



**ТЕРРОРИЗМ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ.  
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**



**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ ПАССАЖИРОВ И СОТРУДНИКОВ  
МЕТРОПОЛИТЕНА, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯМ  
БЕЗОПАСНОСТИ И НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ**

*Громов Виктор Никифорович  
профессор СПбПУ Петра Великого  
[vgromov2022@list.ru](mailto:vgromov2022@list.ru)*

**Москва  
16.Февраля 2022**

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.);
- ***Объект с замкнутой системой жизнеобеспечения***, способный в определенный период стать последней защитой для жителей города в период ЧС, терактов и возможной внешней угрозы .

# Метрополитен - Социально-транспортный объект двойного назначения

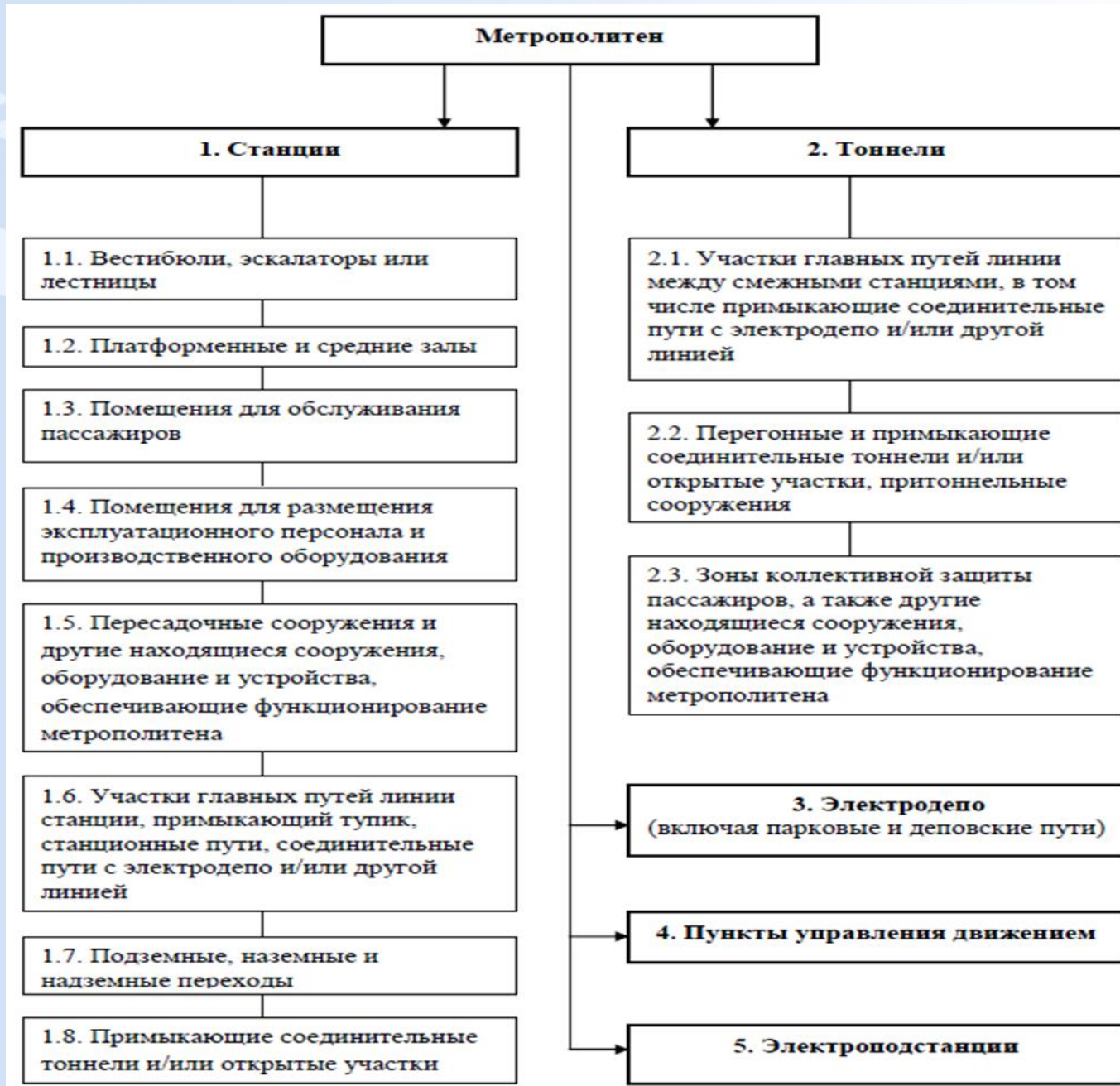
1. Сооружение двойного назначения это инженерное сооружение производственного, общественного, коммунально-бытового или транспортного назначения, приспособленное (запроектированное) для укрытия людей, техники и имущества от опасностей, возникающих в результате последствий аварий на потенциально опасных объектах, а также от воздействия современных средств поражения.



Население укрывается от опасностей, возникающих в результате ЧС и от воздействия ССП в тоннелях и на станциях



# 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





**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, терактах и ЧС.

Человеку в среднем за сутки требуется не более 3 килограмм твердой и жидкой пищи. **Воздуха за сутки требуется около 18 м<sup>3</sup>, 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. При перевозке в сутки от **7 до 9 млн.** пассажиров в сутки потребуется до **35 000 т** воздуха.

Поддержание параметров внутреннего микроклимата на станциях и в тоннелях в допустимом диапазоне значений важнейшая задача системы вентиляции метрополитенов.

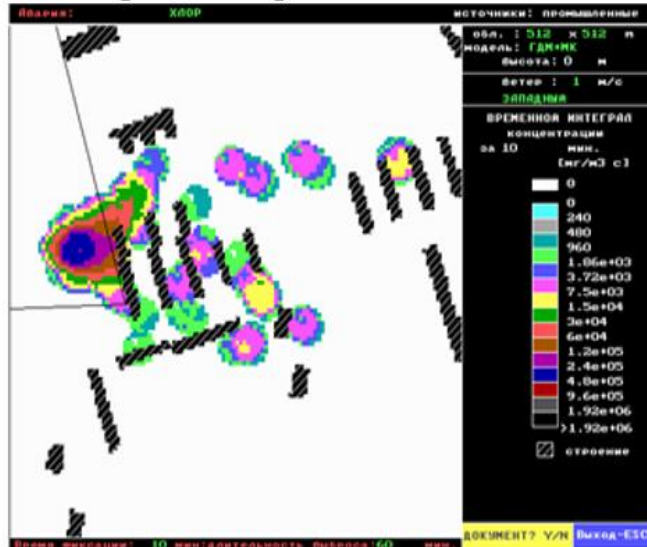
**Важнейшая задача вентиляции - обеспечение аварийных режимов проветривания при пожарах, техногенных авариях и террористических актах.** В силу большого количества требований и норм проектирования вентиляционные системы в подземных сооружениях (метрополитенах, автомобильных тоннелях, шахтах, объектах ГО и т. п.) **можно отнести к разряду самых сложных и самых ответственных систем.**

**«Ахиллесовой пятой» метрополитенов были и остаются воздухозаборные киоски, которые не оснащаются быстродействующими системами контроля биологических, химически опасных и отравляющих веществ (БХОВ).**

