

ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНА
ЗАО «МЕТРОСВЯЗЬ»



197227, Россия, г. Санкт-Петербург,
пр. Испытателей, д.20, ИНН: 7814304762,
КПП: 781401001, ОКПО: 73400246,
ОКВЭД: 52.48.13, 51.64.2, 72.60, 64.20.12,
Расч.счет: 40702810800000004064,
Корр.счет: 30101810700000000877,
БИК: 044030877, E-mail: info@metrosvyaz.net
Тел./факс (многоканальный) +7 (812) 3354948

Метросвязь, ЗАО - Организация работ в метрополитене, технический надзор, авторский надзор, автоматизация работы предприятий, системы контроля доступа и видеонаблюдения, антитеррор, антипожар, противопожарные двери и оборудование, строймонтажные работы, интернет-торговля, платежные системы, веб-сайты

Санкт-Петербург, 2007

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕНТИЛЯЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА

§ 1. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА САМОЧУВСТВИЕ ЛЮДЕЙ И СОХРАННОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

Состояние воздушной среды влияет на самочувствие пассажиров метрополитена, на здоровье и работоспособность обслуживающего персонала, а также на сохранность технологического оборудования.

Чистый атмосферный воздух приземного слоя состоит в основном из смеси азота, кислорода, небольшого количества водяных паров (до 5% по весу) и ничтожного количества инертных газов. Основные физические константы атмосферного воздуха и входящих в его состав газов приведены в табл. 1.11.

Таблица 1. II

Газ	Химический состав	Молекулярный вес	Содержание в воздухе, %		Плотность при давлении 760 мм рт. ст., кг/м ³		
			по объему	по весу	при - 25 ° С	при 0°С	при + 20° С
Воздух		28,98	—	—	1,424	1,293	1,205
Кислород	O ₂	32,0	20,95	23,10	—	1,429	1,331
Азот	N ₂	28,02	78,08	75,60	—	1,251	1,165
Аргон	Ar	39,94	0,932	1,286	—	1,784	1,662
Неон	Ne	20,18	0,0018	0,0012	—	0,900	0,838
Гелий	He	4,0	0,0005	0,00007	—	0,178	0,166
Криптон	Kr	83,7	0,000108	0,0003	—	3,739	3,483
Ксенон	Xe	131,3	0,000008	0,00004	—	5,890	5,487
Водород	H ₂	2,02	0,00005	0,0000036	—	0,090	0,084
Углекислый газ	CO ₂	44,0	0,030 *	0,046	—	1,977	1,842

* Для промышленных центров от 0,04 до 0,14.

Воздух может быть загрязнен рядом других газов и паров, не свойственных чистому атмосферному воздуху, а также микроорганизмами вследствие деятельности различных производств и жизнедеятельности животных организмов.

Технология различных производств, а также климатическая особенность отдельных районов, связанная с большими испарениями влаги или с сильными ветрами и соответствующим состоянием почвы (например, лёссовые почвы Средней Азии, сухие степи в районе Волгограда и Магнитогорска), могут привести также к загрязнению воздуха жидкими и твердыми частицами аэрозолей в виде туманов, облаков пыли и дыма неорганического и органического происхождения.

Аэрозолями или аэродисперсными системами называются дисперсные системы с газообразной средой и с твердой или жидкой дисперсной фазой.

Как правило, приведенный в табл. 1. II состав газовых компонентов воздуха бывает постоянным, и требуется значительное его изменение, чтобы он стал опасным для здоровья или в какой-то мере сказывался на самочувствии людей, что практически бывает редко.

Например, на самочувствии людей может заметно сказаться изменение содержания кислорода в воздухе по объему менее 17% и более 23%, а углекислого газа (CO₂) — более 1% при

длительном нахождении в такой атмосфере.

При больших содержаниях углекислого газа в воздухе замкнутых помещений может наступить потеря сознания у людей, что иллюстрируется нижеприведенными опытными данными, полученными во Франции [43]:

Концентрация CO₂ в воздухе помещения (% по объему) ... 2 3 5 5,2 5,5 6 10 и более

Человек теряет сознание через.... 6—7 дней 72 ч 36 ч 24 ч 8 ч 40 мин 4—1 мин

Иное значение имеет загрязнение воздуха посторонними, не свойственными его нормальному составу газами, парами и аэрозолями. Отрицательное влияние их на здоровье человека может сказываться при весьма незначительном их содержании в воздухе.

