



# Рекомендации по проектированию систем ОВК спортивных сооружений

Ю.В. Миллер, инженер НП «АВОК», otvet@abok.ru

Количество сооружений, предназначенных для проведения спортивных мероприятий, сравнительно невелико. Вместе с тем такого рода объектам свойственны определенные особенности. Большие размеры сооружений, присутствие большого количества людей в течение непродолжительного времени в ограниченном пространстве, разнообразные возможности использования спортивного объекта, необходимость создания принципиально различных комфортных условий для зрителей и спортсменов – учет данных обстоятельств при проектировании систем климатизации объекта создает определенные сложности.

При проектировании и строительстве инженерных сетей крупных спорткомплексов (предназначенных для нескольких видов спорта) постоянно пересматриваются и расширяются задачи эксплуатации. Действительно, все чаще и чаще спортивные сооружения являют собой многофункциональные комплексы, где помимо соревнований по основному виду спорта можно проводить тренировки и другие мероприятия, не связанные со спортом, а именно концерты, различного рода массовые мероприятия, выставки и т.д. Кроме того, если раньше подобные комплексы могли гарантировать лишь минимальный комфорт, то теперь в спортивных сооружениях оборудуются зоны высокого комфорта (англ. suite),

рестораны, конференц-залы, отдельные зоны для курящих. Зрителям обеспечиваются климатически комфортные условия.

Прежде чем изложить основные конструкторские решения, выделим два основных типа сооружений: крытые и открытые (под открытым небом). Что касается последних, то помимо основных сформулированных здесь принципов при их строительстве рекомендуется проводить предварительное исследование возможности использования естественной вентиляции. Излагаемые ниже критерии проектирования в равной степени действительны и для крытых сооружений (или сооружений с раздвижной или съемной крышей).

## Основные критерии проектирования

Принципы проектирования спортивных сооружений имеют свою специфику, во-первых, ввиду создания принципиально различных комфортных условий для зрителей и спортсменов, с учетом их различной физической активности, во-вторых, в силу необходимости обеспечить экономию энергии и средств, и в-третьих, в силу ограниченной продолжительности проводимых на таком объекте мероприятий (в среднем от одного до трех часов). Это осложняет процесс оценки мощности, требующейся для покрытия максимальной нагрузки на системы отопления, вентиляции и кондиционирования. В любом

случае рекомендуется придерживаться параметров действующих стандартов энергосбережения и строительных норм.

Проектировщику необходимо четко представлять основное назначение спорткомплекса и график его эксплуатации. Особое внимание следует уделить расчету того, сколько времени будут заняты места для зрителей, чтобы графически представить динамику максимальной энергетической нагрузки внутри комплекса.

## Климатические условия в помещении

Стандартными параметрами, характеризующими микроклимат помещений, в соответствии с ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» [2] являются температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, результирующая температура помещения, локальная асимметрия результирующей температуры. Также предъявляются требования к уровню освещенности (СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*» [3]) и к уровню звукового давления (СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [4]) в помещениях и на прилегающей территории зданий.

В зарубежных нормативных документах также имеются требования по обеспечению перечисленных выше параметров микроклимата помещений, которые приведены в технических регламентах, например [5, 6]. Как альтернатива существует

руководство ASHRAE [7]. Вот некоторые рекомендации из указанных документов.

В многофункциональных спорткомплексах публика на мероприятиях (концерты, выставки, иные массовые мероприятия) довольно часто движется. В этих случаях и для лета, и для зимы рекомендуется ограничить тепловой перепад между уличной температурой и температурой в помещении.

На стадионах, в спорткомплексах и дворцах спорта люди чаще всего одеты неформально. Но при неблагоприятной погоде на улице микроклимат в помещении может стать критическим обстоятельством, как в холодное время года, так и в жару.

При большом количестве людей и/или когда индекс ощущаемого тепла составляет менее 0,75, необходимо обеспечить нагрев приточного воздуха. Другими словами, необходимо помнить, что в помещениях, заполненные людьми, следует подавать предварительно нагретый воздух, чтобы свести уровень относительной влажности до максимально низкого в периоды полной заполняемости. В северных районах (в основном в холодное время года) следует предусмотреть также установки увлажнения воздуха.

