

## ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИИ

Производственные процессы, воздействуя на физико-химическое состояние воздушной среды, могут приводить к отклонению ее от нормативных требований в рабочей зоне. К числу факторов, обуславливающих эти изменения, относятся: избыточное выделение конвекционного тепла и влаги, загрязнения парами и газами химических веществ, а также пылью. Возможны различные сочетания этих факторов.

Создание необходимых параметров микроклимата и чистоты воздуха должно достигаться прежде всего мерами технологического и архитектурно-строительного характера. К технологическим мерам относятся применение таких прогрессивных способов, как комплексная механизация и автоматизация производства, герметизация технологического оборудования, пылеподавление с помощью увлажнения сырья и материалов, ограничение применения токсичных видов сырья, вспомогательных продуктов и материалов и т. д.

Меры архитектурно-строительного плана должны предусматривать достаточную площадь и кубатуру производственных помещений, условия для хорошего естественного проветривания и в то же время исключать возможность дополнительного загрязнения воздуха производственных помещений от внешних источников.

Не всегда, однако, удастся указанными мерами обеспечить полное соответствие воздушной среды требованиям санитарного законодательства. В этих случаях с целью предупреждения загрязнения воздуха рабочих помещений и удаления избытков тепла, влаги и загрязняющих воздух вредных веществ, прибегают к созданию различных систем вентиляции.

**Вентиляцией** называется совокупность мероприятий и устройств, необходимых для обеспечения заданного состояния воздушной среды в рабочих помещениях.

Вентиляционное оборудование, объединенное в один агрегат (для удаления или подачи воздуха), носит название **вентиляционной установки**.

Совокупность различных вентиляционных установок, имеющих единое назначение (удаление пыли, газов, тепла, влаги и т. п.), принято называть **вентиляционной системой**.

Среди санитарно-технических мероприятий вентиляция занимает одно из основных мест в системе оздоровления условий труда на производстве. Благодаря вентиляции во многих случаях удается добиться снижения запыленности воздуха и загрязнения его вредными газами и парами, нормализовать микроклиматические условия.

Однако следует помнить, что организация даже самой мощной и высокоэффективной вентиляции, требующей значительных капиталовложений, не всегда дает возможность

устранить строительно-планировочные просчеты, последствия нерациональной технологии и другие недостатки производственного процесса, приводящие к нарушению санитарных требований. При этом вентиляционное хозяйство бывает эффективно лишь при правильной эксплуатации, что также связано с экономическими и другими издержками.

### Виды производственной вентиляции

По способу перемещения воздуха вентиляция делится на естественную и механическую.

В зависимости от способа организации воздухообмена вентиляция может быть местной и общей.

По принципу действия вентиляционные установки подразделяют на:

1) вытяжные (предназначенные для удаления воздуха), которые в свою очередь могут быть местными и общими;

2) приточные (осуществляют подачу воздуха), которые подразделяются на местные (воздушные души, завесы, оазисы) и общие (рассеянный или сосредоточенный приток).

При естественной вентиляции воздухообмен происходит за счет разности температур, а следовательно, и удельных весов воздуха внутри производственного помещения и вне его, т. е. работают под влиянием теплового напора и за счет воздействия ветра (ветровой напор).

Действие этих источников тем больше, чем больше разница температур в верхней и нижней зонах помещения и чем больше высота последнего.

Разность температур воздуха внутри помещения (где она более высокая) и снаружи вызывает поступление холодного воздуха в помещение и вытеснение из него теплого воздуха. При действии ветра с наветренной стороны здания создается избыточное давление и свежий воздух поступает в помещение. С заветренной стороны здания создается пониженное давление, вследствие чего происходит удаление теплого или загрязненного воздуха из помещения. Эти явления широко используются для естественной вентиляции в цехах с избыточными тепловыделениями. Однако большие воздухообмены, создаваемые естественной вентиляцией, не всегда обеспечивают должный гигиенический эффект.

