

## СЪВРЕМЕННИ СИСТЕМИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ НА КРИТИЧНА ПЪТНА ИНФРАСТРУКТУРА

проф. д-р инж. Радостин Долчинков  
доц. д-р инж. Камен Сейменлийски  
Бургаски свободен университет

(НАУЧНА СТУДИЯ)

## MODERN SYSTEMS FOR THE SAFETY OF CRITICAL ROAD INFRASTRUCTURE

Prof. Eng. Radostin Dolchinkov  
Assoc. Prof. Eng. Kamen Seymenliyski  
Burgas Free University

***Abstract:** The purpose of the study is to present how, by using modern safety systems and creating an organization of their management, it is possible to contribute to the reduction of car traffic accidents in road infrastructure facilities. The tasks he sets are an analysis of the implemented safety systems and consideration of the benefits of the introduced organization for their management and their possibilities for controlling car traffic.*

***Резюме:** Целта на студията е да представи как чрез използване на съвременни системи за безопасност и създаването на организация на управлението им може да се допринесе до намаляване на злополуките при автомобилния трафик в съоръженията на пътната инфраструктура. Задачите, които се поставят са анализ на внедрените системи за безопасност и отчитане на ползите от въведената организация за тяхното управление и възможностите им за контрол на автомобилния трафик.*

### **Въведение:**

Системите от типа SCADA са доста разнообразни, но имат и много общи черти. Точното дефиниране на понятията в компютъризираните системи е доста трудно, защото усилията за автоматизация и централизиране на контрола и управлението се движеха от много фирми в различни страни и всичките те вървяха по различни пътища. Общите черти във всяка индустрия водят до силен стремеж към унификация, стандартизация и глобализация, при което се стига и до много общи черти, както на ниво хардуер, така и на ниво софтуер [1, 2, 3].

Системите SCADA могат да съдържат едно или повече нива. Например, системата с три нива съдържа на първо ниво устройства за връзка с датчиците и изпълнителните механизми, на второ ниво комуникационни компютри, които могат да имат известни обработващи и контролно-управляващи функции, и на трето ниво – работни станции за връзка с операторите. Тези станции изпълняват ролята и на интерфейс човек-машина.

Те се използват в енергетиката за управление на трафика, на водните ресурси, на отпадъците, включително и на отпадъчните води, системите за сигурност, системите за достъп до сградите, всякакви видове тръбопроводи, масовия градски транспорт, метрото, железопътния транспорт, включително и системите за прелези, надлези и подлези и т.н. [4, 5, 6, 7].

Тоест, старите електронни системи за събиране на информация от аналогови и цифрови датчици еволюираха и с новите си функции се превърнаха в системи от групата SCADA, включваща в себе си и всичко от предходните системи за автоматизация [8, 9, 10, 11, 12, 13].

## 1. SCADA системи

SCADA (контролен контрол и събиране на данни) е система за автоматизация, която се използва в отрасли като енергетика, нефт и газ, вода, електроенергия и много други. Системата SCADA работи чрез работа със сигнали, които комуникират чрез канали, за да предоставят на потребителя дистанционно управление на всяко оборудване в дадена система. Той също така изпълнява разпределена база данни или маркер на базата данни, която съдържа тагове или точки в цялата централа. Тези точки представляват единична входна или изходна стойност, която се контролира от системата SCADA в централизираното контролно отделение. Точките се съхраняват в разпределената база данни като двойки стойности – времеви маркери. Много е обичайно да се настройват SCADA системите и да се придобиват метаданни, като регистърни пътеки на програмируеми логически контролери (PLC) и статистически данни за аларми [3, 14, 15].

Има пет основни съставни части на SCADA система:

- Интерфейс на човек машина (HMI);
- Система за надзор;
- Дистанционни терминални устройства (RTU);
- Програмируеми логически контролери (PLC).

### ➤ *Изграждане на концептуалния модел на системата*

Както хардуерната, така и софтуерната част на съвременните цифрови системи показва все по-голяма унификация, което се проявява дори и на ниво архитектура на системите. Съществува обаче една страна на системите SCADA, по която те се различават значително, а именно концептуалният модел, заложен в системата и най-вече в нейния софтуер. Това е така, защото конкретните условия на приложение на системите обикновено се различават значително.

Производителите на системи от типа SCADA обикновено предлагат широк набор от готови решения, които с тяхна помощ, а понякога и самостоятелно, могат да се адаптират към условията на конкретното приложение. Независимо от това, интегрирането на всички устройства и подсистеми в една работоспособна такава може да изисква дълъг етап на проучване и изследване, а също и експертиза за изготвяне на документи, касаещи разработката, внедряването, експлоатацията, предполагаеми реструктурирания, демонтаж и рециклиране на оборудването. Особено отговорна е разработката и адаптацията на софтуера, която обикновено изисква интензивна работа.

Разработването на структурата на системата, която може да бъде направена на йерархичен принцип, с интерфейсите, комуникационния хардуер и софтуер е може би най-важният етап от проекта SCADA. Грешките на този етап могат да направят цялата система неефективна или дори пречеща на производството. Основно изисква-

не е системата да е модулна и да подлежи на развитие и усъвършенстване, а от друга страна да е достатъчно добре защитена в случай на грешки и злоумишлени действия.

### ➤ **Основни функции**

Развитието на технологиите даде възможност системите, които функционираха по-рано отделно и се произвеждаха от специализирани фирми, сега да се включат в нов, по-мошен клас от интегрирани системи, които имат следните основни функции:

- събиране и обработка на данни от всякакви датчици;
- изпращане на данните от датчиците към по-високите нива на системата;
- представяне на данните в удобна за възприемане от човека форма;
- регистриране на данните на един или няколко носителя, с цел тяхното документирание и архивиране;
- подпомагане на операторите в изчисляването на управляващите въздействия и вземането на решения;
- комуникиране на решенията на по-горните нива до блоковете, работещи с управляващите устройства;
- проследяване на изпълнението на управляващите въздействия, задействане на аларми и защиты при възникване на критични ситуации;
- архивиране на информацията и др.

## **2. Безопасност, експлоатация и управление на транспортен тунел**

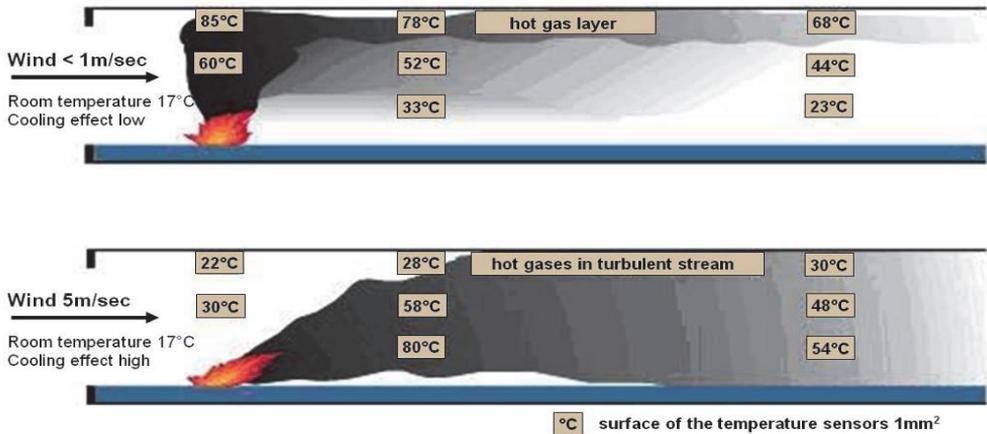
Основните системи за безопасност, експлоатация и управление реализирани на тунела са както следва:

- Пожароизвестителна система;
- Видеонаблюдение;
- Аудио оповестяване
- Електронна система за контрол на достъпа
- Аварийни SOS кабинни
- Радио оповестяване и GSM комуникация
- Мониторинг на конструкцията на тунела
- Система за измерване физични величини в тунел

### **2.1. Пожароизвестителна система**

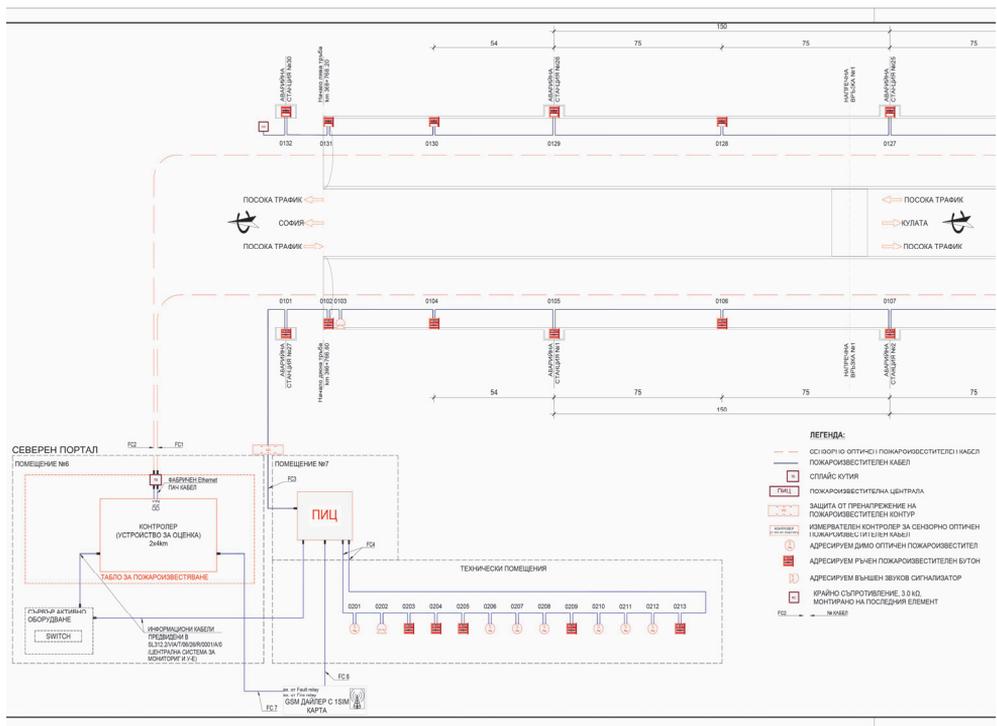
Съгласно *Наредба № РД-02-20-2 от 21 декември 2015 г., за технически правила и норми за проектиране на пътни тунели* чл. 493 „Автоматични пожароизвестителни системи се предвиждат за тунели с дължина над 400 m и във всички тунели с механична вентилация.“. Съвременните системи за пожароизвестяване на тунели се състоят от сензорно оптичен кабел и измервателен контролер, а в технически помещения на северен и южен портал служещи за експлоатация се предвижда изграждането на пожароизвестителна инсталация за оповестяване при опасност или наличие на пожар, състояща се от контролни панели, адресируеми автоматични димо-оптични и ръчни датчици.

В случай на пожар в тунела, скоростта на вятъра може драстично да се промени поради естествена тяга и увеличаването на скоростта на горене, подпомогнато от вятъра и допълнителния въздух (кислород).



Фиг. 1. Определяне на температурата при различни скорости на вятъра

Когато противопожарните вентилатори са включени, скоростта на вятъра трябва да бъде увеличена до > 3 м/сек., за да се гарантира отвеждане на дима – фиг. 1. От една страна това увеличава скоростта на изгаряне с коефициент 5 – 10, а от друга страна горещите газове се завихрят турбулентно и слоевете горещи газове под тавана се разрушават.



Фиг. 2. Блокова схема на системата за пожаризвестяване на тунел

За да се гарантира пожароизвестяване, е от съществено значение пожароизвестителната система да може да засече и полето на излъчване на открития огън.

Блокова схема на системата за пожароизвестяване на тунел и прилежащите технически помещения свързани с експлоатацията на тунела е показана на фиг. 2.

Активното и пасивно оборудване на пожароизвестяването на тунела е поместено в табло „Пожароизвестяване“ в помещение 6 на двата портала.

## 2.2. Елементи на системата за пожароизвестяване на тунел

Системата за пожароизвестяване се състои от сензорно оптичен кабел и измервателен контролер, като контролерът има възможност за свързване към система от по-високо йерархично ниво посредством мрежови компоненти.

