



Актуальные вопросы обеспечения транспортной безопасности метрополитенов. Обеспечение комплексной безопасности транспортно-пересадочных узлов



**ВОЗДУХООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА СТАНЦИЯХ
ЗАКРЫТОГО ТИПА МЕТРОПОЛИТЕНОВ В ШТАТНОМ
РЕЖИМЕ РАБОТЫ И ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Громов Виктор Никифорович
СПбПУ Петра Великого
vgromov2020@list.ru

Москва - СПб
10.Февраля 2021

Метрополитен это:

- *Критически важный объект* - нарушение функционирования которого приводит к чрезвычайной ситуации или к значительным негативным последствиям для безопасности, экономики, инфраструктуры городов, либо для жизнедеятельности населения, проживающего на соответствующей территории;
- *Основное транспортное предприятие* крупных городов с населением более 1млн.чел., воспринимающее все проблемы внешней окружающей среды (включая экологические, ЧС техногенного и природного характера и т.п.);
- *Социально-транспортный объект двойного назначения;*
- *Объект с замкнутой системой жизнеобеспечения,* способный в определенный период стать последней защитой для жителей города в период ЧС, терактов и возможной внешней угрозы .

С целью предотвращения угроз природного и техногенного характера, а также актов незаконного вмешательства, и для формирования единой и эффективной системы обеспечения безопасности на транспорте, Правительство Российской Федерации выработало курс, нашедший отражение в **Федеральном законе РФ №16 «О транспортной безопасности»** и **«Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте»** (УТВЕРЖДЕНА распоряжениями Правительства РФ от 30 июля 2010 года N 1285-р и дополнена от 4 июля 2019 года N 1460-р).

Важно отметить, что даже 100% комплексный досмотр не может обеспечить благоприятных и безопасных условий перевозки, сохранения жизни и здоровья пассажиров, поддержания высокой работоспособности персонала, защиты окружающей среды в процессе эксплуатации технических систем метрополитена (**безопасность населения на транспорте**).

Общая структура метрополитена



Метрополитен, как объект защиты, в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами представляет собой совокупность различных зон (рис.1).

Территория метрополитена делится на **зону транспортной безопасности**, проход в которую осуществляется через контрольно-пропускные посты (зоны досмотра) в соответствии с установленным порядком, и **зону свободного доступа**, проход в которую физических лиц и пронос материальных объектов не ограничивается.

Зона транспортной безопасности, в свою очередь, подразделяется на перевозочный и технологический секторы.

Согласно расчетам необходимая пропускная способность системы доступа на станции должна обеспечивать комплексный контроль не менее 14 человек в секунду



- Приложения к Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте. (Дополнительно включено распоряжением Правительства РФ от 4 июля 2019 года N 1460-р
- Приложение **№1**. Мероприятия по обеспечению безопасности населения на метрополитене
 - п.1.1. Проведение оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств всех метрополитенов России.
 - П.1.2. Проведение категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств всех метрополитенов России.
- Приложение **№9**. Мероприятия по защите от угрозы техногенного и природного характера, информированию и оповещению населения на транспорте
- Приложение **№15**. Мероприятия по обеспечению безопасности населения на метрополитене (2019-2022 годы)

Основная задача - распознать, оценить и выделить:

- **Слабейшие звенья**, ограничивающие общую эффективность деятельности по обеспечению выполнения задач по «**Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте**»
- **Массовые звенья**, даже незначительное улучшение которых дает значительный эффект за счет многократного умножения и взаимовлияния малых эффектов
- **Ведущие звенья**, оказывающие позитивное влияние на ряд других звеньев и эффективность выполнения программы в целом

■ **Ведущим звеном**, оказывающим главное влияние на ряд других звеньев и эффективность выполнения программы **комплексного обеспечения безопасности населения на транспорте**, является воздухообеспечение и обеспечение микроклимата в метрополитене.

■ Система вентиляции является основой жизнеобеспечения, создания необходимых режимов проветривания при повседневной эксплуатации, при нарушении нормальной работы инженерной инфраструктуры метрополитена, туннелях и ЧС

■ Человеку в среднем за сутки требуется не более 3 килограмм твердой и жидкой пищи. Воздуха за сутки требуется около 18 м³, или, примерно, 22 кг. При трехкратном воздухообмене на одного пассажира (и сотрудника метро) необходимо подать за час до 4 кг воздуха. При этом надо соблюдать все санитарные нормы качества воздуха.

■ Поддержание параметров внутреннего микроклимата на станциях и в туннелях в допустимом диапазоне значений важнейшая задача системы вентиляции метрополитенов. Другая задача вентиляции - обеспечение аварийных режимов проветривания при пожарах, авариях и террористических актах.

Приложения к Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте.

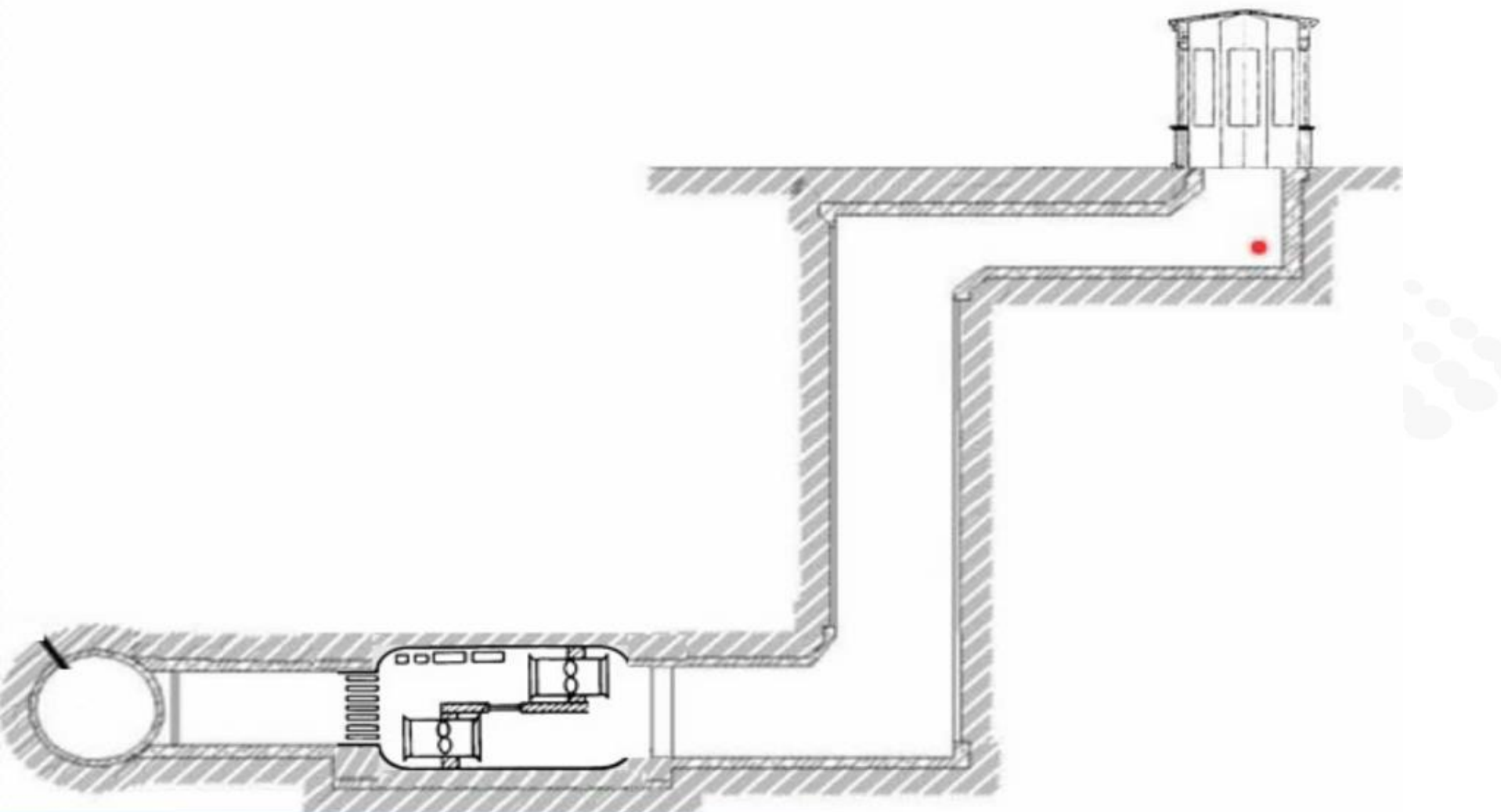
(Дополнительно включено распоряжением Правительства РФ от 4 июля 2019 года N 1460-р

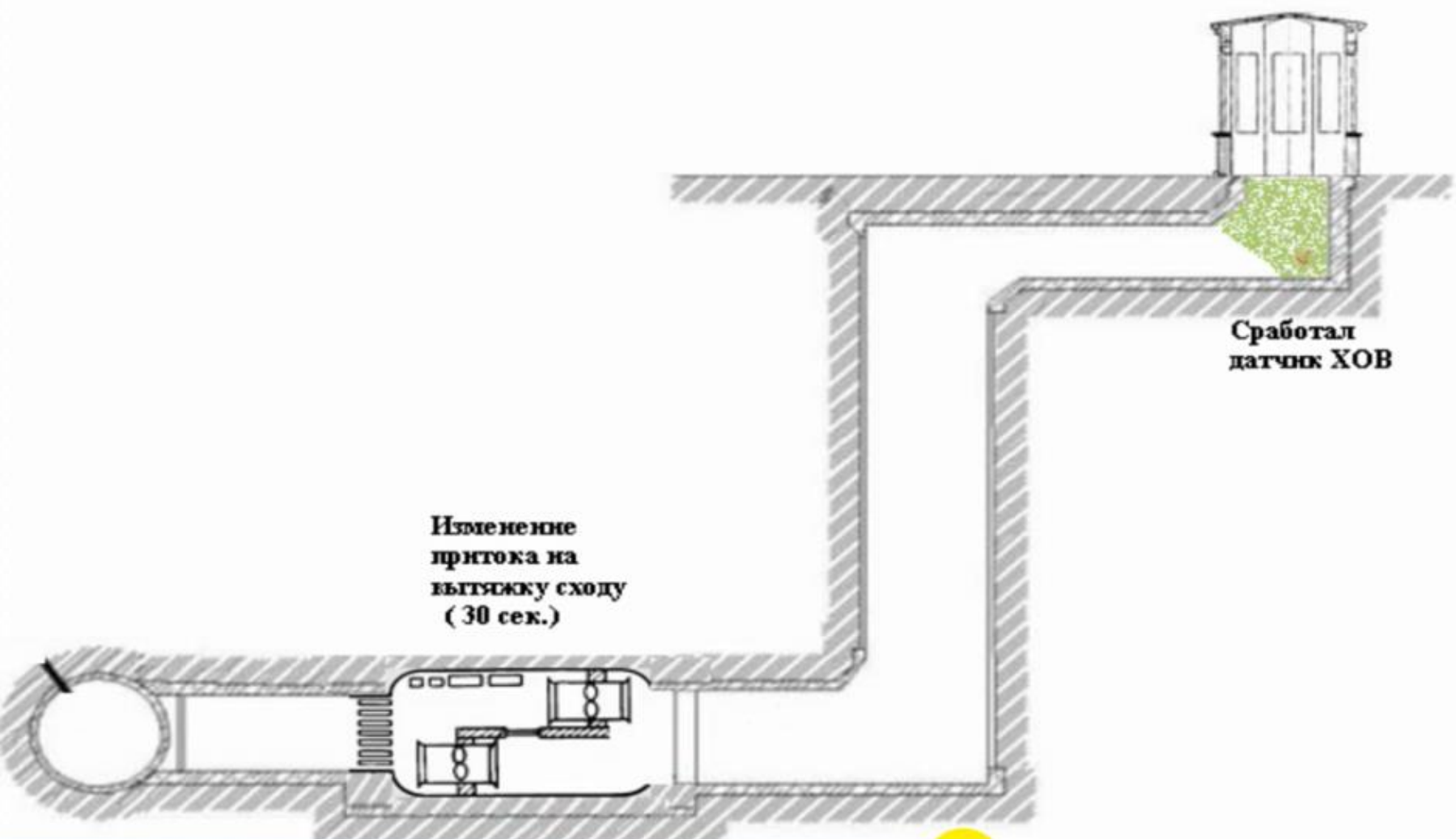
Приложение N 1. Мероприятия по обеспечению безопасности населения на метрополитене