Некоторые дурно пахнущие вещества находятся в воздухе в таких ничтожных количествах, что не могут быть определены химическими анализами, однако они крайне неблагоприятно влияют на самочувствие людей.

О пригодности воздуха как среды, вдыхаемой организмом, для закрытых жилых и общественных помещений судят по процентному (к объему) содержанию в воздухе двуокиси углерода — углекислого газа (CO₂). Объясняется это тем, что хотя углекислый газ, выделяемый организмом в результате его жизнедеятельности, сам лишь косвенно отрицательно влияет на организм и то при довольно значительном содержании его в воздухе, он сигнализирует уже и при небольшом проценте его содержания о наличии в воздухе других всегда ему сопутствующих вредных примесей, выделяемых живыми организмами в количествах, приводящих к негодности воздуха для его вдыхания.

Кроме того, установление процентного содержания углекислого газа в воздухе не требует сложной аппаратуры, вследствие чего его определение гораздо проще, чем других вредных примесей, содержащихся в воздухе.

На самочувствие, здоровье и работоспособность людей также влияют температура, относительная влажность, барометрическое давление и скорость движения воздуха, совместно называемые *метеорологическими факторами*.

В результате окисления пищи, поглощаемой человеком, образуется тепло, поддерживающее температуру тела человека почти на постоянном уровне, при этом количество тепла, выделяемого организмом, зависит от величины выполняемой им физической работы и психической нагрузки.

Передача тепла человеческим организмом в окружающую среду может происходить теплопроводностью, конвекцией, излучением (радиацией), а также испарением пота с поверхности тела и влаги с поверхности легких.

Благодаря идеальной терморегуляции человеческого организма и его защитным реакциям в зависимости от состояния внешней среды, приведенные виды передачи тепла при сохранении суммарного количества тепла, передаваемого организмом во внешнюю среду, количественно изменяются между собой.

При температуре воздуха, равной или выше нормальной температуры человеческого тела (около 36° С), и относительной влажности воздуха, близкой к 100%, исключается нормальная передача тепла человеческим организмом.

В качестве защитной реакции организм человека повышает температуру тела для возможности восстановления передачи тепла теплопроводностью и конвекцией, что может привести к тепловому удару-

При таком состоянии воздушной среды, но при наличии близко расположенных холодных поверхностей (экранов) передача тепла человеческим организмом без нарушения его

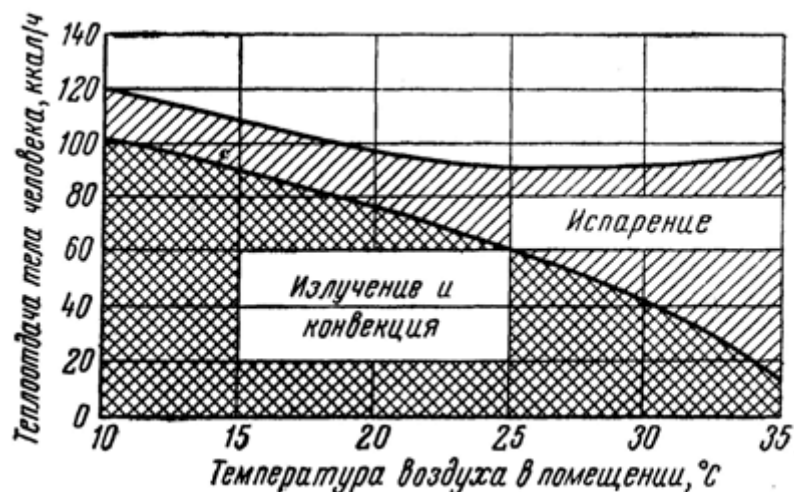
нормальной деятельности (вследствие лучепрозрачности воздуха) осуществляется радиацией.

О значении радиации для организма можно судить по величине передаваемого тепла этим видом теплопередачи, составляющим от 43,8 до 59,1% общих теплопотерь для обычных комфортных условий воздушной среды [43].