При большой площади неплотностей в наружных ограждениях производственных зданий, открывании ворот и дверей в холодное время года вследствие теплового и ветрового напоров могут возникать сквозняки и переохлаждение рабочей зоны, а при большой удаленности рабочих мест от мест поступления наружного воздуха летом, наоборот, могут создаваться условия недостаточного проветривания рабочей зоны. С целью обеспечения нормального естественного проветривания требуется специальная организация воздухообмена и управление им.

Естественная вентиляция производственных помещений может быть неорганизованной и организованной.

При неорганизованной вентиляции (проветривании) поступление и удаление воздуха происходит через окна, форточки, специальные проемы, а также и через неплотности наружных ограждений (инфильтрация).

Организованная регулируемая естественная вентиляция производственных помещений называется аэрацией. Она осуществляется с помощью специально создаваемых конструктивных элементов промышленных зданий — аэрационных фонарей.

При отсутствии в перекрытиях зданий светоаэрационных фонарей естественная вентиляция может быть несколько улучшена с помощью специальных каналов или шахт, функционирующих под действием теплового напора. Для этого шахты снабжаются специальными насадками — дефлекторами (рис. 13). Действие дефлекторов основано на том, что ветер, обдувая окружность насадки, создает в ней разрежение, благодаря чему дефлектор способствует подсасыванию воздуха через шахту. Для полного использования ветрового напора шахты необходимо размещать на самых высоких участках кровли. Шахты с дефлекторами применяются для удаления загрязненного или перегретого воздуха из помещений сравнительно небольшого объема (коровников, свинарников, сельскохозяйственных мастерских), а также для локализованного удаления горячих газов от кузнечных горнов, печей и т. д.

Наиболее рациональным способом естественного воздухообмена является аэрация. Она используется для проветривания цехов с большими теплоизбытками, способствуя удалению не только избыточного тепла, но вместе с ним и вредных паров и газов. Аэрируемые здания (рис. 14) оборудуются тремя рядами проемов (1—3), снабженных специальными фрамугами. В стенах зданий проемы устраиваются на двух уровнях: на высоте 1—1,5 м от пола (1) и на высоте 4—6 м от пола (2). В верхней части здания (обычно в перекрытии) оборудуются застекленные светоаэрационные фонари, проемы которых снабжены фрамугами, способными открываться на необходимую величину (3).

В летнее время свежий воздух поступает через открытые нижние проемы (1) и удаляется через верхние (2). Схему движения воздушных потоков при безветрии см. на рис. 14, а, б и в ветренную погоду. В зимнее время поступление наружного воздуха происходит через верхние проемы в стенах. Высота принимается с таким расчетом, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения. Таким образом предупреждается переохлаждение работающих.

Воздухообмен регулируется изменением положения створок

фрамуг. При расчете аэрации определяют необходимую площадь проемов. Расчет производят для летнего времени при безветрии, как наиболее неблагоприятном для аэрации.

Действие ветра обычно благоприятно сказывается на воздухообмене, усиливая его. Однако при определенных направлениях ветра происходит его задувание в верхние проемы фонарей здания, в результате чего потоки наружного воздуха смешиваются с пылью и газами и попадают в рабочую зону. Для исключения этого явления устраивают так называемые незадуваемые фонари, оборудованные ветрозащитными щитами.



Воздух, поступающий в цех при аэрации, может быть подвентрирован охлаждению путем тонкого распыления воды с помощью форсунок в плоскости приточных проемов. Испаряясь, вода понижает температуру окружающего воздуха и несколько повышает его влажность. Применение искусственного охлаждения приточного воздуха аэрационных устройств особенно важно в южных районах страны.

Аэрируемые здания должны отвечать определенным архитектурно-строительным требованиям. Здание должно быть свободно по периметру, чтобы обеспечить возможность поступления в него наружного воздуха через аэрационные проемы. В виде исключения допускается пристройка, но не более 40% протяженности продольных стен.

Наилучшие условия аэрации создаются в однопролетных одноэтажных зданиях достаточной высоты. Допускается размещение аэрируемых цехов в верхних этажах многоэтажных зданий.

