



Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха складов с многоуровневым стеллажным хранением

В. Н. Болوماتов, инженер, Почетный строитель РФ, член ТК 400 «Производство работ в строительстве. Типовые технологические и организационные процессы»

Эффективная работа системы воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха складов с высотным стеллажным хранением является ключевым условием обеспечения надежной работы склада и сохранности товаров.

Краткая характеристика склада

Склады с высотным стеллажным хранением (выше 5,5 м), как правило, отдельно стоящие одноэтажные здания I–IV степеней огнестойкости, класса С0, с фонарями или вытяжными шахтами на перекрытиях для устройств систем дымоудаления [1]. Внутреннее пространство склада максимально заполнено крупногабаритными многоярусными стеллажами.

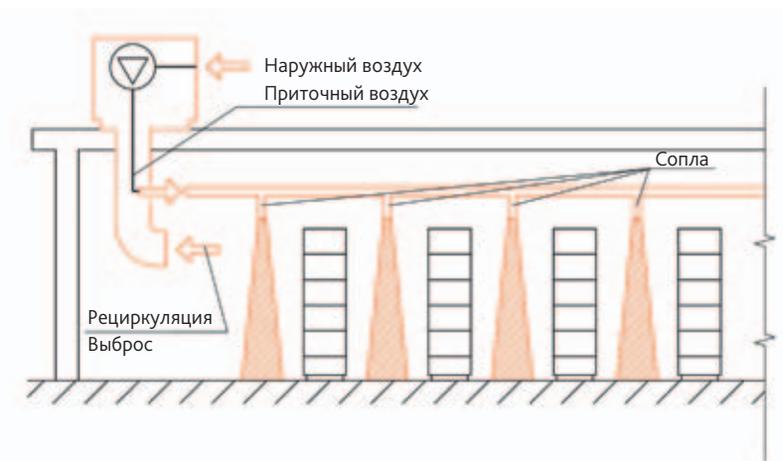
В складских зданиях с высотным стеллажным хранением, как правило, используют автоматизированные погрузочно-разгрузочные устройства, электрокары или автомобильные погрузчики,

причем последние должны быть укомплектованы катализаторами. Постоянных рабочих мест в помещении склада нет. Зону экспедиции, приемки, сортировки и комплектации грузов размещают непосредственно в хранилищах без отделения их перегородками. В стеллажах предусматриваются поперечные проходы высотой не менее 2 м и шириной не менее 1,5 м через каждые 40 метров. Между торцами стеллажей и стенами должны быть смотровые проходы не менее 0,8 метра. Оконные проемы в складских зданиях многоуровневого хранения отсутствуют в соответствии с требованиями пожарной безопасности.

Параметры внутреннего и наружного воздуха

Расчетные параметры микроклимата склада следует принимать по условиям технического задания на проектирование, а при их отсутствии – по [2] для обеспечения требуемой температуры, относительной влажности и других параметров, в пределах допустимых норм:

- в холодный период года (параметры Б) температуру воздуха минимальную из допустимых температур, но не ниже 10 °С;
- в теплый период года (параметры А) температуру



■ Рис. 1. Принципиальная схема воздушораспределения склада

воздуха в пределах допустимых температур;

- скорость движения воздуха не нормируется или в пределах допустимых норм;
- относительная влажность воздуха в пределах допустимых норм.

Кондиционирование воздуха в складе предусматривают в соответствии с требованиями технологии хранения продукции, или если заданные метеорологические условия и чистота воздуха в помещении склада не могут быть обеспечены системами вентиляции.

Тепловой расчет и воздухообмен

Для складских зданий не существует норм удельного расхода тепловой энергии на отопление, поэтому тепловую нагрузку следует определять расчетом [3]. Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания (трансмиссионные потери) являются одним из основных компонентов в структуре затрат теплоты. Инfiltrация через стены и покрытия невелика, поэтому ею обычно пренебрегают. Затраты

теплоты на нагрев наружного воздуха через открывающиеся двери и ворота в расчетном режиме учитываются добавками к основным теплопотерям. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту 45° и более) в зоне теплопроводных включений, в углах и зенитных фонарей должна быть проверена расчетом и должна быть не ниже точки росы. Объемы современных складских зданий значительны, поэтому воздухообмен помещения определяется не по кратностям, а расчетом исходя из минимальной потребности в наружном воздухе.

