflow has on its range in specific cases. Graph shows the drop in speed of two airflows from two different air curtains, whereas both flows had the same initial speed v_{0c} and same temperature. The length of both air curtain was 1.0m.

Flow "1" was created by the air curtain, which provided volume of airflow $V_{c1} = 1.145 \text{ m}^3/\text{h}$. Speed of this airflow at a distance of 1,1m from the exhaust of the air curtain (= at middle height of the door) $v_{c1} = 4,8 \text{ m/s}$.

Flow "2" was created by the air curtain, which provided volume of airflow $V_{c2} = 2.080 \text{ m}^3/\text{h}$. Speed of this airflow at a distance of 1,1m from the exhaust of the air curtain (= at middle height of the door) $v_{c2} = 6,6 \text{ m/s}$.

We compare the forces of both air flows in order to demonstrate what a large role mass of airflow plays.

Force of flow "1":

$$F_{c1} = V_{c1} \cdot \rho \cdot v_{c1} = (1145 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 4,8 = 1,8 \text{ N}$$

Force of flow "2":

$$F_{c2} = V_{c2} \cdot \rho \cdot v_{c2} = (2080 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 6,6 = 4,6 \text{ N}$$

Conclusion:

The force which is caused by flow "2", is more than 2,5 times larger than that caused by flow "1". Nevertheless the volume of air in flow "2" is only 1,8 times larger and the initial speed of both flows are the same.

1.1.2.2. Влияние массы воздушного потока на радиус действия потока

В данной главе продемонстрируем на наглядном примере, какое влияние оказывает масса воздушного потока на его радиус действия. График указывает снижение скорости двух потоков воздуха на двух разных воздушных завесах, причем оба потока имеют одинаковую начальную скорость v_{0c} и одинаковую температуру. Длина обеих завес составляет 1.0 м.

Поток „1” образовала завеса, которая поставляла объёмную подачу воздуха $V_{c1} = 1.145 \text{ м}^3/\text{час}$. Скорость этого воздушного потока на расстоянии 1,1 от вывода завесы (= посередине высоты двери) $v_{c1} = 4,8 \text{ м/сек}$.

Поток „2” образовала завеса, которая поставляла объёмную подачу воздуха $V_{c2} = 2.080 \text{ м}^3/\text{час}$. Скорость этого воздушного потока на расстоянии 1,1 м от вывода завесы (= посередине высоты двери) $v_{c2} = 6,6 \text{ м/сек}$.

Сравним силу обеих потоков, чтобы продемонстрировать, какую роль играет масса воздушного потока.

Сила потока „1”:

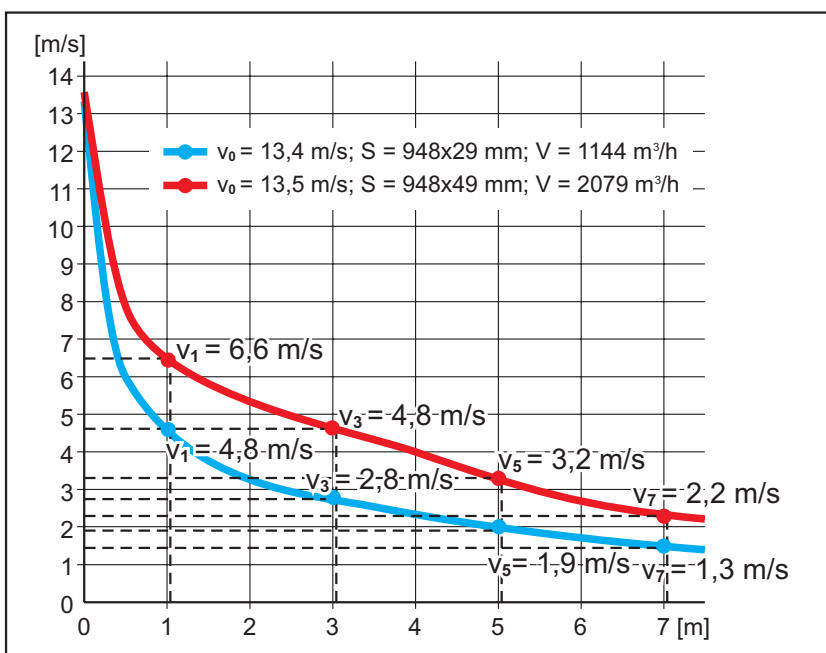
$$F_{c1} = V_{c1} \cdot \rho \cdot v_{c1} = (1145 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 4,8 = 1,8 \text{ Н}$$

Сила потока „2”:

$$F_{c2} = V_{c2} \cdot \rho \cdot v_{c2} = (2080 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 6,6 = 4,6 \text{ Н}$$

Закключение:

Сила, с которой действует поток „2”, более чем в 2,5 раза больше по сравнению с силой, с которой действует поток „1”. При этом объём воздуха в потоке „2” всего в 1,8 раз больше и начальная скорость обеих потоков одинакова.