Большие затруднения встречаются при естественной вентиляции многопролетных зданий, ширина которых может достигать 100—200 м и более. В этих условиях подача свежего незагрязненного воздуха к рабочим местам, расположенным в центре помещения, практически невозможна. В этих случаях аэрацию осуществляют через специальные фонари конструкции Батурина, в которых приток и вытяжка разъединены (в то же время они являются незадуваемыми). Надо иметь в виду, что аэрация многопролетных зданий с притоком через отверстия в кровле при небольших избытках тепла в зимнее время может привести к переохлаждению рабочей зоны. В таких помещениях должна предусматриваться механическая вентиляция с подогревом воздуха.

Для управления аэрацией должны быть оборудованы надежные механизмы. Достоинством аэрации является возможность осуществления больших воздухообменов (до нескольких миллионов кубических метров в час). Устройство системы аэрации дешевле механических систем вентиляции, но значительно сложнее в управлении, так как зависит от погодных условий: величина воздухообмена может значительно колебаться в зависимости от скорости ветра, температурного режима внутри здания и других условий. В результате этого в летнее время

эффективность проветривания может значительно снижаться вследствие повышения температуры наружного воздуха, особенно в безветренную погоду. При аэрации не всегда бывает возможно осуществить подачу свежего воздуха на все рабочие места, особенно отдаленные.

Серьезным препятствием для использования аэрации является то, что наряду с теплоизбытками воздух соответствующих рабочих помещений содержит также вредные пары, газы и аэрозоли, выброс которых в наружную атмосферу без очистки недопустим. При использовании аэрации очистка вентиляционного воздуха невозможна.

**Механическая вентиляция.** В отличие от естественной механическая вентиляция позволяет производить предварительную обработку приточного воздуха (очистку, увлажнение, нагрев или охлаждение) и очистку от пыли, газов и других примесей удаляемого воздуха перед выбросом его в атмосферу. Из других достоинств механической вентиляции следует отметить такие, как равномерная работа круглый год в необходимых объемах независимо от наружных погодноклиматических условий, а также возможность подачи воздуха в любую точку рабочего помещения и удаления воздуха из любой точки; при необходимости величины воздухообменов можно менять в значительных пределах.

В борьбе с производственными вредностями ведущее место занимает местная механическая вытяжная вентиляция. Она предназначена для улавливания и удаления загрязненного воздуха непосредственно от мест образования или выхода вредных выделений. Эффективность действия местной вытяжной вентиляции зависит от рационального выбора и совершенства конструкции воздухоприемника местного отсоса, степени укрытия и достаточности разряжения, создаваемого установкой, и других условий.

Элементами вытяжной установки являются отсос (воздухоприемник), через который воздух удаляется из помещения, воздуховоды; вентилятор; оборудование для очистки воздуха от пыли и газов; устройство для выброса воздуха — вытяжная шахта.

В соответствии с нормативами при использовании принципа рециркуляции необходимо соблюдать следующие условия: количество наружного воздуха должно составлять не менее 20% от общего количества воздуха, подаваемого в помещение; воздух, поступающий в помещение, не должен содержать более 30 ПДК вредных веществ 4-го класса опасности. При наличии в воздухе более вредных веществ — 1, 2, 3-го классов опасности — рециркуляция запрещается. Применение рециркуляции также недопустимо в производственных помещениях, воздух которых может содержать неприятные запахи или болезнетворные бактерии, вирусы, грибы. Рециркуляция недопустима в пожароопасных помещениях.

**Кондиционирование воздуха** — это создание и автоматическое регулирование в помещениях заданных параметров микроклимата и санитарно-гигиенических параметров (температуры, влажности, подвижности воздуха). Системами кондиционирования должен подаваться воздух, свободный от пыли. Иногда к нему предъявляются требования по очистке от бактерий, по ионизации, дезодорации или ароматизации.

На промышленных предприятиях кондиционирование воздуха применяется в двояких целях: либо для обеспечения оптимальных санитарно-гигиенических условий, микроклимата, создание которых с помощью обычной вентиляции невозможно, либо в технологических целях. В последнем случае кондиционеры применяют для поддержания определенных температурно-влажностных условий при работе на прецизионном оборудовании, предназначенном для обработки изделий с минимальными допусками (точное машиностроение, оптическая промышленность, приборостроение); для обеспечения особой чистоты воздуха (полупроводниковая, электровакуумная промышленность и т. п.); для поддержания заданного содержания влаги в материалах и продукции (ткацкие цехи и др.).