## Температура и влажность

В связи с климатическим разнообразием нашей страны при проектировании зданий значения параметров наружного климата для теплого и холодного периодов года принимаются дифференцированно для соответствующего района строительства



# С НАМИ КОМФОРТНО

## КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Вентиляционное оборудование
- Кондиционеры
- Чиллеры и фанкойлы
- Увлажнители воздуха
- осушители воздуха
- Системы автоматики



### АРКТИКА

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, ОТОПЛЕНИЯ  
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Москва, улица Тимирязевская, 1, строение 4.

Тел.: (495) 981 1515, (499) 755 1515.

Факс: (495) 981 0117.

Санкт-Петербург, улица Разъезжая, 12, офис 43.

Тел.: (812) 441 3530. Факс: (812) 441 3535.

[www.ARKTIKA.ru](http://www.ARKTIKA.ru)



Таблица 1

## Качество воздуха в помещениях согласно [2]

Класс	Качество воздуха в помещении		Допустимое содержание CO <sub>2</sub> , см <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
	Оптимальное	Допустимое	
1	Высокое	–	400 и менее
2	Среднее	–	400–600
3	–	Допустимое	600–1000
4	–	Низкое	1000 и более

Примечание. Допустимое содержание CO<sub>2</sub> в помещениях принимают сверх содержания CO<sub>2</sub> в наружном воздухе, см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

согласно СП 131.13330 «Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*» [8].

Комбинированное влияние температуры воздуха помещения и температуры внутренних поверхностей ограждающих конструкций помещения учитывается путем нормирования значения результирующей температуры помещения, которая равна среднему значению между температурой воздуха помещения и радиационной температурой помещения. При этом локальная асимметрия результирующей температуры помещения должна составлять не более 2,5 °С для оптимальных и 3,5 °С для допустимых показателей [2].

Значения температуры воздуха помещения, результирующей температуры помещения и относительной влажности в соответствии с таблицей 3 [2] принимаются равными:

Для *холодного* периода:

- оптимальные значения температуры воздуха: от +17 до +19 °С; допустимые значения температуры воздуха: от +15 до +21 °С;
- оптимальные значения результирующей температуры помещения: от +16 до +18 °С; допустимые значения температуры воздуха: от +14 до +20 °С;

- оптимальные значения относительной влажности: от 45 до 30%; допустимые значения относительной влажности: ≤60%.

Для *теплого* периода:

- оптимальные значения температуры воздуха: от +23 до +25 °С; допустимые значения температуры воздуха: от +18 до +28 °С;
- оптимальные значения результирующей температуры помещения: от +15 до +17 °С; допустимые значения результирующей температуры помещения: от +13 до +19 °С;
- оптимальные значения относительной влажности: от 60 до 30%; допустимые значения относительной влажности: ≤65%.

При проектировании, согласно СП 118.13330 «Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009» [9], расчетную температуру воздуха следует принимать равной +18 °С для холодного периода и не выше +26 °С для холодного периода.

Что касается зарубежных нормативных требований к параметрам внешних климатических условий, температурные параметры для холодного периода определяются техническими регламентами, например [10], при

этом в качестве расчетной принимается относительная влажность 80%. Температурные параметры и относительная влажность для теплого периода приведены в приложении С [5].

Оптимальное значение температуры помещения при проектировании принимается равным +20 °С для холодного периода (±1 °С) и до +26 °С для теплого периода, с учетом следующих обстоятельств:

- значение теплоизоляции одежды зрителей составит от 0,2 до 0,7 кло;
- допускается и даже рекомендуется из соображений энергосбережения известный допуск параметров температуры. В холодное время года в начале мероприятия допустимая температура составляет +19 °С. Затем по ходу мероприятия она может подняться до +23...+24 °С;
- напротив, в теплое время года в зависимости от значения относительной влажности рекомендуется температура не выше +30 °С. Относительная влажность должна быть в пределах от 40 до 50%, поскольку при большом скоплении людей более низкие значения способствуют распространению бактерий и вирусов, а более

высокие вызывают дискомфорт у зрителей.