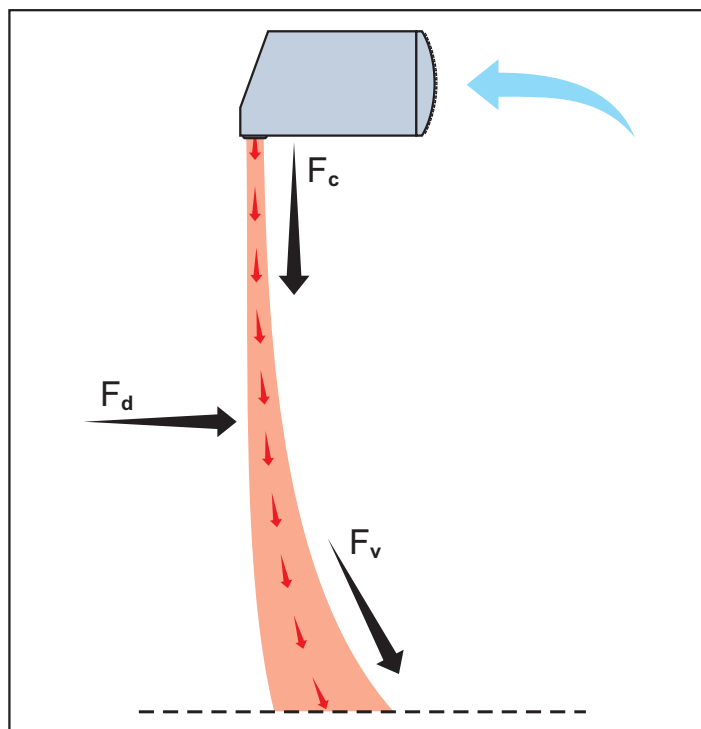
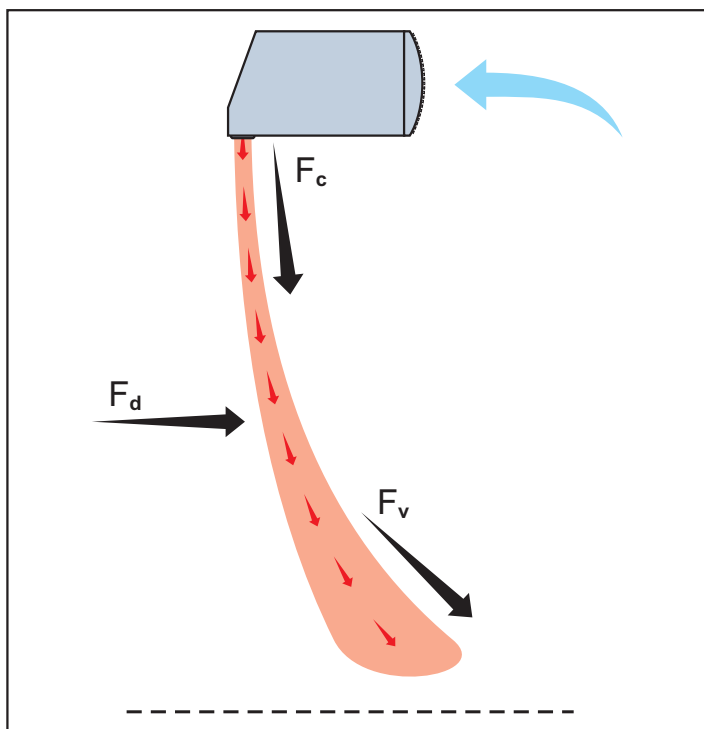


1.1.3.0. Result of application of forces F_d and F_c - vertical exhaust

If the exhaust of the air curtain is directed vertically downwards, the resulting force F_v is always directed to the protected area. It is only possible to restrict the applied flow force at the doorway F_d by increasing the force of the air curtain flow F_c which can be reached either by increased speed of flow (increased output of the given air curtain), or by increasing the flowing amount of air (another - more efficient air curtain), or by a combination of both quantities.

1.1.3.0. Результат действия сил F_d и F_c - вертикальный вывод

Если вывод завесы направлен вертикально вниз, равнодействующая сила F_v всегда направлена в защищаемое пространство. Действие силы потока в двери F_d можно ограничить только увеличением силы потока завесы F_c этого достигнем увеличением скорости потока (увеличением производительности данной завесы), или же увеличением пропускной способности воздуха (другая, более продуктивная завеса), или же комбинацией обеих величин.

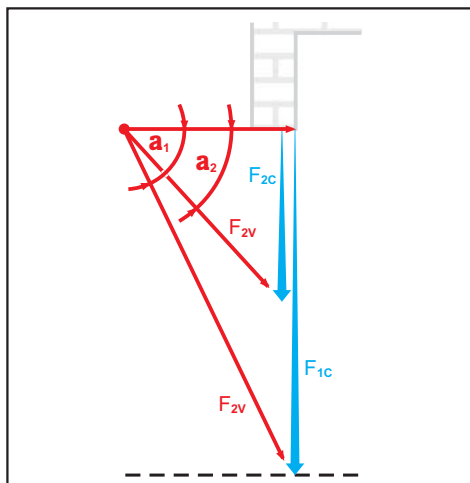


1.1.3.1. Addition of forces

The vector sum of the airflow forces in the doorway and two different airflow forces of air curtains is on the illustration.

1.1.3.1. Суммирование сил

Векторная сумма силы воздушного потока в двери и двух различных сил воздушного потока завесы указана на рисунке.



You can see, that the stronger flow of the air curtain slopes more to the ground because of the resulting force. The slope of resulting forces, expressed by the angle **alfa**, should be at least **alfa >= 45°**. This means that the force of airflow from the air curtain must be larger or at least on the same level as the force of air flow in the doorway (**F_c >= F_d**).

Table no.1 is attached to give you an idea of the flow forces caused by various speeds of flow through a doorway with the dimensions **A = 1,0 m** and **B = 2,1 m**. Table no.2 shows the force of airflow of metrical air curtains of various parameters.

Table no.1 - Force of air flow in a doorway of width **A** (1,0 m) and height **B** (2,1 m), density of air is **ρ = 1,2 kg/m³** for various real speeds of air flow **v_d** (m/s)

$$F_d = (A \times B) \cdot \rho \cdot v_d^2$$

Speed v _d [m/s] скорость v _d [м/сек]	Force F _d [N] Сила F _d [Н]
0,5	0,63
1,0	2,52
1,5	5,67
2,0	10,10
2,5	15,75
3,0	22,68

Table no.2 - Force of air flow for metrical air curtains of various output and at various speeds of flow **v_c** (m/s) at a distance of 1,1 m from the exhaust (in the middle of the doorway)

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_d^2$$

Volume flow of screen V _c [m ³ /h] / [m ³ /s] Объемная подача завесы V _c [м ³ /час] / [м ³ /сек]	Speed of flow v _c [m/s] at a distance of 1,1m Скорость потока v _c [м/сек] на расстоянии 1,1 м	Flow force of screen F _c [N] Сила потока завесы F _c [Н]
1000 / 0,28	3,0	1,0
1500 / 0,42	3,0	1,5
1500 / 0,42	4,0	2,0
2000 / 0,56	4,0	2,7
2000 / 0,56	5,0	3,4
3000 / 0,83	5,0	5,0
3000 / 0,83	6,0	6,0
4000 / 1,11	6,0	8,0

Remember:

From table no.2 we can see, that a strong air curtain creates a force of 8,0 N in the middle of the doorway. To fulfil the condition, that the force of the flow from the air curtain should be at least as large as the force of air flow, according to table no.1, we see that speed of air flow v_d on the doorway should not be greater than 1,5m/s. Experience has shown, that at speeds v_d higher than 2,0m/s the air curtain cannot be used successfully without further steps being taken to restrict the speed of flow through the doorway. Here, an air lock, or revolving doors are suitable.