Водяное отопление складов

В складских зданиях предусматривают дежурное – водяное отопление с местными нагревательными приборами и основное – воздушное. В качестве теплоносителя, как правило, следует применять воду. Нагревательные приборы водяного отопления устанавливают у пола, вдоль наружных ограждений,

для предотвращения «выхолаживания» нижней зоны складов. Они должны иметь гладкую поверхность, позволяющую производить очистку поверхности.

Принципиальные решения

Принципиальные решения систем воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха склада являются ответственной задачей вследствие полного заполнения склада стеллажами больших размеров при высоте склада более 6 м и при необходимости в равномерном распределении температуры воздушной струи по высоте, значительных перепадах температуры приточного воздуха и воздуха в помещении и многих других факторах.

Анализ возможных схем систем воздушного отопления стеллажных складов показал, что наиболее рациональной схемой является подача воздуха струями сверху вниз из направляющих сопел, компактными и коническими несмыкающимися струями. Подача воздуха струями сверху вниз для складов хранения автомобилей успешно реализована и подробно представлена в статье [4].

Результаты эксплуатации складов автомобилей подтвердили высокую эффективность рассматриваемой схемы воздушного отопления и вентиляции при минимальных расходах приточного воздуха [4].

Автором статьи в 80–90-х годах были выполнены натурные испытания других зданий с аналогичными схемами воздухо-распределения, которые также подтвердили аэродинамическую устойчивость и высокую эффективность систем воздушного

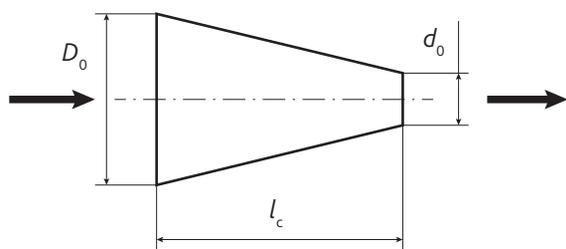


Рис. 2. Эскиз соплового воздухораспределителя



Рис. 3. Общий вид соплового воздухораспределителя

отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха помещений и, к сожалению, в настоящее время в практике строительства применяются довольно редко.

Направляющие сопла

При проектировании:

- определяют общий расход приточного воздуха для обеспечения отопительной нагрузки склада;
- размещают сопла в верхней зоне склада между стеллажами, равномерно – в проездах или проходах, причем предусматривают минимальное количество сопел;
- принимают максимальную температуру подаваемого воздуха, но не выше 50 °С;
- производят расчет сопла [6] и определяют размеры выходного отверстия d_0 сопла, расходы воздуха и скорости приточного воздуха;
- скорость воздуха в подводящем воздуховоде должна быть ниже скорости воздуха, выходящего из сопла.

Сопла могут изготавливаться индивидуально (рис. 2), также их можно выбрать из каталога производителя (рис. 3). При индивидуальном изготовлении сопловые воздухораспределители должны иметь вид конуса (см. рис. 2).

Конструкторский расчет сводится к определению размера выходного размера фланца для присоединения к воздуховоду D_0 и длине сопла l_c .

Диаметр выходного сопла d_0 следует принимать по расчету в диапазоне от 20 до 60 мм. Для обеспечения равномерного подвода воздуха к воздухораспределителю длина прямого участка l_c должна быть не менее диаметра присоединительного патрубка. Коническая струя на выходе из сопла не смыкается, если угол при вершине конуса составляет $60 \pm 2,5^\circ$.

Аэродинамические и тепловые характеристики воздухораспределителя индивидуального или каталожного воздухораспределителя (рис. 3) должны соответствовать требованиям [5].

При сосредоточенной подаче воздуха по схеме сверху вниз коэффициент эффективности и коэффициент местного сопротивления сопла допускается принимать равным единице, если иного не указал производитель. После определения основных параметров сопла производят проверочный расчет системы воздухораспределения склада в холодный и теплый периоды года. Для проверки воздухообменов по избытку тепла L_t допускается использовать формулу

$$L_t = Q_{\text{изб.}} / K_T \times (t_{\text{р.з}} - t_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{изб.}}$ – теплота, поступающая в склад, кВт;

$$K_T = t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}} / t_{\text{р.з}} - t_{\text{пр}}$$

– теплоемкость воздуха, кДж/кг·°С,

– плотность воздуха, кг/м³;

$t_{\text{ух}}$ – температура удаляемого воздуха, °С;

$t_{\text{р.з}}$ – температура рабочей зоны, °С;

$t_{\text{пр}}$ – температура приточного воздуха, °С.