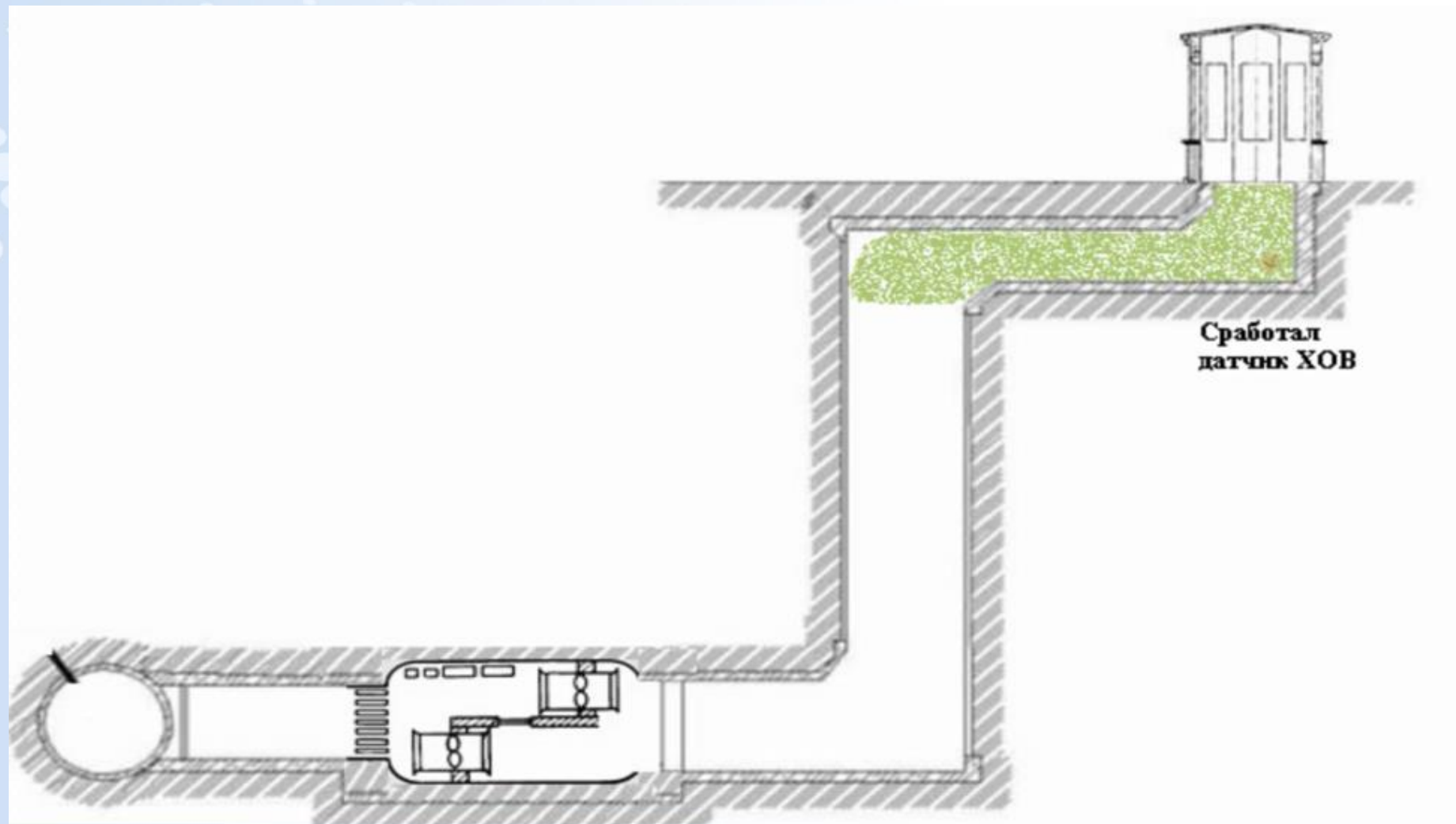
п.1.1. Проведение оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств всех метрополитенов России.

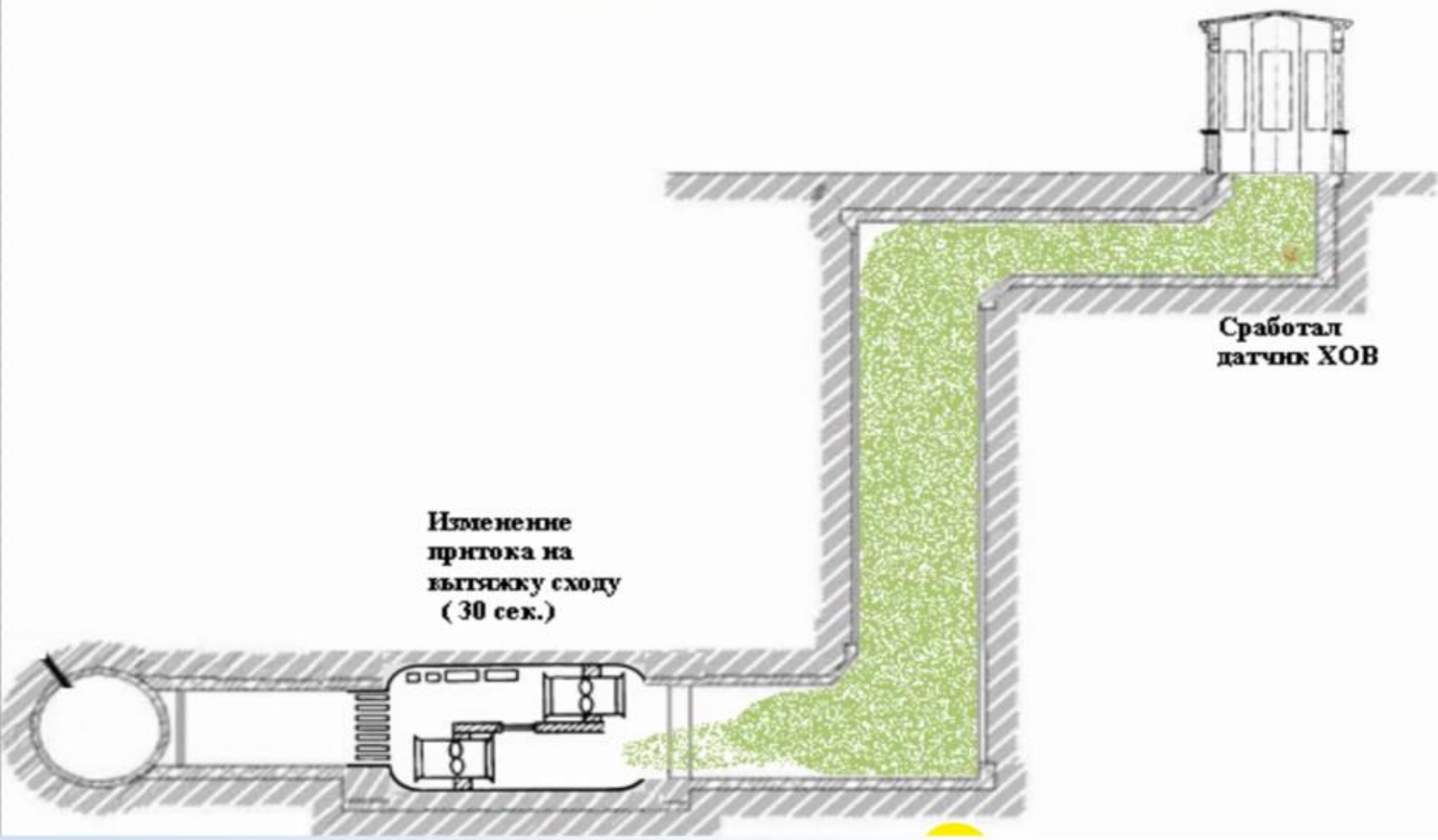
- «Ахиллесовой пятой» метрополитенов были и остаются воздухозаборные киоски, которые не оснащаются быстродействующими системами контроля биологических, химически опасных и отравляющих веществ (БХОВ).
- В связи с наличием в крупных городах предприятий, работающих с такими ХОВ как, аммиак, хлор и т.п. нельзя не учитывать возможность техногенных аварий на близко расположенных от воздухозаборов потенциально опасных предприятий.
- В случае внезапного появления в составе наружного воздуха опасных концентраций химически опасных веществ (ХОВ), задымлений и т.п., при их обнаружении автоматизированной спецсистемой, необходимо обеспечить прекращение подачи с поверхности воздуха путем **реверса на вытяжку** приточных вентиляторов и (или, при наличии) перекрытие газовоздушных трактов с помощью быстродействующих защитно-герметических и герметических клапанов и ввести режим фильтровентиляции.

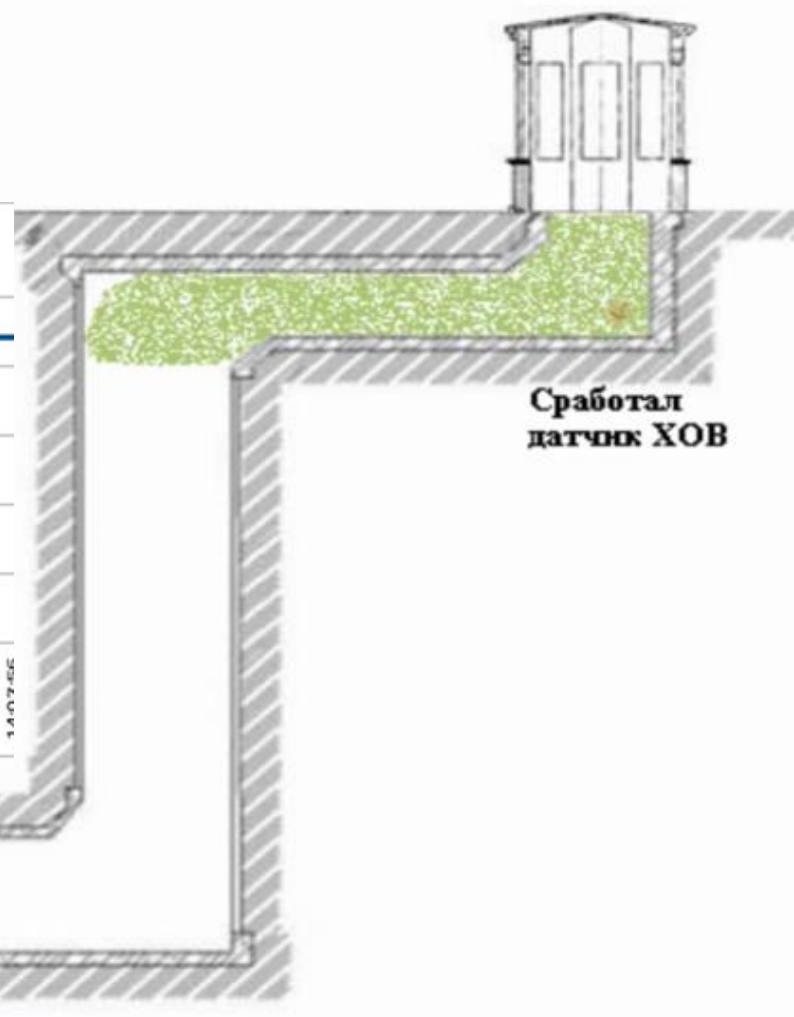
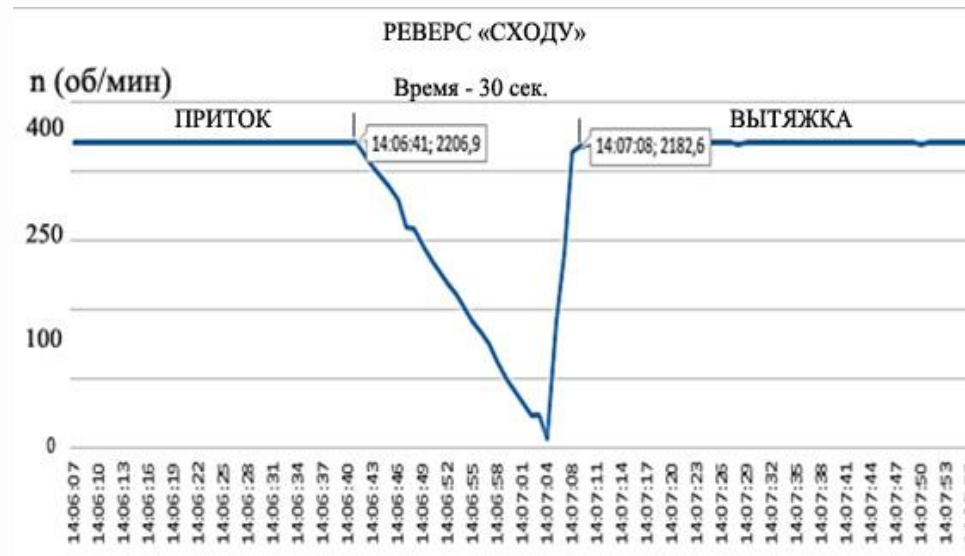
АКТИВНАЯ ЗАЩИТА ВЕНТШАХТ