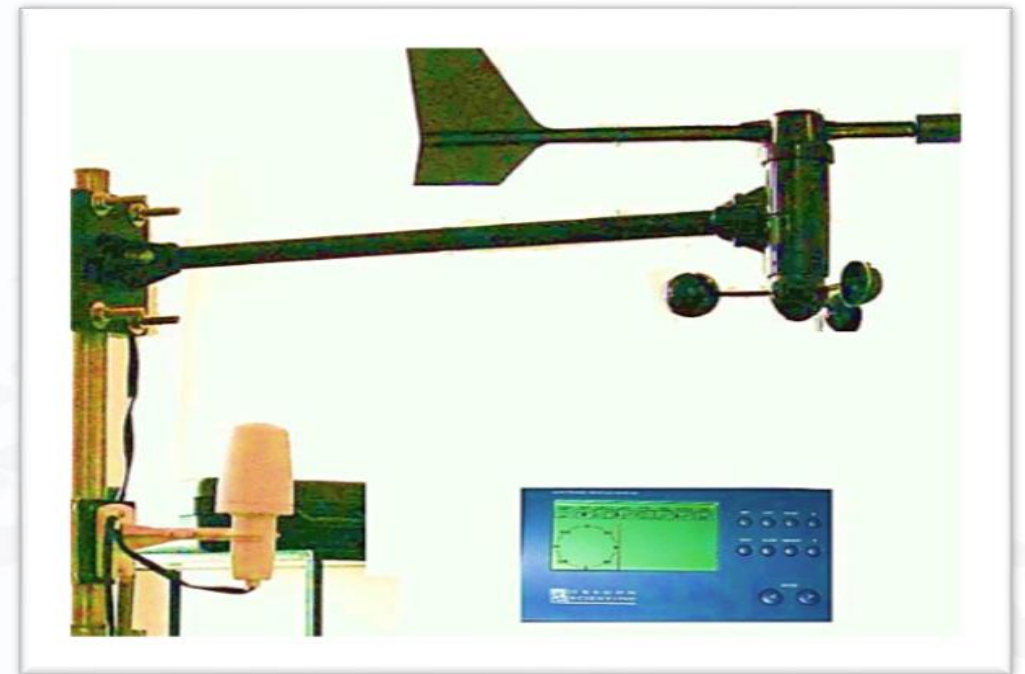
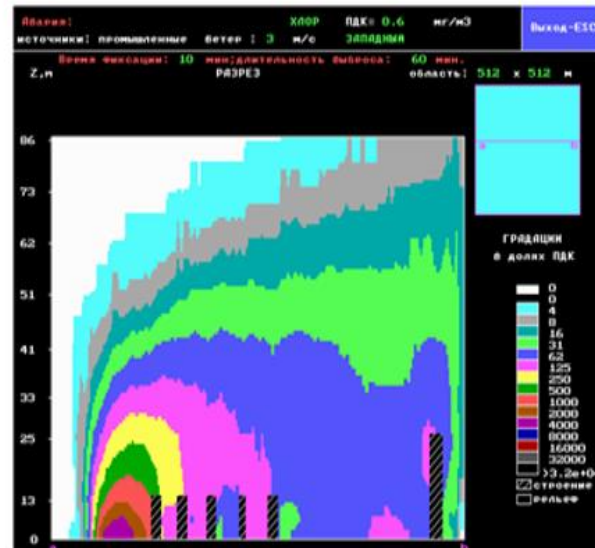
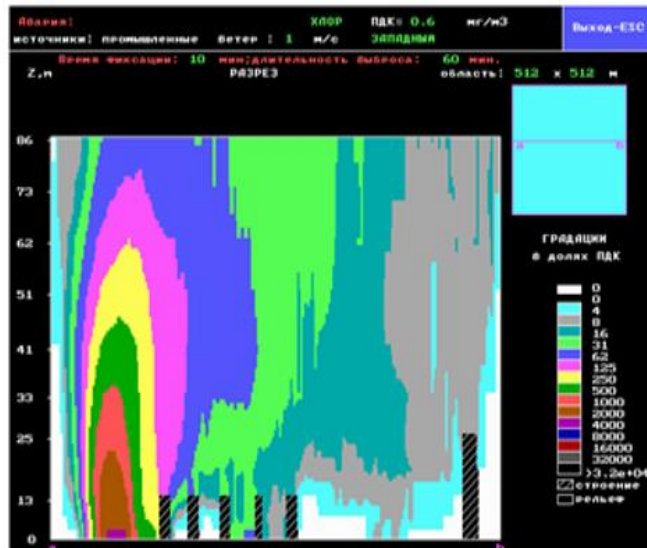
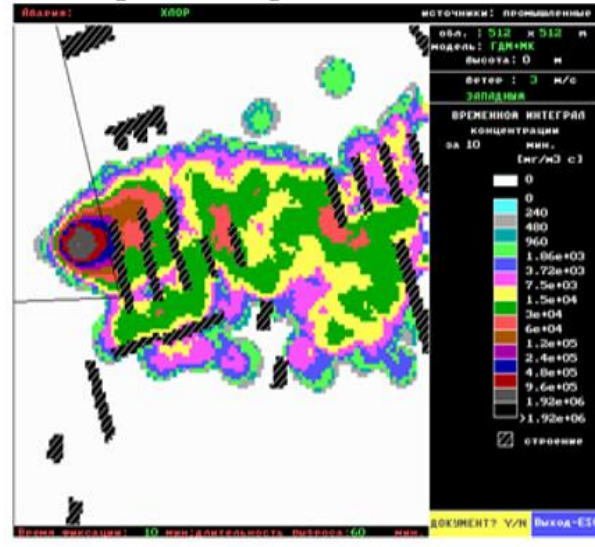
- **В связи с наличием в крупных городах предприятий, работающих с такими ХОВ как, аммиак, хлор и т.п. нельзя не учитывать возможность техногенных аварий на близко расположенных от воздухозаборов потенциально опасных предприятий.**
- **В случае внезапного появления в составе наружного воздуха опасных концентраций химически опасных веществ (ХОВ), задымлений и т.п., при их обнаружении автоматизированной спец. системой, необходимо обеспечить прекращение подачи с поверхности воздуха, путем перекрытия газовоздушных трактов с помощью быстродействующих защитно-герметических и герметических клапанов и ввести режим фильтровентиляции.**
- **Дополнительно необходимо обеспечить реверс на вытяжку приточных вентиляторов.**
- **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.**

# 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**



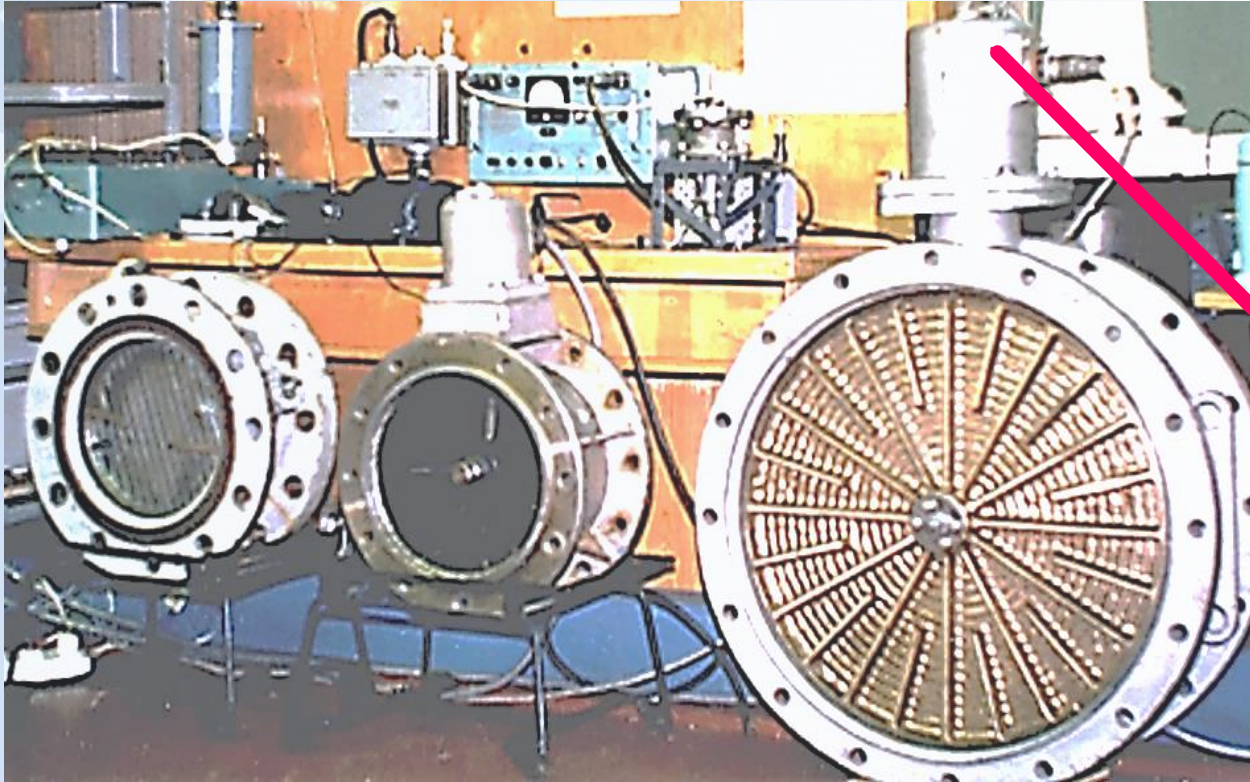
## Локальная метеостанция:

- 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**



# АКТИВНАЯ ЗАЩИТА ВЕНТШАХТ

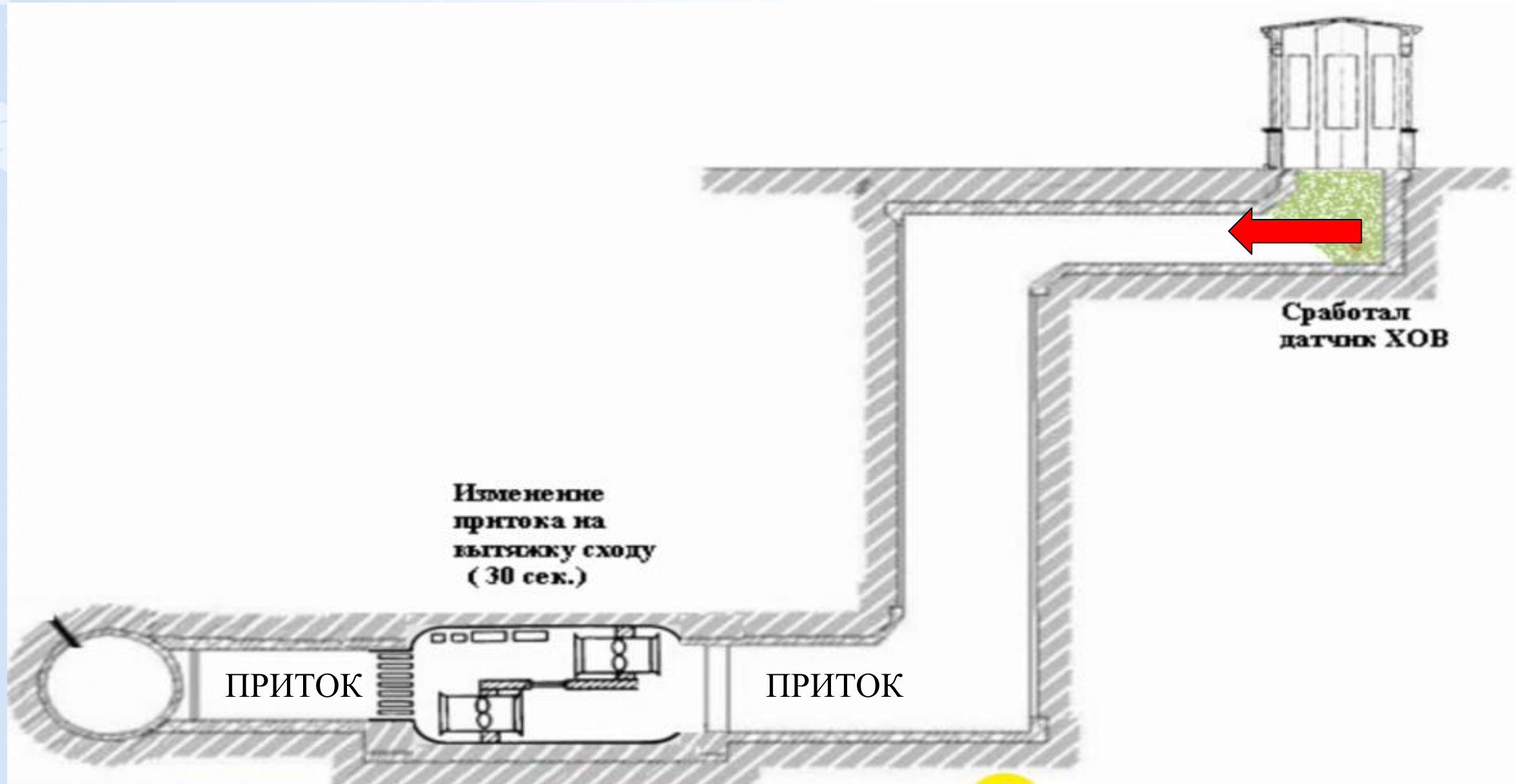


Автоматические клапаны АПУ, АВЗУ, ЗКА