Видно, что более сильный поток завесы наклонит равнодействующую силу больше к земле. Наклонение равнодействующей силы, выраженной углом **алфа**, должно быть хотя бы **алфа >= 45°**. Это значит, что сила воздушного потока завесы должна быть больше или же как минимум равняться силе воздушного потока в двери (**F_c >= F_d**).

Для представления, какую силу потока в двери размерами **A = 1,0 м** и **B = 2,1 м** вызывает различная скорость потока, прилагается таблица № 1. В таблице № 2 указаны силы воздушного потока метровых завес с различными параметрами.

Таблица № 1 - Сила воздушного потока в двери шириной **A** (1,0 м) и высотой **B** (2,1 м), удельная плотность воздуха составляет **ρ = 1,2 кг/м³** для различных реальных скоростей воздушного потока **v_d** (м/сек)

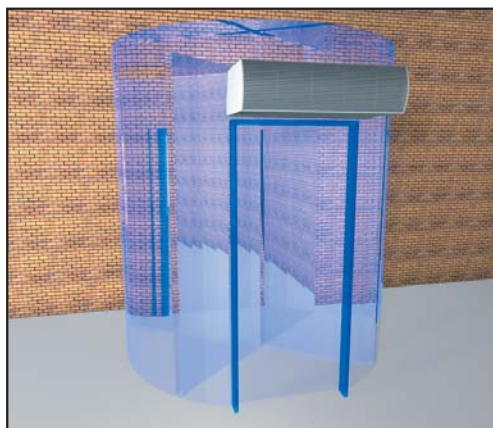
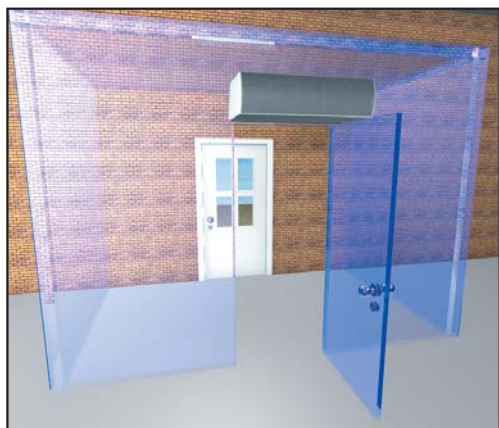
$$F_d = (A \times B) \cdot \rho \cdot v_d^2$$

Таблица № 2 - Сила воздушного потока метровых завес с различной производительностью (пропускной способностью) и с различными скоростями потока **v_c** (м/сек) на расстоянии 1,1 от вывода (посредине дверного проема)

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_d^2$$

Помните:

Из таблицы № 2 видно, что сильная завеса создаст посредине двери силу 8,0 Н. Чтобы удовлетворить условие и чтобы сила потока завесы имела как минимум такую величину, как сила потока воздуха, согласно таблице № 1, скорость воздушного потока v_d в дверном проеме не должна быть больше чем 1,5 м/сек. Опыт и практика указывают, что при скорости v_d больше чем 2,0 м/сек нельзя воздушную завесу успешно использовать без дальнейшего принятия мер для ограничения скорости воздушного потока в двери. Уместно создать тамбур, или использовать турникет.

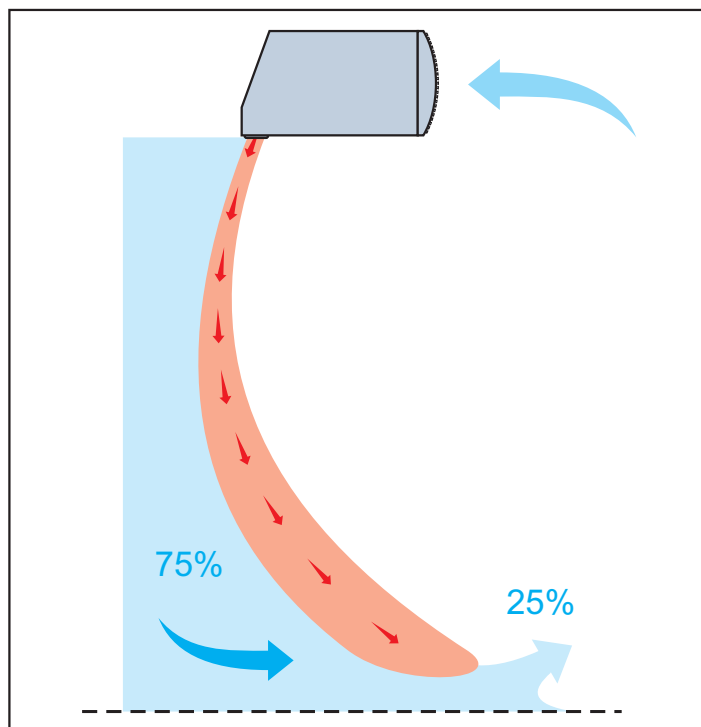
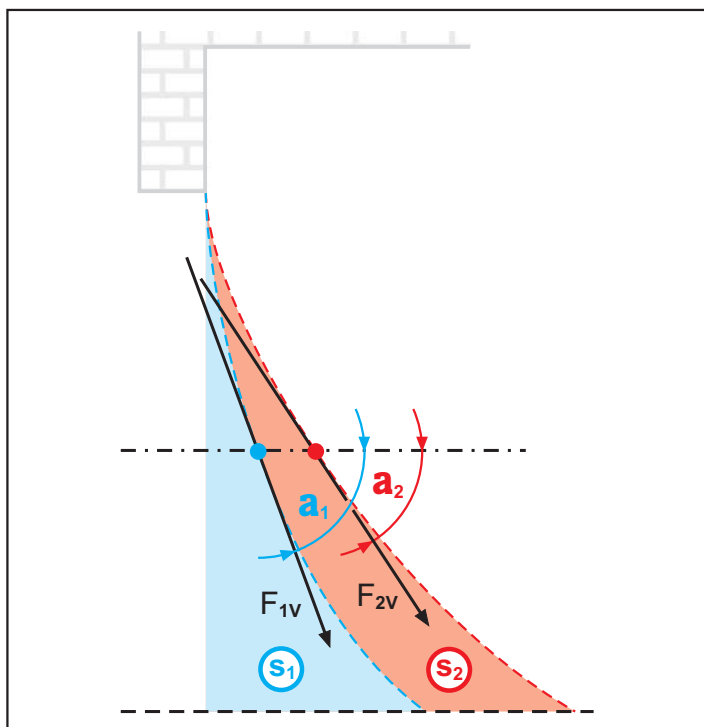


1.1.3.2. Resulting effect

In practice it is later possible to express the amount of screened air graphically as is shown in the illustration. A stronger airflow has a higher screening effect, but even a very strong flow cannot totally screen the flow of escaping air. A well-designed air curtain can screen up to 75 % of incoming air in the case of a vertical exhaust.