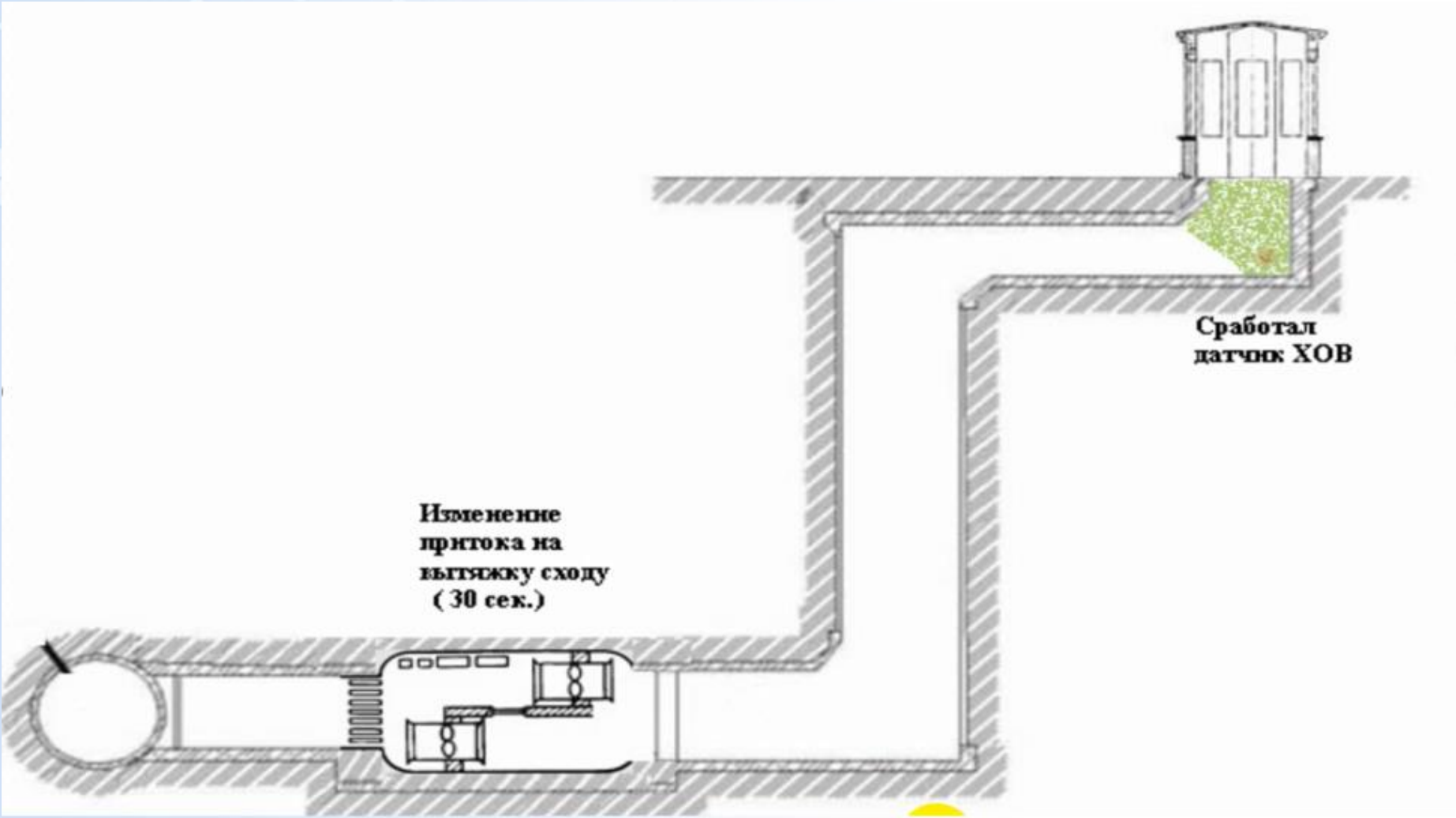




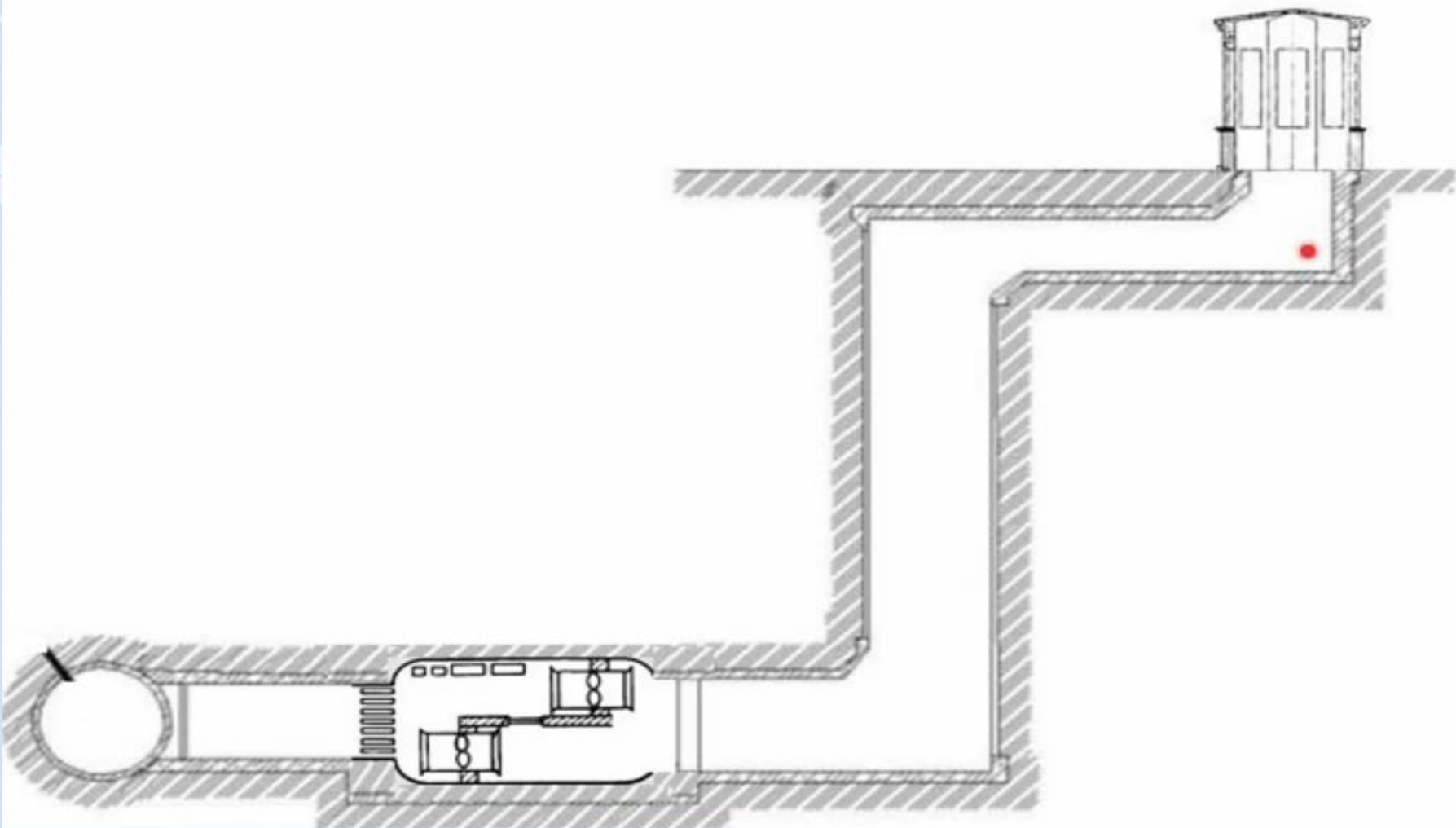




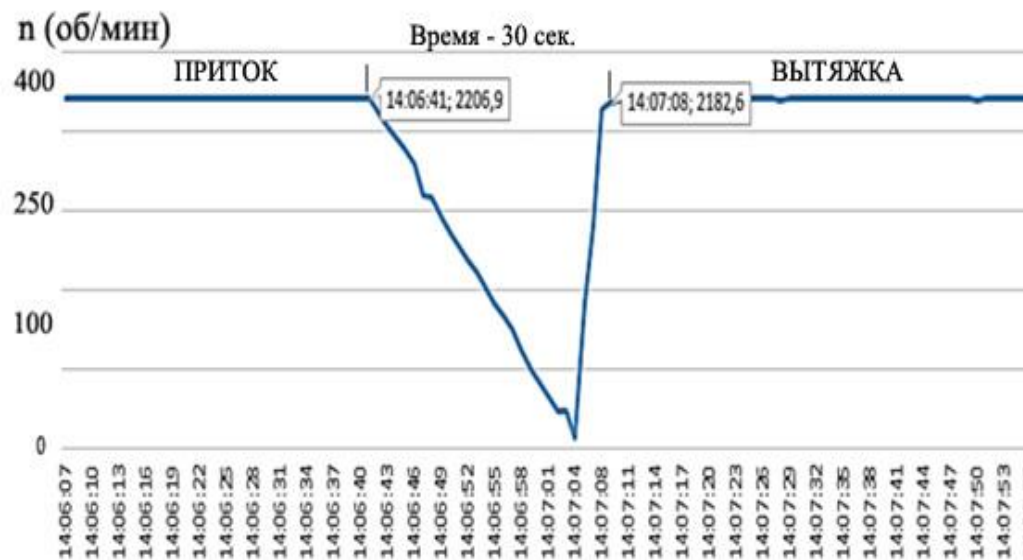




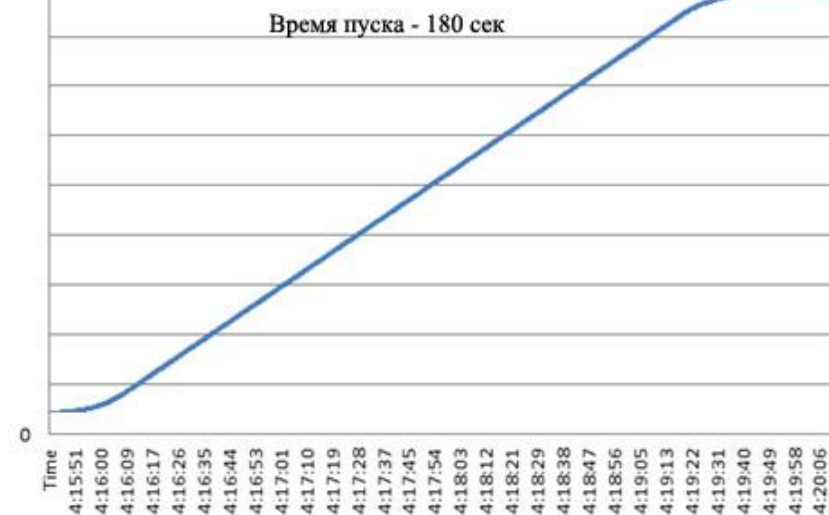
АКТИВНАЯ ЗАЩИТА ВЕНТШАХТ



РЕВЕРС «СХОДУ»



ПУСК (вытяжка)



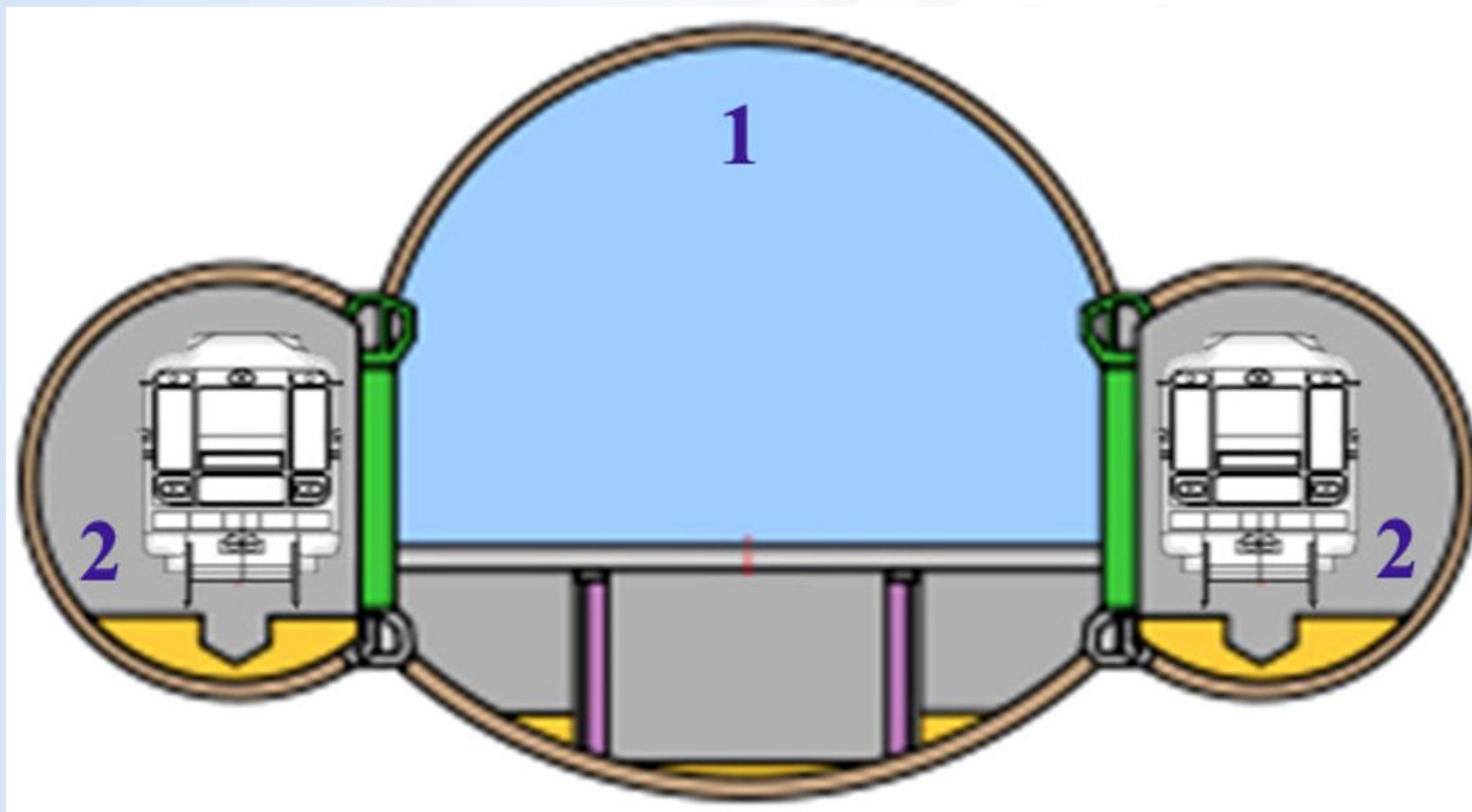
Реверс «сходу» не допускается

Приложения к Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте. (Дополнительно включено распоряжением Правительства РФ от 4 июля 2019 года N 1460-р. Приложение N 1. Мероприятия по обеспечению безопасности населения на метрополитене п.1.2. Проведение категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств всех метрополитенов России.