Большое влияние холодных поверхностей на ощущение человека оказывает так называемая обратная радиация, что доказано экспериментами, при которых поддерживалась на поверхности ограждения температура $+10^{\circ}\text{C}$, а температура воздуха резко повышалась до $+40^{\circ}\text{C}$ и состояние людей, находящихся в покое, было удовлетворительным. Лучший охлаждающий эффект обследованных людей, находившихся в состоянии покоя при температуре воздуха в опытной камере $+40^{\circ}\text{C}$, оказался для варианта с температурой на поверхности ограждения $+14^{\circ}\text{C}$ [44].

Примерное распределение потерь тепла телом человека, не производящего физической работы, показано на рис. 1.11 [3], из которого видно, что при низких температурах потеря тепла происходит главным образом теплопроводностью, конвекцией и излучением, а при температурах выше 30°C — испарением.

Влияние холодных поверхностей на самочувствие человека приобретает особое значение в подземных сооружениях — метрополитенах.



Стенки тоннеля, соприкасающиеся с грунтом, как правило, имеют более низкую температуру, чем наружные стены сооружений, расположенных на поверхности. Поэтому длительное пребывание обслуживающего персонала вблизи холодных поверхностей тоннелей при недостаточно высоких температурах воздуха вызывает усиленное теплоизлучение организма, создает неприятное ощущение и может привести к простудным заболеваниям. Если не принимать специальных мер по утеплению стен, граничащих с грунтом, условиям комфорта в помещениях подземных сооружений будут соответствовать более высокие температуры воздуха, чем на поверхности. Подвижность воздуха поверхности тела интенсифицирует теплопередачу и испарение влаги с кожной поверхности, значительно облегчая самочувствие человека при высокой температуре и высокой относительной влажности воздуха. Чем больше скорость движения воздуха у поверхности кожи при соответствующих сочетаниях температуры и относительной влажности воздуха, тем больше увеличивается ощущение прохлады человеком, а при определенных условиях наступает уже ощущение холода или озноба.

Опытами установлено, что даже при высокой температуре и высокой относительной влажности воздуха его подвижность более 4 м/сек не желательна, а выше 5 м/сек действует раздражающе на человека [43].

Изложенное показывает, что одному и тому же ощущению тепла и холода может соответствовать неограниченное число комбинаций температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в помещениях, а также температуры поверхностей (экранов), способствующих передаче тепла лучеиспусканием. Наиболее благоприятные для человека условия в каждом отдельном случае при различных значениях трех факторов — температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха — можно оценить приблизительно по известному графику эквивалентно-эффективной температуры воздуха, составленному на основе наблюдений, про-

веденных над нормально одетыми людьми, находящимися в состоянии покоя [15].

§ 2. ИОНИЗАЦИЯ ВОЗДУХА

Помимо химических и метеорологических факторов, определяющих качество воздуха, установлено, что на качество воздуха существенное влияние оказывает также и его ионный состав.

В атмосферном воздухе содержатся отрицательные и положительные аэроионы, по своей подвижности разделяющиеся на легкие, средние и тяжелые. По виду они разделяются на ионы из единичных газовых молекул, ионы из комплекса нескольких молекул и взвешенные в воздухе материальные частицы (аэрозоли) с осевшими на них ионами.

Предполагают, что аэроионы отрицательной полярности в воздухе — это аэроионы кислорода воздуха [61]. Процесс ионизации воздуха заключается в отрыве от атома любого элемента одного или нескольких периферийных электронов с последующей группировкой вокруг такого электрона нейтральных атомов, что приводит к образованию отрицательных ионов. Положительные ионы образуются из атома, лишённого электрона, присоединившего к себе нейтральные атомы.

Источниками ионизации атмосферы, под воздействием которых происходит отрыв электронов от атомов, являются: радиоактивные вещества, находящиеся в земной коре, воде и воздухе; космические лучи, нейтронные потоки и ультрафиолетовые лучи солнца (в верхних слоях атмосферы), фотоэлектрический эффект Гальвакса — Столетова, баллоэлектрический эффект (ионообразование при разбрызгивании воды), электрические разряды в атмосфере (молнии, разряды на вершинах гор и т. п.), трение частиц о твердую поверхность вследствие пылевых и снежных бурь, разнообразные химические реакции и металлургические процессы.