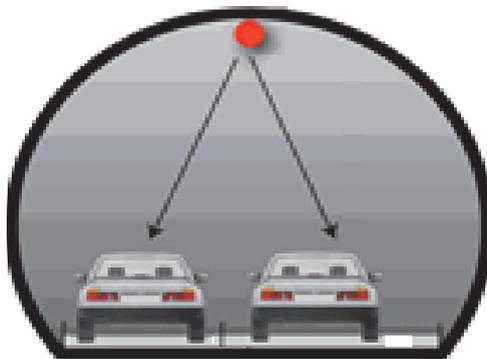
- **Сензорно оптичен кабел**

Фиброоптичният сензорен кабел (фиг. 3) улавя както отдавана, така и излъчвана топлина. Стъклените влакна, използвани в сензорния кабел, отговарят на международните стандарти и размери (многорежимни вълноводи с градиент 62.5 / 125 / 250  $\mu\text{m}$ ). По оста на тунела, във всяка една тръба се използва сензорен кабел със стоманени жици.

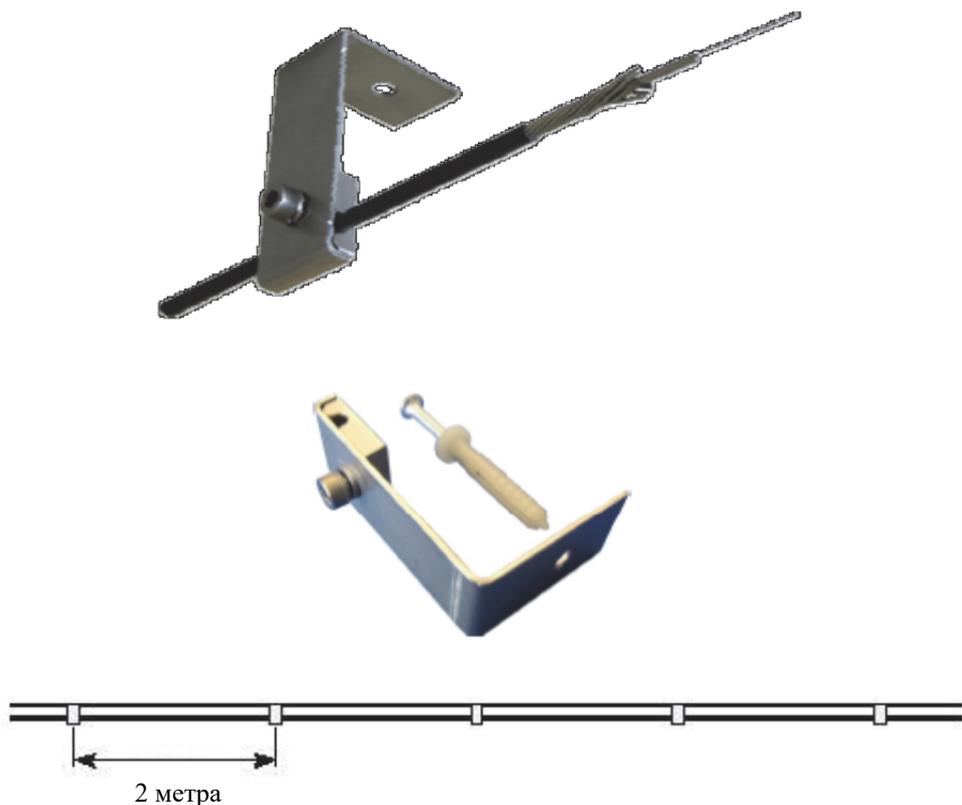


Фиг. 3. Сензорно оптичен кабел с механична защита

Сензорният кабел се състои от вътрешна тръба от неръждаема стомана с качество SS316 (DIN V4A клас 1.4571), в която са поставени две независими, различно оцветени оптични влакна. За увеличаване на механичната устойчивост и за по-добро боравене, тръбата е защитена с пластмасов изолационен слой, а за да се намали опасността от разпространение на пожар, се използва огнезащитен некорозивен пластмасов изолационен екран.



Фиг. 4. Типов профил за монтаж на един фиброоптичен кабела в тунела



Фиг. 5. Типова монтажна скоба за сензорен кабел

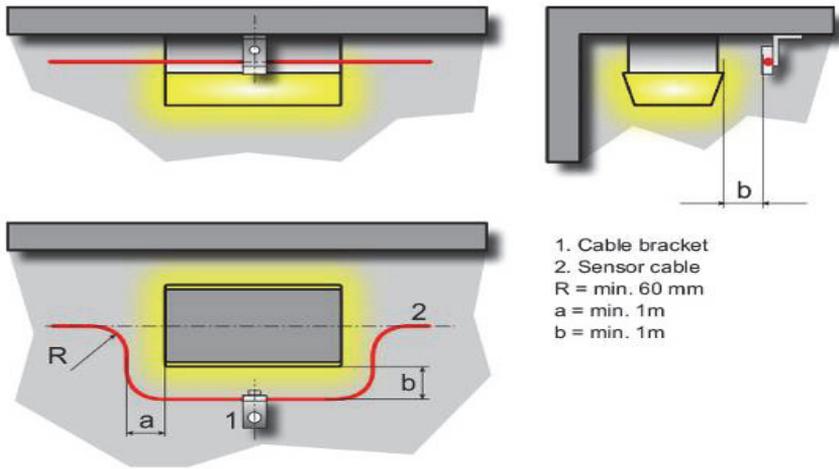
За улеснение подразделянето на зони, на кабела е отпечатана метрична скала.

Сензорният кабел се монтира по оста на всяка тунелна тръба (фиг. 4), като закрепването му към тавана на тръбата е посредством скоби (фиг. 5).

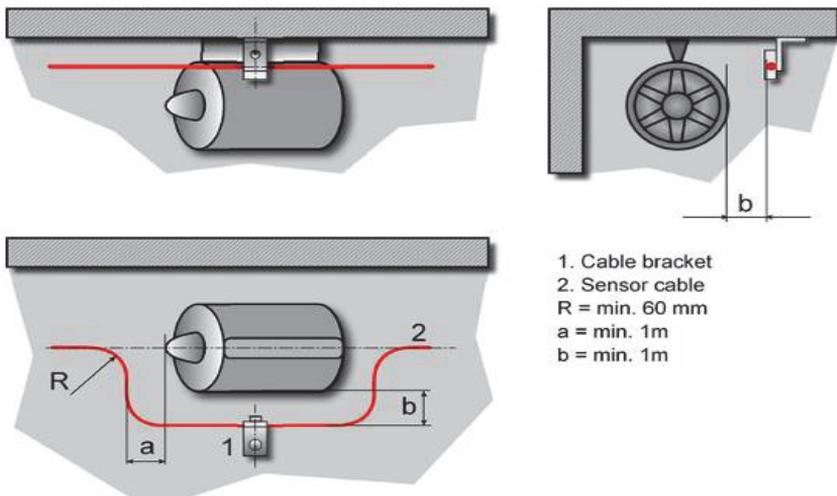
При монтажът на кабела трябва да се избягва прекомерното му смачкване чрез силното затягане на крепежните елементи.

Сензорният кабел не трябва да се полага в непосредствена близост до осветителни тела, представляващи значителни източници на топлина, тъй като това може да доведе до фалшива тревога.

При наличието на препятствия като лампи или вентилатори, кабелът трябва да бъде положен както е показано на фиг. 6 и фиг. 7.



Фиг. 6. Типов монтаж около лампи



Фиг. 7. Типов монтаж около вентилатори

От изключителна важност е да се спазят минималният радиус на огъване на сензорния кабел от 80 mm.

За свързване на сензорните кабели към контролера се използва специална сплайс кутия (фиг. 8).



Фиг. 8. Типова сплайс кутия за сензорно оптичен кабел с механична защита и дву-канален контролер

• **Измервателен контролер**

Контролерът (фиг. 9) и свързаната фиброоптична система са двата основни компонента на системата. Лазерно базираната система използва ефекта на Раман за измерване на температурата. За оценка на сигнала се използва методът за оптична рефлектометрия в честотна област.

За всяка една тръба е предвиден по един контролер.



а/ Примерен изглед отпред на контролер

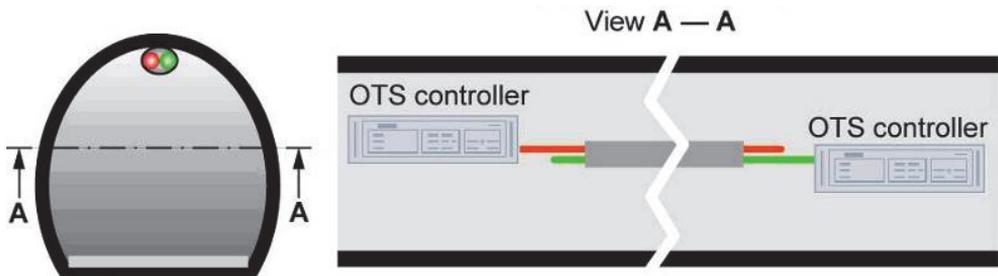


б/ Примерен изглед отзад на контролер

Фиг. 9. Примерни изгледи

С предвидената система за пожароизвестяване е възможно да се осъществят различни нива на резервираност.

На фигура 10. е показано стандартната конфигурация за резервиране, при която два контролера се свързват с един сензорен кабел. Това е възможно с един сензорен кабел, тъй като всеки кабел съдържа две стъклени влакна (червено и зелено).



Фиг. 10. Пример за резервираност

С тази конфигурация, резервираността е възможна що се отнася до отказ на контролера или прекъсване на влакната.

#### ➤ **Пожароизвестяване на технически помещения**

В технически помещения на северен и южен портал служещи за експлоатация се предвижда изграждането на пожароизвестителна инсталация (фиг. 11) за оповестяване при опасност или наличие на пожар. Тя се състои от контролни панели, адресируеми автоматични димо-оптични и ръчни датчици, които осигуряват надеждно откриване на пожара в ранния стадий на неговото развитие.



Фиг. 11. Изглед на примерна пожароизвестителна централа

Посредством бърз интерфейс, Ethernet се организира отдалечено управление на контролния панел. Всички адресни контури се следят за утечка към земя. Централата има възможност за съхраняване до 2000 събития.

Резервното захранване на пожароизвестителната централа е изпълнено вътре в кутията на централата от две акумулаторни батерии.

Автоматичните датчици (фиг. 12) откриват пожар в ранния стадий на неговото развитие, по концентрацията на дим в охраняваната среда или скорост на нарастване на температурата, по-голяма от зададената или при превишаване на определена максимална температура на охраняваната среда. Температурният клас (A1R, A2R или BR) и чувствителността на дим (ниска, средна или висока) са в съответствие с Европейски стандарт EN54-5, EN54-7 и са програмируем от интерактивната пожароизвестителна централа.



Фиг. 12. Адресен димо-оптичен пожароизвестител

Автоматичните пожароизвестители се разполагат на тавана на помещението, на не по-малко от 30 см от осветителните тела и 100 см. от климатични и вентилационни отвори. В зависимост от големината на помещението се определя и броя на пожароизвестителните датчици. При монтаж на основите на датчици, същите се ориентират, така че светодиодите да се виждат от входа на помещението.

Ръчният пожароизвестител (фиг. 13.) е предназначен да подава сигнал за възникнал пожар към интерактивната пожароизвестителна централа при ръчно задействане чрез счупване на стъклото. Ръчният пожароизвестител трябва да удовлетворява изискванията на стандард БДС EN 54-11 за ръчен пожароизвестител тип А и БДС EN 54-17.