Неотъемлемой частью систем кондиционирования воздуха являются технические средства контроля, автоматического и дистанционного управления, а также средства обработки воздуха (тепло- или хладоснабжения, осушения или увлажнения, очистки).

Системы кондиционирования по способу приготовления и раздачи воздуха подразделяются на центральные и местные. В центральных кондиционерах обработка воздуха осуществляется в агрегатах, установленных вне обслуживания помещений, откуда он распределяется по воздуховодам. В местных кондиционерах приготовление воздуха происходит непосредственно в обслуживаемом помещении, а раздача — без воздуховодов.

Кондиционеры, которые могут постоянно работать только на свежем наружном воздухе, носят название **прямоточных**. Такие кондиционеры применяются для помещений, в которых по санитарным требованиям не допускается рециркуляция воздуха.

Другие кондиционеры — **непрямоточные** — работают по схеме частичной рециркуляции воздуха. Применение рециркуляции в системах кондиционирования допускается в любое время года, при этом должны строго соблюдаться санитарные требования рециркуляции. Кондиционеры не должны служить источниками вторичного загрязнения воздуха, например повышенным содержанием углекислого газа при нарушении правил рециркуляции; масляными аэрозолями в случае использования масляных фильтров для очистки приточного воздуха и т. п.

Кондиционирование воздуха — перспективный в гигиеническом отношении вид вентиляции производственных помещений. Хотя оно и требует по сравнению с другими видами вентиляции больших средств на ее устройство и эксплуатацию, однако, как показывает опыт, эти затраты окупаются за счет повышения работоспособности, а следовательно, и производительности труда, улучшения качества продукции и т. п.

Уже сегодня применение кондиционирования воздуха является незаменимым средством поддержания комфортных микроклиматических условий в кабинах промышленных кранов, кабинах пультов управления и других ограниченных по объему помещениях, размещенных в цехах с избыточными теплогазовыделениями.

### **Санитарно-гигиенические требования к вентиляции**

Основные санитарно-гигиенические требования к вентиляции производственных помещений определены санитарными нормативами, а также строительными нормами и правилами (СН и П) «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Для эффективной работы вентиляции важно, чтобы еще на стадии ее проектирования было предусмотрено выполнение ряда санитарно-гигиенических и технических требований. Объем потребного воздуха должен быть достаточным. Количество воздуха, необходимого для вентиляции производственных помещений и обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей зоне, устанавливается расчетным способом. Расчет ведется соответственно по избытку явного тепла или влаги или по количеству выделяющихся вредностей (пыли, газов, паров). При одновременном выделении в помещении тепла, влаги и вредных веществ (или их различных сочетаний) необходимый воздухообмен должен устанавливаться по преобладающей вредности.

В соответствии с санитарными нормами количество наружного воздуха, подаваемого в помещение на одного работающего, должно составлять не менее 30 м<sup>3</sup>/ч при работе в помещении меньше 20 м<sup>3</sup> на одного человека и не менее 20 м<sup>3</sup>/ч при объеме помещения больше 20 м<sup>3</sup> на одного человека. В помещениях с объемом более 40 м<sup>3</sup> на каждого работающего при наличии окон или окон и фонарей и при отсутствии выделения вредных или неприятно пахнущих веществ допускается устраивать периодически действующую вентиляцию.

Баланс приточного и удаляемого воздуха должен соответствовать назначению вентиляции и конкретным условиям ее применения. В классических случаях количество приточного воздуха должно соответствовать количеству удаляемого, разница между ними должна быть минимальной. Однако иногда необходима специальная организация воздухообмена с преобладанием того или иного количества воздуха в общем балансе. Например, при проектировании вентиляции в двух смежных помещениях, в одном из которых наблюдается выделение вредных веществ, в нем

необходимо создать отрицательный баланс (небольшое преобладание вытяжки над притоком), тем самым предупредив возможность проникновения загрязненного воздуха в помещение без собственных источников вредности.