Основной характеристикой иона является его заряд. Наименьшая величина заряда, соответствующая заряду электрона, составляет $4,803 \cdot 10^{10}$ электростатических единиц.

Масса носителей электричества обуславливает их подвижность — приобретенную скорость передвижения в электрическом поле при градиенте потенциала 1 в/см .

По указанной скорости различаются легкие, средние и тяжелые ионы.

Легкие ионы характеризуются подвижностью $1—2 \text{ см}^2/\text{сек-в}$ и состоят из группы молекул, несущих один элементарный заряд.

Средние ионы характеризуются подвижностью $0,01—0,1 \text{ см}^2/\text{сек-в}$. Природа их и воздействие на организм еще не выяснена. Поэтому ионный состав воздуха принято пока характеризовать наличием легких и тяжелых ионов.

Тяжелые ионы характеризуются подвижностью в пределах $0,0003—0,001 \text{ м}^2/\text{сек-в}$ и представляют собой комплексы большого количества молекул также с одним элементарным зарядом. Они образуются в результате оседания легких ионов на различные материальные частички: пылинки, капли тумана и т. п.

Наблюдения, проведенные медиками-гигиенистами [34, 61], показывают весьма благоприятное влияние на жизнедеятельность человеческого организма легких, в особенности отрицательных ионов.

На основании наблюдений установлено, что в подземных сооружениях при неограниченно большом количестве воздуха, подаваемого на одного человека, и его безукоризненном качестве по газовому составу и метеорологическим показателям, но при отсутствии в воздухе или малом количестве легких аэроионов отрицательной полярности, наблюдается более быстрая утомляемость практически здоровых людей при длительном их пребывании в этой атмосфере, чем людей, находящихся на поверхности в условиях наличия в воздухе достаточного количества легких аэроионов отрицательной полярности.

В промышленных городах, помещениях с большим скоплением людей, что характерно для

транспортных предприятий, на вокзалах, станциях, в вагонах и особенно в атмосфере, загрязненной табачным дымом, резко уменьшается концентрация легких аэроионов и увеличивается число тяжелых, что сопровождается соответственным ухудшением самочувствия людей.

В качестве примера в табл. 2.11 приведены данные о содержании числа легких аэроионов в 1 см^3 воздуха для разных местностей [8, 34].

Таблица 2.11

Местность, которой производились наблюдения	Число легких аэроионов		Местность, которой производились наблюдения	Число легких аэроионов	
	отрицательных n_-	положительных n_+		отрицательных n_-	положительных n_+
У водопада около Ташкента	16 000—37 900	1700—2900	Магиста	1281	1214
			Кисловодск	1106	1260
			Сочи	1067	1270
У горной речки на курорте Шахимардане	20642	3313	Сестрорецк около Ленинграда	1574	1360
На некотором отдалении от этой речки	2005	1505	Москва	200	600
			Ленинград	150	200

Наряду с естественным ионообразованием в атмосфере происходят процессы ионоуничтожения, что уравновешивает число ионов в атмосфере.

К процессам ионоуничтожения относится воссоединение (рекомбинация) ионов, заключающееся в том, что противоположно заряженные ионы, притягиваясь друг к другу, образуют нейтральную систему, не влияющую на электропроводность воздуха.

К процессам ионоуничтожения также относится диффузия ионов, заключающаяся в перетекании ионов из мест их большой концентрации к местам менее ионизированным, и адсорбция ионов,

заключающаяся в оседании ионов на твердых или жидких аэрозолях, находящихся в воздухе. Поэтому в городах, на промышленных предприятиях и в помещениях с загрязненными различными аэрозолями воздухом происходит процесс быстрого сокращения легких аэроионов. Для повышения содержания их в воздухе в настоящее время разработаны аппараты, вырабатывающие искусственным путем легкие отрицательные и положительные ионы. Эти аппараты успешно используют для лечебных целей, и в зависимости от принципа, положенного в основу их работы, они вырабатывают аэроионы (радиоактивные и электрические аэроионизаторы) и гидроаэроионы (гидроаэроионизаторы), копирующие естественный баллоэлектрический эффект получения гидроаэроионов.