1.1.3.2. Результаты

В практике количество открытого воздуха можно выразить графически, так, как это указано на рисунке. Более сильный поток воздуха имеет более высокое заслоняющее действие, но даже очень сильный поток не может поток проникающего воздуха полностью открыть. Качественно спроектированная завеса может открыть в случае вертикального вывода около 75 % проникающего воздуха.



1.1.4.0. Result of application of forces F_d and F_c - inclined flow

If the exhaust of the air curtain is directed at an angle out, the resulting force F_v can be directed vertically downwards or even out of the protected area under the correct conditions.

1.1.4.0. Результаты действия сил F_d и F_c - наклонный поток

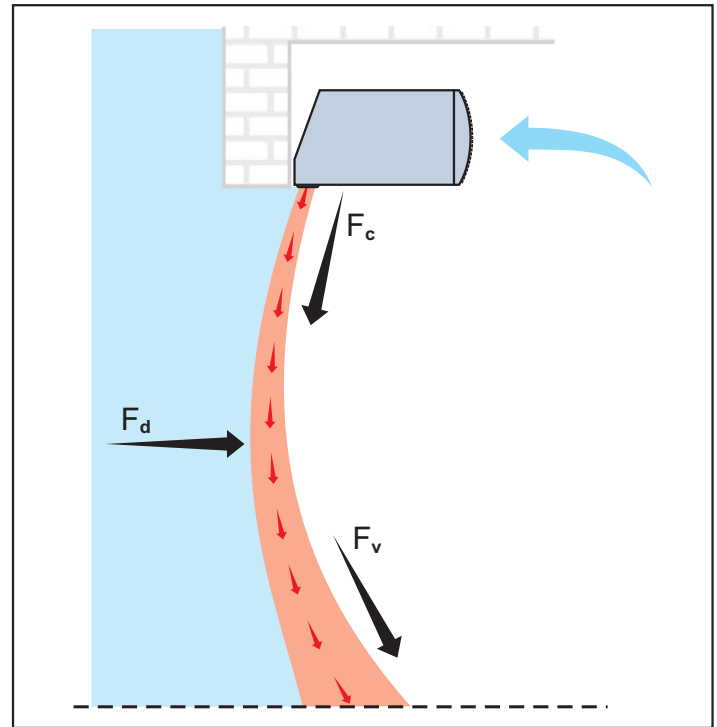
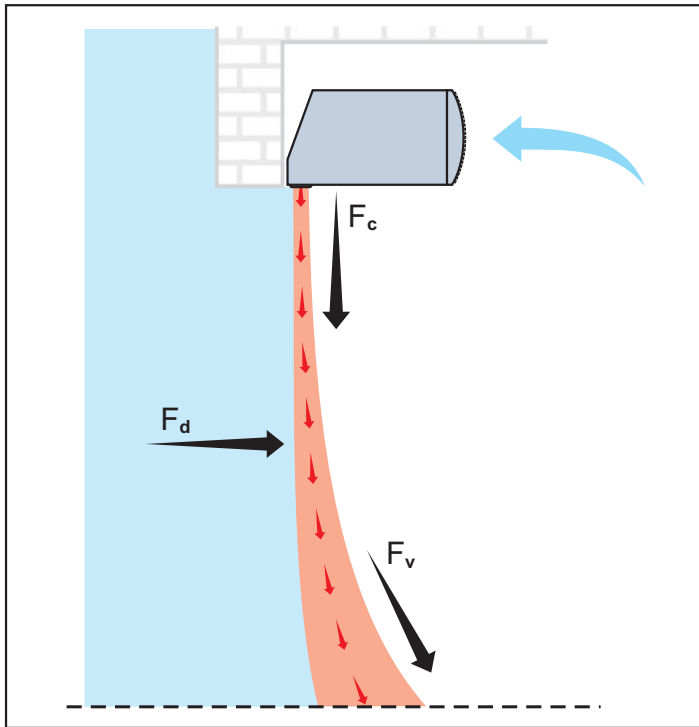
Если вывод завесы направлен под углом на улицу, равнодействующая сила F_v при определенных условиях может направляться вертикально вниз, или, наконец, наружу из защищаемого пространства.

This could partly or totally lead to the cancellation of flow force in the doorway. In this case the applied forces of flow in the doorway F_d can be restricted

- partly by increasing the force of flow of the air curtain F_c
- partly by sloping the force F_c (exhaust of the air curtain) outside

Благодаря этому может произойти частичное или полное прекращение действия силы потока в двери. В данном случае действие силы потока в двери F_d можно ограничить

- отчасти увеличением силы потока завесы F_c
- отчасти отклонением силы F_c (вывода завесы) в направлении наружу



1.1.4.1. Addition of forces

The vector sum of the airflow in the doorway and two different forces of flow of the air curtain is shown on the illustration.

Here we show the case, when the resulting force F_v is directed vertically downwards. If we want to reach it, we must tilt the air curtain at an angle of γ (we do this by turning the air curtain or by turning the exhaust nozzle of the air curtain). It is necessary to realise, that the vertical element of the force of flow of the air curtain significantly drops when tilted and also the range of flow. This must be taken into account and a more efficient air curtain used.

A larger force of air curtain F_{c2} needs to be tilted by a smaller angle than force F_{c1} to achieve the same effect. The vertical element of the larger force of air curtain, at the same time, changes less and so its screening effect is better. The more we angle the flow from the air curtain, the more range we need because the path of flow to the floor significantly lengthens at larger angles of tilt.