Фиг. 13. Ръчен пожароизвестител

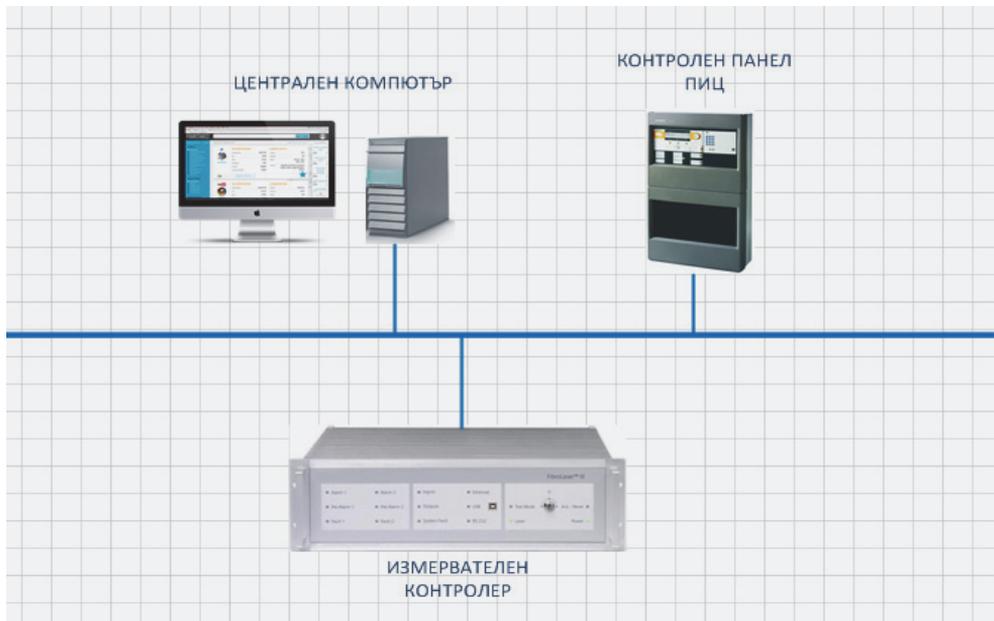
В тунелните тръби, ръчните пожароизвестители се монтират в началото и в края на тунелните тръби, във всяка една аварийна станция, както и по средата между тях, като по този начин разпределени, ръчните известители са на разстояние между 60-80 m един от друг.

В техническите помещения и тунелните тръби, ръчните пожароизвестители се монтират по начин осигуряващ добра видимост и удобство за задействане, и същевременно защитени от случайно задействане и повреда. Монтират се на височина 1,4 m от готов под.

Пожароизвестителната инсталация за свързване на ръчните и автоматични пожароизвестителни датчици се изпълнява с J-Y(L)Y екраниран пожарен кабел  $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$  с многожични медни проводници.

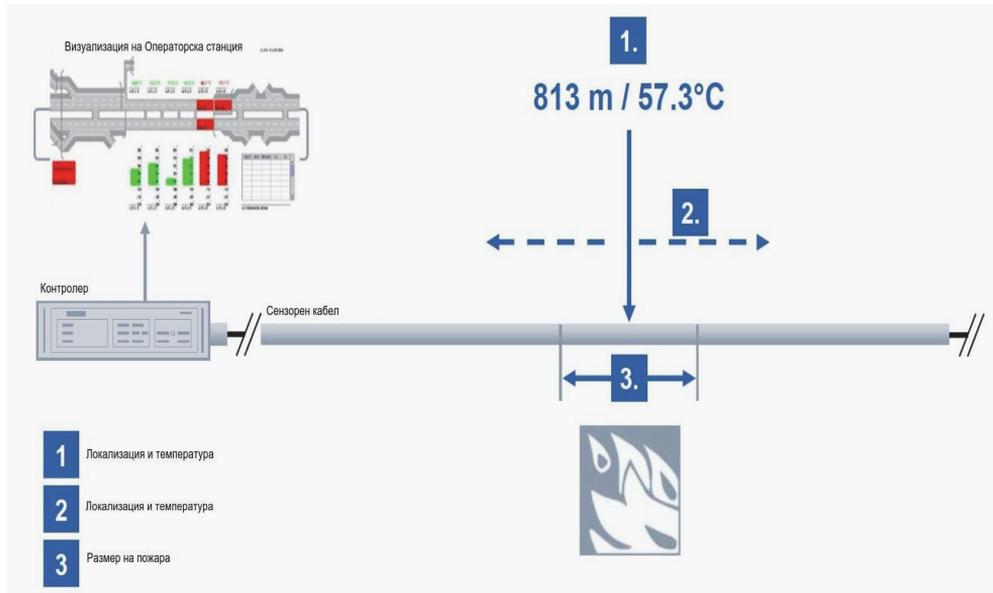
➤ **Визуализация на системата за пожароизвестяване**

Като цяло системата за пожароизвестяване се интегрирана в мрежа от по-горно ниво (фиг. 14) с използването на Ethernet интерфейс. Софтуерът за визуализация ще дава възможност за много гъвкава визуализация и управление на цялата система.



Фиг. 14. Архитектура на свързаност

За визуализацията на системата се използват операторските станции (фиг. 15) с инсталирани на тях софтуер за визуализация и мониторинг на системата за пожароизвестяване. На всеки един монитора се показва блокова диаграма на тунела, от която се определя точното местоположение и посока на разпространение на пожара, както и неговия размер. Също така на операторските станции се алармират и визуализират и съобщения при индикиране на пожар в техническите помещения на тунела.



Фиг. 15. Примерен екран на операторска станция

### ➤ Зониране

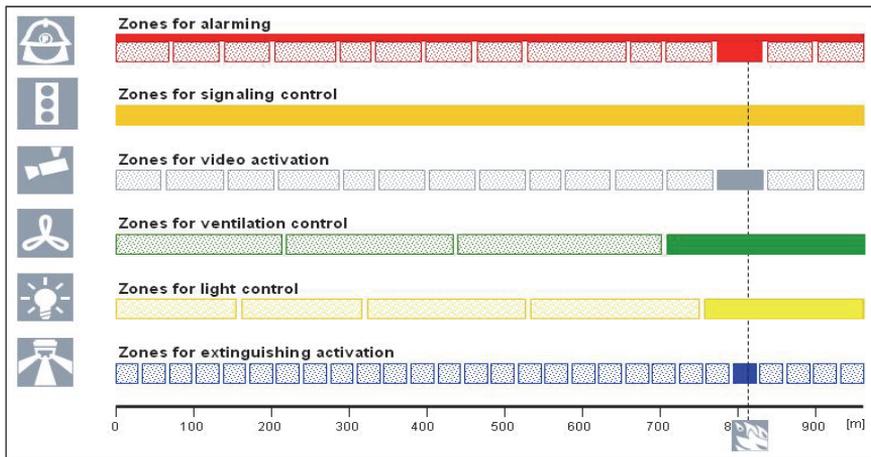
Изборът на параметризация по отношение на разделителни способности, настройките на зоните и параметри на известяването са от изключително значение за работата на системата.

Точността на указването на мястото на един пожар или прегряване може да бъде повлияна от избора на пространствена резолюция, която може да бъде между 0.25 m. и 3 m. за непрекъснато измерване.

С оптичното измерване на температурата, желаната пространствена резолюция и цикъл на измерване се определят при пускането в експлоатация, като се избира съответния набор от параметри за измерване.

Дължината на кабела електронно се разделя на алармени зони. Програмирането се прави, като се въвеждат началото и краят на дадената зона в метри, измерени от контролера.

Всички зони могат да бъдат задействани с различни алармени параметри. В предвидената система за пожароизвестяване има на разположение 1000 свободно определени зони, като тези зони могат да се припокриват.



Фиг. 16. Пример за зонирание

На фигура 16. е показан пример на зонирание, като се генерира зона на аларма, която задейства управлението за видеоконтрола, вентилацията, светофарната уредба и т.н.

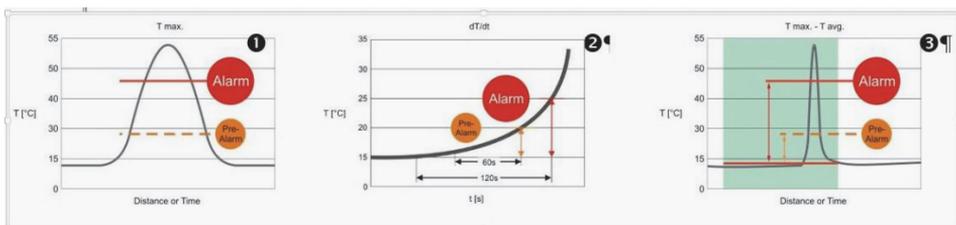
При локализиране на пожар в тунелна тръба, посредством софтуера се подава команда за включване на вентилационната система на тунела, която в зависимост от местоположението на пожара ще активира съответния пожарен сценарий за работа на вентилацията, в същото време ще се подава команда към аудио-оповестителната система, която от своя страна ще активира предварително записано съобщение, ще се подава команда към системата за управление на светофарите, които да затворят пожарната тръба.

➤ **Алармиране**

С контролера е възможно да се въведат пред алармени критерии в допълнение към обичайните алармени критерии (фиг. 17). Това дава възможност на системата да генерира предупреждение преди да е достигнат действителният праг на известяване.

Предварителна аларма се генерира, когато един от следните три критерия е надвишен:

- Максимална температура;
- Покачване на температурата във времето;
- Температурна разлика между точката на измерване и средната стойност за зоната.



Фиг. 17. Алармени критерии

Тези настройки могат да се адаптират индивидуално към преобладаващите условия във всяка наблюдавана зона.

### 3. Видеонаблюдение

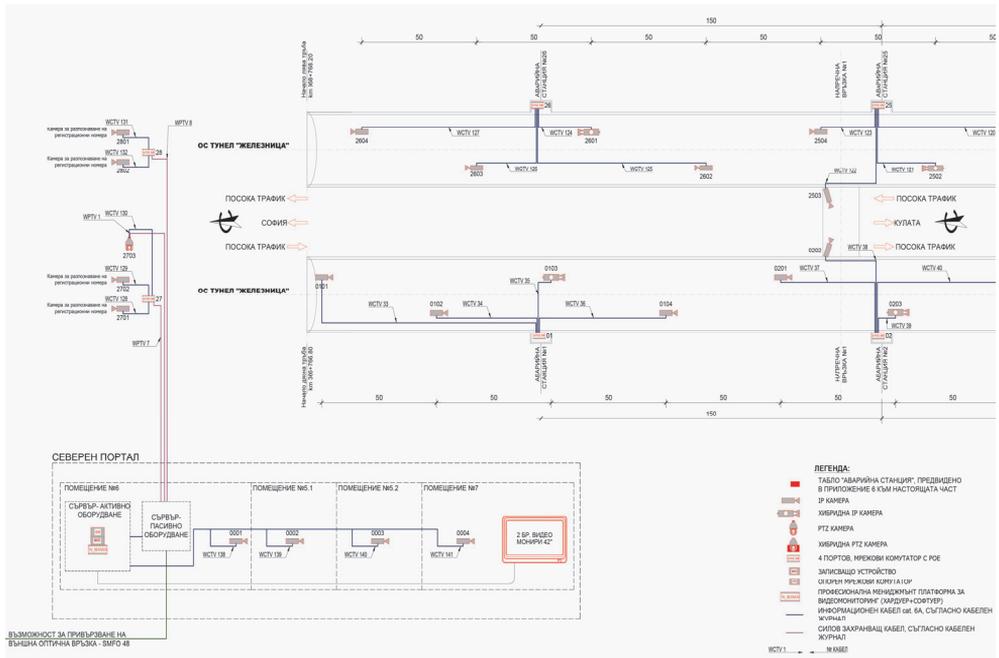
Системата за видеонаблюдение се изгражда на база мрежови мегапикселови IP и мрежови въртящи се видеокамери. Видеокамерите са влагозащитени със степен на защита IP67 и са предназначени за външен монтаж със степен на удароустойчивост IK10.