## Качество воздуха в помещении

Требуемое качество воздуха в помещении характеризуется таким его составом, при котором при длительном воздействии на человека обеспечивается оптимальное или допустимое состояние организма человека.

Установлено, что степень концентрации газовых загрязнителей, выделяемых человеком, тесно коррелируют с изменением концентрации углекислого газа, выделяемого при дыхании человека. В этой связи концентрация углекислого газа была принята в качестве индикатора качества воздуха.

В табл. 1 приведена классификация качества воздуха в помещениях согласно [2].

В зарубежных нормативных документах различают три степени качества воздуха в помещении (высокая, средняя, низкая) в соответствии с требованиями регламента [11]. Значения концентрации  $\text{CO}_2$  приводятся в приложении А [5] как показатель категории качества воздуха в помещении (см. табл. 2). При этом имеется требование о необходимости обеспечения минимального объема наружного приточного воздуха с учетом замеров параметров качества воздуха в помещении ( $\text{CO}_2$ ) и на этой основе рассчитываются в динамике необходимые объемы наружного приточного воздуха (англ. Demand Control Ventilation).

## Воздухообмен в помещениях

В соответствии с [9] кратность воздухообмена  $\text{ч}^{-1}$  принимается из расчета  $80 \text{ м}^3/\text{ч}$  наружного воздуха на одного спортсмена и  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  наружного воздуха на одного зрителя.

Технический регламент [5] определяет также параметры воздухообмена в помещениях, отведенных для спортивных мероприятий. Они устанавливаются с учетом коэффициента заполняемости  $n_s$  (см. табл. 3) и занимаемой зрителями площади (или объемного расхода на человека), выражаются в  $\text{м}^3/\text{ч}\cdot\text{чел}$ .

Минимальные значения приведены в табл. 4. Следует помнить, что почти всегда на общую тепловую нагрузку существенно влияет интенсивность воздухообмена.

# Умные решения.

Системы охлаждения  
— и их —  
оборудование



Системы кондиционирования воздуха  
— и их —  
оборудование



Сантехнические системы  
— и их —  
оборудование



Системы обогрева  
— и их —  
оборудование



Холодильные шкафы  
— и их —  
оборудование



Вентиляционные системы  
— и их —  
оборудование



Изоляционные системы  
— и их —  
оборудование

**Turkey**  
Discover the potential  
Откройте возможности Турции

WWW.TURKISHHVAC.COM

**isiB**  
Турецкие экспортеры HVAC-R

Реклама

Таблица 2

Категория и качество воздуха в помещении

Категории качества воздуха	Соответствие [11]	Разница содержания CO <sub>2</sub> для уличного воздуха и воздуха в помещении, ppm
Высшая	IDA 1	≤ 400
Средняя	IDA 2	400–600
Низкая	IDA 3	601–1000
Неприемлема по стандарту UNI 10339	IDA 4	> 1000

Источник: приложение А [5].

Таблица 3

Коэффициент заполняемости на единицу площади  $n_z$ , 1/м<sup>2</sup>

Спорткомплексы (игровые поля)	0,25
Зона для зрителей (стоячие места)	0,70
Зона для зрителей (сидячие места)	0,70
Раздевалка для спортсменов	0,20

Источник: [5].

## Скорость воздуха

Важно понимать, что зрители, сидя на занимаемом месте в течение нескольких часов, пока идет мероприятие, не имеют возможности укрыться от сквозняков. В соответствии с требованиями [2] рекомендуется принимать следующие значения скорости движения воздуха в помещении:

Для холодного периода: оптимальное значение скорости движения воздуха 0,2 м/с; допустимое значение скорости движения воздуха 0,3 м/с.

Для теплого периода: оптимальное значение скорости движения воздуха 0,15 м/с;

допустимое значение скорости движения воздуха 0,25 м/с.

За рубежом обычно значение средней скорости движения воздуха принимают от 0,15 до 0,25 м/с. При этом допустимыми считаются параметры в диапазоне 0,25–0,30 м/с [5].