1.1.4.1. Суммирование сил

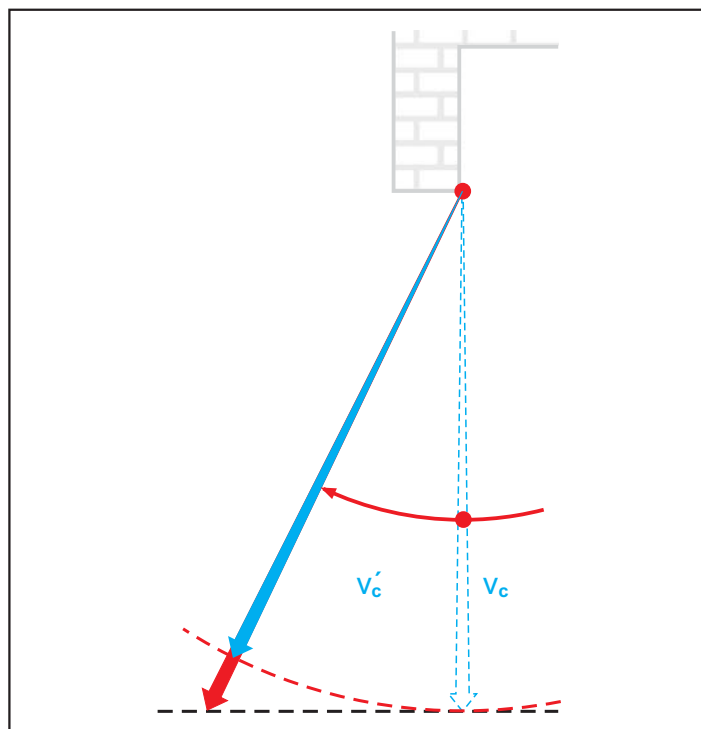
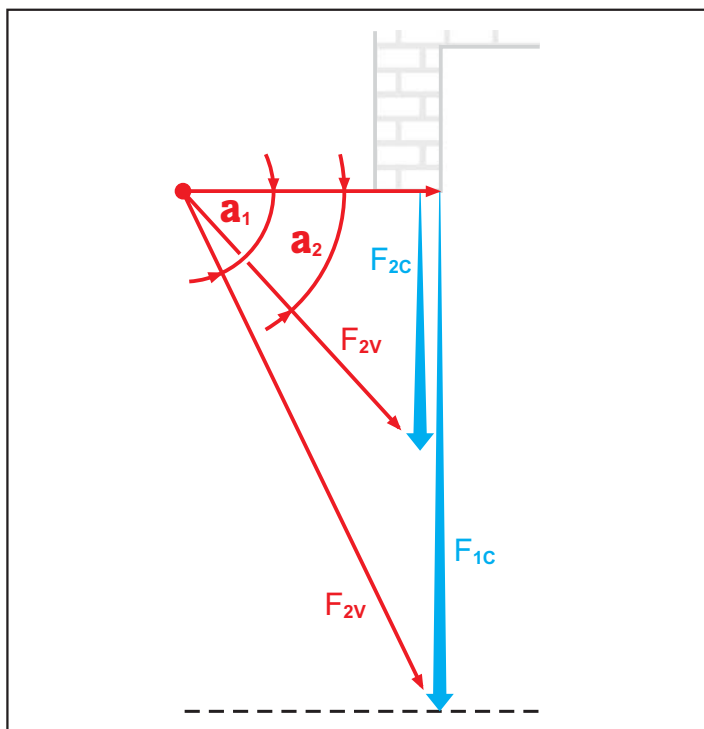
Векторная сумма силы воздушного потока в двери и двух различных сил воздушного потока завесы указано на рисунке.

Здесь указан случай, когда равнодействующая сила F_v направлена вертикально вниз. Чтобы этого достичь, необходимо завесы наклонить под углом γ (этого можно достичь поворотом завесы, или поворотом выпускного сопла завесы). Необходимо учитывать, что вертикальная слагающая силы потока завесы при наклоне значительно уменьшается, а таким образом и радиус действия потока уменьшается. Это необходимо учитывать и использовать более исполнительную завесу.

Большую силу завесы F_{c2} для достижения такого же эффекта достаточно наклонить до меньшего угла, чем силу F_{c1} . Вертикальная слагающая большей силы завесы при этом изменится меньше и её заслоняющий эффект лучше. Чем больше наклонен поток завесы, тем больше нам необходим радиус действия, так как путь потока к полу с увеличением наклона выразительно уменьшается.

In practice, it has been shown that the most effective angle of flow is angle $\gamma = 10$ to 30° . However the force of the flow from the air curtain F_c must at the same time be about two times larger than the force of flow in the doorway F_d . So the following relationship should apply $F_c \geq 2F_d$.

В практике подтверждено, что самое эффективное наклонение воздушного потока завесы на угол $\gamma = 10 - 30^\circ$. Но при этом сила потока завесы F_c должна быть приблизительно в два раза больше чем сила воздушного потока в двери F_d . То есть должно действовать соотношение $F_c \geq 2F_d$.



1.1.3.2. Resulting effect

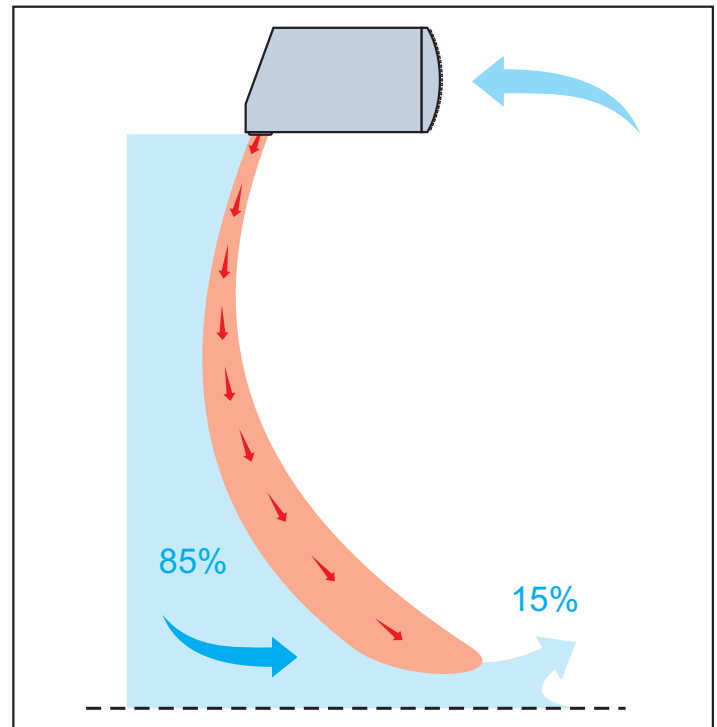
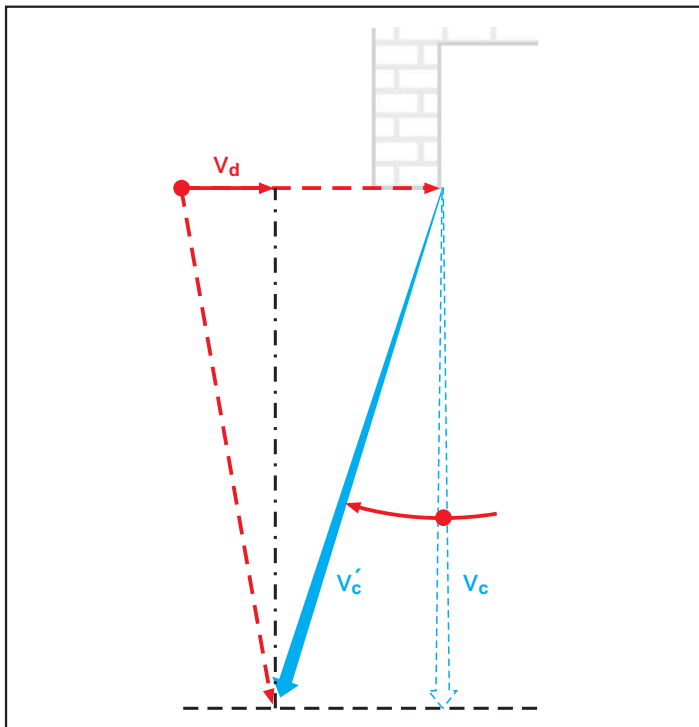
The result of application of both airflows in the doorway and the amount of screened air is graphically shown on the illustration.