- В Постановлении Правительства РФ №410 от 05.04.2017г. «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности указаны требования к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий метрополитенов».
- В п.2 Требований указывается, что главным в целях данного документа является обеспечение транспортной безопасности (ТБ) метрополитена, **включая обеспечение ТБ на входящих в его состав станций**, тоннелей, электродепо, электроподстанций, пунктов управления движением, используемых для перевозки пассажиров метрополитеном или обеспечения таких перевозок.

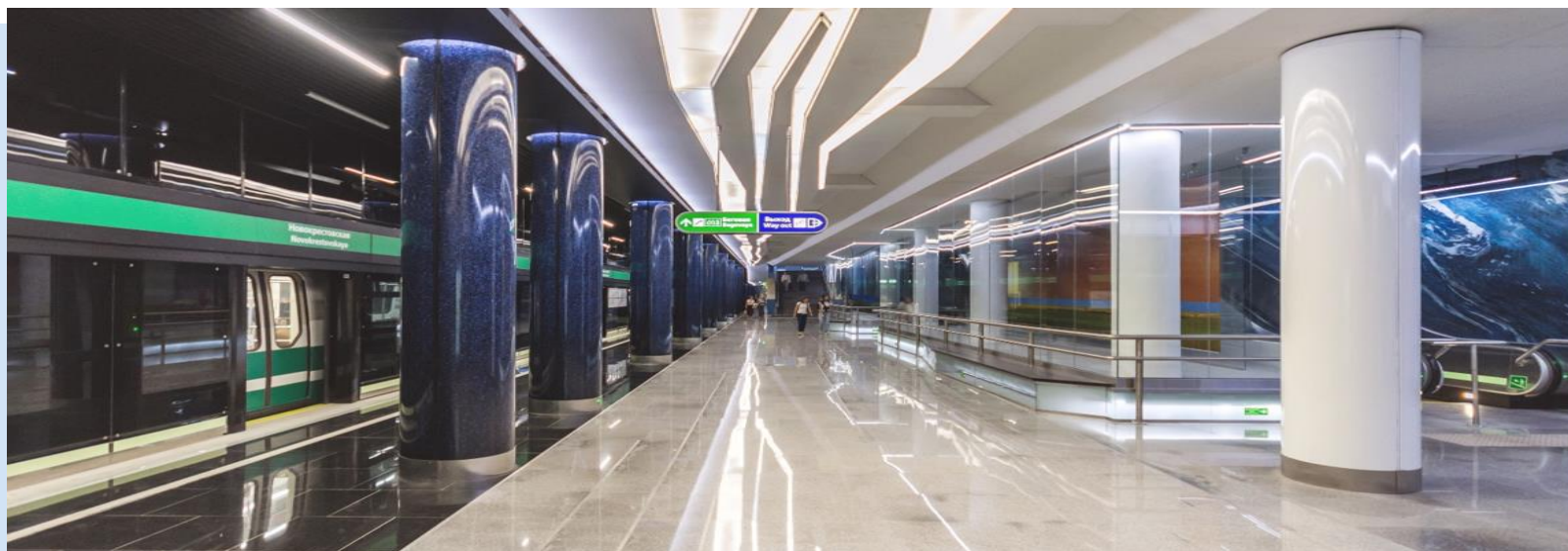
В Петербургском метрополитене имеется 72 станции, шесть подземных пересадочных узлов, связывающих по две станции, и один -- связывающий три станции и 12 станций закрытого типа с «горизонтальным лифтом» или «закрытым воздушным контуром»

В перспективе за 10 лет предполагается ввести в строй еще 45 новых станций



Станция закрытого типа с «горизонтальным лифтом»

1. М2 Парк Победы (29 апреля 1961 г.)
2. М2 Петроградская (1 июля 1963 г.)
3. М3 Василеостровская (3 ноября 1967 г.)
4. М3 Гостиный двор (3 ноября 1967 г.)
5. М3 Маяковская (3 ноября 1967 г.)
6. М3 Площадь Александра Невского (3 ноября 1967 г.)
7. М2 Московская (25 декабря 1969 г.)
8. М3 Елизаровская (21 декабря 1970 г.)
9. М3 Ломоносовская (21 декабря 1970 г.)
10. М2 Звёздная (25 декабря 1972 г.)
11. М3 Беговая (26 мая 2018 г.) колонная многопролётная мелкого заложения
12. М3 Зенит ((26 мая 2018 г.) колонная многопролётная мелкого заложения



Преимущества станций закрытого типа:

1. Пассажиры и обслуживающий персонал станции полностью изолируются от движущихся поездов, путевого хозяйства и контактной сети. Никто не может прокатиться между вагонами. Результат — нулевая смертность, на станции не гибнут люди.
 2. Для пассажиров создаются максимально комфортные условия микроклимата и пребывания на станции, так как снижается шум от проходящих поездов, снижается эффект дутья на станции, и, как следствие, переохлаждение пассажирских помещений и мест постоянного пребывания персонала.
 3. Станция закрытого типа — более совершенное сооружение, максимально использующее достижения автоматики. Станция «Парк Победы» функционирует 60 лет.
 4. Сокращаются сроки возведения станции и значительно на (1/4) снижается стоимость работ.
 5. При строительстве станции максимально применяются индустриальные методы и механизация работ.
 6. Определённая часть станций метрополитена Санкт Петербурга расположена в подтопляемой зоне. Потому в случае затопления, платформенные двери на время перекроют потоки, и люди со станции успеют выбраться по эскалатору.
- Известен ряд метрополитенов со станциями закрытого типа в Европе - метрополитены Барселоны и Мадрида, метрополитен в г. Ренне (Франция).

- В пассажирских помещениях станции и в тоннеле - требуемый расход воздуха для двухпутного тоннеля в несколько раз превышает величину требуемого воздухообмена для пассажирских помещений станции. Разделение систем вентиляции станции и тоннеля позволяет не только обеспечивать требуемые расходы воздуха, но и поддерживать параметры микроклимата - температуру, относительную влажность и подвижность воздуха - в требуемых нормативными и гигиеническими документами границах.
- Основным источником тепловыделений на линии метрополитена является подвижный состав, поэтому при возведении разделительной перегородки на станции резко уменьшится величина тепловыделений в пассажирских помещениях.
- В штатном режиме система вентиляции станции закрытого типа и двухпутного тоннеля работает в режиме поддержания нормируемых параметров микроклимата.

- В штатном режиме система вентиляции станции закрытого типа и двухпутного тоннеля работает в режиме поддержания нормируемых параметров микроклимата.

Основной расход воздуха для системы вентиляции определяется из условия удаления тепловыделений Q_e , кВт, влаговыделений W_e , кг/ч и выделений CO_2 , кг/ч.

Тепловой поток от подвижного состава на станции, зависит от типа вагонов. Для вагонов с приводом от двигателей постоянного тока, он численно равен количеству теплоты, которое передается от пуско-тормозных резисторов к окружающему воздуху за время стоянки на станции и равен разнице кинетических энергий в момент начала торможения до момента полной остановки поезда.

Область перетекания теплого воздуха из вагона и путевого отсека на пассажирскую платформу станции закрытого типа, происходит только за счет воздухообмена через открытые дверные проемы платформы, что существенно меньше, чем на станциях открытого типа.

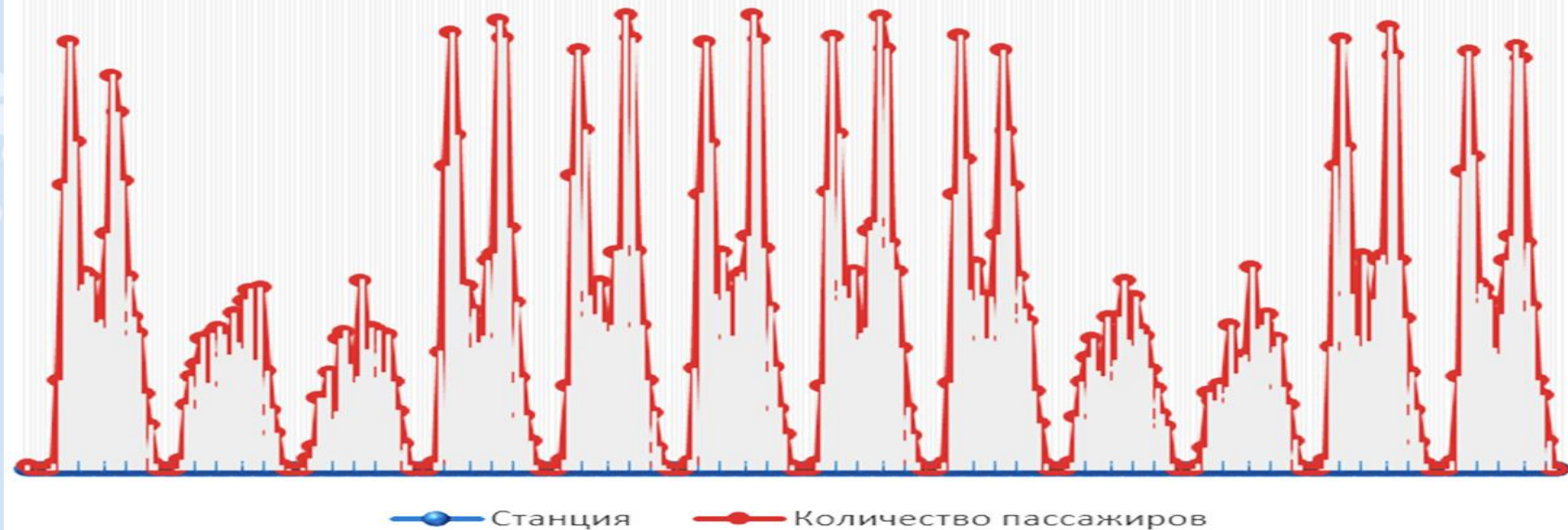
- При аварийном проветривании расход воздуха определяется из условия обеспечения на путях эвакуации скорости воздушного потока не менее 1,3 м/с.

Требуемый расход воздуха на путях эвакуации пассажиров зависит от конкретной конструкции закрытой станции метро. Требуемый расход воздуха на станции в аварийном режиме в 1,5-2 раза меньше по сравнению со станциями открытого типа.

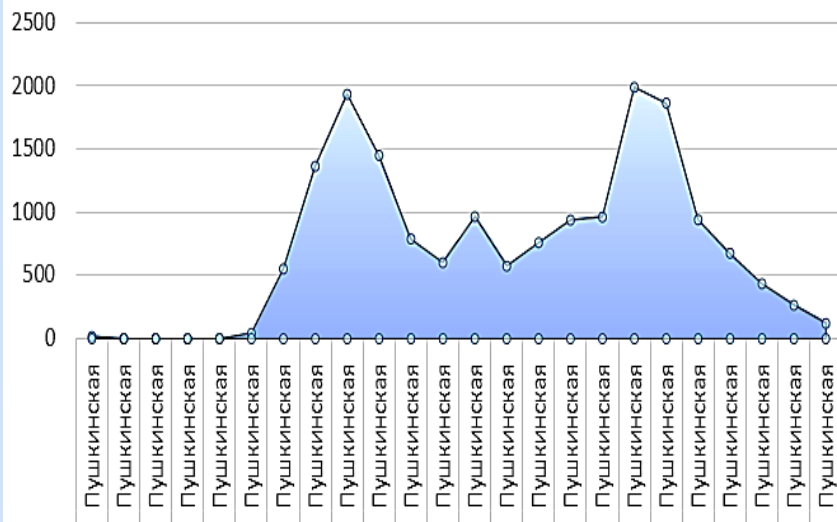
Приточный воздух должен поступать через вестибюли станции навстречу на пассажирские платформы. Воздух попадает через открытые проемы путевого отсека и удаляется с продуктами сгорания через вентиляционный канал путевого отсека и через ближайшие к станции вентиляционные каналы двухпутного тоннеля. При этом вентиляторы приточной вентиляционной камеры реверсируется.