В ряде случаев требуются такие схемы организации воздухообмена, когда во всем помещении поддерживается избыточное давление по отношению к атмосферному, т. е. объем приточного воздуха должен быть больше объема удаляемого. Это, например, необходимо в цехах электровакуумного производства, так называемых чистых комнатах, для предупреждения проникания через неплотности в ограждениях наружного воздуха. Положительный воздушный баланс необходим при организации вентиляции с избыточным рассредоточенным влаговыведением для предупреждения образования тумана и конденсата вследствие проникновения холодного воздуха из вне.

Объем воздуха, удаляемый из помещения вытяжными вентиляционными установками, должен компенсироваться организованным притоком чистого воздуха. Неорганизованный приток наружного воздуха для возмещения вытяжки в холодный период года допускается принимать в объеме не более однократного в час, если при этом не будет переохлаждения воздуха и образования тумана.

Приточные и вытяжные системы должны быть правильно размещены. Приток должен обеспечить максимальную чистоту и оптимальные микроклиматические параметры воздуха в рабочей зоне. Вытяжка должна максимально удалять вредные выделения. Система вентиляции не должна вызывать перегрев или переохлаждение работающих. Шум вентиляционных установок не должен увеличивать производственный шум выше допустимого санитарными нормами уровня. Система вентиляции должна быть эффективна во все периоды года при любых климатических и погодных условиях. Система вентиляции не должна быть источником загрязнения окружающей среды. Система вентиляции должна быть проста по устройству, надежна в эксплуатации и соответствовать требованиям электро-, пожаро-, взрывоопасности.

**Способы уменьшения шума и вибрации вентиляционных установок.** Работа вентиляционных установок, как правило, сопровождается большим или меньшим шумом. На промышленных предприятиях с невысоким уровнем шума от производственного оборудования шум, генерируемый вентиляционными агрегатами, может быть одним из основных неблагоприятных факторов производственной среды.

Шум вентиляционных установок может быть механическим и аэродинамическим. Механический шум создается главным образом вентиляторами и электродвигателями в результате плохой амортизации, неудовлетворительной балансировки вращающихся деталей, плохого состояния подшипников и т. п. Механический шум распространяется по воздуху помещения, вентиляционным каналам и нередко через фундаменты вентиляционного агрегата на ограждающие конструкции здания, так называемый структурный шум. Аэродинамический шум возникает в результате вихреобразования при вращении колеса вентилятора, перемещения воздуха в вентиляционных сетях с большой скоростью, при выходе воздуха через приточные отверстия и т. д.

Уменьшение механического шума вентиляционных агрегатов достигается специальными техническими решениями: для устранения вибрации вентилятора его рекомендуется монтировать на виброизолирующих основаниях в отдельной вентиляционной камере. Необходима тщательная динамическая балансировка вра-

щающихся механизмов вентилятора, склеивание кожуха вентилятора звукоизолирующими материалами; для предупреждения распространения механического шума по воздуховодам между последним и вентилятором делаются гибкие неметаллические (брезентовые и др.) вставки.

Снижение аэродинамического шума обеспечивается такими мерами, как правильный подбор вентилятора (он должен создавать необходимый напор при минимальном числе оборотов рабочего колеса), правильный выбор скоростей движения воздуха в воздуховодах; площадь сечения воздуховодов и насадки должны соответствовать своему назначению, не создавать ненужных турбулентных движений воздушных потоков, при необходимости устанавливаются глушители шума.

**Вентиляция в помещениях с избыточными тепловыделениями.** Многие производственные процессы, связанные с нагревом, плавкой, литьем металла, производством строительных материалов (цемента, кирпича, керамики), химического сырья, на тепловых электростанциях сопровождаются выделением значительного количества тепла в производственные помещения.

Если тепловыделения в помещении больше теплотеря, то их разность называют избыточным теплом. Согласно санитарным нормам, производственные помещения с избытками явного тепла при теплонапряженности более 20 ккал/м<sup>3</sup> в 1 ч относятся к помещениям со значительными тепловыделениями или так называемым горячим цехам.

Расчет теплового баланса, т. е. поступающего в рабочее помещение и уходящего из него тепла, является одной из основных