

Расчет воздушных завес

1. Методические указания

Воздушные завесы, или, как их еще называют, тепловые завесы – это метод создания ограждения между помещением и внешней средой посредством невидимого потока воздуха. Воздушная завеса – это результат взаимодействия двух потоков: воздушной струи и набегающего на нее горизонтального потока воздуха. Воздушная струя, не препятствуя движению людей и транспорта, как правило, существенно уменьшает количество проникающего в помещение наружного воздуха.

Устройство воздушных завес должно отвечать требованиям свода правил СП 60.13330.2012 "СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха"

Воздушные или воздушно-тепловые завесы устанавливают:

1. У ворот, открывающихся чаще 5 раз или не менее чем на 40 мин в смену, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года - 15°C и ниже (параметры Б), если исключена возможность устройства тамбуров или шлюзов.

2. У ворот или технологических проемов при любых наружных температурах и любой продолжительности открывания при соответствующем обосновании.

3. В тамбурах и шлюзах у входных дверей вестибюлей общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий.

4. В тамбурах и шлюзах у входных дверей общественных и производственных зданий и помещений, оборудованных системами кондиционирования воздуха.

Завесы должны обеспечить во время открывания ворот в помещениях температуру на рабочих местах не ниже 14°C при легкой работе, 12°C – при

средней и 8°C – при тяжелой работе. При отсутствии вблизи ворот рабочих мест допускается понижение температуры до 5°C , в вестибюлях общественных зданий – до 12°C .

Воздушные завесы устраиваются с подачей воздушной (шиберирующей) струи: а) снизу вверх; б) сверху вниз; в) сбоку ворот (рис. 1). По режиму работы завесы делят на периодически и постоянно действующие.

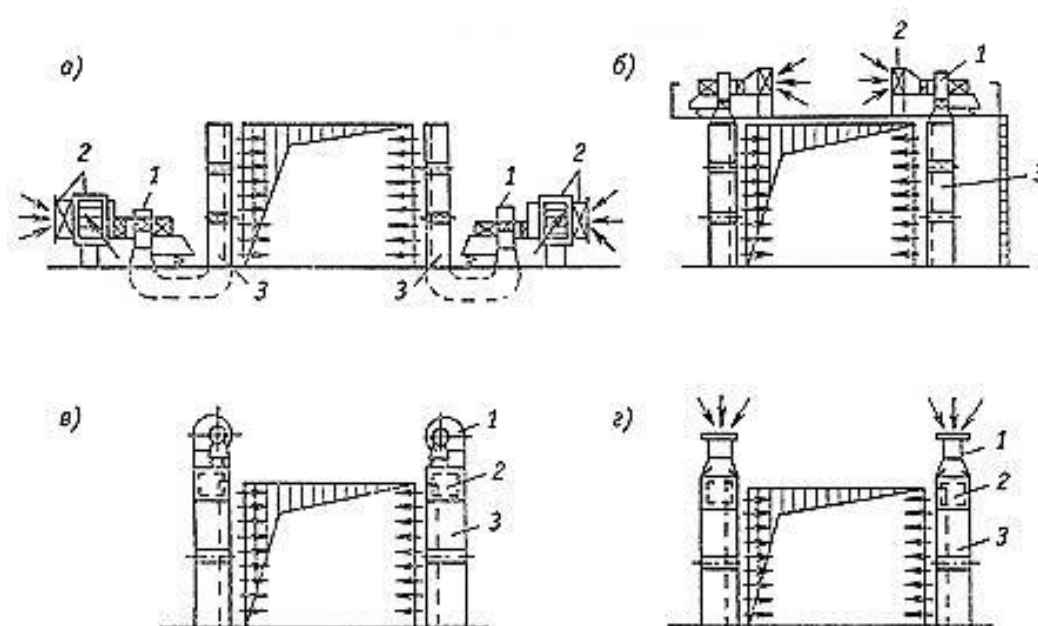


Рис. 1. Схема установки агрегатов завес шиберирующего типа:

а) – центробежный вентиляторы и калориферы на полу; б) – то же на площадке над воротами; в) – то же в раздаточных коробах; г) – осевые вентиляторы и калориферы на раздаточных коробах; 1 – вентилятор, 2 – калорифер, 3 – раздаточный короб

Тепло, создаваемое воздушными завесами периодического действия, не следует учитывать в воздушном и тепловом балансе здания. Температуру воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, следует принимать не выше 50°C у наружных дверей и не выше 70°C у наружных ворот и проемов. Расчетную температуру смеси воздуха, поступающей в помещения через наружные двери, ворота и проемы, следует принимать от 5 до 12°C в зависимости от технологических требований. Воздушные и воздушно-тепловые завесы у наружных проемов, ворот и дверей рассчитывают с учетом ветрового давления. Скорость выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушных и

воздушно-тепловых завес принимается не более 8 м/с у наружных дверей и 25 м/с – у ворот и технологических проемов.