Пересадочный узел ст. Пушкинская – ст. Звенигородская

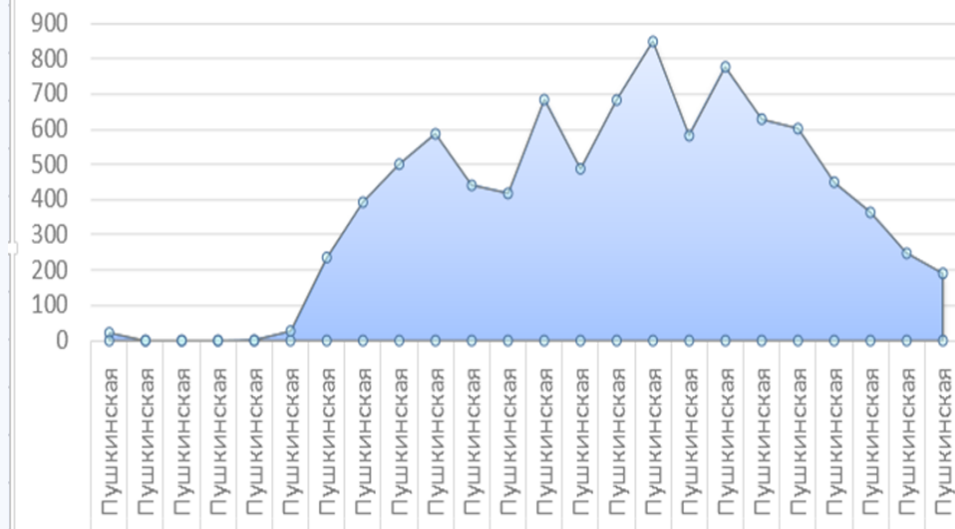
Пассажиропоток с 20.01 по 31.01



Пассажиропоток в рабочие дни



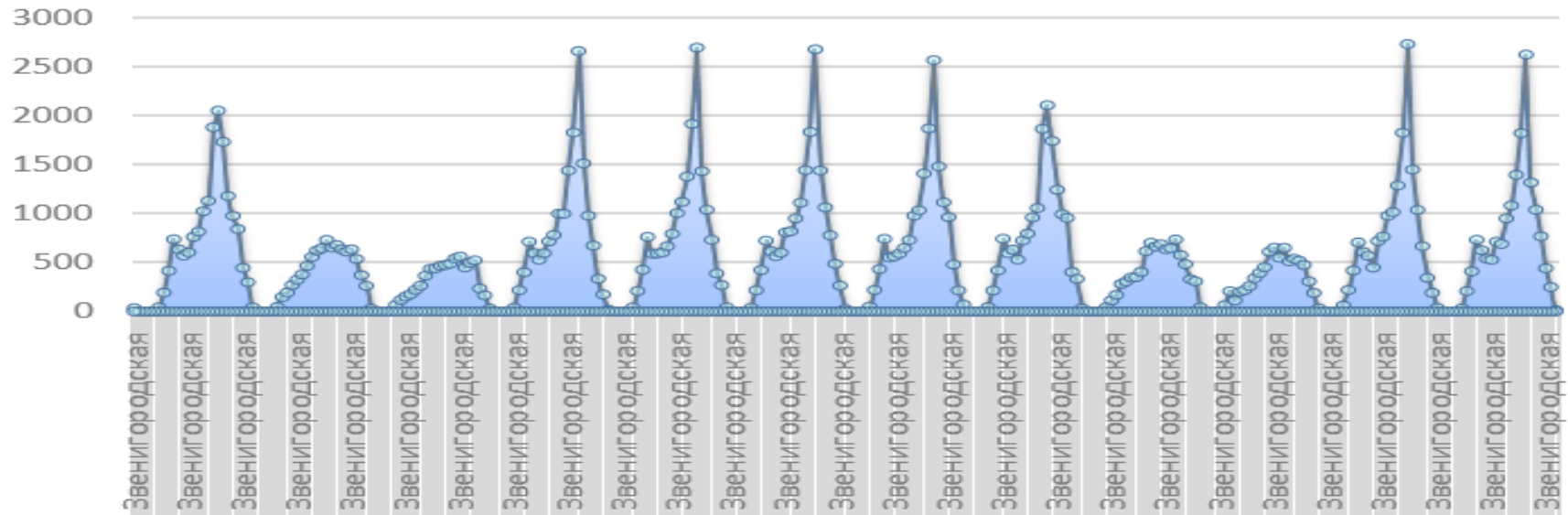
Пассажиропоток в выходные дни



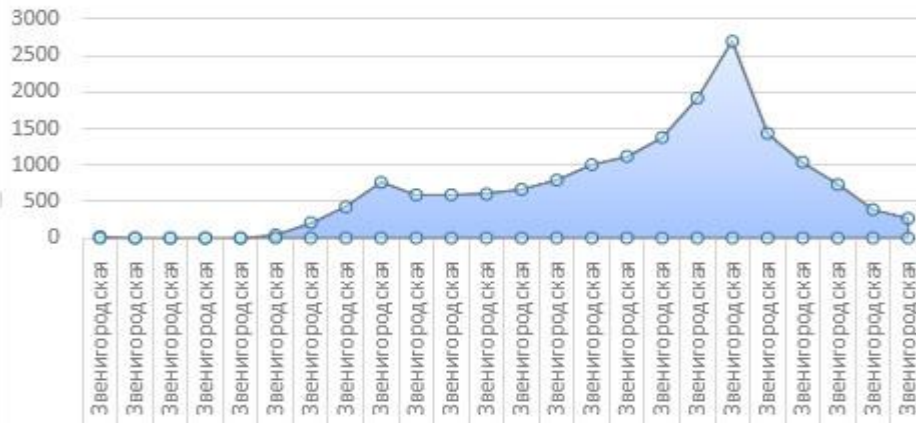
Пересадочные потоки за 26.01.2017:

	8:00-9:00	18:00-19:00
со ст. Пушкинская на ст. Звенигородская	11081	9158
со ст. Звенигородская на ст. Пушкинская	8588	10016

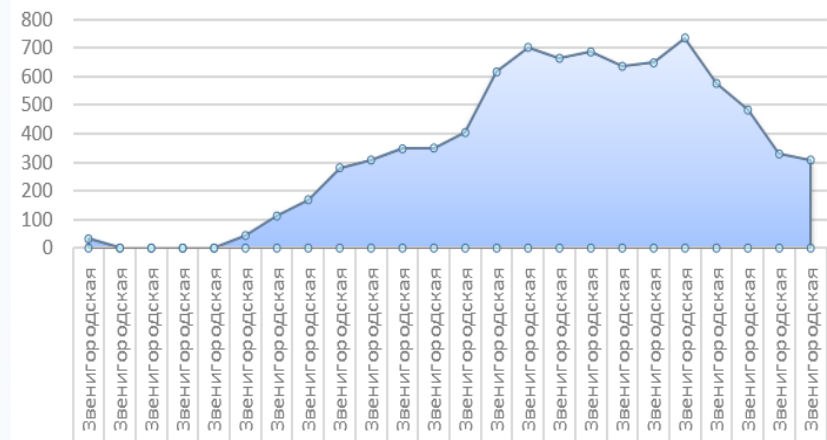
Пассажиропоток с 20.01 по 31.01



Пассажиропоток в рабочие дни



Пассажиропоток в выходные дни



- Приведенные данные изменения пассажиропотоков на пересадочном узле показывают, что характер изменения численности пассажиров по дням недели на станциях имеет повторяющийся общий вид.
- В ближайшее время требуется перейти от установленных семи дискретных режимов работы систем вентиляции (в зависимости от температуры наружного воздуха), к адаптивному режиму управления системой по текущему состоянию наружного воздуха и от меняющихся объемов пассажиропотоков.

Режимы вентиляции

Неделя $t_{\text{останов-вкл}}$ ☐ ☐ ☐ ☐

ВШ 400			BA1	BA2	ВШ 401			BA1	BA2	BA3	BA4
Стоп	10 : 00	☒	☒				☐	☐	☐	☐	
Приток		☐	☐				☐	☐	☐	☐	
Вытяжка		☐	☐				☒	☐	☒	☐	
Шибер		☐	☐				☐	☐	☐	☐	
Реверс, мин.		5.5	5.0				5.0	5.5	5.0	5.0	
$t_{\text{BA1-BA2}}$		0.3					$t_{\text{BA1-BA2}}$	2.5	$t_{\text{BA3-BA4}}$	2.5	

$t_{\text{пара-2пара}}$ $t_{\text{BA1-BA2}}$ $t_{\text{BA3-BA4}}$

ЭМС 1
ЭМС 1
ЭМС 2
ЭМС 3

Диалоговое окно АРМа оператора для выбора и установления режима работы системы вентиляции в штатных режимах

- Эффективным способом решения задач безопасности на транспорте является быстрое реагирование на текущее изменение всех пассажиропотоков в метрополитене.
- Полный анализ характеристик пассажиропотоков на метрополитене не возможен без сбора оперативных данных о движении поездов, количестве перевозимых ими людей, а также, о количестве пассажиров на входе-выходе, эскалаторах, пересадочных узлах и в вестибюлях в масштабе реального времени.
- Подобная задача требует создания разветвленной системы сбора и обработки данных с соответствующим программным обеспечением.

Приложения к Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте. (Дополнительно включено распоряжением Правительства РФ от 4 июля 2019 года N 1460-р

Приложение N 9. Мероприятия по защите от угрозы техногенного и природного характера, информированию и оповещению населения на транспорте.

Разработку и внедрение новых технических средств и систем обеспечения транспортной безопасности, информирования и оповещения населения.

Развитие интеграции в единое защищенное информационное пространство существующих и создаваемых информационных систем, с помощью которых решаются задачи в области обеспечения безопасности населения на транспорте, информирования и оповещения населения;

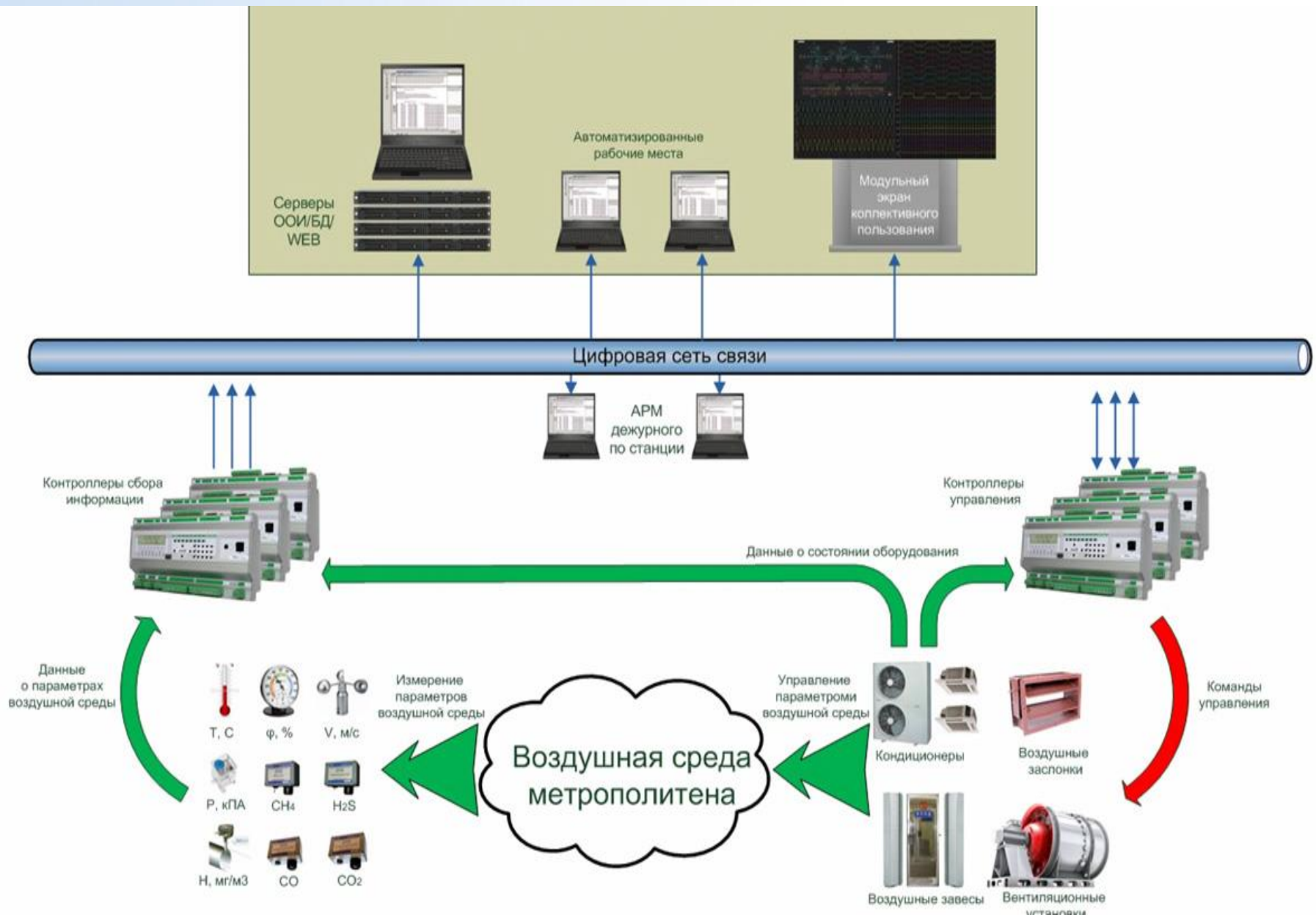
Управление работой тоннельной вентиляцией должно осуществляется из **Единого центра контроля и управления микроклиматом метрополитена.**

Настало время проведения полномасштабной модернизации системы мониторинга и управления параметрами воздушной среды метрополитенов на основе внедрения современных IT- технологий с переходом на более высокий качественный уровень при решении основных технологических, организационных и экономических задач.