By tilting the airflow of the air curtain it is possible to get good results even under more demanding conditions. Not even tilting the airflow of the air curtain can totally screen the protected area from incoming air. A well-designed air curtain can screen up to 85 % of the incoming air if the exhaust is tilted.

1.1.3.2. Результаты

Результат действия обоих потоков воздуха в дверном проеме и количество отклоненного воздуха графически показано на рисунке.

При наклоне воздушного потока завесы можно достичь и в более сложных случаях хорошие результаты. Даже наклонение потока воздуха и завесы не сумеет поток проникающего воздуха полностью открыть. Качественно запроектированная завеса может в случае наклоненного вывода отвести около 85 % проникающего воздуха.



1.2.0. Air mixing

This concerns the second principle on designing and use of air curtains. Because the air cannot be prevented from coming in through the doorway even if it is protected by an air curtain, it is necessary to heat the air, which gets into the protected area. Heating can luckily be accomplished by mixing of the air, which gets in through the door with air from the given air curtain.

So we can get some idea of the functioning of the mixing process and about which values appear here, we use the following example:

A door with the dimensions **A = 1,0 m** and **B = 2,1 m** is protected by an air curtain, which provides the volume flow **V_c = 3500 m³/h** at the temperature **t_c = +35 °C**. Speed of airflow in the doorway is **v_d = 1,0 m/s**. Outside air has a temperature of **t_e = +5 °C**. The air curtain is well designed and screens **70 %** of incoming air.

Without the air curtain, the following amount of cold air gets into the area **V_d**:

$$V_d = v_d \cdot (A \cdot B) = 1,0 \cdot (1,0 \cdot 2,2) = 2,2 \text{ m}^3/\text{s} = 7920 \text{ m}^3/\text{h}$$

The air curtain reduces this amount to **V_{dr}**:

$$V_{dr} = V_d \cdot 30 \% = 7920 \cdot 0,3 = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.2.0. Смешивание воздуха

Речь идет о втором принципе, используемом при проектировании и использовании воздушной завесы. Так как нельзя предотвратить проникновение воздуха дверными проемами, и если они защищены завесой, то необходимо нагреть воздух, который попадет в защищаемое пространство. Нагревание проводится преимущественно смешиванием воздуха, который проник дверным проемом, с воздухом поставляемым завесой.

Чтобы иметь представление о том, как происходит смешивание потоков воздуха и о том, какие величины здесь встречаются, приведем пример:

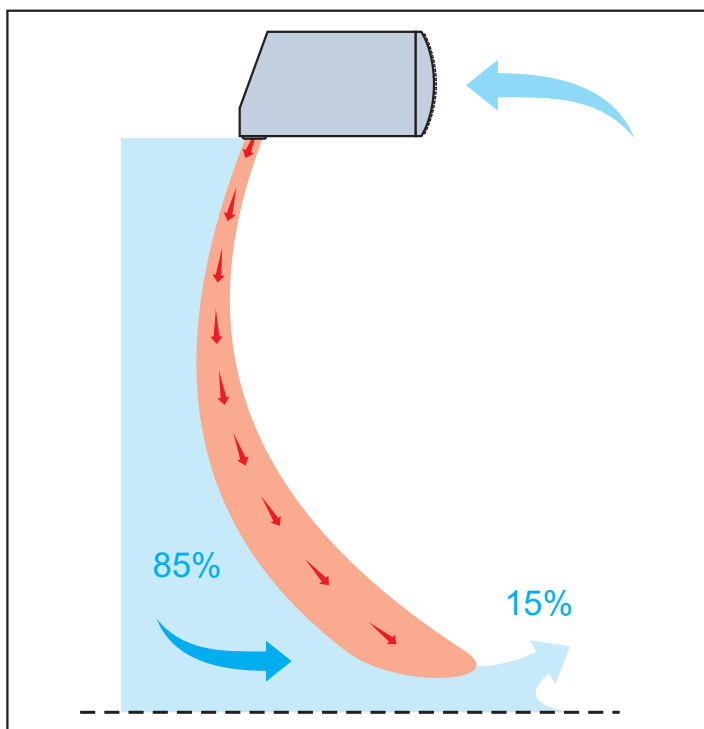
Дверь размерами **A = 1,0 м** и **B = 2,1 м** защищена воздушной завесой, которая поставляет объемную подачу **V_c = 3500 м³/час** с температурой **t_c = +35 °C**. Скорость воздушного потока в двери составляет **v_d = 1,0 м/сек**. Воздух на улице имеет температуру **t_e = +5 °C**. Завеса хорошо спроектирована и открывает **70 %** входящего воздуха.

Без завесы в пространство попадет следующее количество холодного воздуха **V_d**:

$$V_d = v_d \cdot (A \cdot B) = 1,0 \cdot (1,0 \cdot 2,2) = 2,2 \text{ м}^3/\text{сек} = 7920 \text{ м}^3/\text{час}$$

Завесой это количество приводится к **V_{dr}**:

$$V_{dr} = V_d \cdot 30 \% = 7920 \cdot 0,3 = 2400 \text{ м}^3/\text{час}$$



On the diagram we show, how the mixing of air ends up from an air curtain, which provides the amount $V_c = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$ at a temperature of $t_c = +35 \text{ }^\circ\text{C}$, with air, which gets into the protected area $V_{dr} = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$ at a temperature of $t_e = +5 \text{ }^\circ\text{C}$.