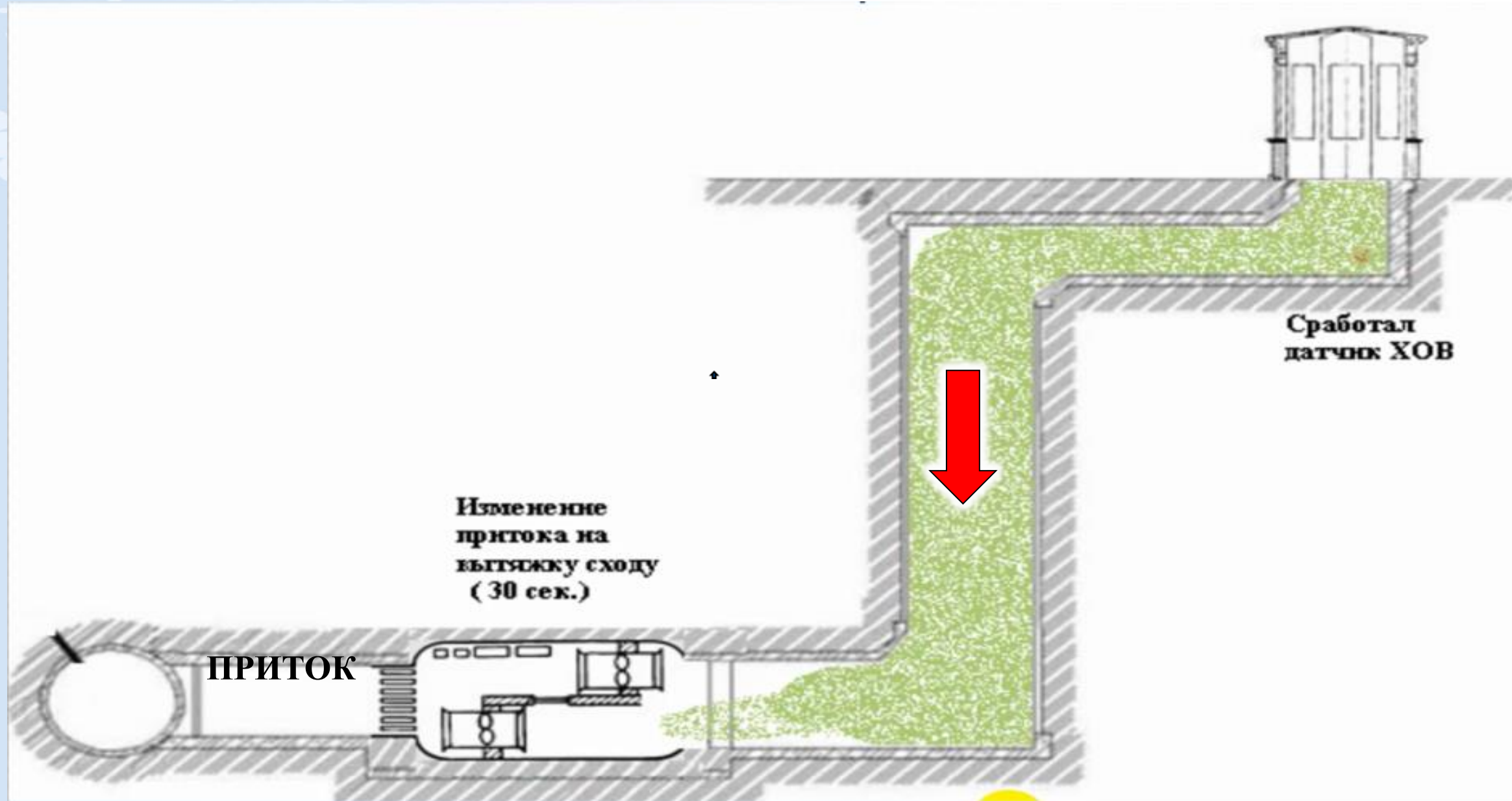
Клапаны временно отсутствуют

# АКТИВНАЯ ЗАЩИТА ВЕНТШАХТ

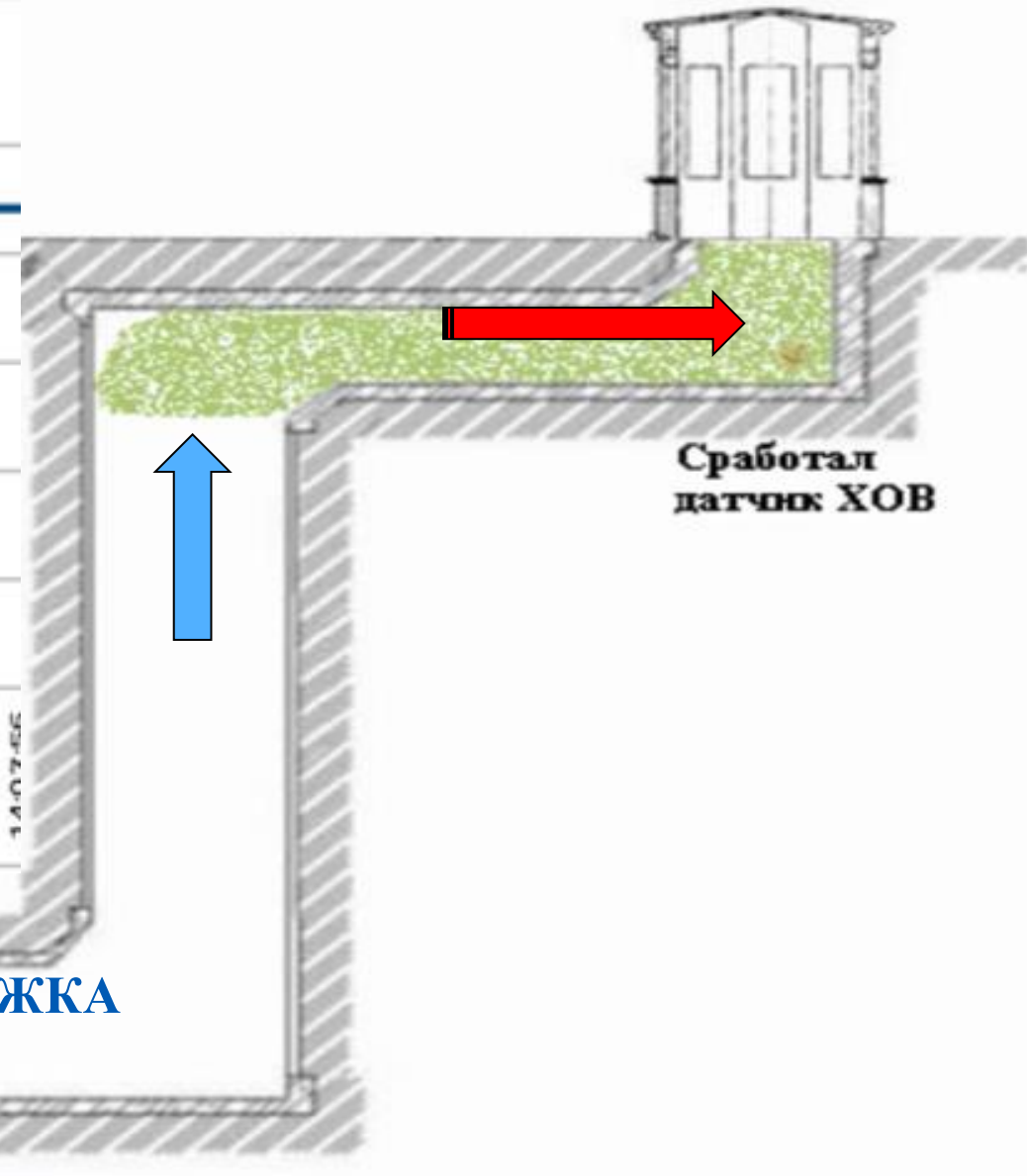
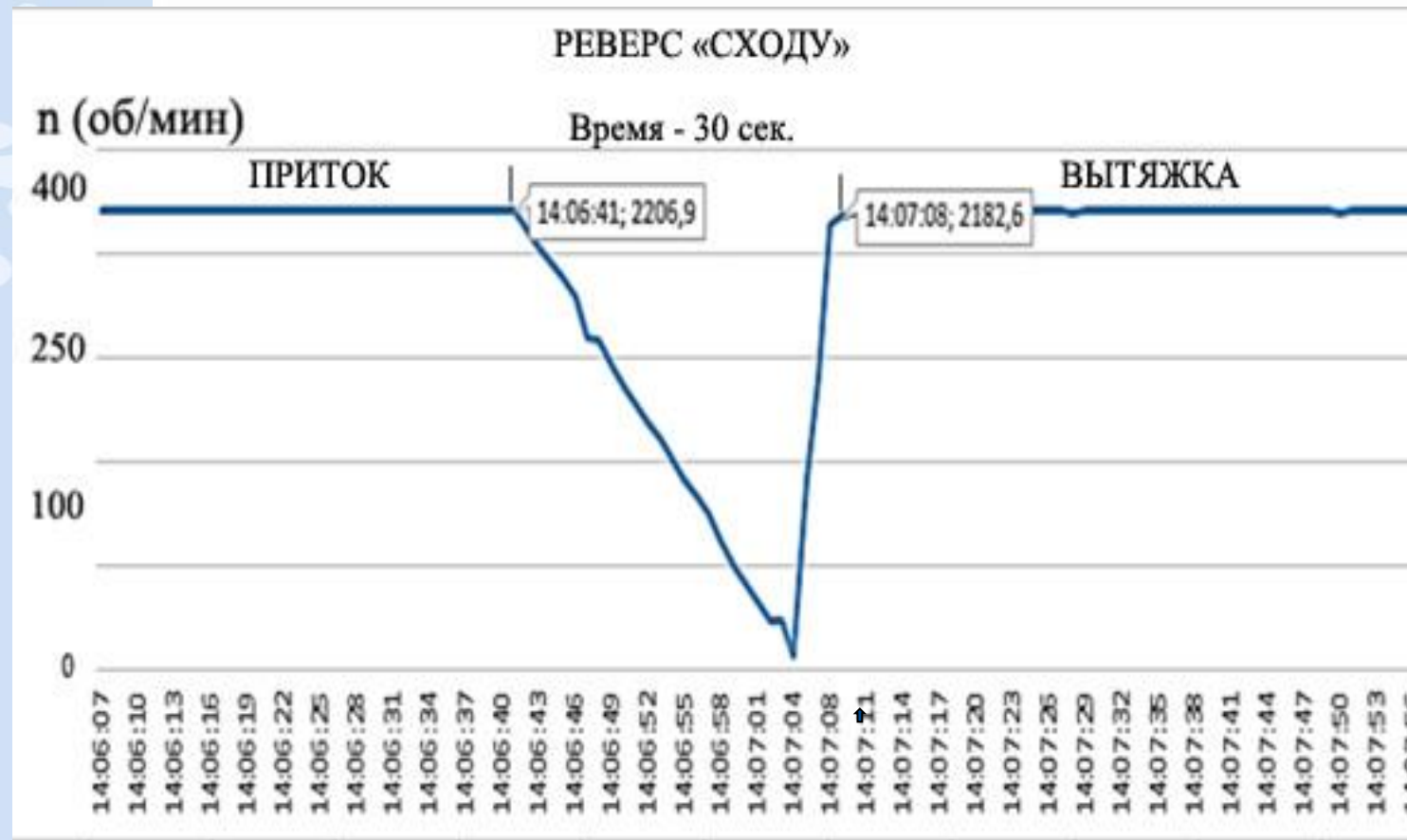