Воздушные и воздушно-тепловые промышленные завесы по направлению воздушной струи подразделяются на нижние, верхние, боковые односторонние и боковые двусторонние с одинаковыми и разными углами выхода струи. Как правило, у ворот для въезда-выезда транспорта устраивают воздушные завесы шиберующего типа. В этом случае воздушная струя завесы, уменьшая количество проникающего через проем воздуха, частично заграждает проем. В воздушных завесах шиберующего типа воздух рекомендуется выпускать через щелевидные насадки под углом 30° к плоскости проема с направлением наружу для незащищенных ворот и 45° для ворот, защищенных от ветра. Чтобы обеспечить устойчивое направление воздушного потока, глубину направляющих щелевидной насадки для выпуска воздуха принимают в 2,5 раза больше ширины щели и скорость движения воздуха в начале раздаточного короба для обеспечения равномерности раздачи – не более 70% скорости выхода воздуха из щели.

Раздаточные короба располагают с внутренней стороны проема так чтобы они забирали воздух для завесы на уровне установки агрегата. Забор воздуха из верхней зоны помещения целесообразен, если температура там выше, чем в зоне размещения агрегата, на 5°C и более.

У автомобильных и железнодорожных ворот рекомендуется устраивать двусторонние завесы шиберующего типа: они более надежно перекрывают проем при движении или остановке транспорта. Боковые завесы выполняют с различным расположением вентиляционных агрегатов, и располагаются они как на уровне пола, так и на площадках над воротами. Боковые завесы могут быть выполнены с одним вентилятором на оба стояка или с вентилятором на каждом стояке.

Завесы можно монтировать с калориферами, параметры которых рассчитываются, или без них. Компоновка вентиляционных агрегатов

позволяет устанавливать воздуховоды для забора воздуха из разных зон помещения.

Над воротами рекомендуется устанавливать воздушные завесы с подачей до 38 тыс. м³/ч. Воздушно-тепловые завесы с верхней подачей воздуха рекомендуется устанавливать в высоких зданиях. Схема такого устройства показана на рис. 2. Воздух в завесу подается с достаточно высокой температурой: +55...+65 °С.

Циркуляционные завесы устраивают с забором воздуха снизу проема. Для очистки воздуха от пыли служат фильтры. Благодаря высокой температуре подаваемого в завесу воздуха можно значительно снизить его расход на завесу. При этом агрегат для завесы получается сравнительно небольшим и занимает мало места, а направление горячего воздуха сверху вниз, к плоскости земли, препятствует выходу горячего воздуха струи завесы наружу, обеспечивая значительное снижение потерь тепла. При отсосе воздуха снизу или сбоку в нижней части ворот отбирается наиболее холодная и тяжелая часть воздуха, проникающего в ворота.

Одним из основных конструктивных элементов воздушных завес является раздаточный короб с воздуховыпускной щелью. Он должен обеспечивать выход воздуха под заданным углом к плоскости ворот и под прямым углом к оси воздуховода. Чтобы воздух струи завесы меньше смешивался с наружным воздухом, рекомендуется иметь на выходе из щели равномерное поле скоростей. На входе в щелевидную насадку рекомендуется устанавливать конфузор. Для того чтобы увеличить глубину ограждения стенки, щелевую насадку на большую ее часть утапливают в раздаточный короб. У типовых стояков воздухораздаточных коробов с сечением в основании 470х470; 600х600; 650х650; 800х800 и 950х950 мм ширина щели составляет от 50 до 200 мм, длина – 3 м.

При устройстве воздушных завес для ворот высотой 4,2 и 5,6 м применяют дополнительную насадку длиной 1,2 м. Для выравнивания потока, а также

чтобы создать более прочную решетку, щель разгораживают двумя продольными перегородками и поперечные перегородки устанавливают через каждые 40...50 мм.

Воздухораспределительные воздуховоды для нижних завес следует делать как сужающиеся к концу воздуховоды равномерной раздачи. Чтобы обеспечить большую равномерность выхода воздуха по длине воздуховода, площадь сечения в конце воздуховода рекомендуется принимать в два раза больше площади воздуховыпускных щелей. Чем меньше продольная скорость воздуха в воздуховоде, тем более плавным будет его вход в щелевидную насадку и меньше турбулентность струи.

В боковых завесах с движением воздуха в стояках сверху вниз можно изготавливать воздуховоды одинакового сечения по всей длине. В этом случае неравномерность выхода воздуха по длине воздуховода (у низа ворот будет выходить больше воздуха) не является отрицательным фактором, а скорее, положительным, так как здесь имеют место большие скорости прохода воздуха через ворота. Малые продольные скорости в концевом участке воздуховода будут способствовать более плавному входу воздуха в щелевидную насадку.

Для регулирования расхода воздуха, подаваемого вентилятором в завесу, применяют разные способы: упрощенный направляющий аппарат языкового типа, закручивающий аппарат, дроссели, шиберы.

Воздушную завесу можно рассматривать как плоскую неизотермическую струю, действие которой развивается на границе двух сред: наружного и внутреннего воздуха.