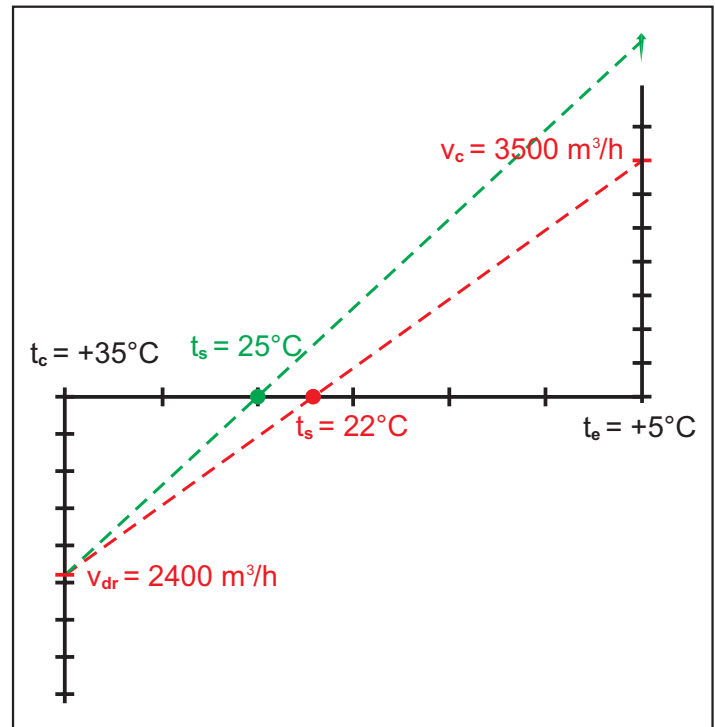
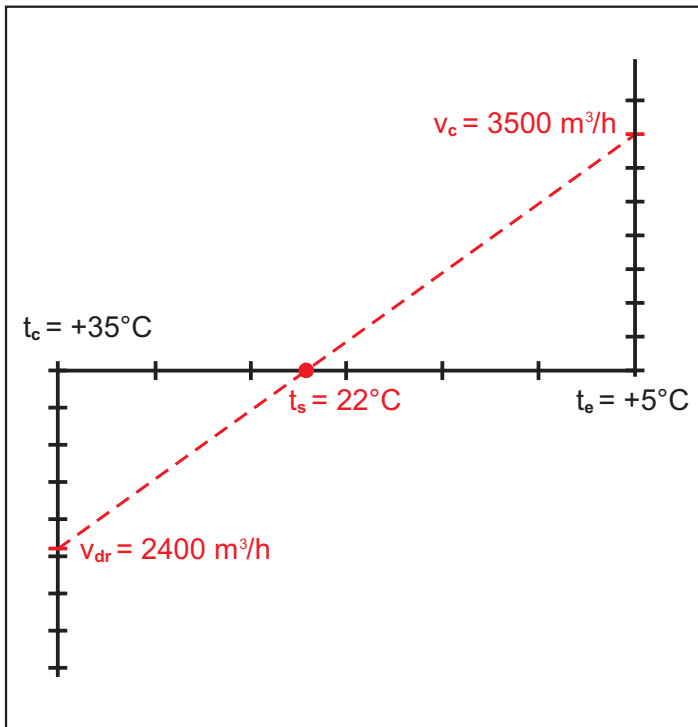
The diagram shows that the more the air curtain provides, the higher the temperature of the mixture. This also applies for the air temperature from the air curtain. This cannot be raised too much, because on entering the door unpleasantly hot air would be blown onto people's heads. This is why it is recommended to work with temperatures of the air curtain around $+35 \text{ }^\circ\text{C}$.

From experience we know that this point of view is often neglected at the design stage. This is a mistake. From what had been mentioned it is evident, that the range of airflow cannot be (and is not) the only criteria for appreciation of suitability of air curtains. Volume of air provided is not only important for reaching the maximum force of flow from the air curtain but also for reaching bearable air temperatures, which get into the protected area.

На диаграмме изобразим, как произойдет смешивание воздуха из завесы, которая поставляет количество $V_c = 3500 \text{ м}^3/\text{час}$ с температурой $t_c = +35 \text{ }^\circ\text{C}$, с воздухом, который в защищаемое пространство проникает $V_{dr} = 2400 \text{ м}^3/\text{ч}$ с температурой $t_e = +5 \text{ }^\circ\text{C}$.

На диаграмме видно, что чем больше воздуха завеса поставляет, тем выше температура смеси. То же самое действует для температуры воздуха из завесы. Её нельзя слишком сильно увеличивать, так как потом при прохождении дверью дует на головы проходящих неприятный горячий воздух. По этой причине не рекомендуется работать с температурами воздуха из завесы на уровне около $+35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Из опыта знаем, что при проектировании завесы этот аспект часто совсем игнорируется. Это неправильно. Из указанного видно, что радиус действия воздушного потока не может быть (и не является) единственным критерием для оценки пригодности завесы. Объем поставляемого воздуха важен не только для достижения максимальной силы потока завесы, но и для достижения допустимой температуры воздуха, который проникнет в защищаемое пространство.



2.0. Basis for air curtain design

Air curtain design is complicated, above all because it is difficult to set a basis for design in advance. This concerns the fact, that it is not possible to establish the behaviour of the building with a view to the possibility of draughts nor is it possible to determine the behaviour of wind in the place where the building will be situated. **The design will always be on the basis of a qualified estimation.**

At the design stage the biggest problem is determining the speed of the airflow through the doorway. This is assigned especially **by the situation of the building and constructional solution of the protected area.**

2.1. Influence of situation of the building

The building may be situated in a densely built up area on a street, a square or on the corner. But also in a not very built up area in an industrial or business centre or even standing alone, which is usually the case with supermarkets. Further to this it could be situated in countryside with weak or strong wind blowing from various directions or mainly from one direction. All these cases have a significant influence on the speed of airflow in the doorway.