# АКТИВНАЯ ЗАЩИТА ВЕНТШАХТ

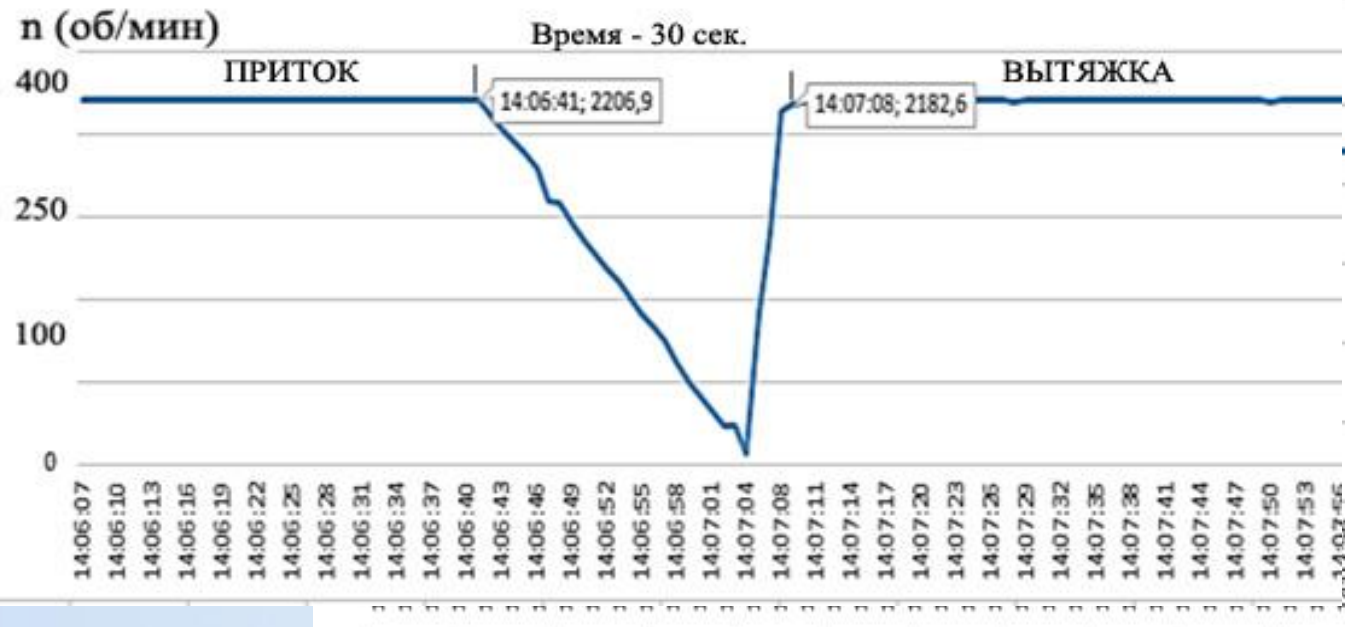


# АКТИВНАЯ ЗАЩИТА ВЕНТШАХТ

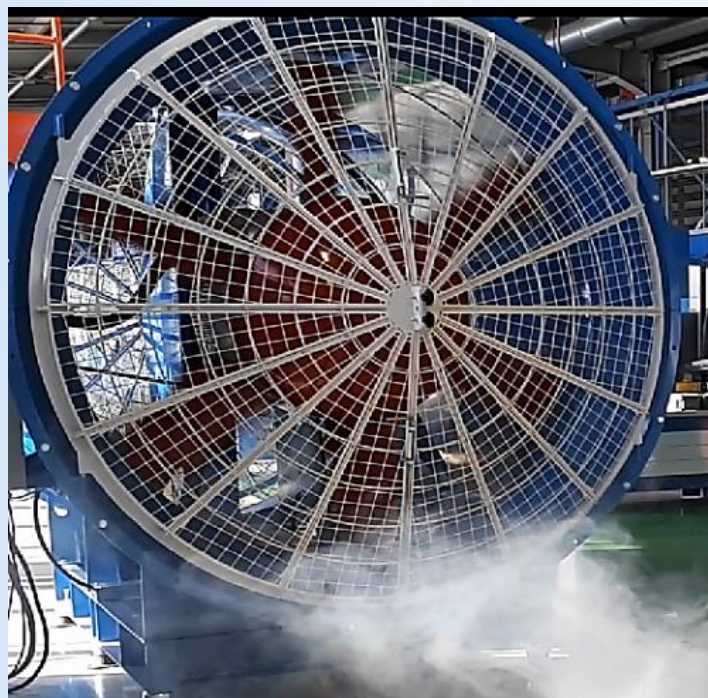




### РЕВЕРС «СХОДУ»



Количество оборотов












Ревёрс «сходу» не допускается

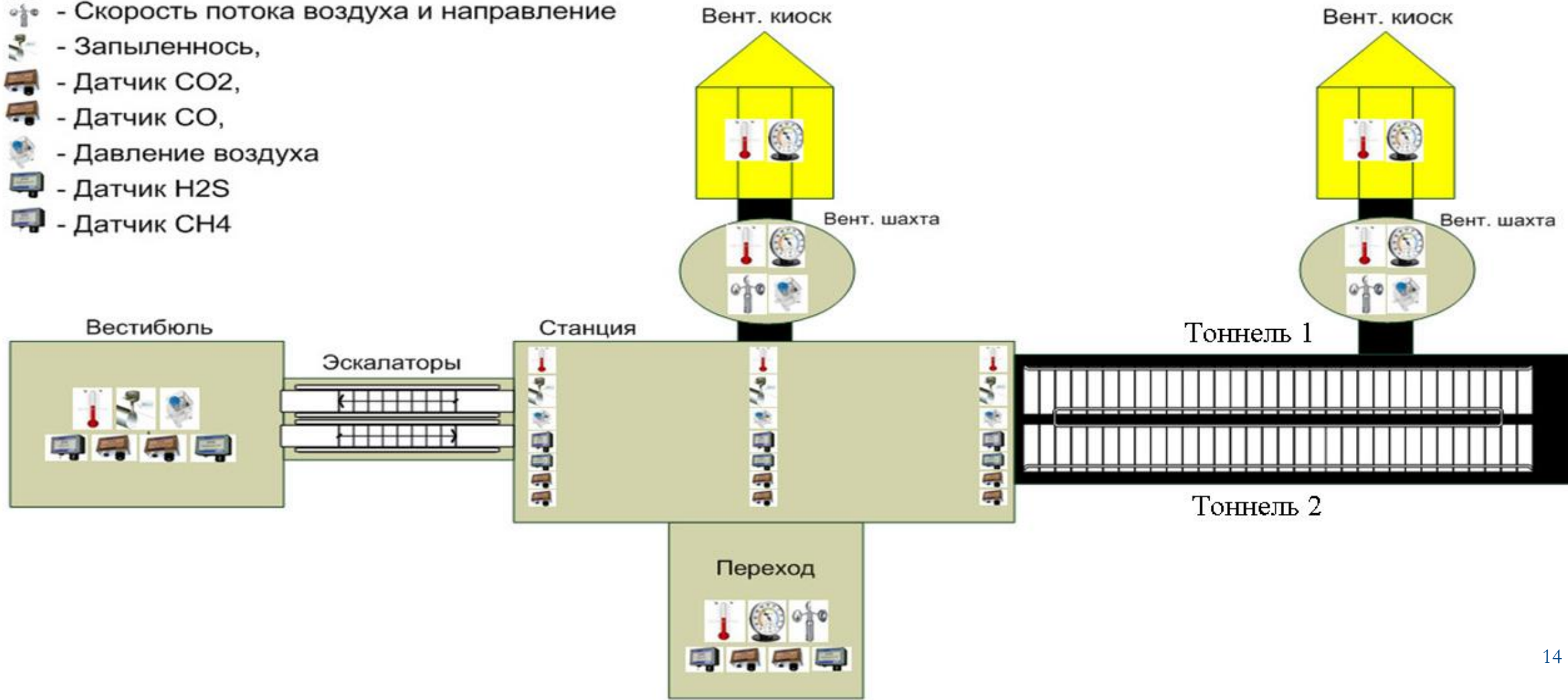
# Создание централизованно-децентрализованной системы управления микроклиматом

Параметры, контролируемые Системой управления микроклимата

Требуется 100% **Параметрическая система управления тоннельной вентиляцией**, в соответствии с реальными параметрами микроклимата и наружного воздуха

Условные обозначения:

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





# Фрагмент оснащения объектов метрополитена приборами контроля микроклимата



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/м <sup>3</sup>
Атмосферное давление	P	60-120	кПа
Содержание CO <sub>2</sub>	C1	0-0,5	%
Содержание CO	C2		
Содержание H <sub>2</sub> S	S		

## Основные измерительные средства системы мониторинга параметров микроклимата:

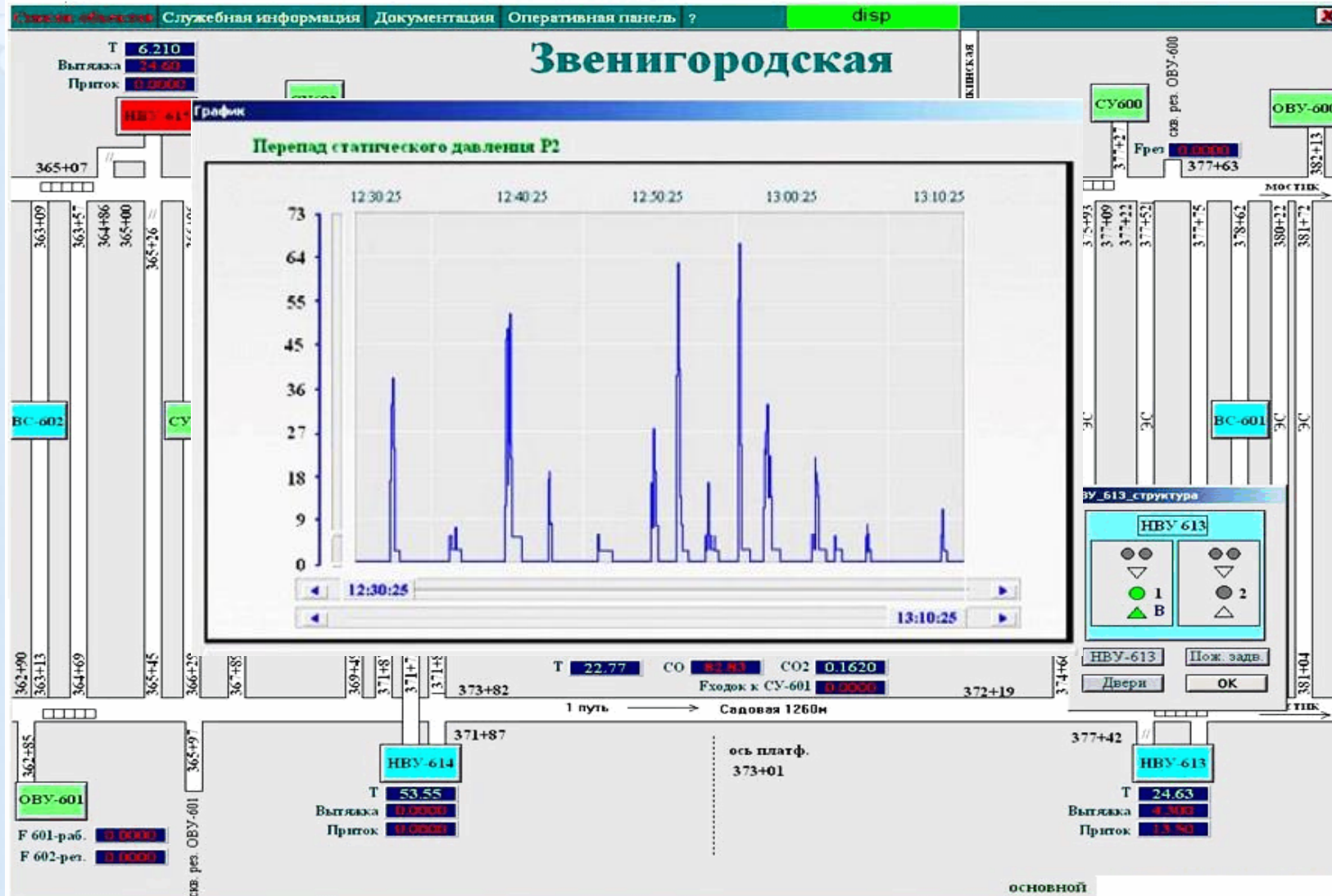
- Измеритель воздушного потока;
- Стационарный прибор контроля запыленности воздуха;
- Специальная система контроля параметров воздушной среды
- Датчики температуры, относительной влажности и давления.