Система за видеонаблюдение е предвидена да се осъществява чрез пет групи видеокамери:

- Статични камери – мрежови мегапикселови IP камери за наблюдение вътрешността на двете тръби на тунел. Над всяко пътно платно за движение на автомобилите в тунелните тръби се монтират куполни мрежови IP видеокамери, с вградени функции за детекция на движение, навлизане в зона, липсващи/изоставени обекти и др., насочени по посоката на движение на автомобилите.
- Управляеми камери – мрежови въртящи се PTZ мегапикселови IP видеокамери, осъществяващи наблюдение на предпорталните зони, както и в уширенията на тунелните тръби.
- Надзорни камери – мрежови мегапикселови IP видеокамери за наблюдение ситуацията в напречните връзки и техническите помещения за експлоатация на тунела. Във всяка една напречна връзка ще се монтират куполни мрежови IP видеокамери с вградени функции за пресичане на линия, детекция на движение, навлизане в зона, липсващи/изоставени обекти и др., насочени срещу посоката за евакуация.
- Камери за запис на регистрационни номера на превозни средства. Камерите ще бъдат разположени преди и след тунела над всяка една пътна лента.
- Хибридни термовизионни IP камери за детекция на пожар, дим, движение, пресичане на линия и др. При детекция на пожар и/или дим, посредством софтуера, камерите ще алармират оператора, който от своя страна ще преценява дали да алармира Противопожарните служби и Отговорни лица.

Като цяло системата за видеонаблюдение се изгражда като система за откриване на инциденти като: спряло ППС, катастрофа, пожар, паднали и/или изоставени предмети, пешеходци в тунела и т.н. При регистриране на някакво инцидентно събитие, ще се активира зададен и/или одобрен сценарий за реализиране.

За груповия пренос на видео сигнала от системата за видеонаблюдение се използва PoE технология за хранване за IP камери. Блокова схема на системата за видеонаблюдение на тунела и прилежащите технически помещения свързани с експлоатацията му е показана на фиг. 18.



Фиг. 18. Блокова схема на системата за видеонаблюдение

➤ **Елементи на системата за видеонаблюдение**

Системата за видеонаблюдение се състои от мрежови мегапикселови IP видеокамери, монтирани към кабелните скари на тунелните тръби и в напречните връзки, въртящи PTZ мегапикселови IP видеокамери монтирани на двата входа на тунела, мрежови NVR рекордери, монитори за наблюдение и активно и пасивно комуникационно оборудване.

- **Камера за разпознаване на автомобилни номера – фиг.19, фиг.20.**

Монтират се над всяка пътна лента преди началото и след края на тунелните тръби, върху металната конструкция на светофарните уредби.



Фиг. 19. Примерна камера за регистрация на автомобилни номера



Фиг. 20. Примерна изображение от камера за регистрация на автомобилни номера

- Мрежова IP видеокамера – фиг. 21.

По дължината на всяка една тунелна тръба, в напречните връзки и в техническите помещения се монтират насочени мрежови IP видеокамери с вградена интелигентна IR LED подсветка с дистанция на светене до 50 m. с функции за детекция на движение, пресичане на линия, навлизане в зона, промяна изображение, детекция на лице, липсващи/изоставени обекти. Камерите са със степен и клас на защита IP 67, IK10.

В тунелните тръби камерите се монтират насочени по посоката на движение на трафика закрепени към дъното на кабелните лавици на специализирани скоби над всяко едно пътно платно – фиг. 22. Камерите се разполагат шахматно, като по този начин разстоянието между тях е 50 m., а от една камера до следващата в редицата – 100 m. В напречните връзки, камерите се монтират и от двете страни на галерията. В техническите помещения, камерите се монтират по стените и/или тавана по начин обхващащ максимален периметър.



Фиг. 21. Примерна IP камера



Фиг. 22. Примерна стойка за монтаж на IP камера

**- Мрежова IP хибридна термовизионна видеокамера**

По дължината на всяка една тунелна тръба, при всяка аварийна станция се монтират хибридни термовизионни мрежови IP видеокамери с приблизително разстояние за детекция на човек 140 m. и приблизително разстояние за детекция на МПС 380 m. – фиг. 23. Предвидените камери са с функции за детекция на пожар, детекция на дим, детекция на движение, пресичане на линия, навлизане в зона, класификация на обекти (хора/МПС).

В тунелните тръби камерите се монтират насочени по посоката на движение на трафика закрепени към дъното на кабелните лавици на специализирани скоби над всяко едно пътно платно – фиг. 24.



Фиг. 23. IP хибридна термовизионна видеокамера.



Фиг. 24. Изображение от IP хибридна термовизионна видеокамера.

**- Въртяща мрежова IP видеокамера – фиг. 25.**

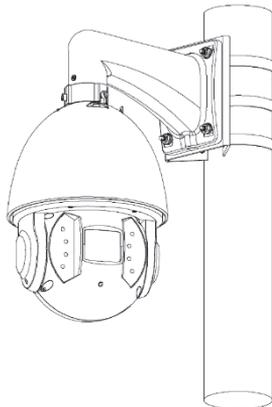
Монтират се на металните конструкции предвидени за монтаж на светофарните уредби по една на двата портала на тунела, преди навлизането в тунелната тръба по посока на движение на трафика – фиг. 26 и фиг. 27.



Фиг. 25. Пример за въртяща PTZ IP камера за видеонаблюдение



Фиг. 26. Стойка за страничен монтаж на въртяща PTZ IP камера за видеонаблюдение



Фиг. 27. Типов монтаж на въртяща PTZ IP камера за видеонаблюдение

- **Въртяща мрежова IP хибридна термовизионна видеокамера – фиг. 28.**

Предвидено да се монтира във вътрешността на тунелните тръби при уширенията на пътните платна – фиг. 29. Приблизителното разстояние за детекция на човек 140 m. и приблизително разстояние за детекция на МПС 380 m. Камерите са с функции за детекция на пожар, детекция на дим, детекция на движение, пресичане на линия, навлизане в зона, класификация на обекти (хора/МПС). Имат два режима на проследяване – ръчен и автоматичен, като при нормална експлоатация, камерите са насочени по посока на трафика и при детекция на някакво събитие, се активира автоматичния режим на проследяване.



*Фиг. 28. Въртяща PTZ IP хибридна термовизионна камера за видеонаблюдение*



*Фиг. 29. Стойка за таванен монтаж на въртяща PTZ IP камера за видеонаблюдение*

#### **- Видеорекодер**

Видео сигналите от всички IP камерите се предават до монтираните в помещение 6 на всеки портал, H.265 64/128 канални професионални мрежови рекордери за видеонаблюдение. За съхраняване на информацията от записа на камерите във всеки един рекордера се монтират 16xSATA твърди диска с капацитет 8ТВ/диск – фиг. 30.



*Фиг. 30-мрежови NVR*

### - Професионална мениджмънт платформа за видео мониторинг

За изграждането на една интелигентна система за автоматично откриване на инциденти, с която диспечерите да могат да следят изображенията от всички видеокamери и да реагират на настъпили събития се предвижда монтирането и инсталирането на професионална мениджмънт платформа изградена на база сървър-клиент архитектура – фиг. 31. Посредством предвидената платформа се осъществява видео мониторинг в реално време и чрез въведени алгоритми се реализират различни сценарии.

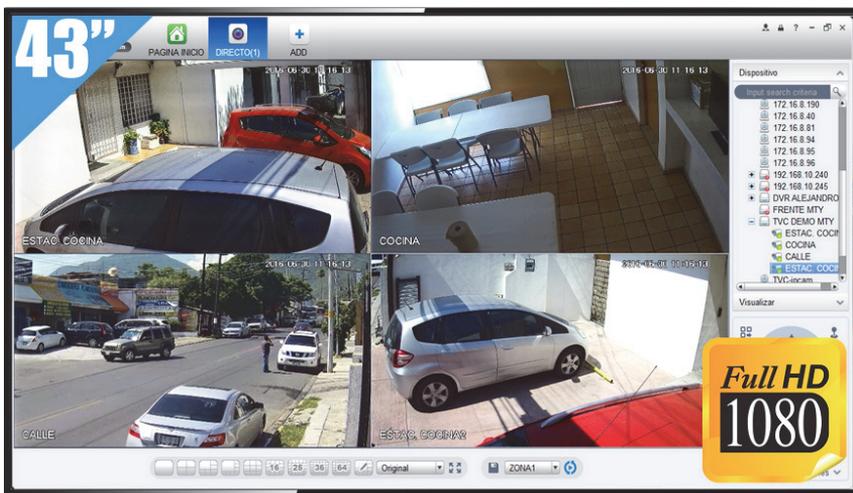


Фиг. 31. Професионална платформа за видео мониторинг

Мениджмънт платформата се монтира в локалния контролен център на северния портал на Тунел. След изграждането на постоянния и/или временен контролен център и оптичната връзка към тях, оборудването има възможност да се монтира в предвиден за целта комуникационен шкаф.

### - Визуализация, управление и мониторинг на IP камери

За визуализация на изображенията в помещение 7 определено за работно място на всеки портал, се монтират по два 42.5" FullHD LED LCD монитори и по един 3-осов джойстик за управление на IP PTZ камери с програмируеми бутон – фиг. 32.



Фиг. 32. Примерен професионален монитор за видеонаблюдение



Фиг. 33. Пулт за управление на IP PTZ камери

След изграждането на бъдещия контролен център, за да могат диспечерите да следят изображенията от всички видеокамери на Тунел и да реагират на настъпили събития се предвижда монтирането на четири 42.5” FullHD LED LCD монитори и един 3-осов джойстик за управление на IP PTZ камери с програмируеми бутон – фиг. 33.

#### - Активно и пасивно комуникационно оборудване

За груповия пренос на видео сигнала от видеокамерите в тунелните тръби и напречните връзки във всяко едно ел. табло в аварийните станции, се предвижда да се монтира по един 4 (8) портов суич с PoE захранване за IP камери с 2 x Оптични порта 10/100/1000Base-X – фиг. 34.

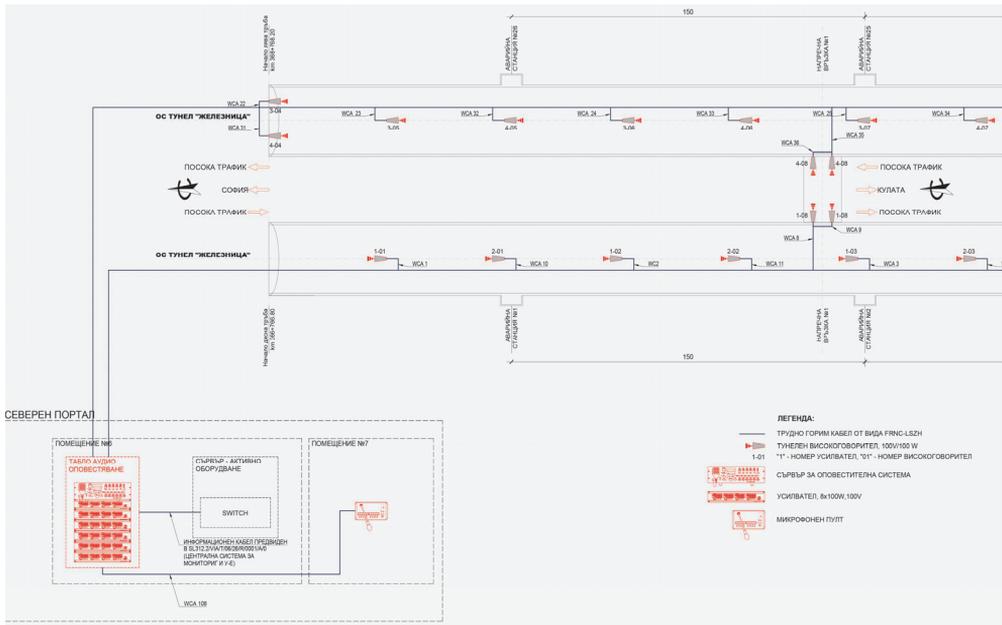


Фиг. 34. Изглед на суич с PoE захранване за IP камери

Топологията на мрежовата свързаност в тунел между отделните суичове е от типа „затворен пръстен“, в която всеки един от възлите в мрежата е свързан с други два възела и първият и последният от суичовете са свързани образувайки затворен пръстен. По този начин се постига резервираност на преноса на видеосигнала.