For rough orientation we have provided the following table of typical values of air flow speeds v_d on doorways of buildings situated in various different places:

2.0. Исходные данные для проектирования завесы

Проектирование завесы сложно в первую очередь из-за того, что трудно предварительно определить исходные данные для её проектирования. Дело в том, что нельзя точно определить поведение здания, принимая во внимание возможность возникновения сквозняка, трудно определить действие ветров в месте, где стоит здание. **Речь будет идти всегда о проекте на основании квалифицированных оценок.**

При проектировании завесы самой большой проблемой является определение скорости воздушного потока в дверном проеме. Она определяется главным образом **расположением здания и строительным решением защищаемого пространства.**

2.1. Влияние размещения здания

Здание может быть расположено в плотной застройке на улице, на площади или на углу. А также в редкой застройке промышленных или торговых центров или даже может быть практически свободно расположено, что случается у супермаркетов. Кроме того, оно может стоять в местности с сильными или слабыми ветрами, дующими в различных направлениях, или преимущественно в одном направлении. Все эти факторы оказывают значительное влияние на скорость воздушного потока в двери.

Для приблизительной ориентировки приведем таблицу типических величин скорости воздушного потока v_d в дверных проемах различным образом расположенных зданий:

Table 1 - Typical values of speed v_a of airflow in doorways

Таблица 1 - Типичские величины скорости v_a воздушного потока в двери

Description of position Описание ситуации	v_a [m/s] v_a [м/сек]
place which is very well protected against wind; wind free almost all of the time. Flow in the doorway is caused by the difference in temperature outside and inside the protected area (e.g. entrance to public building from underground garage) места, очень хорошо защищенные от ветра, где практически всегда обеспечено безветрие. Поток в двери причинен разницей температур вне и внутри защищаемого пространства (напр. вход в общественное здание из подземных гаражей)	0,3 + 0,5
place, where the wind blows along the doorway. This is a typical case in a heavily built up urban street. места, где возможный порыв ветра направлен вдоль двери. Это типический пример для улиц в густо заселенном городе.	0,8 + 1,8
place, where there is medium strength airflow and the wind may blow against the doorway. This is a typical case on corners and squares in cities места, где имеется поток воздуха средней величины и где порыв ветра может быть направлен против двери. Это типический случай для углов и площадей в городах	1,2 + 1,6
place, where strong winds blow against the doorway. This is a typical case in freestanding buildings, which are for example shopping centres on the edge of cities. места, где действуют потоки с сильным напором против двери. Это типический случай свободно стоящих зданий, как например, торговые центры на окраинах города.	1,4 + 3,5

2.2. Influence of constructional solution for building

2.2. Влияние строительного решения здания

We can contemplate three basic types of area, which are given constructional solutions for buildings. Protected area is understood to mean an area, which we want to protect from the effects of outside air coming in through the entrance of gate opening.

Можно принимать во внимание три основных типа защищаемых пространств, которые определяются строительным решением здания. Под защищенным пространством понимается пространство, которое мы хотим защитить от действия потока наружного воздуха поступающего входящим дверным проемом или воротами.

1/ area type "A" - is of the type, which is not connected with another floor by an open staircase. All entrances are on only one side of the protected area. Other constructional openings are insignificant from the point of view of draught or chimney effect. This case is optimal for the use of screens.

1/ пространство типа „А“ - это такое пространство, которое не соединено с этажом открытой лестницей. Все входные двери находятся только на одной стороне защищаемого пространства. Остальные строительные отверстия не имеют значения с точки зрения образования сквозняка или дымоходного эффекта. Этот случай оптимален для использования завес.



2/ area type "B" - is of the type, which is part of a multi storey building and is connected with other floors by an open staircase. All entrances are on one side of the protected area. Other constructional openings are insignificant from the point of view of draught creation. In this case special care must be taken when designing the air curtain. Problems may arise.

2/ пространство типа „В“ - это такое пространство, которое является составной частью многоэтажного здания и соединено с другими этажами открытой лестницей. Все входные двери находятся только с одной стороны защищаемого пространства. Остальные строительные отверстия не имеют значения с точки зрения образования сквозняка. В данном случае необходимо уделять проектированию завесы большое внимание. Могут возникнуть проблемы.



3/ area type "C" - is of the type, which is not connected to other floors by an open staircase. However the entrances are not only on one side of the protected area, or there are constructional openings on facing walls or sides, which are significant from a point of view of draught creation. In this case, an air curtain is often not able to fulfil its function properly without suitable constructional measures.



Influence of constructional solutions of a building on the speed of airflow in the entrance doorway is expressed by the coefficient k_r , which is multiplied by the air speed v_d shown in **table 1** in chapter **2.1**.

Area type пространство типа	Correction k_r поправка k_r
A	1,0
B	1,6
C	2,0

Speed of airflow in a specific area is then calculated as a product

$$v_{dr} = v_d \cdot k_r$$

This is not finished. The calculation of economies, which will be used for a basis of construction, is missing! The note about savings will not be present until this calculation. Unfortunately other factors are also involved such as non-technical considerations attempting to save on investment funds by not using an air curtain or if at all then the cheapest available (which "blows too").

3/ пространство типа „С" - это такое пространство, которое не соединено с другими этажами открытой лестницей. Но входная дверь имеется не только с одной стороны защищаемого пространства или на противоположной или боковой стороне имеются строительные отверстия, которые с точки зрения образования сквозняка играют важную роль. Это случай, когда завеса без соответствующих строительных мер часто неспособна надлежащим образом выполнять свою работу.

Влияние строительного решения здания на скорость воздушного потока во входном дверном проеме выражают поправочные коэффициенты k_r , на которые умножается скорость воздуха v_d указанная в **таблице 1** в главе **2.1**.

Скорость воздушного потока в конкретном пространстве рассчитывается как произведение

$$v_{dr} = v_d \cdot k_r$$

К сожалению значительную роль играет также фактор совсем нетехнический и поэтому стремление сэкономить инвестиционные средства так, что завеса вообще не используется, или если используется, то самая дешевая (которая „тоже поддует").

This is despite the fact that it is easy to prove, that a well-designed air curtain quickly pays for itself thanks to savings on heating. It is worth adding, the pleasanter inside climate, which amongst other things increases the feeling of comfort and lowers illness among workers in these areas. Further to this there is less dust, less insects,...

Хотя можно легко доказать, что хорошо спроектированная завеса очень быстро окупится благодаря экономии тепла. К этому можно также добавить более приятный климат внутри, который кроме остального повышает чувство теплового комфорта и снижает заболеваемость лиц работающих в данном пространстве. Кроме того, здесь меньше пыльность, меньше насекомых, ...