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. Большевиков
18. Ул. Дыбенко





# АРМ управления станционной системой вентиляции



# АРМ диспетчера для управления режимами системы вентиляции по заранее разработанным режимам (алгоритмам)

**Режимы вентиляции**

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

ВШ 400		BA1	BA2	ВШ 401		BA1	BA2	BA3	BA4
Стоп	<input type="text" value="10:00"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Стоп	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Приток	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Приток	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Вытяжка	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Вытяжка	<input type="text" value="15:30"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Шибер	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Шибер	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Реверс, мин.		<input type="text" value="5.5"/>	<input type="text" value="5.0"/>	Реверс, мин.		<input type="text" value="5.0"/>	<input type="text" value="5.5"/>	<input type="text" value="5.0"/>	<input type="text" value="5.0"/>
$t_{\text{BA1-BA2}}$		<input type="text" value="0.3"/>		$t_{\text{1пара-2пара}}$	<input type="text" value="0.5"/>	$t_{\text{BA1-BA2}}$	<input type="text" value="2.5"/>	$t_{\text{BA3-BA4}}$	<input type="text" value="2.5"/>

Диалоговое окно для выбора режима работы системы вентиляции в повседневны условиях и при ЧС.

# Внедрение мобильных систем мониторинга микроклимата и потенциально опасных зон метрополитена

Применение на подвижных составах бортовых автоматизированных систем (БАС) мониторинга потенциально опасных зон метрополитена [1], пожароопасного оборудования в энергосистемах подвижного состава [2] и локальных систем управление микроклиматом в кабине управления и салонах вагонов для создания безопасных условий жизнедеятельности машиниста и пассажиров [3] —

это новая ступень технологического развития систем безопасности метрополитена, комфортности и надежности пассажироперевозок.

*«Каменный век закончился не потому, что камни кончились, а потому, что появились новые технологии»*

бывший министр нефти Саудовской Аравии Ахмед Заки Ямани



Для устойчивой и безопасной работы метрополитена в повседневных условиях большое значение имеет постоянная система контроля по обнаружению предаварийных ситуаций и, в первую очередь, контроль за состоянием температуры в ответственных узлах и энергонапряженных элементах кабельных линий, контактных рельсов и рельсового пути в тоннелях и на подвижном составе.

Предложения по реализации данной задачи были изложены автором в статье:

*«Бортовая автоматизированная система мониторинга потенциально опасных зон метрополитена».* Журнал МЕТРО №1 2015 г. с. 32-35

Предложенная идея применения инфракрасного термографа на подвижном составе для контроля перегрева кабельных линий была реализована на Московском метрополитене в составе диагностического комплекса Службы пути в вагоне-лаборатории «Синергия 2».

На переднем торце вагона размещены лазерный сканер и видеокамеры.

Во время движения по маршруту он сканирует тоннель.

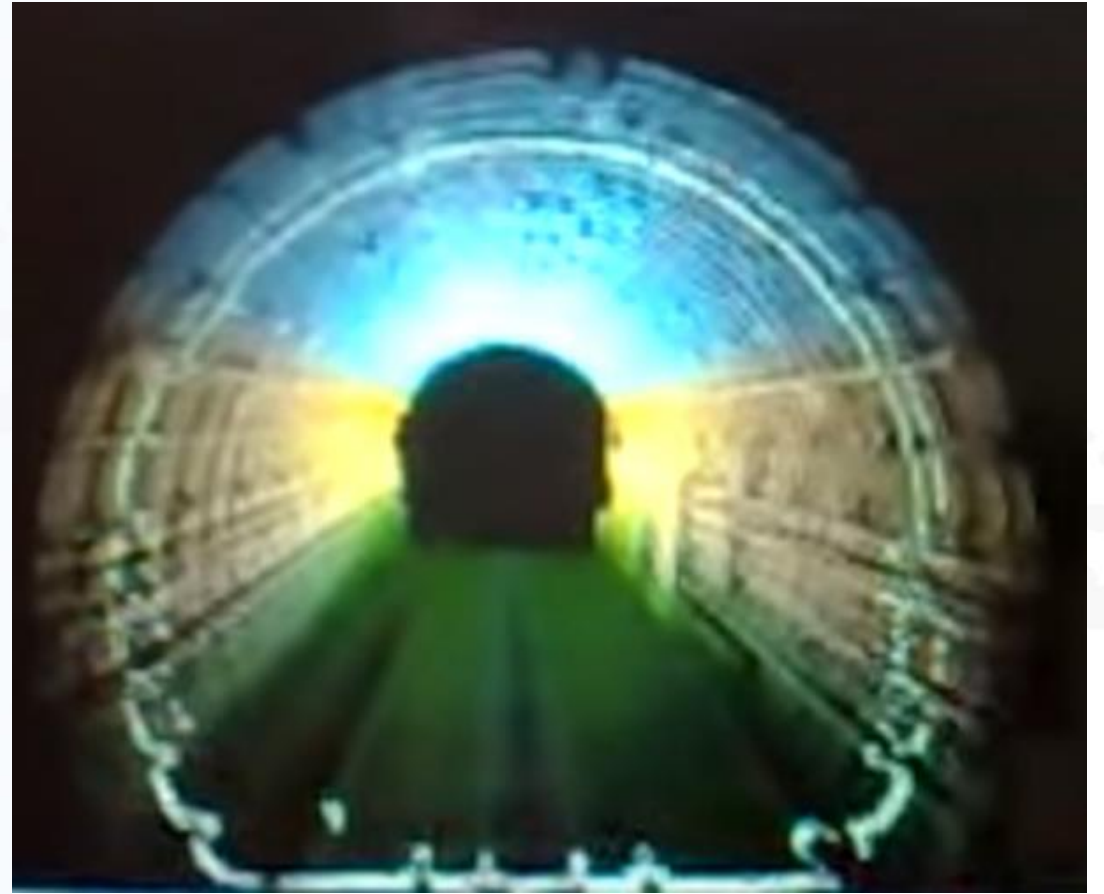
Под днищем вагона смонтирован ультразвуковой дефектоскоп.

В движение лаборатория приводится стандартными метровагонами. Число вагонов – 5.

Один комплекс успевает за месяц дважды тщательно изучить каждую линию метро.

**Стоимость комплекса – 92,5 млн.руб.**





Датчики пикетных отметок создают единое координатное пространство.

Все измерения привязаны к пикетам с точностью до миллиметра и синхронизированы между собой.



Поезда «Синергия-1» и «Синергия-2» используются как передвижные диагностические комплексы для контроля исправного состояние путей и устройств в тоннелях.

В связи с тем, что Диагностические комплексы обеспечивают реализацию важных функций Службы пути, в них не реализован ряд других актуальных задач, а именно:

- **Не измеряется энергопотребление подвижным составом;**
- **Не выполняется контроль качества электроэнергии в тяговой сети;**
- **Не ведется оценка влияния высокочастотных гармоник в тяговой сети на работу СЦБ и АЛС-АРС;**
- **Отсутствует бортовой автоматизированный комплекс мониторинга параметров микроклимата и химически опасных веществ в тоннелях метрополитена в масштабе реального времени;**
- **Контроль параметров отдельной линии метро возможен только периодически - 2...4 раза в месяц.**

Указанный перечень задач можно реализовать, либо дополнительно в рамках существующих лабораторий «Синергия», либо путем размещения отдельных регистрационных устройств или бортовой аппаратуры на обычных подвижных составах (например, инфракрасных термографов или анализаторов воздуха).

Вариант размещения отдельных регистрационных устройств на обычных подвижных составах менее затратный и позволит обеспечить постоянный мониторинг ряда важных параметров, в том числе **(что очень важно), в часы пик.**

## **А) БАС система контроля потенциально-опасных зон метрополитена [1]**

- Бортовая мобильная система дает возможность подключения тепловизоров и датчиков контроля параметров воздушной среды в тоннелях и на станциях в масштабе реального времени (включая контроль СО, контроль химически – опасных веществ, радиационный контроль, значительной концентрации токсичных и взрывоопасных газоздушных смесей и т.п.).

■ Основными качественными характеристиками бортового контроллера «ТМЗcom» являются [4]:

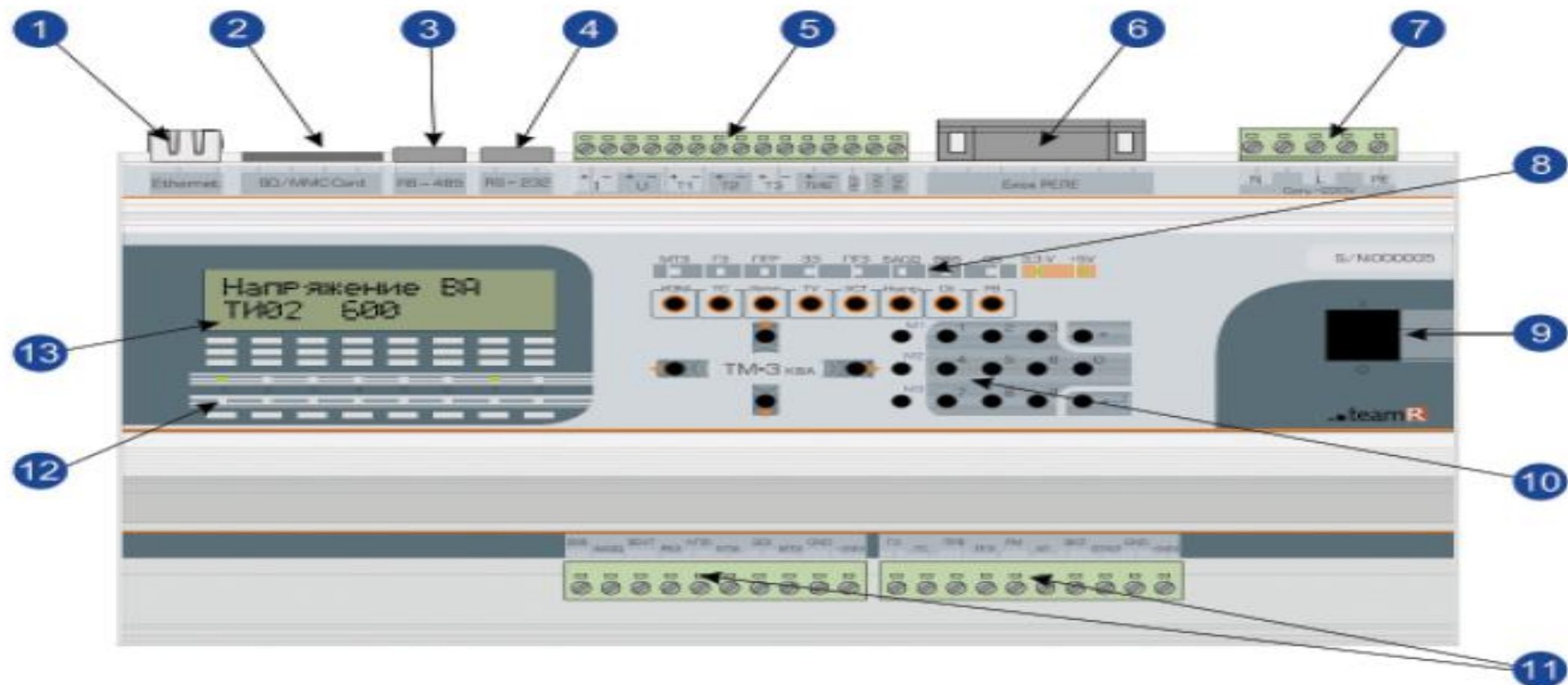
- точность преобразования сигналов с датчиков – не хуже  $\pm 0,2\%$ ;
- разрешающая способность приема дискретных сигналов – не хуже 1 мс;
- высокая надежность и достоверность доставки информации – не более 1 ошибки за 26 лет;
- непрерывная круглосуточная работа без вмешательства оператора;
- устойчивость к воздействию электромагнитных помех и климатических факторов в условиях действующего метрополитена;
- дистанционная самодиагностика;
- аппаратура БАС может стыковаться с концентраторами маршрутизаторами типа «ТМЗcom» по магистралям интерфейса RS-485. Обмен данными осуществляется в протоколе ГОСТ Р МЭК 60870-5-101 на скорости 460,8кбит/с.

Контроллер «ТМЗcom» может осуществлять передачу необходимых наборов данных в направлении систем диспетчерских центров в протоколах ГОСТ Р МЭК 60870-5-101/104 по беспроводным каналам связи метрополитена.

Конфигурирование контроллера может производиться с помощью встроенного в прибор WEB-сервера, позволяющего пользователю редактировать параметры конфигурации и логики статистического анализа.



## Концентратор маршрутизатор «ТМЗcom»



1 – Разъём Fast Ethernet

2 – Слот для SD, SDHC, MMC – карт

3 – Разъём интерфейса RS-485/422

4 – Разъём интерфейса RS-232

5 – Клеммы входов для приёма аналоговых сигналов

6 – Разъём для подключения модуля реле TR02A

7 – Разъём питания

8 – Индикаторы режимов работы контроллера в составе ячейки или выпрямительного агрегата

9 – Выключатель питания контроллера

10 – Клавиатура

11 – Клеммы входов телесигнализации (ТС)

12 – Индикатор состояния внутренних узлов контроллера

13 – ЖК-индикатор

## Б) Мобильная противопожарная система подвижного состава АСОТП-765

По данным ООО «КБ Метроспецтехника» [2], более трёх лет ведётся эксплуатация инновационной **противопожарной системы АСОТП-765, установленной на поездах метро серии 81-765/766/767.**

За это время предотвращено несколько серьёзных аварий на высоковольтном оборудовании блоков распределительных устройств БРУ. Выявлено и задокументировано почти 400 пожароопасных ситуаций, вызванных перегревами или реальными возгораниями элементов электрооборудования подвижного состава.

Главной инновацией системы является технология контроля и поддержания работоспособности пожарного оборудования в режиме реального времени.

Вся информация о работе противопожарных систем АСОТП-765 собирается в единой базе данных центра ТО. С целью выполнения требований безопасности передача цифровых данных осуществляется только по односторонним беспроводным каналам, не допускающим прохождение внешней информации обратно, в сторону подвижных составов.

**Метровагонмаш Сервис. Аналитический центр**





## **В) Система обеспечения микроклимата на подвижном составе**

Организациями АО «ВНИИЖТ», ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора, АО «МЕТРОВАГОНМАШ» разработана первая редакция проекта ГОСТ «Подвижной состав метрополитена. Системы обеспечения микроклимата. Общие технические требования и методы контроля». Это проект межгосударственного стандарта евразийского совета по стандартизации, метрологии и сертификации [3].

- Новый стандарт устанавливает требования к системам обеспечения микроклимата подвижного состава метрополитена, отражающий способность создать и поддерживать в кабине управления и салонах вагонов подвижного состава метрополитена **необходимые, и в первую очередь, безопасные условия для жизнедеятельности** машиниста и пассажиров, а также обеспечить надежное функционирование оборудования этой системы в заданных условиях эксплуатации.
- Дата размещения уведомления о разработке проекта стандарта **10.12.2021** .
- **Статус Вынесен на публичное обсуждение.**

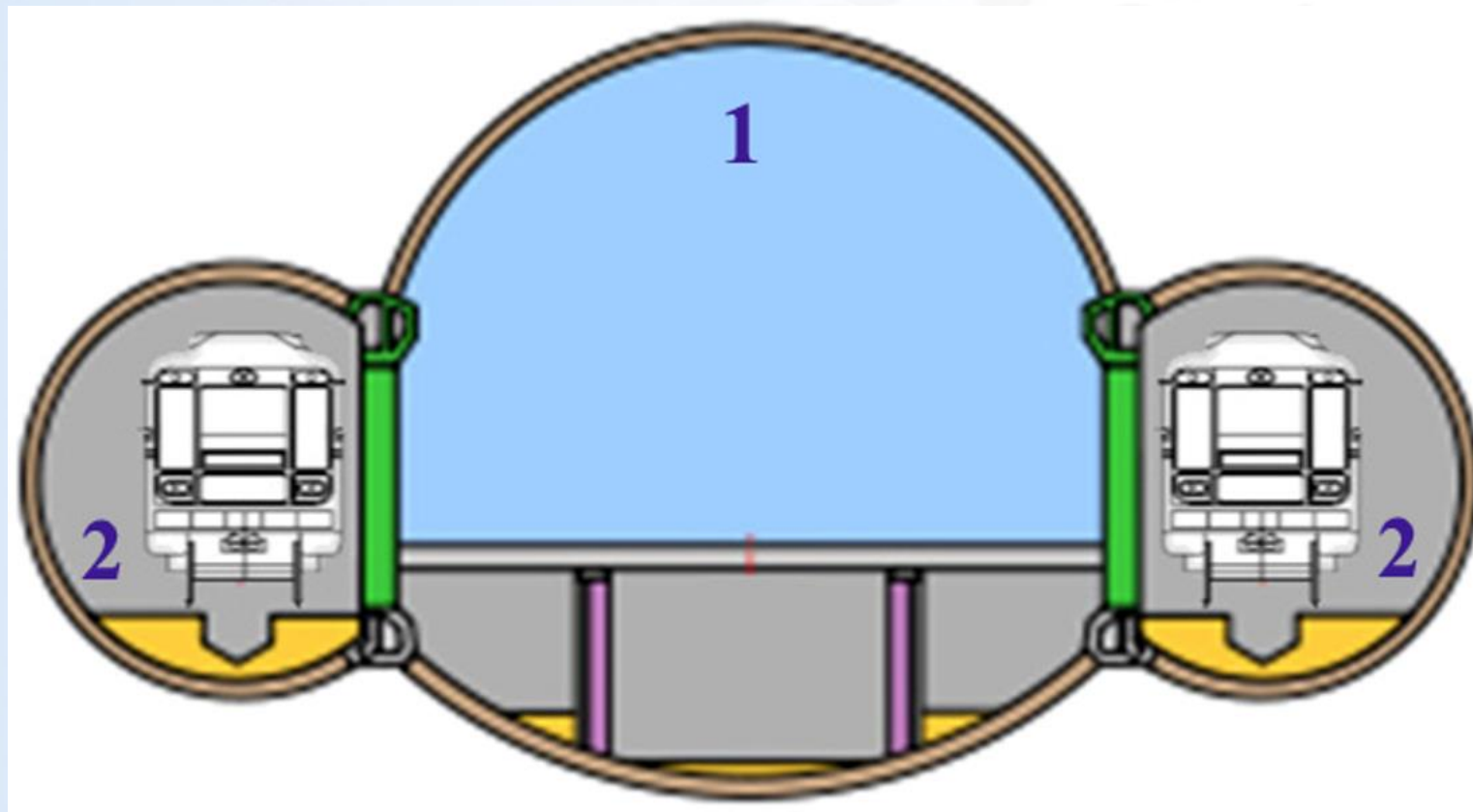
## Разделение систем вентиляции станций и тоннеля

- 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 позволит 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.