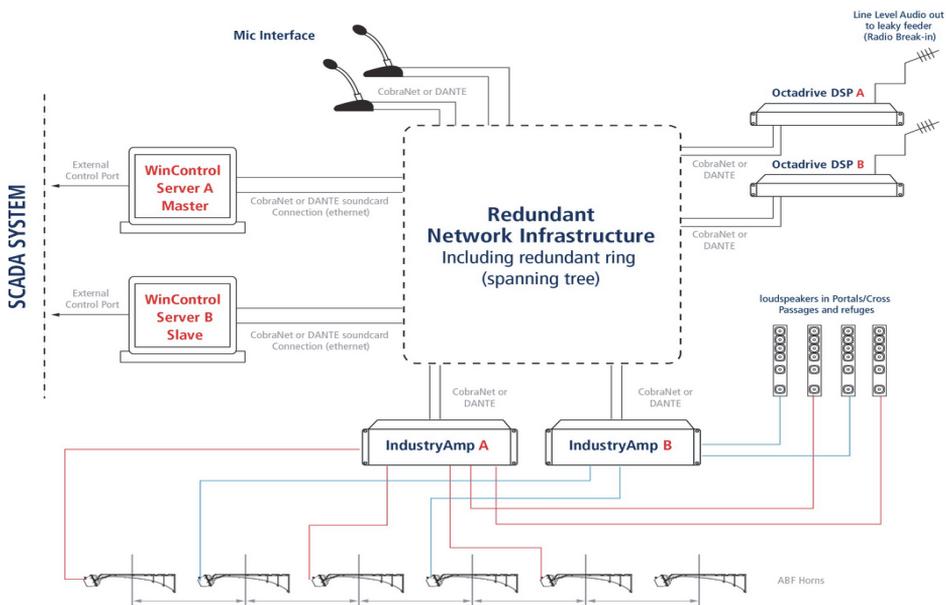
### 3.1. Аудио оповестяване

Аудио оповестителната система обхваща цялата дължина на тунел и напречните връзки и е предназначена за излъчване на спешни съобщения в случай на пожар и инцидент в тунела – фиг. 35.



Фиг. 35. Топология на системата за аудио оповестяване

Използва се WinControl Server, който представлява компютър притежаващ собствена „Service Version” на софтуера WinControl. Тази комбинация позволява пълен контрол и наблюдение на цялата аудио система от централна точка, плюс пълен контрол и конфигурация на компонентите – фиг. 36.



Фиг. 36. Изглед на аудио оповестителна система

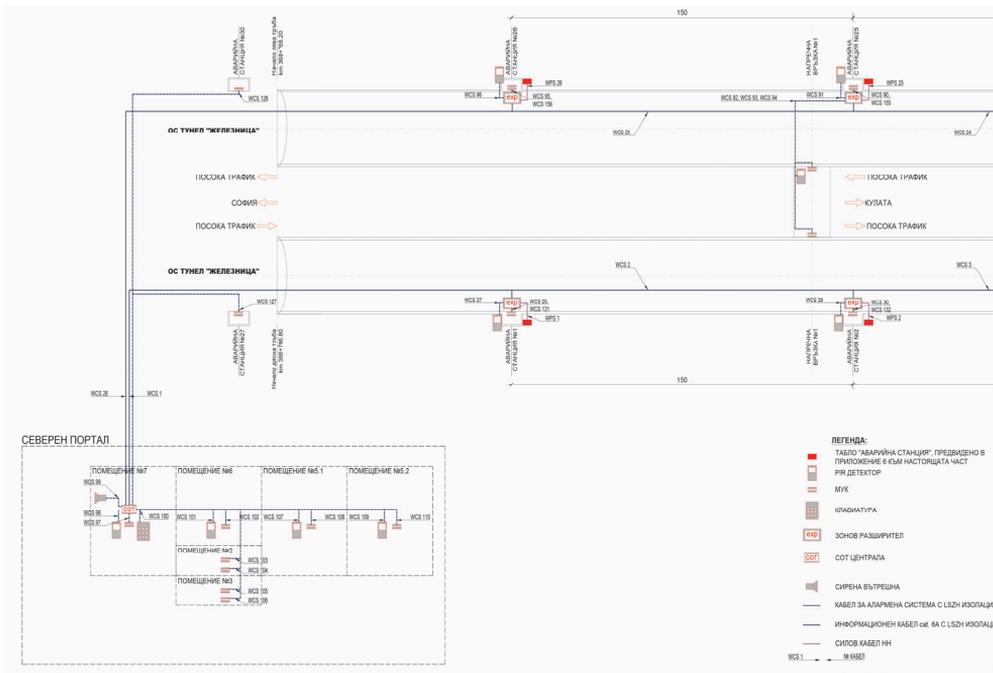
Към централата има присъединен мощен 8-канален (100W на канал) усилвател на звука, предназначен за използване в критични системи. Той е проектиран да захранва 100V високоговорителни системи и е оборудван с вграден DSP, който позволява усилване, EQ, закъснение и други параметри, които да се управляват от отдалечено място чрез софтуера WinControl.

Предвиден е и микрофонен пулт за обща информация по зони.

В така предвидената система при добавяне на допълнителен модул (контролер) да се осъществи и автоматично трафик радио за предаване на съобщения и към моторните превозни средства в обсега на тунела.

### 3.2. Електронна система за контрол на достъпа

Електронната система за контрол на достъпа осигурява надзор и защитата на техническите помещения на северния и южния портал на тунел, аварийните станции, както и евакуационните врати на напречните връзки, в случай на непозволено влизане, без използването на кодове за достъп – фиг. 37. Свързана е с централната управляваща система. Освен това, системата е предназначена и за откриване на движение, с помощта на PIR детектори (пасивен инфрачервен), с антимакинг функция.



Фиг. 37. Топология на системата за контрол на достъпа

#### ➤ Елементи на електронната СОТ система

Електронната система се предвижда да се изгради на база контролен панел, който посредством RS485 мрежова среда се свързва с разширителните портове на подобектите.

- **Контролен панел – фиг. 38.**

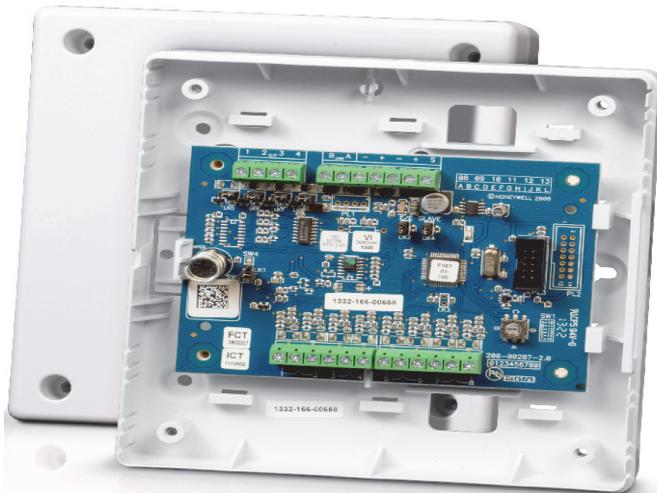
На всеки портал на тунел се монтира по един контролен панел с 16 зони, разширяем до 264 зони. Интерфейсите за комуникация са 2x RS485. Монтира се в метална кутия с място за батерии 2x17Ah и допълнителни модули.



Фиг. 38. Изглед на контролен панел

- **Зонов разширител**

В аварийните станции се монтира по един зонов разширител – фиг. 39., съвместим с контролните панели.



Фиг. 39. Изглед на зонов разширител

- **клавиатура**

За оторизираното влизане в охраняваните подобекти се използва LCD клавиатура съвместима с контролните панели. Предвидената клавиатура е 2-редова с 16-символен дисплей и 2x Тампер ключа – фиг. 40. За комуникация панела, клавиатурата е оборудвана с 1x RS485 порт.



Фиг. 40. Изглед на LCD клавиатура за COT

**- магнитен контакт и PIR детектор – фиг. 41.**

За откриване на движение в аварийните станции и напречните галерии се използват цифрови PIR детектори с имунитет за животни.



Фиг. 41. Изглед на цифров PIR детектор

На всяка врата на техническите помещения за експлоатация на тунела, както и на вратите на аварийните станции и евакуационни врати на напречните връзки, се монтира МУК контакт – фиг. 42.



Фиг. 42. Изглед на МУК

### 3.3. Аварийни SOS кабинни

В предвидените комбинирани ниши и на порталите на тунела се предвижда оборудване за аварийни станции.

Кабините не отговарят на изискванията за противопожарна защита и затова отвън и отвътре се обозначават с надпис „При опасност от пожар веднага напуснете кабината!“. В аварийните станции се монтират предвидените в част Пожароизвестителна

система на тунел, ръчни пожароизвестителни бутони, както и аварийни SOS телефони – фиг. 43.



Фиг. 43. Аварийен телефон

Във всяка аварийна станция се монтира станция с аналогови слушалки с IP 65 класификация за приложения с високи изисквания за здравина, околна температура и защита от проникване каквито са тунелите – фиг. 44. Системата е с автоматично набиране, като слушалката е с магнитен превключвател, високоговорител 300  $\Omega$ , електронен микрофон и с конструкция от поликарбонат.

За връзката на слушалката с телефонната централа, във всяко ел. табло на аварийната станция се монтира IP-box, която създава мост между Ethernet мрежата с IP протокол и телефонната слушалка.



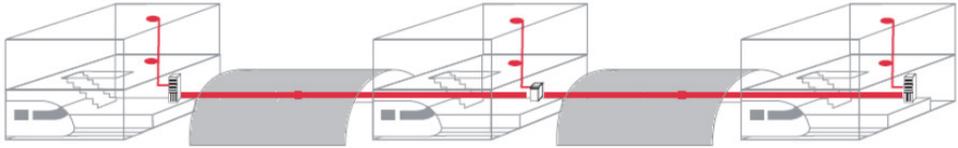
Фиг. 44. Изглед на IP-box

Върху аварийната станция се предвижда предупредителна жълта лампа, която при отваряне на вратата се включва с цел предупреждаване на превозните средства за възможно препятствие. За ел. захранване на оборудването във всяка аварийна станция се предвижда да се монтира ел. табло, с монтирани в него апарати за защита и комуникация със SCADA системата на тунела.

### 3.4. Радио оповестяване и GSM комуникация

Системите за радио покритие в тунели често се базират на използването на т.нар. излъчващ кабел вместо традиционно използваните радио антени за осигуряване на адекватно покритие във въпросните зони. На фиг. 45. по-долу е илюстриран типичен

дизайн на такава система реализирана посредством много крайни усилватели свързани помежду си посредством излъчващ кабел.



Фиг. 45. Дизайн на системата

Предлаганата система представлява съвкупност от устройства, които трансформират сигнала получен от базовата станция оперираща по система GSM/UMTS/LTE от радио в оптичен посредством радио оптичен преобразувател като посредством оптичен кабел се препредава до крайните устройства, където получения сигнал се трансформира отново в радио и се усилва. Така вече усилен се вкарва в излъчващия кабел монтиран по протежение на тунела.

Принципната схема на такава система е илюстрирана на фиг. 46.



Фиг. 46. Принципната схема на системата

Самият излъчващ кабел представлява система от миниатюрни антени-антенна решетка, като предимството му пред използване на традиционните радио антени в конкретното приложение са следните:

- Оптимално проникване на радио сигнала в движещо превозно средство;
- Минимално затихване от препятствия;
- Широка честотна лента на сигнала;
- Тесен динамичен диапазон на сигнала.

Оценката на кабела се базира на ефективността му на излъчване на кабела на определено разстояние от него  $D$  ( $L_c$ ) като се изчислява по следната формула:

$$L_c = P_{in} - [P_R(D) - L_i \cdot d], \quad [1]$$

където:

- $L_i$  са загубите от разпространението на радиосигнала по самия кабел;
- $P_{in}$  е входната мощност към единия от краищата му;
- $P_{out}$  е изходната мощност на другия край на кабела;
- $d$  е дължината на кабела;
- $D$  е разстоянието между приемната антена и излъчващия кабел;
- $P_R$  е приетата мощност;
- $L_c$  е ефективност на излъчване.