При открывании ворот в открытый проем направляется поток воздуха снаружи. Причинами, вызывающими движение воздуха через ворота, являются: ветер, разрежение в нижней части здания вследствие различных плотностей внутреннего и наружного воздуха и разрежение в здании вследствие преобладания объема воздуха вытяжной вентиляции над приточной. Слишком большое разрежение вследствие превышения вытяжки над притоком может

свести на нет действие воздушной завесы, т. е. в открытые ворота будет поступать воздух наружный в количестве намного больше расчетного. Поэтому при эксплуатации завесы нужно обязательно устранить излишние объемы вытяжного воздуха.

Наружный воздух попадает в помещение через ворота и другие проемы в стенах здания вследствие разности давлений снаружи и внутри здания. Количество воздуха, подаваемого завесой, должно полностью исключить проникновение холодного наружного воздуха. Приступая к расчетам и проектированию воздушных завес, прежде всего определяют исходные данные: размер ворот, количество наружного воздуха, которое проходит в помещение через проем без работы завесы, расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха. Основными параметрами, определяемыми расчетом, являются производительность завесы по воздуху, угол и скорость подачи воздуха в зависимости от размеров проема, мощность калорифера для подогрева воздуха.

Основной задачей расчета завес является определение необходимого расхода воздуха, зная который, можно рассчитать поперечное сечение воздуховода и подобрать вентилятор.

Упрощенный расчет воздушной завесы выполняют в такой последовательности.

1. Определяют количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при отсутствии тепловой завесы, по формуле:

$$L_0 = H \cdot B \cdot V_{\text{вет}}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где: H ; B – высота и ширина ворот, м;

$V_{\text{вет}}$ – скорость воздуха (ветра), м/с.

2. Определяют количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при устройстве воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_{\text{нар}} = L_0 \left(1 - \frac{h}{H}\right), \text{ м}^3/\text{с} ,$$

где h – высота воздушной завесы, м.

3. Определяют количество воздуха, необходимое для воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_3 = \frac{L_0 - L_{\text{нар}}}{\varphi \sqrt{\frac{H}{b} + 1}}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где: φ – функция, зависящая от угла наклона струи и коэффициента турбулентной структуры струи;

b – ширина щели, расположенной снизу ворот, м.

4. Определяют скорость выхода струи воздуха из щели по формуле:

$$V_{\text{щ}} = \frac{L_3}{Bb}, \text{ м/с},$$

5. Определяют среднюю температуру воздуха, проникающего в цех, по формуле:

$$t_{\text{ср}} = \frac{L_3 t_{\text{вн}} + L_{\text{нар}} \cdot t_{\text{нар}}}{L_3 + L_{\text{нар}}},$$

где $t_{\text{вн}}$ и $t_{\text{нар}}$ – соответственно температура внутреннего и наружного воздуха.

2. Пример расчета

Цех завода имеет ворота высотой $H = 3$ м и шириной $B = 4$ м. По производственным условиям сделать тамбур для ворот не представляется возможным.

Во избежание простудных заболеваний рабочих от холодного воздуха, врывающегося в цех при открывании ворот, принято решение устроить в воротах воздушную тепловую завесу.

Определите количество воздуха, необходимое для завесы, при следующих исходных данных: средняя скорость врывающегося воздуха (ветра) $V_{\text{вет}} = 3$

м/сек; воздушная завеса имеет высоту $h = 2$ м; ширина щели, расположенной снизу ворот, $b = 0,15$ м; угол в плане выпуска струи завесы 45° ; коэффициент турбулентной структуры струи $0,2$; функция, зависящая от угла наклона струи и коэффициента турбулентной структуры, $\varphi = 0,47$; температура воздуха в верхней зоне цеха $t_{\text{вн}} = (+25^\circ\text{C})$; средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон $t_{\text{нар}} = (-7^\circ\text{C})$.

1. Определяем количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при отсутствии тепловой завесы, по формуле:

$$L_0 = HBV_{\text{вет}} = 3 \cdot 4 \cdot 3 = 36 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Определяем количество холодного наружного воздуха, проникающего в цех при устройстве воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_{\text{нар}} = L_0 \left(1 - \frac{h}{H}\right) = 36 \left(1 - \frac{2}{3}\right) = 12 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Определяем количество воздуха, необходимое для воздушной тепловой завесы, по формуле:

$$L_3 = \frac{L_0 - L_{\text{нар}}}{\varphi \sqrt{\frac{H}{b}} + 1} = \frac{36 - 12}{0,47 \sqrt{\frac{3}{0,15}} + 1} = 7,74 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Определяем скорость выхода струи воздуха из щели по формуле:

$$V_{\text{щ}} = \frac{L_3}{Bb} = \frac{7,74}{4 \cdot 0,15} = 12,9 \text{ м/с}.$$

5. Определяем среднюю температуру воздуха, проникающего в цех, по формуле:

$$t_{\text{ср}} = \frac{L_3 t_{\text{вн}} + L_{\text{нар}} \cdot t_{\text{нар}}}{L_3 + L_{\text{нар}}} = \frac{7,74 \cdot 25 + 12 \cdot (-7)}{7,74 + 12} = 5,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Вывод: средняя температура воздуха, проникающего в цех, составит $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$.