Действие ионизации на человеческий организм в лечебных целях хорошо изучено, однако в гигиенических целях эти вопросы еще изучены недостаточно.

Следует иметь в виду указание ряда исследователей о положительном действии легких аэроионов отрицательной полярности на очистку воздуха от пыли и бактериальной загрязненности [44].

Ионизация воздуха в гигиенических целях может быть применена только после выработки режимов и создания соответствующих нормативов, регламентирующих условия ее

использования.

Экспериментами определено, что вентиляционные установки влияют следующим образом на состав и количество ионов в воздухе [43]:

ватные и бумажные фильтры полностью задерживают аэроионы положительной и отрицательной полярности;

при прохождении воздуха через металлические водяные калориферы теряется 20—25% легких ионов;

при нагревании воздуха электрическими калориферами с температурой на поверхности не более 100° С наблюдается увеличение концентрации легких ионов;

значительное увеличение концентрации легких ионов, в основном отрицательной полярности, наблюдается при пропуске воздуха через водяные форсуночные камеры кондиционеров, работающих с проточной водой, и положительной полярности — в форсуночных камерах, работающих с рециркуляционной водой.

Попытки устройства искусственной ионизации воздуха в централизованных установках с распределением его по помещениям до настоящего времени были неудачными из-за сильного поглощения легких ионов распределительными воздуховодами, в особенности металлическими. При длине металлического воздуховода 3 м происходит полная деионизация воздуха.

Подземные сооружения (метрополитены), значительно удаленные от внешней атмосферы, а следовательно, от источников естественного образования полезных легких, в особенности отрицательной полярности аэроионов, нуждаются в обогащении ими воздуха главным образом для улучшения условий труда обслуживающего персонала.

Для этого институтом Метрогипротранс под руководством акад. А. А. Микулина был разработан гидроаэроионизатор АМ-1 (рис. 2.11) для обогащения легкими ионами отрицательной полярности воздуха, подаваемого на станции метрополитена.

В этом гидроаэроионизаторе использован принцип получения ионов путем раздробления воды, поступающей под действием центробежной силы на диск и отбрасываемой на отражатель. Для обеспечения чистоты воды, что важно при выработке легких отрицательных ионов, вода в гидроаэроионизаторе постоянно сменяется, поступая из водопровода, и сливается в водосточную систему станции. Диск приводится в движение электродвигателем мощностью

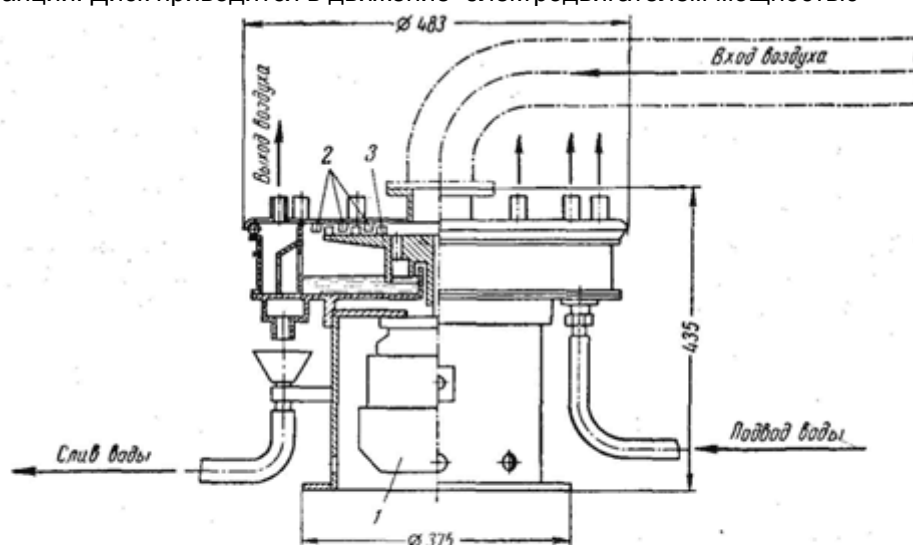


Рис. 2.11. Гидроаэроионизатор АМ-1 конструкции академика А. А. Микулина:

1 — электродвигатель; 2 — неподвижные лопатки; 3 — крыльчатка

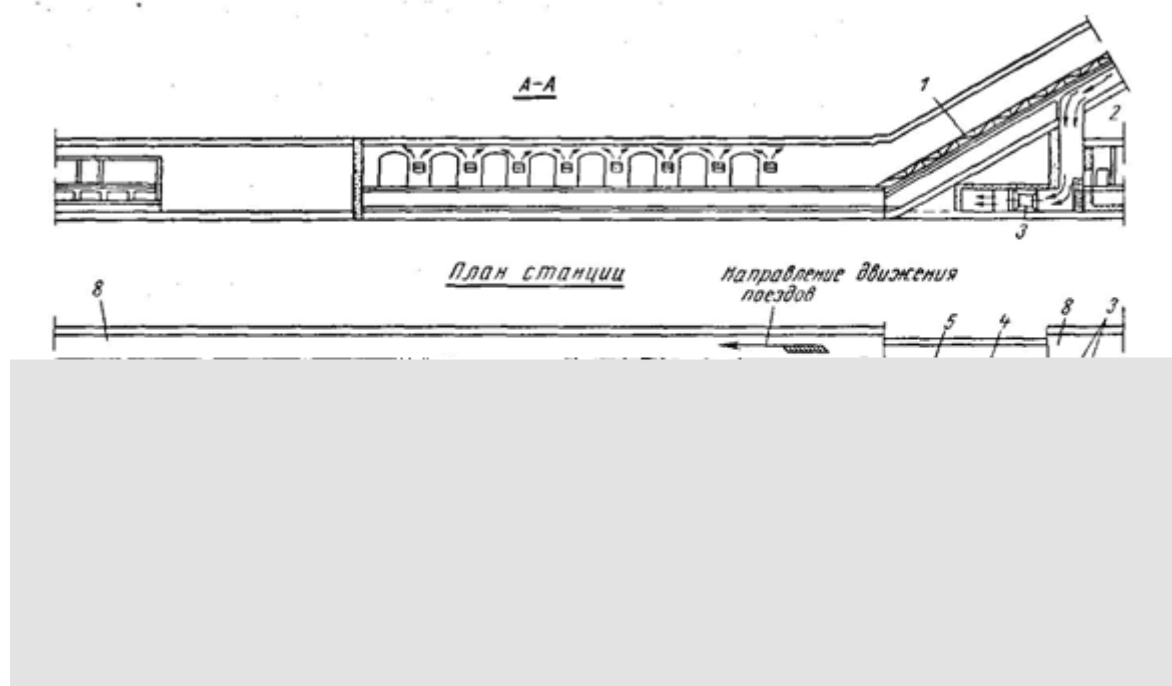
1 квт. Гидроаэроионизатор рассчитан для установки в системе вентиляции производительностью

150 000—200 000 м³/ч и обогащения указанного количества воздуха легкими ионами, для чего он должен вырабатывать и подавать в воздушный поток 15-Ю⁹ легких ионов.

Гидроаэроионизатор АМ-1 был испытан на станции глубокого заложения московского метрополитена в апреле 1960 г. в подплатформенном канале станции непосредственно у приточной вентиляционной камеры (рис. 3.И).

Для испытания воздух в количестве 153 000 м³/ч подавали только на одну половину станции (по продольной оси) при работе одного вентилятора. Обогащенный ионами воздух поступал по подплатформенному вентиляционному каналу и через вертикальные каналы в пилонах станции и жалюзийные решетки, установленные в них, выпускался на станцию. Испытания проводили ночью при отсутствии движения поездов. Результаты замеров приведены в табл. 3.П.

Испытания показали очень низкое содержание легких ионов на улице перед вестибюлем и отсутствие легких ионов отрицательной полярности на станции. При включении гидроаэроионизатора на станции очень быстро увеличилась концентрация легких ионов и стабильно поддерживалась во все время работы гидроаэроионизатора. Гидроаэроионизатор АМ-1 устойчиво вырабатывал легкие гидроаэроионы преимущественно отрицательной полярности.