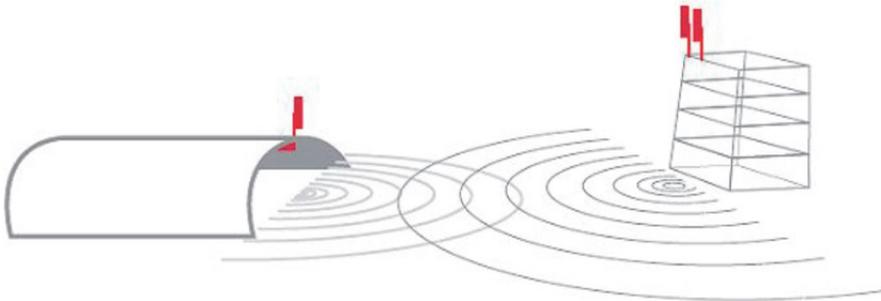
Общите загуби определят и максималната дължина на съответния кабел като се взимат под внимание неговата ефективност и загуби от разпространение по него.

$$L_S = L_i + L_c, \quad [2]$$

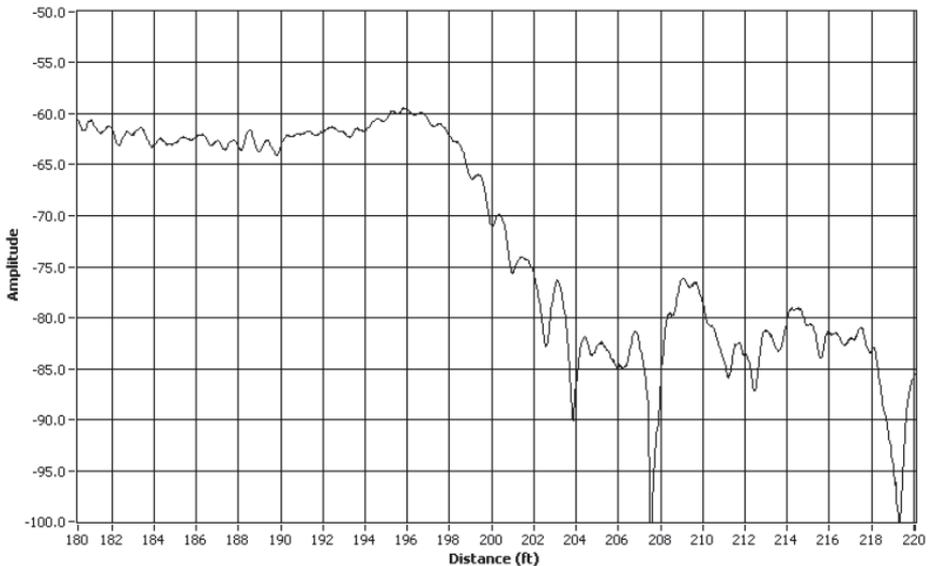
където:

$L_S$  са системните (общи) загуби

Обичайно на разстояния над 3м. от кабела затихването е от порядъка на 15-20 dB, което налага внимателно планиране на входните/изходни зони към/от тунела.



Фиг. 47. Антена



Фиг. 48. Минимизиране на проблема при преходните зони

С цел предотвратяване рязкото понижаване на сигнала в тези зони се добавя антена – фиг. 47, която осигурява равномерно затихване на приемания сигнал и достатъчно голяма зона за минимизиране на проблема при преходните зони – фиг. 48.

➤ **Описание на системата за публична мобилна връзка**

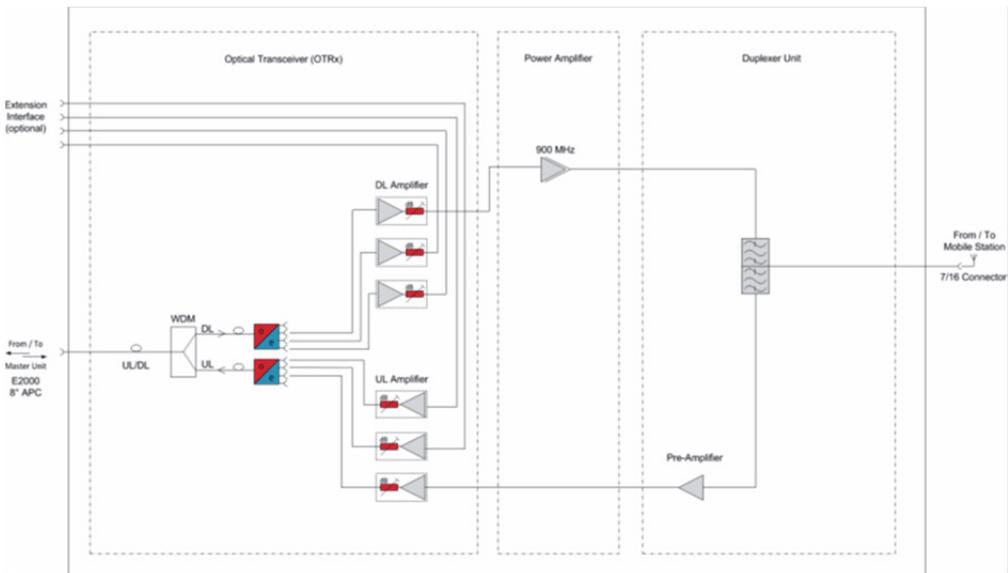
- **Основни характеристики**

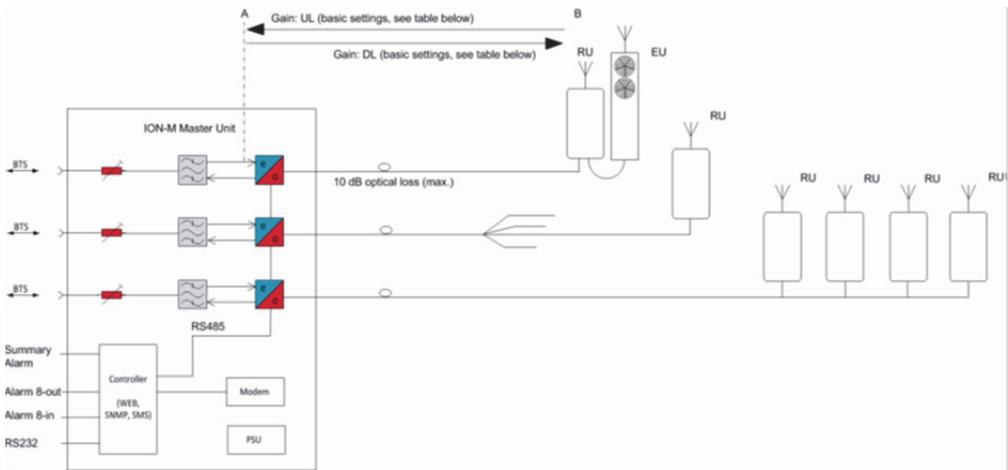
Решение е базирано на комбинация от радио оптични преобразуватели тип ION-M.

На фиг. 49. е представена принципната схема на системата, реализирана посредством две основни части:

- Главно управляващо и преобразуващо устройство – намира се близо до базовата станция, откъдето се взема радио сигнала, който се преобразува в оптичен и се препредава посредством оптичен кабел към крайните устройства;
- Отдалечено радио устройство – преобразува оптичния в радио сигнал, усилва го и препредава към излъчващите елементи (кабел или антена).

За нуждите от радио връзка на системите за бърза помощ, полиция, пожарна безопасност и поддръжка на инфраструктурата (работещи в обхвати 75 MHz, 150 MHz и 430 MHz) се инсталира подобен излъчващ кабел, разположен на срещуположната страна на всяка тръба от тунела. Във всеки отдалечен край този фидер се съгласува с товар или антена работеща в честотния обхват, обслужващ тези радио връзки, а именно 75-550 MHz. Самото активно оборудване не е включено в дизайна на системата поради разнообразието му и неговата специфичност.





Фиг. 49. Принципната схема на системата

### ➤ Система за служебна радиовръзка за структурите на МВР

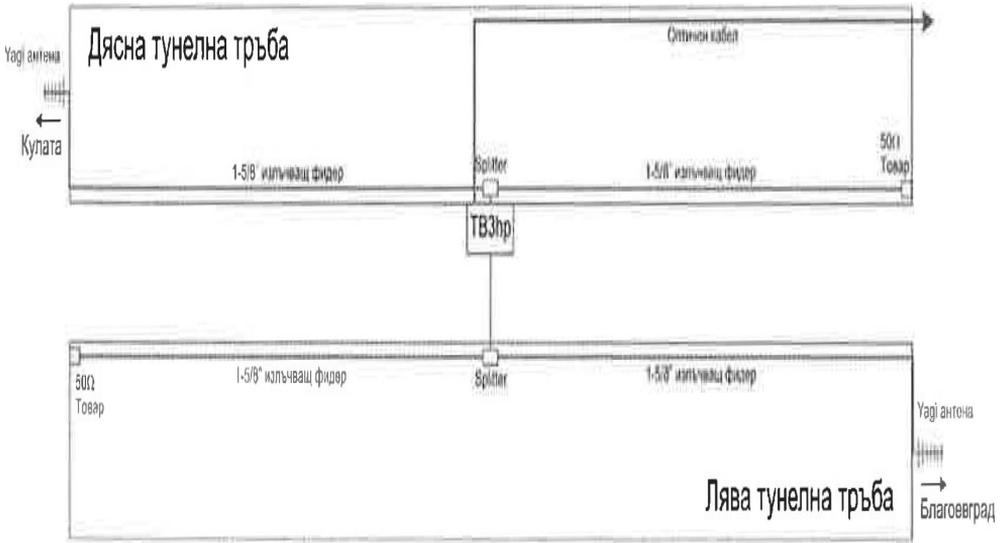
С оглед спецификата на техническото съоръжение и съгласно <sup>9</sup> Наредба № РД-02-20-2 / 21.12.2015 г., в тунелните тръби на тунел трябва да се осигури постоянна служебна радио връзка за нуждите на ГД „НП“ и ГД „ПБЗН“.

Министерството на вътрешните работи (МВР) изгражда и поддържа единна радиокommunikационна система по утвърден от Европейския съюз ТЕТРА стандарт, за осигуряване на радиокommunikации за структурите на МВР и други външни структури, имащи отношение по опазване на обществения ред и защита на населението.

ТЕТРА в стандарт за цифрова радио система, създадена от ЕТ81 (Европейски институт за стандартизация в телекомуникациите) и представлява клетъчна радио система, съвпадаща към класа на професионалните мобилни мрежи (РМК). Това, което я отличава от аналогичните системи по 08М/СГМТ8/ЕТЕ/50 стандарт, е че е предназначена да осигури надеждна комуникационна среда на органите за обществен ред и сигурност. Интегрира гласови услуги, услуги за предаване на данни и локализиране на ТЕТРА абонатите. Осигурява информационна сигурност в радио интерфейса чрез прилагане на криптиращи алгоритми.

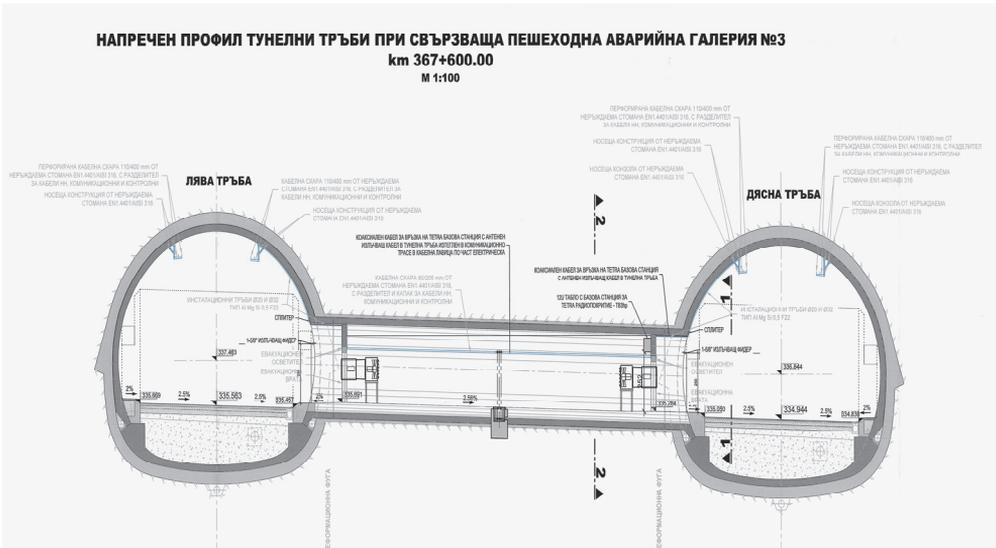
#### - техническо решение

Системите за ТЕТРА радио покритие в тунели често се базират на използването на т.нар. излъчващ кабел вместо традиционно използваните радио антени за осигуряване на адекватно покритие във въпросните зони. На фиг. 50 по-долу е илюстриран дизайн на такава система реализирана посредством излъчващ кабел.