## Очистка воздуха

Очистка воздуха от пыли в системах механической вентиляции и кондиционирования должна обеспечивать содержание пыли в подаваемом воздухе не более ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов, согласно требованиям

СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01–2003» [12].

Согласно регламенту ASHRAE [13] минимально допустимая эффективность фильтрации воздуха должна составлять 30–35% (что в ЕС соответствует классу энергосбережения 4G). Тем не менее с учетом требований [14, 15, 16] рекомендуется на последней стадии очистки предусмотреть минимальную эффективность порядка 80% (класс M6/F7), особенно в системах, обслуживающих объекты, где разрешено курение (в отдельных помещениях, отведенных для курения, могут применяться системы на основе ионизации и угольной очистки). Аналогичные меры используются в зонах повышенной комфортности (suite, см. табл. 5), где особый режим необходим для ухода за дорогостоящей мебелью и проч. Если качество уличного воздуха низкое, рекомендуется использовать соответствующие фильтры

Таблица 4

Расход наружного воздуха  $q_{v, o, p}$  (м<sup>3</sup>/ч·чел.)

Тип помещения	Категория помещения		
	Высшая	Средняя	Низкая
Спорткомплексы (игровые поля)	22,5	18,0	13,5
Зона для зрителей (стоячие места)	31,5	25,2	18,9
Зона для зрителей (сидячие места)	31,5	25,2	18,9
Раздевалка для спортсменов	31,5	25,2	18,9

Источник: стандарт [5].





■ Рис. 1. Крытый стадион Mediolanum Forum (Ассаго, Италия). Сооружение используется также для разнообразных мероприятий, не связанных со спортом, поэтому очевидно, что инженерные сети здания должны быть универсальными и адаптироваться к различным требованиям

для удаления из воздуха газообразных загрязняющих веществ.

## Уровень шума

Уровень шума зависит от типа спортивного мероприятия, проводимого в спорткомплексе.

Согласно требованиям [4] эквивалентный уровень звука не должен превышать 45 дБА, а максимальный уровень звука в помещениях спортзалов не нормируется.

## Тепловая нагрузка

Основным источником тепловой нагрузки и фактором, обуславливающим необходимость вентиляции помещения, являются зрители (см. табл. 6). При

расчете тепловой нагрузки нужно прежде всего понимать, для чего конкретно используется помещение и насколько различные нагрузки будут совпадать по времени. Время эксплуатации здания обычно сводится к времени проведения спортивного мероприятия в вечерние часы общей продолжительностью от одного до трех часов.

Во время соревнований помещение полностью занято зрителями. Как правило, бывает один или два перерыва, когда публика заполняет коридоры на относительно короткие промежутки времени. При этом в течение года объект используется неравномерно, поскольку в закрытом помещении мероприятия проводятся летом значительно реже.

В табл. 7 приведены средние значения явной и скрытой

теплоотдачи человека в зависимости от его подвижности, согласно данным «Технического регламента по кондиционированию, отоплению, вентиляции и охлаждению» (ASHRAE, Атланта).

## Особенности тепловых нагрузок

В зависимости от конкретного вида мероприятия тепловая нагрузка варьируется от очень низкой до очень высокой, например для выставочных мероприятий. Тепловая нагрузка зависит также от расположения и количества кресел для зрителей. Использование вентиляционного оборудования с инвертером помогает справляться с сильными скачками нагрузки. Для любых помещений с большим числом

Таблица 5

## Класс минимальной фильтрации по стандарту UNI 10339:2014

Тип помещения	Категория качества воздуха с улицы	Класс фильтров		
		Категория качества воздуха в помещении		
		Высшая	Средняя	Низкая
Спортзалы	Высшая	F7	M6	M5
	Средняя	F8	F7	M6
	Низкая	F8*	F7*	M6*

\* В этих случаях нужно учитывать очистку воздуха соответствующим фильтром.