Вентиляционное оборудование и воздуховоды

Для складских зданий необходимо использовать оборудование повышенной надежности. Вентиляционное оборудование может быть размещено на антресольных этажах, на строительных ограждениях склада или на обслуживаемой кровле. При размещении приточных установок на кровле воздухонагреватели целесообразно размещать на воздуховодах в складе, но при этом следует обязательно обеспечить возможность доступа для их обслуживания.

Схема работы приточных установок

- В теплый период года приточные установки работают прямооточном режиме. Если

необходимо охлаждение приточного воздуха, то в приточных установках следует предусматривать блоки с непосредственным охлаждением.

- В переходный и холодный периоды года приточные установки работают в режиме воздушного отопления и вентиляции, причем в зависимости от температуры наружного и внутреннего воздуха они должны изменять соотношение наружного и рециркуляционного воздуха;
- Удаление вытяжного воздуха из складов – естественное, через вытяжные шахты на кровле, совмещенные с шахтами дымоудаления.

Воздуховоды должны быть, как правило, круглого сечения и максимально короткими. Скорости воздуха в воздуховодах рекомендуется применять от 18 до 25 м/с. Воздуховоды приточных систем следует располагать у потолка, а также в межферменном пространстве вдоль проходов между стеллажами. Сети воздуховодов отдельных проходов следует объединять для резервирования с расходом воздуха не менее 50 %.

Теплоизоляция воздуховодов, если нет охлаждения приточного воздуха, не обязательна.

Воздушно-тепловые завесы

При расчете завесы, которая будет установлена в складе, необходимо учитывать тип ворот, интенсивность их эксплуатации, будут ли в проемах останавливаться транспортные средства, а также другие факторы. Воздушные завесы устанавливаются внутри помещения, сбоку от ворот

с каждой стороны открываемого проема. Температуру воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, следует принимать по расчету, но не выше +70 °С. Скорость выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушных и воздушно-тепловых завес проверяется на перекрытие проема или на дальнобойность струи геометрическим способом или рассчитывается, но не должна превышать 25 м/с. Если размеры транспортных средств разнохарактерные, рекомендуется использовать вентиляторные блоки с направляющими устройствами. Это позволяет оперативно включать необходимое количество воздушно-тепловых завес, расположенных по высоте ворот, в зависимости от высоты автомобиля.

Аварийная вентиляция

Системы аварийной вентиляции следует предусматривать в помещениях с производствами категорий В4, а также в помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух больших количеств вредных или взрывоопасных газов или паров. Работу систем аварийной вентиляции складов категорий А, Б, В1, В2, В3 и В4 должны поддерживать не менее двух вентиляционных установок. Если аварийная вентиляция совмещена с основной системой, то необходимо предусмотреть ее работу в форсированном режиме с максимальным расходом для быстрого устранения последствий загрязнения или пожара.

Дымоудаление

Дымоудаление в складах предусматривается через автоматически открывающиеся

при пожаре зенитные фонари в кровле. Учитывая, что в здании нет постоянных рабочих мест, противодымная вентиляция предусматривает обеспечение безопасной работы пожарных подразделений [7]. Вытяжные шахты (люки) дымоудаления следует располагать над проходами между стеллажами, причем площадь дымовой зоны не должна превышать 1600 м².

Энергосбережение

Приточные установки должны быть оборудованы электродвигателями с частотным регулированием, что позволяет осуществлять количественное регулирование расхода и обеспечивать их энергетическую эффективность. 

Литература

1. СП 57.13330.2011 «Складские здания». М., 2011.
2. ГОСТ 12.1.005–88 «Общие требования к воздуху рабочей зоны». М., 2008.
3. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». М., 2012.
4. Агафонова И. А., Стронгин А. С., Шилькрот Е. О. Отопление и вентиляция современных складских комплексов // АВОК. – 2004. – № 6.
5. ГОСТ 32548–2013 «Воздухораспределительные устройства». М., 2013.
6. Рекомендации до расчета отопительно-вентиляционных систем с направляющими соплами. М.: Изд-во ЦНИИПромзданий, 1984.
7. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности». М., 2013.