Фиг. 50. Топология на TETRA система

На фиг. 51. е показан монтажа на оборудването в разрез и изглед.





**Главно устройство** (фиг. 52.)

На фиг. 52 е представен изгледа на делителя на мощност като на фиг.53. са представени съответно изгледите на антените и излъчващия кабел.



Фиг. 52. Изглед на делителя на мощност



Фиг. 53. Изгледи на антените и излъчващия кабел

**Пасивни устройства** (делител на мощност, излъчващ кабел и антени)

Фиг. 54. Главно устройство монтирано в аварийна напречна връзка

**3.5. Мониторинг на конструкцията на тунела**➤ **Контролно-измервателна система за конструкцията на тунела**

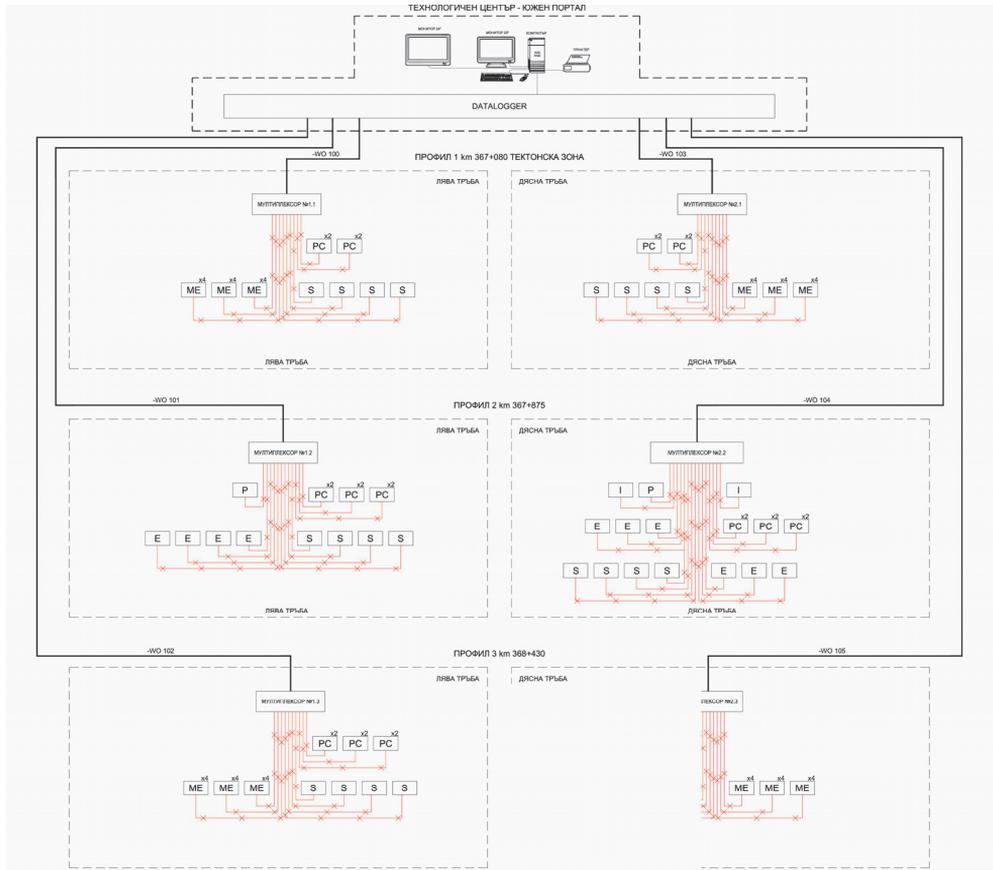
Сигурността срещу разрушаване е едно от основните изисквания към всяко подземно съоръжение поради това, че то представлява потенциална заплаха за хората, намиращи се вътре.

Разрушението не настъпва внезапно. Дълго време преди това се появяват признаци, които показват нарушаването на стабилността. Тези признаци могат да бъдат открити достатъчно рано при наличие на системни измервания на основни величини. Навременното им установяване е най-сигурният начин за избягването на сериозни повреди, които могат да доведат и до катастрофални последици. Установяването на тези признаци е едно от основните предназначения на контролно-измерителната система (КИС) – фиг. 55.



Измерванията служат за оценка на сигурността на съоръжението, предпазват от настъпването на аварии и подобряват условията на експлоатация. Те помагат за установяването на евентуални отклонения от нормалното състояние на съоръжението, да се предвидят своевременно ремонти или да се промени режимът на работа.

На фиг. 56 е показана примерна блокова схема на контролно-измервателна система.



Фиг. 56. Блокова схема на контролно-измервателна система

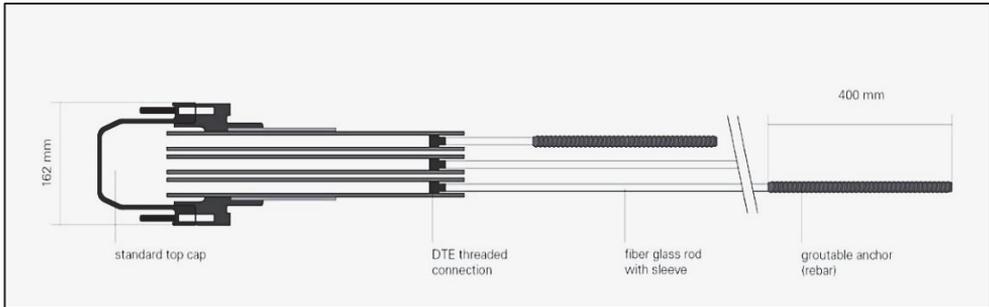
➤ **Апаратура за измерване**

През времето на строителството и експлоатацията е необходимо в определени мерителни профили провеждането на наблюдения и измервания с подходящи устройства, уреди и апаратура.

- **Многоточкови екстензометри – фиг. 57.**

Служат за измерване на премествания между две точки на закрепване (разстоянието между точката на анкериране и отчитане). Монтират се в скалния масив чрез сондаж  $\varnothing 93$  mm, пробит от тунела. В него са поставени четири екстензометъра с дължини 0, 2, 5 и 10 m, измерени под фугата бетон / скала. Прътите са от фибростъкло,

поместени в защитни тръби и анкерирани на съответната дълбочина. След монтажа им, пространството между тръбите и сондажа се запълва с циментов разтвор. Връхната им част се състои от накрайник с датчик и капак. Обхватът на уреда е 100 mm. Отчитат се ръчно и автоматично.



Фиг. 57. Многоточкови екстензометри

- **едноточкови екстензометри**

Монтират се в масива чрез сондаж  $\varnothing 73$  mm, с дължина 10 m, измерена под фугата бетон / скала. Състоят се от прът в дебелостенна пластмасова тръба, закотвен в дъното на сондажа. Тръбата се инжектира отвън и се замонолитва със скалата. В устието му е монтиран датчик от индуктивен тип, около които се движи сравнителният пръстен, участващ в деформацията на скалата и чрез който се отчитат преместванията на скалния контур. Датчикът (сензорът) е същият, както при многоточковите екстензометри.

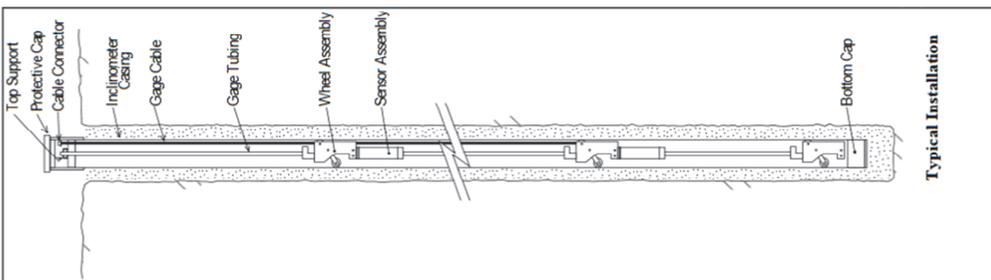
Обхватът на уреда е 100 mm. Отчитат се ръчно и автоматично.

- **инклинометри** (фиг. 58)

Инклинометрите са уреди, които измерват наклона между две точки, по което се съди за деформираното състояние. Монтират се в сондажи  $\varnothing 73$  mm, с дължина 12 и 18 m, измерена под терена.

Инклинометричните колони се изграждат от специални инклинометрични тръби и муфи с надлъжни улеи. Горните открити краища на колоните ще завършват в шахти с дълбочина 0,40 m., ширина 1,0 m. и дължина 1,0 m., покрити с капаци. В същата шахта се разполага и екстензометър. През 6 m. по височина се монтират датчици – общо 7 бр.

Обхватът на уреда е  $\pm 10^\circ$ . Отчитат се автоматично.



Фиг. 58. Инклинометри

- **тензометри**

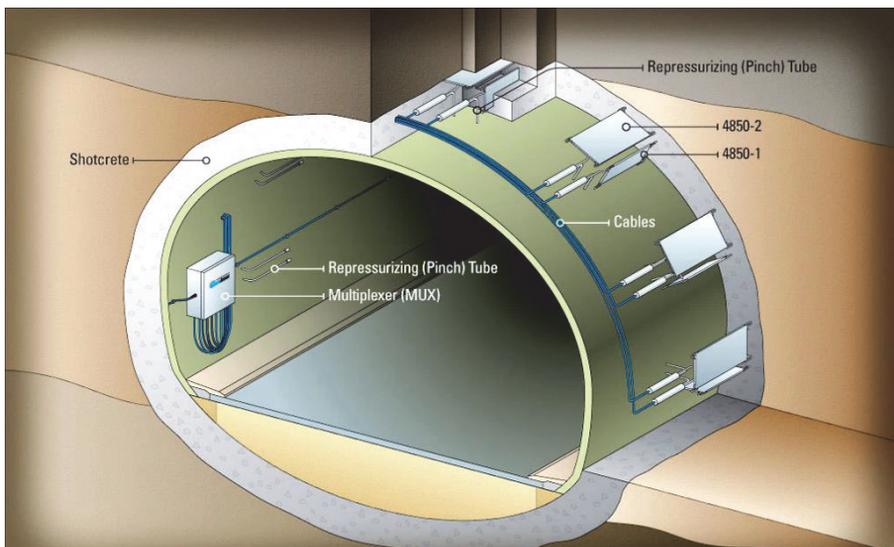
Тензометрите са уреди, които измерват деформациите в бетона. Монтират се в оста на бетоновото сечение преди бетонирането.

Измервателният им обхват  $3 \times 10^3$  е с точност  $\pm 0,5\%$ . Отчитат се автоматично.

Уредите имат вградени термистори за измерване на температурата.

- **Телепресметри** (фиг. 59.)

Телепресметрите (NATM Style Shotcrete Stress Cells) са уреди, които измерват натискови напрежения в бетона в радиална и тангенциална посока. Монтират се преди бетонирането. Обхватът им е 35 МПа, а точността  $\pm 0.1\%$ . Отчитат се автоматично



Фиг. 59. Телепресметри

- **деформетри за пукнатини**

Деформетрите са уреди, които измерват размера (относителните премествания) на пукнатините. Обхватът им е 30 mm. Отчитат се ръчно.

#### - *пиезометри*

Пиезометрите служат за измерване на филтрационното налягане в масива около тунелите.