Внедрение инновационной автоматизированной системы контроля и управления параметрами воздушной среды и микроклимата метрополитена позволит комплексно решить проблему обеспечения необходимого качества воздушной среды метрополитена.

Система обеспечит измерение параметров микроклимата во всех основных пассажирских помещениях, измерение показателей работы шахтных вентустановок, сбор, обработку и передачу информации на центральный диспетчерский пункт **Единого центра контроля и управления микроклиматом метрополитена.**

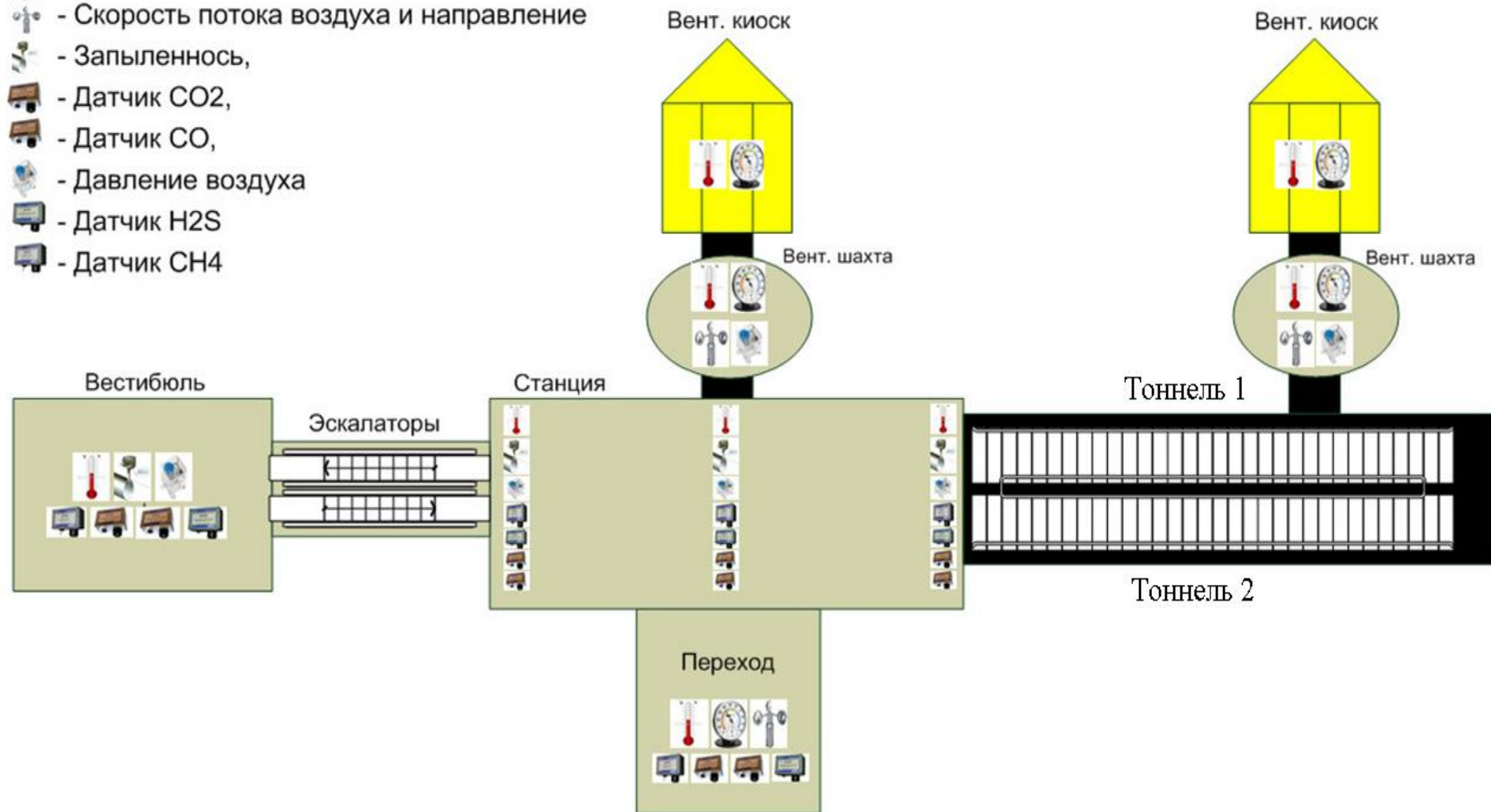
Единый центр контроля и управления микроклиматом метрополитена



Параметры, контролируемые Системой управления микроклимата

Условные обозначения:

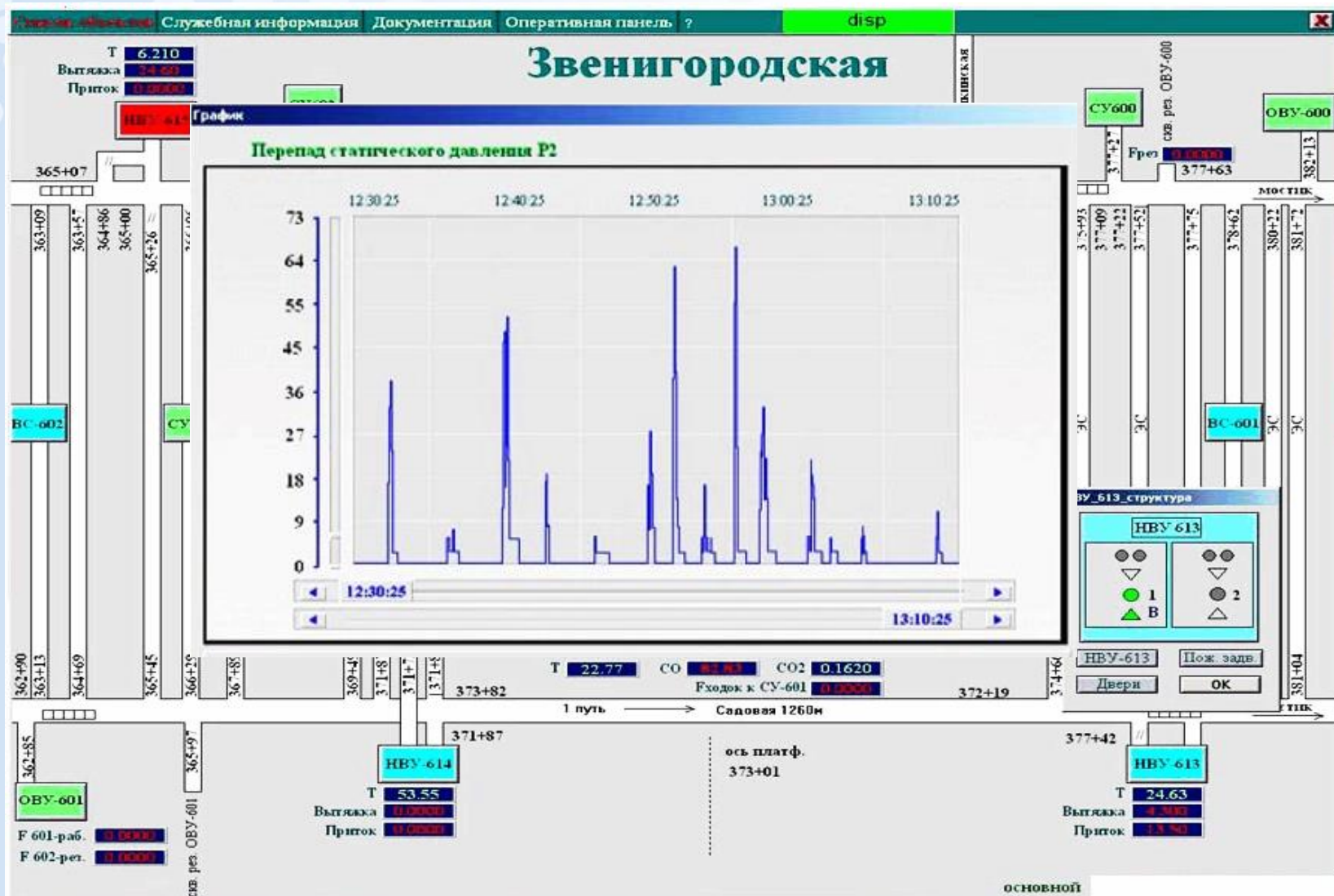
-  – Температура,
-  - Влажность,
-  - Скорость потока воздуха и направление
-  - Запыленность,
-  - Датчик CO₂,
-  - Датчик CO,
-  - Давление воздуха
-  - Датчик H₂S
-  - Датчик CH₄

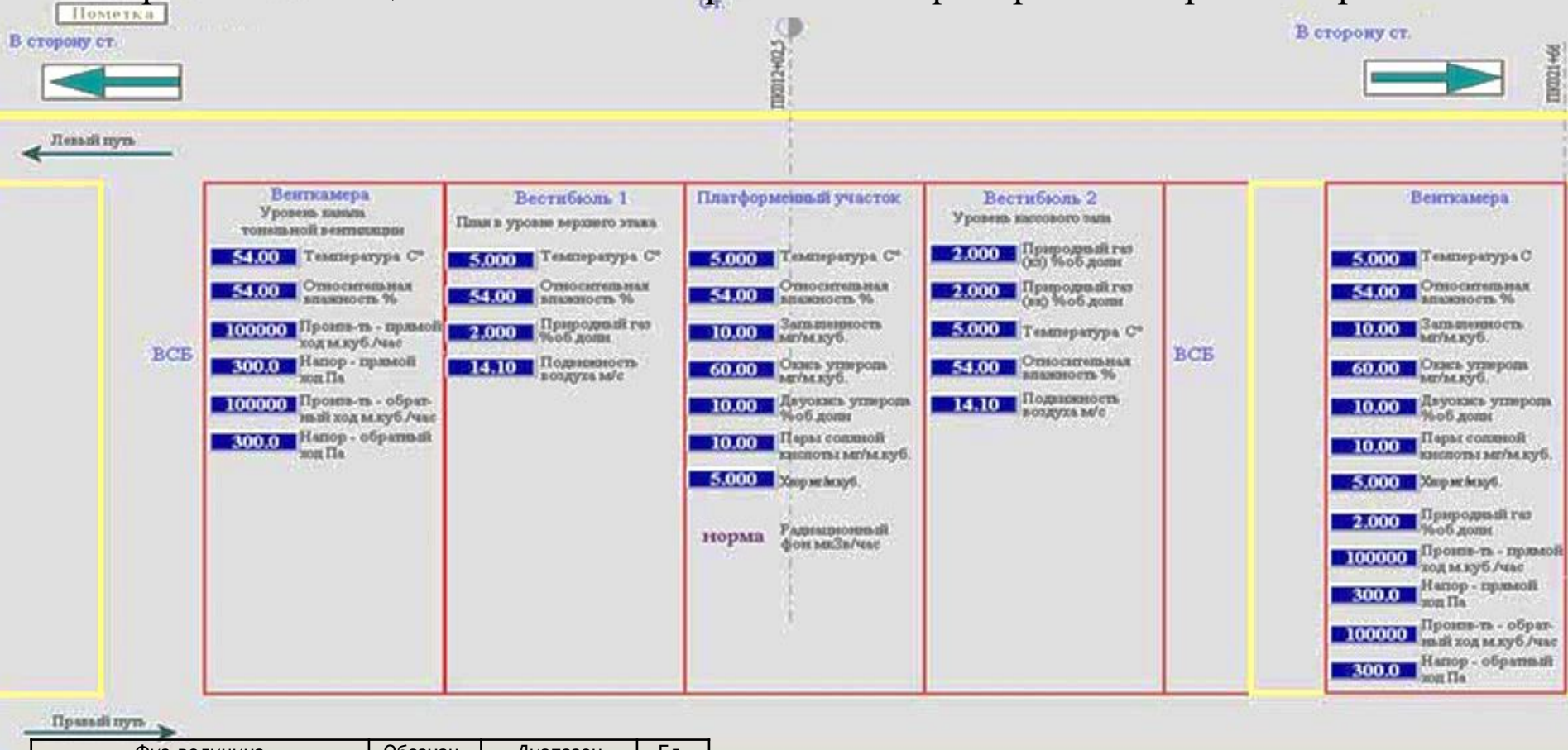


1. Приморская (2002г.)
2. Пл. Ленина
3. Нарвская
4. Адмиралтейская
5. Садовая
6. Спасская
7. Достоевская
8. Звенигородская
9. Обводный канал
10. Волковская
11. Бухарестская
12. Международная
13. Лиговский пр.
14. Елизаровская
15. Новочеркасская
16. Ладожская
17. Пр. Большеви́ков
18. Ул. Дыбенко