Таблица 6

## Тепло- и влаговыделения от людей

Показатели	Количество теплоты (Вт) и влаги (г/ч) при температуре					
	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
<b>Состояние покоя</b>						
Теплота явная	140	120	90	60	40	10
Теплота полная	165	145	120	95	95	95
Влаговыделение	30	30	40	50	75	115
<b>При легкой работе</b>						
Теплота явная	150	120	100	65	40	5
Теплота полная	180	160	150	145	145	145
Влаговыделение	40	55	75	115	150	200
<b>При работе средней тяжести</b>						
Теплота явная	165	135	105	70	40	5
Теплота полная	215	210	205	200	200	200
Влаговыделение	70	110	140	185	230	280
<b>При тяжелой работе</b>						
Теплота явная	200	165	130	95	50	10
Теплота полная	290	290	290	290	290	290
Влаговыделение	135	185	240	295	355	415

посетителей физическое расположение кресел и различные комбинации системы освещения являются наиболее важными переменными, влияющими на параметры нагрузки.

## Люди

Количество людей зависит от количества зрительских мест.

Если такие данные отсутствуют, в качестве основы берутся следующие значения:

- от 0,7 до 1,5 чел./м<sup>2</sup> на главной арене;
- от 1,4 до 2,0 чел./м<sup>2</sup> в коридорах и смежных помещениях во время перерывов.

## Освещение

Нагрузка на осветительные приборы варьируется в зависимости от вида мероприятия и конкретного этапа его проведения. Наиболее освещенной является зона, где непосредственно

проходит игра или спортивное состязание. Следовательно, нагрузку можно определить, взяв за максимальное значение 1600 люкс, требующееся для теле съемки. Во время спортивных мероприятий партер со зрительскими местами обычно слабо освещен. Только во время рассаживания и выхода зрителей, а также во время перерывов освещение увеличивается.

Одновременно необходимо определить среднее значение освещенности в период

Таблица 7

Средние значения явной  $q_s$ , Вт, и скрытой (испарение влаги)  $G_v$ , г/ч, теплоотдачи человека в зависимости от его подвижности

Вид деятельности	$q_s$	$G_v$
Сидячее положение, человек в состоянии покоя (зритель)	70	65
Сидячее положение, малая подвижность (человек в ресторане)	80	115
Человек стоит	80	200
Человек в движении (малая активность)	90	230
Человек в движении, средняя активность (быстрый шаг)	110	265
Человек занимается спортом	210	450

максимальной заполняемости, это позволит установить не только максимальное значение нагрузки, но и корректное значение нагрузки, генерируемой заполненным помещением. Согласно требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [17], освещенность должна составлять не менее 200 лк.

## Кондиционирование

Из-за большого воздухообмена система обслуживается несколькими агрегатами воздухоподготовки, в том числе с регулируемым расходом, как правило, работающими полностью на наружном воздухе.

## Сокращение максимальной нагрузки

На сегодня известны несколько способов снижения энергопотребления. Например, при определенных условиях эксплуатации объекта экономически выгодным представляется метод аккумуляции холода в ночные часы.

Другой популярный метод состоит в предварительном охлаждении помещения задолго до начала спортивного мероприятия. Охладив полностью весь объем воздуха в помещении, можно существенно ограничить энергопотребление на период фактической активизации объекта. Таким образом, можно естественно снизить производительность холодильной установки.

## Вентиляция и распределение воздуха

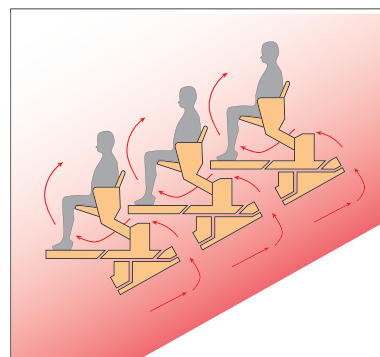
В спорткомплексах люди обычно остаются в сидячем положении в течение почти всего мероприятия, поэтому важно избегать сквозняков. Возникает необходимость проектировать систему распределения воздуха таким образом, чтобы она могла поддерживать комфортные условия в зоне сидячих мест.