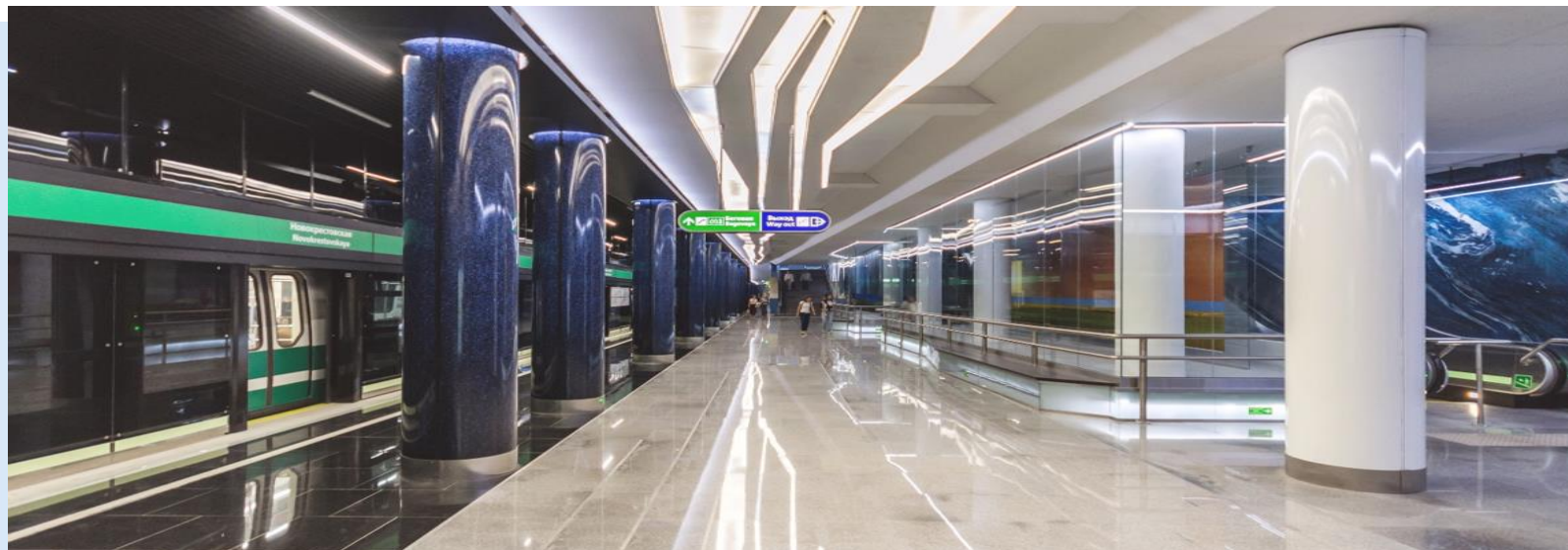
В Петербургском метрополитене имеется 72 станции, шесть подземных пересадочных узлов, связывающих по две станции, и один -- связывающий три станции и 12 станций закрытого типа с «горизонтальным лифтом» или «закрытым воздушным контуром»

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



Станция закрытого типа с «горизонтальным лифтом»

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





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.

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.

## Использованная литература:

1. МЕТРО INFO International» №1 2015, Бортовая автоматизированная система мониторинга потенциально опасных зон метрополитена, СПбПУ Петра Великого, В.Н. Громов, Стр. 32-38.
2. МЕТРО INFO International» №2 2021, Концепции повышения пожарной безопасности поездов метро на базе цифровых технологий АСОТП-765, ООО «КБ Метроспецтехника» И. Г. Саутин Р. Ю. Широков Стр. 10-16.
3. Первая редакции проекта ГОСТ «Подвижной состав метрополитена. Системы беспечения микроклимата. Общие технические требования и методы контроля». 141009, Московская область, городской округ Мытищи, г. Мытищи, улица Колонцова, 48, (498) 687-45-55 [pk4\\_osp@metrowagonmash.ru](mailto:pk4_osp@metrowagonmash.ru)
4. ЗАО «Системы связи и телемеханики» (ЗАО «ССТ» [cts@ctsspb.ru](mailto:cts@ctsspb.ru)). Специализируется на разработке, производстве и внедрении программно-аппаратных средств диспетчерского телеуправления



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.



Спасибо за внимание

Контакты:

Громов Виктор Никифорович

СПбПУ Петра Великого

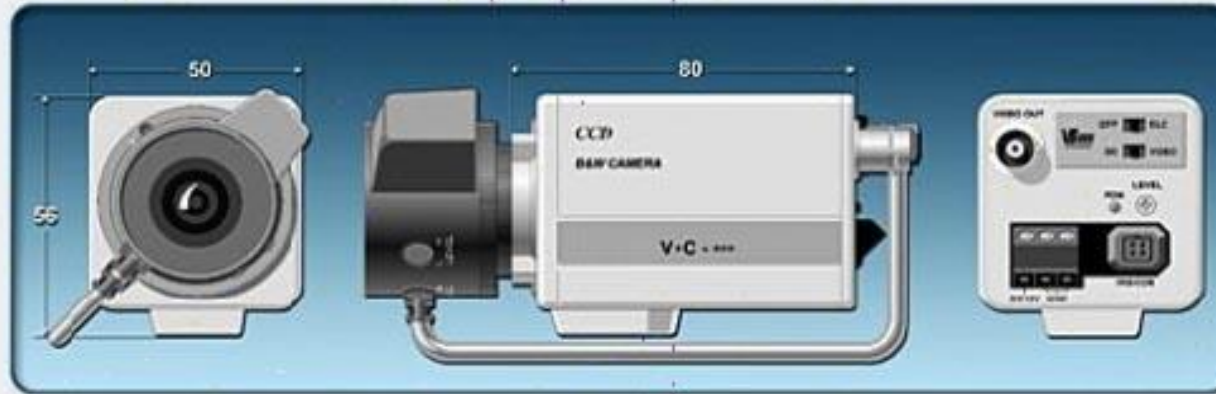
+7-921-3545746

[vgromov2022@list.ru](mailto:vgromov2022@list.ru)

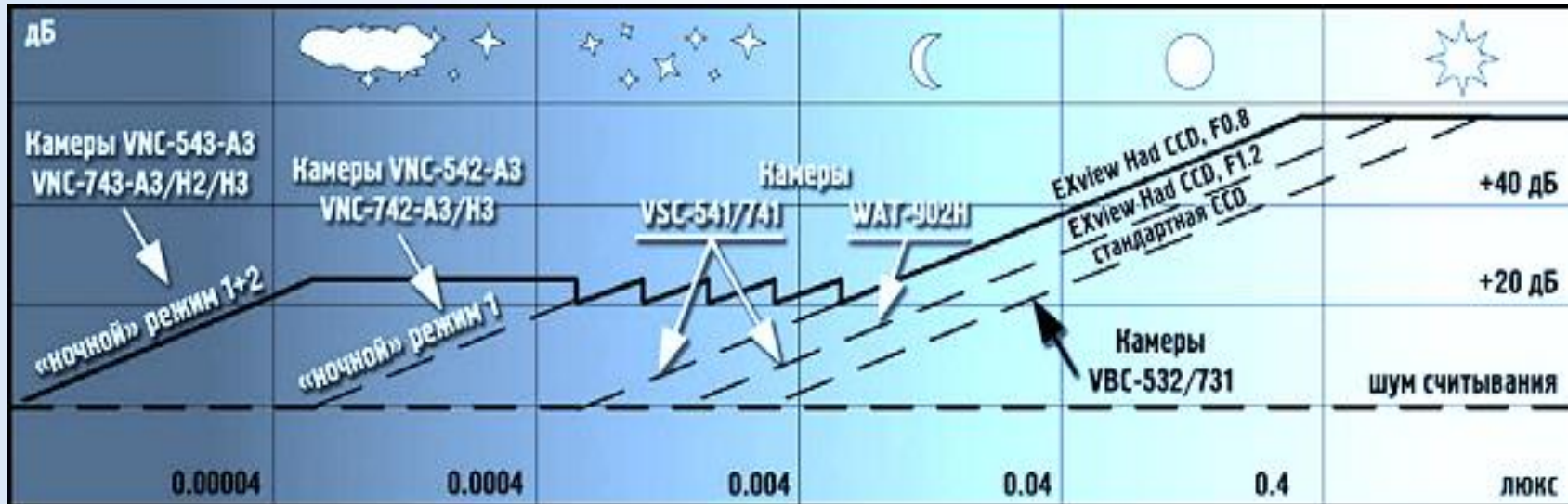




# Высокочувствительные видеокамеры ночного наблюдения (СПб)



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.



## 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.