АРМ управления стационарной системой вентиляции





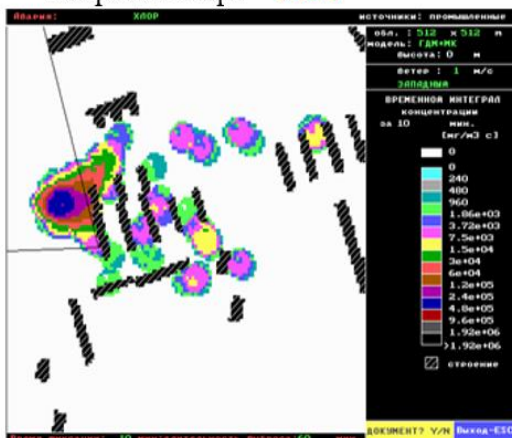
Физ.величина	Обознач.	Диапазон	Ед.
Температура	T	-50...+70	°C
Влажность воздуха	φ	0-100	%
Скорость и напр. потока воздуха	V	0-20	м/с
Запыленность воздуха	H	0-1	мг/м³
Атмосферное давление	P	60-120	кПа
Содержание CO ₂	C1	0-0,5	%
Содержание CO	C2		
Содержание H ₂ S	S		

Основные измерительные средства системы мониторинга микроклимата:

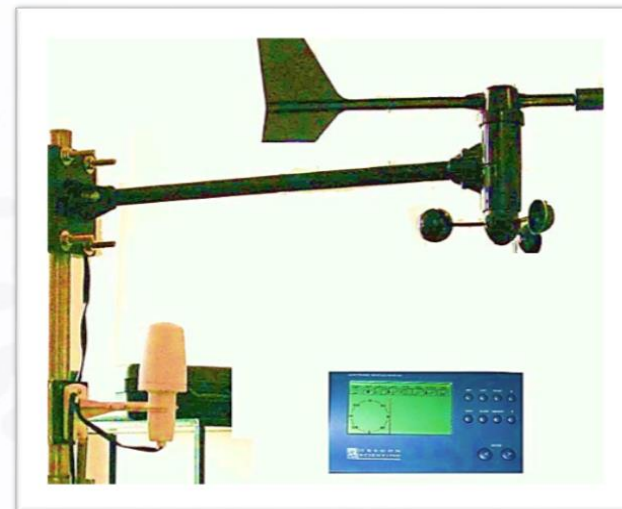
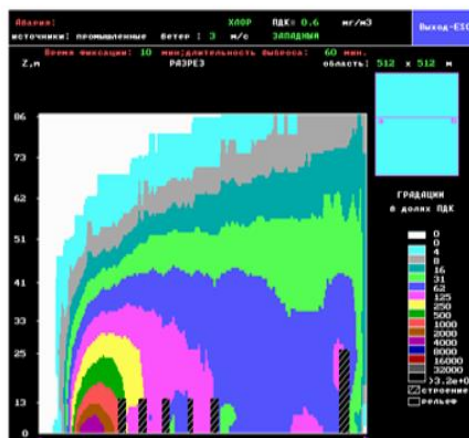
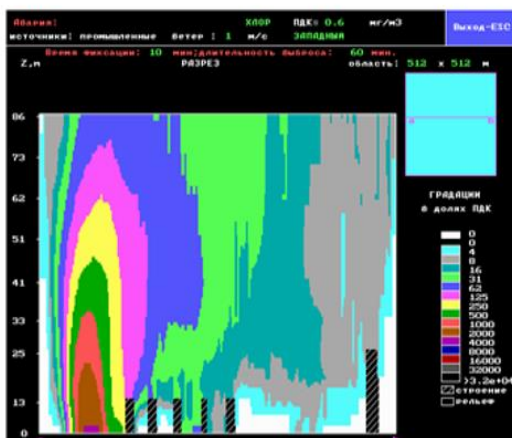
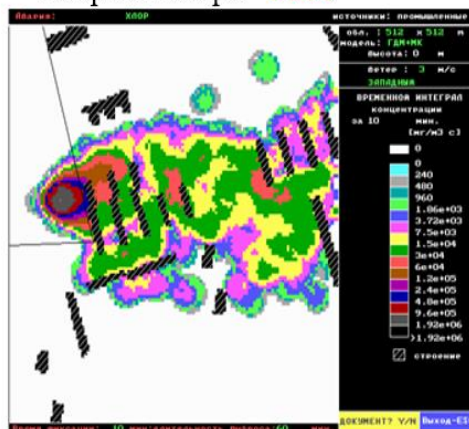
- Измеритель воздушного потока;
- Стационарный прибор контроля запыленности воздуха;
- Специальная система контроля параметров воздушной среды
- Датчики температуры, относительной влажности и давления.

Зависимости горизонтальных распределений и вертикальных сечений облака заражения хлором от скорости ветра в зоне застройки

Скорость ветра - **1 м/с**



Скорость ветра - **3 м/с**



Локальная метеостанция:

- монитор;
- сетевой адаптер;
- цифро-аналоговый преобразователь для подключения к регистратору данных;
- распределительный блок;
- измеритель осадков;
- измеритель температуры и влажности;
- измеритель направления ветра (флюгер);
- измеритель скорости ветра (анемометр);
- кабель для связи с компьютером;
- мачта для крепления датчиков;

Зона 512 x 512 м. Время от начала разлива хлора 10 минут

Создание Единого центра контроля и управления микроклиматом метрополитена позволит:

- Обеспечить благоприятные и безопасные условия перевозки, сохранить здоровье пассажиров, персонала метрополитена, поддерживать высокую работоспособность персонала, защитить окружающую среду в процессе эксплуатации транспортных систем путем достижения максимального соответствия их требованиям российского законодательства;
- Снизить риски и смягчить последствия при терактах и ЧС на метрополитенах путем использования системы полномасштабного контроля параметров воздушной среды (микроклимата), видеонаблюдения, мониторинга текущей обстановки с применения новых информационных технологий;
- Повысить энергоэффективность и снизить энергопотребление метрополитенов за счет оптимизации работы системы вентиляции;
- Обеспечить надежное функционирование метрополитена как объекта двойного назначения.

Массовые звенья (МЗ):

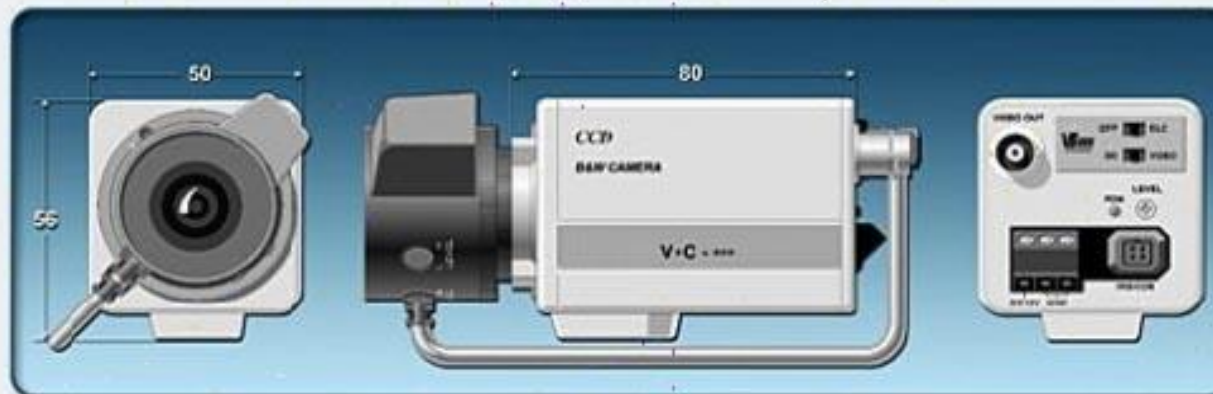
- даже незначительное улучшение МЗ дает значительный эффект за счет многократного умножения и взаимовлияния малых эффектов

Приложения к Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте. (Дополнительно включено распоряжением Правительства РФ от 4 июля 2019 года N 1460-р)

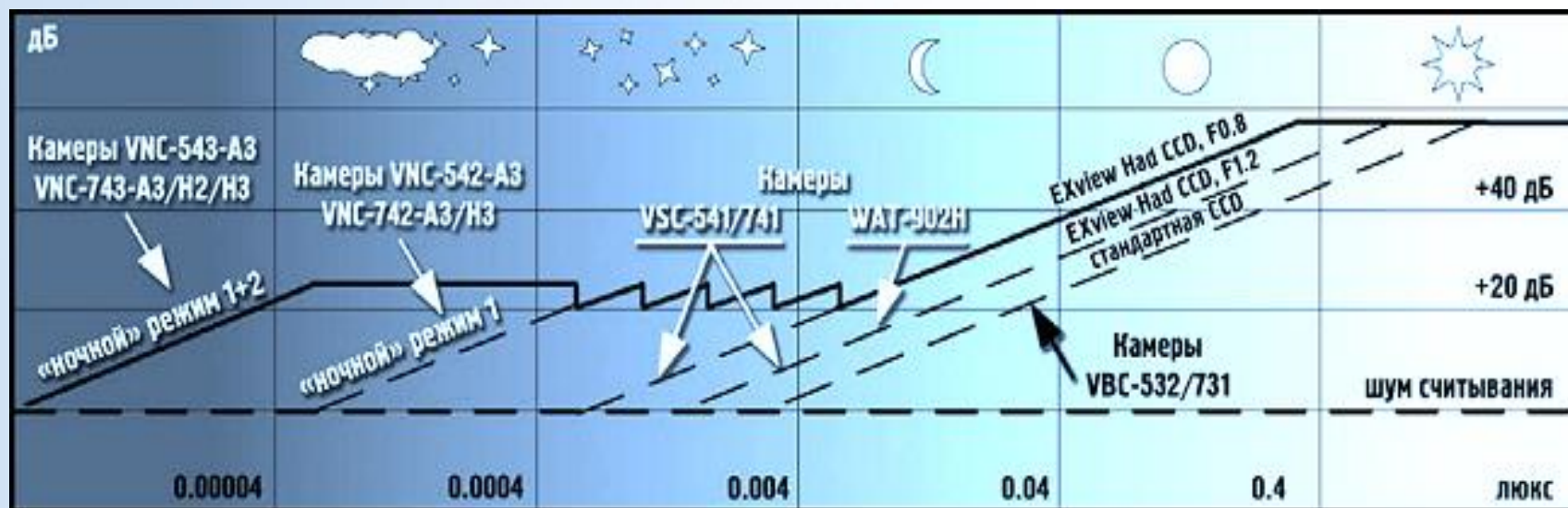
Приложение N 15. Мероприятия по обеспечению безопасности населения на метрополитене (2019-2022 годы)

- Оснащение метрополитенов системами интеллектуального видеонаблюдения с функциями видеоинформации, видеораспознавания, видеообнаружения и видеомониторинга станций метрополитена.
- Хорошо распознавать можно только то, что хорошо видно.
- Объекты транспортной инфраструктуры и транспортные средства, оснащаемые за счет средств федерального бюджета, оборудуются сертифицированными техническими средствами и системами обеспечения транспортной безопасности российского производства. **Использование технических средств иностранного производства допускается при отсутствии российских аналогов** и по согласованию с компетентными органами в области обеспечения транспортной безопасности.

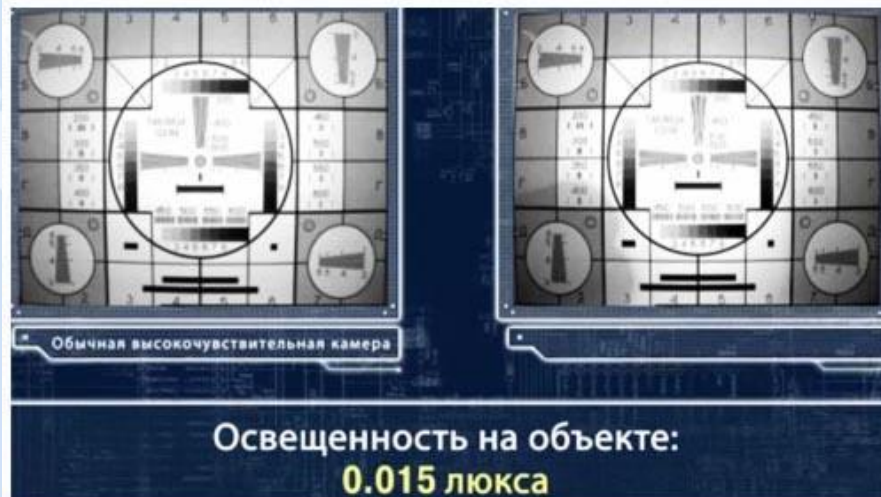
Высокочувствительные видеокамеры ночного наблюдения (СПб)



Для еще большего увеличения чувствительности (до 0,00004 люкс) в камерах **VNC-543** и **VNC-743** используется сочетание режима суммирования зарядового изображения по площади с режимом "Electronic sensitivity enhancer", но в ограниченном временном диапазоне (до 0,2 секунд) так, чтобы смаз изображения движущихся объектов был не очень большим. Эти телевизионные камеры по чувствительности приближаются к приборам ночного видения на ЭОПах поколений два и два плюс, что позволяет использовать их в охранных системах объектов, имеющих ограниченное искусственное освещение.