Подогрев арены при помощи только воздушного отопления не представляет проблемы. А вот входам и коридорам, а также фазе предварительного нагрева помещения (в случае использования дежурного отопления) требуется особое внимание.

Организация вытяжки на объектах этого типа играет важную

роль в обеспечении эффективного распределения потоков воздуха. Воздухозаборные решетки, расположенные недалеко от сидячих мест, на уровне более низком, чем трибуны, помогают регулировать распределение воздуха и избегать резких перепадов.

В силу высоких рабочих характеристик наибольшей популярностью для подачи воздуха на стадионах пользуются сферические сопла в режимах средней и высокой скорости. В режиме охлаждения такое оборудование работает по принципу spot cooling (локального охлаждения), в режиме отопления оборудование предотвращает вертикальную стратификацию, что делает возможным работу с более высоким параметром теплового перепада.



■ Кондиционирование воздуха в зоне трибун



В подобных помещениях невозможно строго соблюдать максимальную скорость воздуха на охватываемой территории, тем не менее при охлаждении необходимо удостовериться, что отклонение струи воздуха не спровоцировало появления нежелательных потоков воздуха, направленных на зрителей.

## Стратификация

Немалая часть спортивных сооружений имеет значительную высоту, в силу этого возможна стратификация образуемого внутри теплого воздуха в верхней части помещения и уменьшение тем самым нагрузки на холодильную установку. Теплопоступления вследствие работы осветительных приборов вполне можно стратифицировать, кроме лучистой составляющей (около 50% для флуоресцентных ламп и существенно меньше для новых моделей LED).

Аналогичным образом, только лучистая составляющая верхней части стен и потолка (около 33%) будет ощущаться в зрительской зоне. Чтобы это происходило, необходимо организовать приток и вытяжку таким образом, чтобы предотвратить смешивание приточного воздуха с нагретыми слоями воздуха, которые находятся в верхней части помещения. Однако в холодное время года принцип стратификации может требовать больших энергозатрат на мероприятиях с малым количеством зрителей.

## Другие зоны

Как отмечалось выше, служебные зоны спортивных объектов массово заполняются во время входа и выхода из спорткомплекса, а также во время

перерывов. В этих зонах могут скапливаться запахи от предприятий общественного питания, а также от помещений для курящих. Очевидно, в определенные моменты приходится увеличивать объемы подаваемого воздуха и активизировать очистку воздуха (посредством угольных фильтров). Офисы, рестораны и магазины открыты не только во время спортивных мероприятий, поэтому важно предусмотреть автономное оборудование для этих помещений. Рекомендуется предусмотреть интеграцию различного оборудования для вентиляции и кондиционирования всего здания, чтобы использовать возможные излишки электроэнергии, получаемые в главной зоне, для вентиляции служебных помещений и наоборот. На этапе проектирования при определении местоположения технических помещений следует учитывать, что механическое и электрическое оборудование обладает повышенным уровнем функционального шума, поэтому желательно размещать его как можно дальше от зрительного зала, иных зрительных зон и игрового поля. С учетом данного обстоятельства определяется конфигурация инженерного оборудования объекта.

## Литература

1. Luca Ferrari. Linee guida impianti per lo sport. RCI. 2015. № 3.
2. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
3. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05–95\*.
4. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03–2003.

5. UNI 10339:2014. Impianti aerulici per la climatizzazione – Classificazione, prescrizione e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura.
6. UNI 8199/98. Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione.
7. ASHRAE Handbook – HVAC Applications 2011.
8. СП 131.13330. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01–99\*.
9. СП 118.13330. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06–2009.
10. UNI EN 12831. Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
11. UNI EN 13779:2008. Ventilazione degli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione.
12. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01–2003.
13. ASHRAE 52.1–1992. Gravimetric and Dust-Spot Procedures for Testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter.
14. UNI EN 779:2012. Filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale – Determinazione della prestazione di filtrazione.
15. UNI EN 1822–1:2010. Filtri per l'aria ad alta efficienza (EPA, HEPA e ULPA).
16. UNI 11254. Electrostatic air filters with active charge for general ventilation – determination of the filtration performance.
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. ■