Место установки гидроаэроионизатора АМ-1 при его испытании на станции пиленного типа:

1 — эскалаторный наклонный тоннель; 2 — вентиляционный отсек; 3 — осевой вентилятор; 4 — временная (на период испытания) перегородка; 5 — подплатформенный вентиляционный канал; 6 — гидроаэроионизатор АМ-1; 7 — вертикальные вентиляционные каналы с жалюзийными решетками; 8 — путевые тоннели (стрелками показаны направления потоков вентиляционного воздуха при испытаниях)

При прохождении ионизированного воздуха вдоль бетонного подплатформенного вентиляционного канала от точки А до точки Г на расстоянии около 100 м концентрация легких отрицательных ионов уменьшилась в два раза. При работе гидроаэроионизатора относительная влажность воздуха сохранялась постоянной — около 60%.

Проведенные испытания подтвердили возможность поддержания гидроаэроионизатором конструкции А. А. Микулина устойчивой концентрации легких гидроаэроионов отрицательной полярности, значительно превосходящей концентрацию аэроионов в наружном воздухе.

Однако следует иметь в виду, что при реверсивной системе тоннельной вентиляции, когда приточный воздух на станцию подается только в теплое время года, а в холодное время года — на перегон, ионизация воздуха централизованной установкой на станции может быть применена только в теплое время года.

Таблица 3.11

Место и условия замеров	Число легких ионов в 1 см ³ воздуха			Число тяжелых и средних ионов в 1 см ³ воздуха			Примечание
	п ₋	п ₊	коэффициент униполярности и "п ₋	iV ₋	N ₊	коэффициент униполярности JV+ iV ₋	
Снаружи перед вестибюлем станции	86	43	0,5	5300	4000	0,75	Исследование наружного воздуха до включения ионизатора
В вестибюле станции	22	86	3,9	4000	4600	1,15	То же
На платформе станции в точке А	0	65	—	6000	6000	1,0	Исследование воздуха станции до включения ионизатора
На платформе станции в точке Г	43	86	2	5300	5600	1,05	То же
На платформе станции в точке А	86	43	0,5	4300	5000	1,17	Исследование воздуха станции через 30 мин после включения ионизатора
На платформе станции в точке Б	688	86	0,13	9300	4600	0,49	То же, через 45 мин после включения ионизатора
На платформе станции в точке В	516	86	0,17	8600	4300	0,5	То же, через 50 мин после включения ионизатора
На платформе станции в точке Г	344	43	0,13	8600	4600	0,53	То же, через 60 мин после включения ионизатора

Еще не установлена целесообразность ионизации воздуха для пассажиров, учитывая незначительное время пребывания их на станции (3—5 мин) и предполагаемое резкое падение (до первоначального уличного) содержания ионов в воздухе перегонных тоннелей и в вагонах. Обслуживающий персонал на платформе станции малочислен, он больше находится на рабочих местах в различных служебных помещениях метрополитена и в кабинах машинистов поездов. Поэтому, возможно, целесообразнее будет устанавливать ионизаторы меньшей производительности непосредственно в помещениях и местах длительного пребывания обслуживающего персонала для более эффективного (без потерь) воздействия ионизации на людей.

Таким образом, целесообразность применения систем искусственной ионизации воздуха в метрополитене — как централизованной, так и местной — может быть решена окончательно после дополнительных исследований на нескольких станциях одного радиуса при движении поездов с проверкой концентрации аэроионов в перегонных тоннелях и в вагонах, а главным образом после выработки медиками-гигиенистами норм, регламентирующих условия и режим искусственной ионизации воздуха помещений.

§ 3. ВРЕДНОСТИ, ВЫДЕЛЯЕМЫЕ

В СООРУЖЕНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

И ВНОСИМЫЕ С НАРУЖНЫМ ВОЗДУХОМ

В сооружениях метрополитена выделяются следующие вредности:

Тепло, выделяющееся от подвижных составов (поездов), освещения, приточных вентиляционных

установок основной тоннельной вентиляции, местных вентиляционных установок в тоннелях и притоннельных сооружениях, от кабельной сети, токоведущих рельсов, эскалаторов, электротехнических установок (тяговых и понизительных электроподстанций, выпрямительных аккумуляторных, электрораспределительных устройств, пультов управления и т. п.), от пассажиров и обслуживающего персонала.