Результаты сравнительных испытаний обычной и высокочувствительной видеокамеры ночного наблюдения



Натурная съемка на железной дороге

Слева - изображение от импортной ТВ камеры

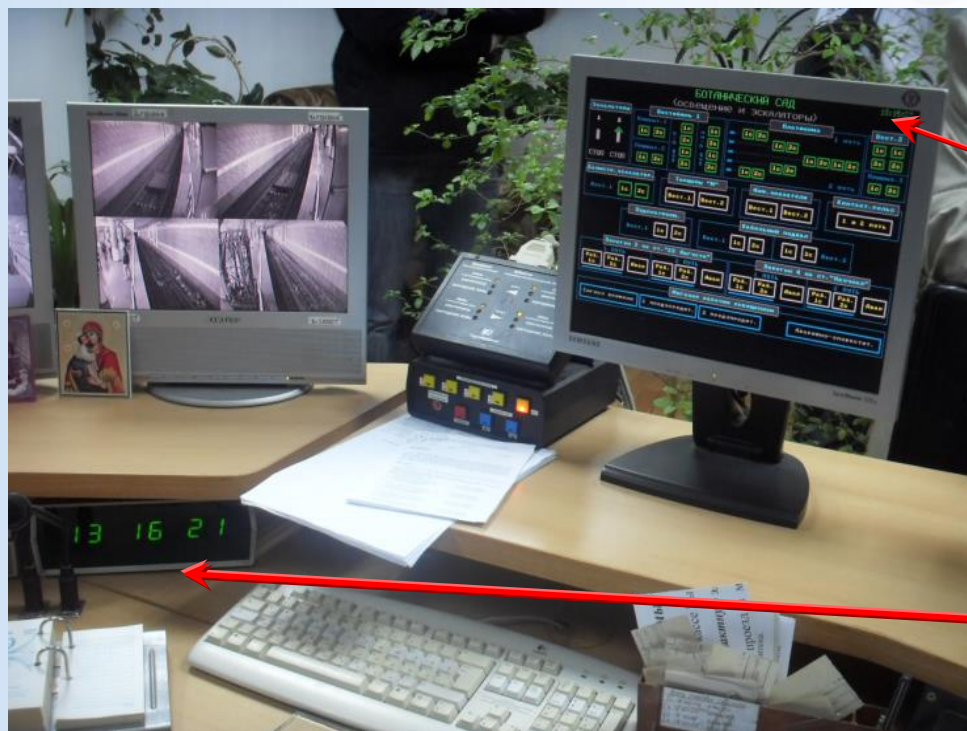
Справа - изображение ТВ российской камеры (СПб)



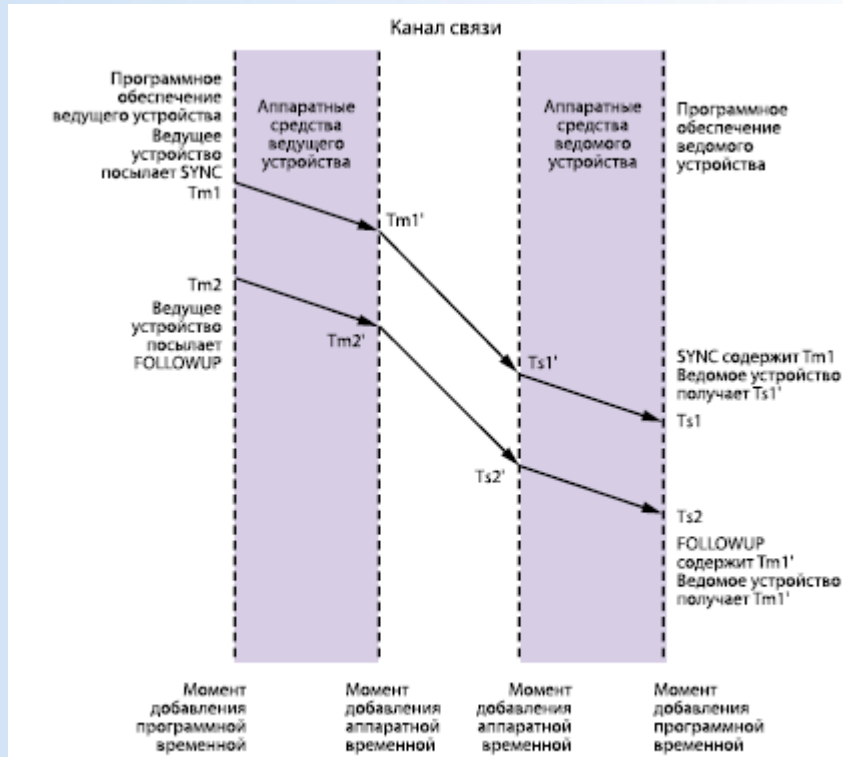
Сильный снег. Человек на расстоянии ~130метров, тепловоз ~200метров.

Слабейшие звенья, ограничивающие общую эффективность деятельности

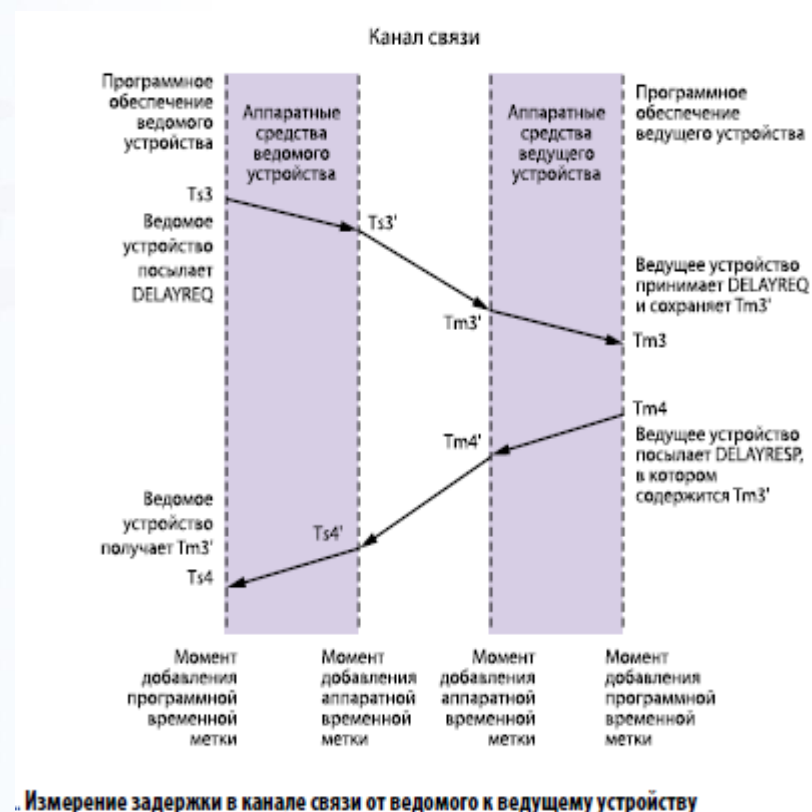
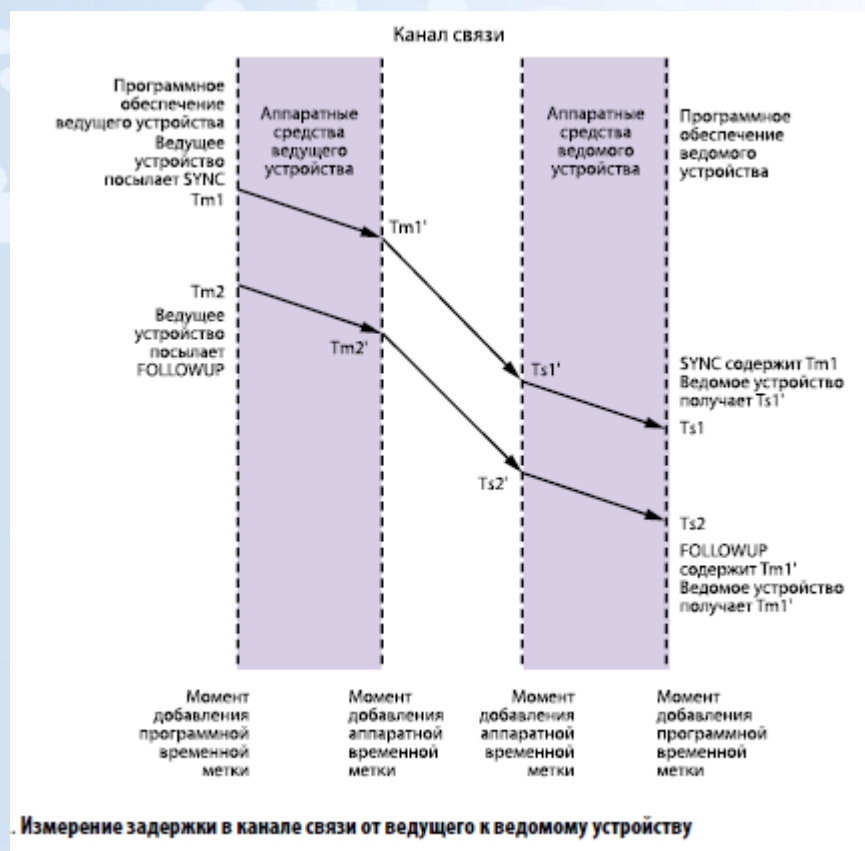
Система единого точного времени



- в момент времени $Tm1$ программное обеспечение ведущего устройства считывает значение текущего локального системного времени ($Tm1$, программная временная метка), вставляет его в сообщение Sync и посылает это сообщение. Реально оно поступает на выход ведущего устройства с некоторой задержкой в момент времени $Tm1'$ (аппаратная временная метка). В момент времени $Ts1'$ (локальное время ведомого устройства) сообщение прибывает в аппаратный модуль ведомого устройства, и программное обеспечение ведомого устройства получает его также с некоторой задержкой в момент времени $Ts1$. Программное обеспечение ведомого устройства считывает аппаратную временную метку и получает, таким образом, значение $Ts1'$. Если задержка в канале связи отсутствует, то $Ts1'$ должно быть равно $(Tm1' + Tms)$, где Tms — это разница во времени между тактовыми сигналами ведущего и ведомого устройств. Цель протокола заключается в компенсации этой разницы.



$$Tmsd = (Ts1' + Tms) - Tm1'. \quad (1)$$



$$T_{msd} = (Ts1' + T_{ms}) - Tm1' \quad (1)$$

Время простых изолированных решений закончилось и для комплексного решения проблем повышения безопасности на транспорте, эффективности систем вентиляции и поддержания микроклимата на станциях необходим системный подход.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

В числе известных, но нерешенных проблем в метрополитене остаются:

- отсутствие достоверных методик и программных средств моделирования задымления аварийных участков трассы при возгораниях и выборе оптимальных режимов работы системы вентиляции с помощью вычислительной техники;
- отсутствие при ЧС у операторов текущих данных о параметрах воздуха и работы вентустановок (подача и депрессия) на аварийном и смежных с ним участках линии;
- отсутствие возможности выбора и ведения действий по эвакуации пассажиров в случае пожара в середине состава, остановившегося на перегоне;
- отсутствие требуемой нормативной базы по проблеме пожарной безопасности на метрополитенах.

Многочисленные эксперименты с применением дымовых шашек на станциях показали низкую эффективность существующих способов дымоудаления.

Это служит основанием для поиска новых решений на основе применения уточненной модели эффективных вентиляционных режимов метрополитенов, которые удовлетворяют требованиям СНиП 32-02-2003 “Метрополитены” и СП 32-105-2004 “Метрополитены” в аварийных ситуациях.

Тоннельная вентиляция в комплексе с другими системами в режиме дымоудаления должна обеспечивать эффективную противодымную защиту путей эвакуации людей по заранее разработанным алгоритмам.

Проблема научно-технического обеспечения пожарной безопасности метрополитенов должна решаться с учетом имеющихся наработок по следующим направлениям:

- совершенствование надзорно-профилактической деятельности;
- противопожарное нормирование и стандартизация;
- разработка и усовершенствование технических средств и систем противопожарной защиты;
- информационное обеспечение, применение новых информационных технологий;
- совершенствование организационных и технических мер по тушению пожаров:
- разработка быстровозводимых противодымных преград.