Влага, увлажняющая тоннельный воздух, выделяется от дыхания и потовыделения пассажиров и обслуживающего персонала, в результате испарения с поверхности тоннелей, смачиваемых грунтовой водой, проникающей в тоннели через неплотности гидроизоляции, а также в периоды мытья тоннелей и платформ станций.

Газы, выделяемые пассажирами и обслуживающим персоналом (углекислый газ), а также проникающие в тоннели через неплотности гидроизоляции совместно с грунтовой водой. Так, в случае расположения тоннелей в известняках в воздух поступает (в незначительных количествах) углекислый газ, растворенный в грунтовой воде. При строительстве метрополитена в районах, имеющих в грунтах на уровне расположения сооружений минеральные (термальные) воды, источники которых пересекают трассу тоннелей, можно ожидать проникновения в тоннели через неплотности гидроизоляции вместе с грунтовой водой в обильном количестве растворенных в воде и свободных газов: сероводорода, углекислого газа и других, что в значительной степени может усложнить систему вентиляции тоннелей. В таких районах следует проводить тщательные изыскания, а при строительстве применять специальные меры для выполнения высококачественной гидро- и газоизоляции.

Часто минеральные (термальные) воды имеют температуру настолько высокую (выше 30°C), что она может явиться дополнительным источником тепловыделения. Это также должно учитываться при проектировании строительных конструкций и вентиляции.

Аккумуляторные батареи, расположенные в понизительных электроподстанциях, тоже являются источником загрязнения воздуха аэрозолями серной кислоты или едких щелочей (в зависимости от типа применяемых аккумуляторов) и водорода, выделяющихся из электролита. Водород может создать в воздухе в определенных условиях взрывоопасную концентрацию.

Пыль, образующаяся в тоннелях вследствие истирания рельсов, колесных бандажей и тормозных колодок подвижного состава, а также вследствие выветривания полотна пути и обделки тоннелей и вносимая с обувью пассажиров с улицы, также представляет собой вредность.

Потоки воздуха, создающие большие скорости воздуха на станциях вследствие поршневого действия поездов, особенно в тоннелях мелкого заложения, имеющих малое живое сечение. Потоки воздуха с большими скоростями, поступающие с перегона на станцию, вызывают неприятные ощущения «дутья» у обслуживающего персонала на платформе станции, а также создают избыточное давление и разрежение, вызывающие большие сквозняки в дверных проемах вестибюлей, распахивающие двери, что может привести к травмам пассажиров.

Вредности, содержащиеся в наружном воздухе, вносятся вентиляционной системой в сооружения метрополитена. Состав этих вредностей и их концентраций зависит как от климатических особенностей района, так и от количества промышленных предприятий, характера и уровня очистки промышленных газов, выпускаемых в атмосферу.

Как правило, наружный воздух, подаваемый в тоннели вентиляционной системой, не обрабатывается. Однако в некоторых случаях для упрощения эксплуатации метрополитена и повышения надежности его действия приходится прибегать к обработке воздуха.

Например, в случае строительства метрополитена в районах, имеющих сильно запыленный воздух (стойкая концентрация нетоксической пыли с отсутствием SiO_2 более 5 мг/м^3), для сокращения эксплуатационных затрат по очистке тоннелей и оборудования имеет смысл очищать наружный воздух от пыли до его поступления в тоннели.

В случаях высокой влажности и температуры наружного воздуха при низких температурах грунта и небольших тепловыделениях в тоннелях (малая частота движения подвижных составов) во избежание появления конденсата на внутренних поверхностях тоннелей и станций, наличие которого приводит к отсыреванию электротехнического оборудования, может появиться

необходимость в осушении наружного воздуха или в устройстве местных подогревов электро-технического оборудования.

Всякая обработка наружного воздуха сопряжена с усложнением эксплуатации и увеличением эксплуатационных затрат, поэтому эти мероприятия должны иметь технико-экономическое обоснование.