В сондажен отвор  $\varnothing 86$  mm с дълбочина, определена в проекта, се спуска колона от пластмасова тръба  $\varnothing 42$ , оборудвана в долния край със специален филтър. В зоната на филтъра и 1 м над него, пространството между стените и сондажа и ПВЦ колоната е запълнено с промит дребен пясък. Останалата височина е запълнена с цименто-бентонитов разтвор. В горната част тръбата се затваря с капак и заключалка.

Уредите са с обхват 1 МРа, точност 5 КРа. Съществува възможност за ръчно и автоматично отчитане на налягането.

#### - *Водомерни преливници*

Количеството на филтриралата в тунела през масива вода се измерва посредством 2 водомерни преливника „остър ръб“ с триъгълен профил и ъгъл в основата  $45^\circ$ . Те се поставят челно на стоманени басейни с хоризонтално дъно. Профилът на триъгълния преливник трябва да позволява измерване на максимално водно количество от 4 l/s. Отчита се чрез разграфена рейка.

Преливниците се разполагат на двата портала в шахти на събирателните канавки.

#### - *Система за геодезическо наблюдение*

При експлоатацията на съоръженията неминуемо се натоварват различни части от конструкцията, което води до появата на абсолютни и относителни премествания и промяна на размери.

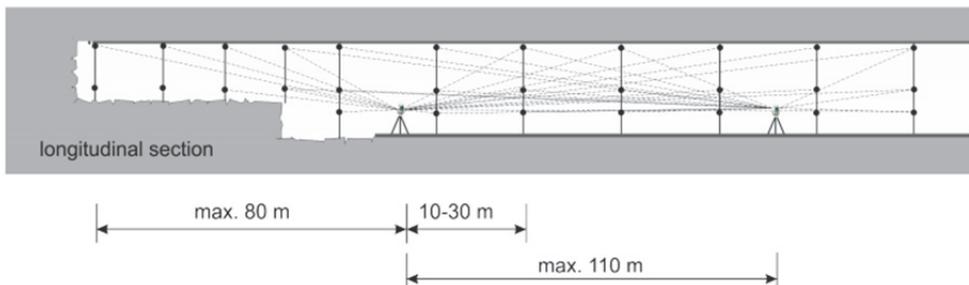
Основната цел на системата за геодезическо наблюдение е следенето на пространствените премествания, които могат да настъпят в съоръженията. Това се осъществява на база високоточни геодезически измервания, извършвани върху специална геодезическа мрежа, изградена и измервана като деформационна мрежа.

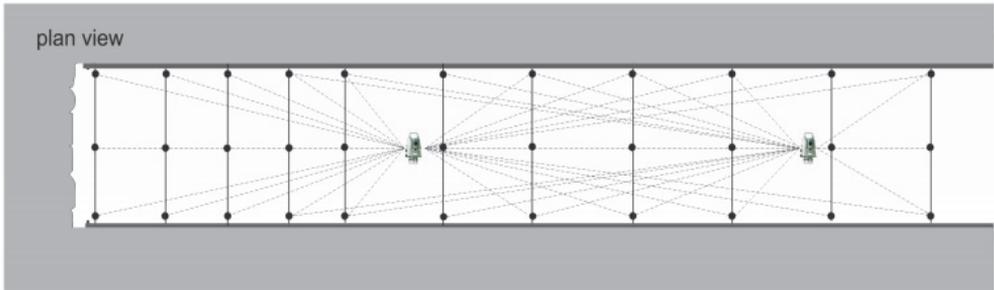
Геодезичният мониторинг се осъществява с тотална станция с точност за ъглови измервания  $\pm 1''$  ( $0.3 \text{ mgon}$ ), а за разстояния  $\pm (1 \text{ mm} + 1.5 \text{ ppm})$ .

Предвиждат се определен брой контролни точки (марки) за всеки. Залагат се в близост до екстензометрите, за да има съпоставимост на измерванията.

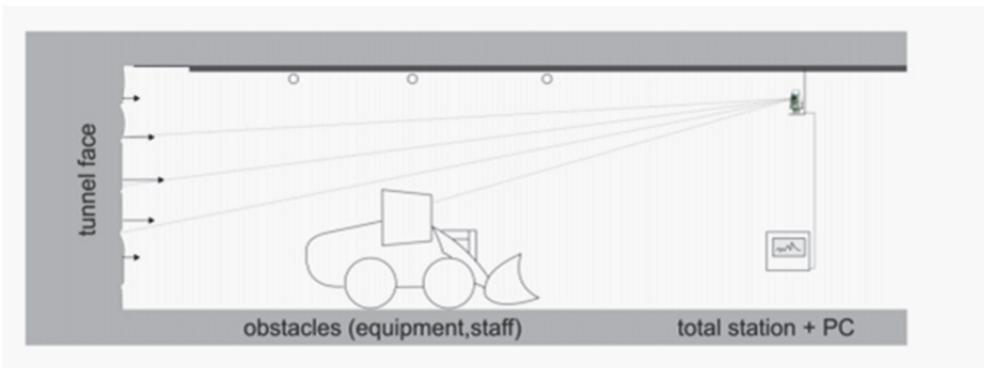
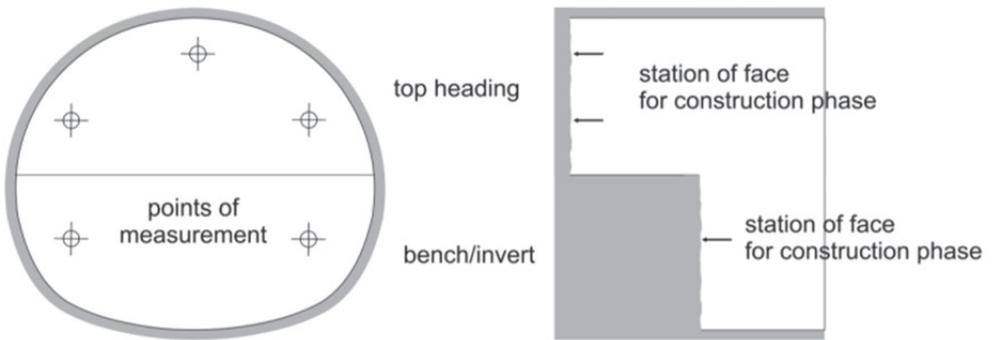
За наблюдение на деформациите на конструкциите на порталите са предвидени 25 бр. точки (марки) за всеки от тях, разположени върху подпорните стени и бермите.

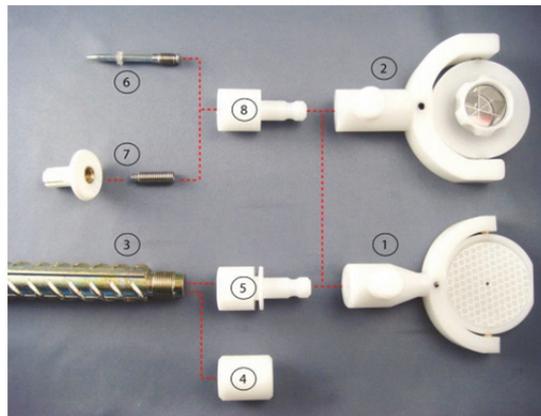
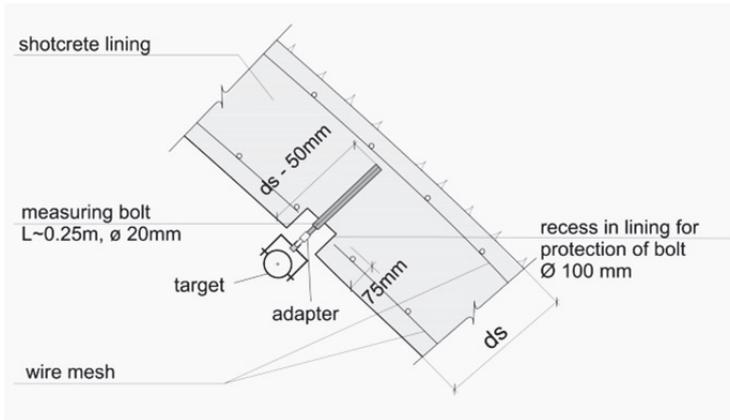
По време на строителството се следят деформациите на забоя и до 200 m. от последно изкопаниа участък, показано на фиг. 60.





Забой:



Контролни марки:

Фиг. 60. Деформациите на забоя

➤ **Централна измерителна станция (ЦИС)**

Тя ще осигури централизирано и автоматизирано измерване на телепредаваните уреди. Включва сървър с необходимата операционна система, Back UP HDD, монитор 24" за визуализация, комплект със софтуер, DATALOGGER, защита от пренапрежение по линии измерване, комуникация и захранване и апаратура за оптична комуникация, терминални кутии MUX – комплект мултиплексор с възможност за ръчно измерване.

**3.6. Система за измерване физически величини в тунел**

За следене състоянието на замърсяването, във всяка тръба се разполагат по пет мониторингови станции, които ще включват:

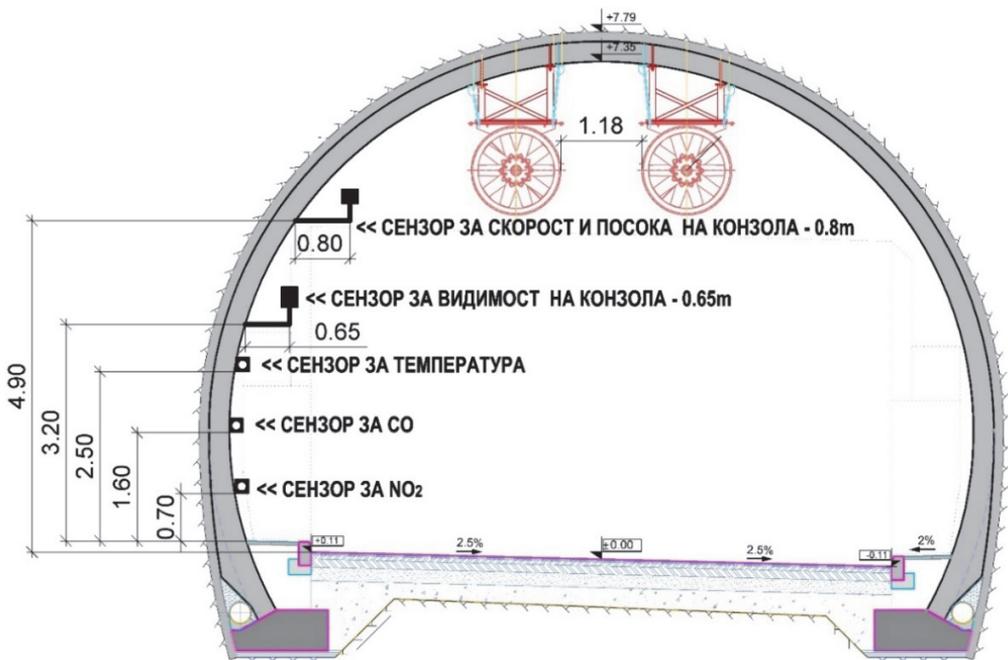
- Сензори за CO – за всички станции;
- Сензори за NO<sub>2</sub> – за всички станции;
- Сензори за видимост PM – станции с номера 1, 3 и 5;
- Сензори за скорост и температура на въздуха – станции с номера 1, 3 и 5.

Параметрите за контрол на вентилацията са:

- концентрация на въглероден оксид (CO);
- концентрация на азотен диоксид (NO<sub>2</sub>);
- непрозрачност (видимост) с коефициента на екстинция (K<sub>e</sub>);
- скорост на въздуха, V<sub>air</sub>;
- посока на течението;
- температура на въздуха, t<sub>air</sub>.

Сензори се разполагат във височина както следва:

- Височина на сензора за азотен диоксид – 0,7 m от нивото на тротоара;
- Височина на сензора за въглероден оксид – 1,6 m от нивото на тротоара;
- Височина на сензора за температура – 2,5 m от нивото на тротоара;
- Височина на сензора за видимост – 3,2 m от нивото на тротоара монтиран на конзола на разстояние 0,65 m от стената на тунела;
- Височина на сензора за видимост – 4,9 m от нивото на пътя монтиран на конзола на разстояние 0,8 m от стената на тунела;



Фиг. 61. Сензори разположени в тунела

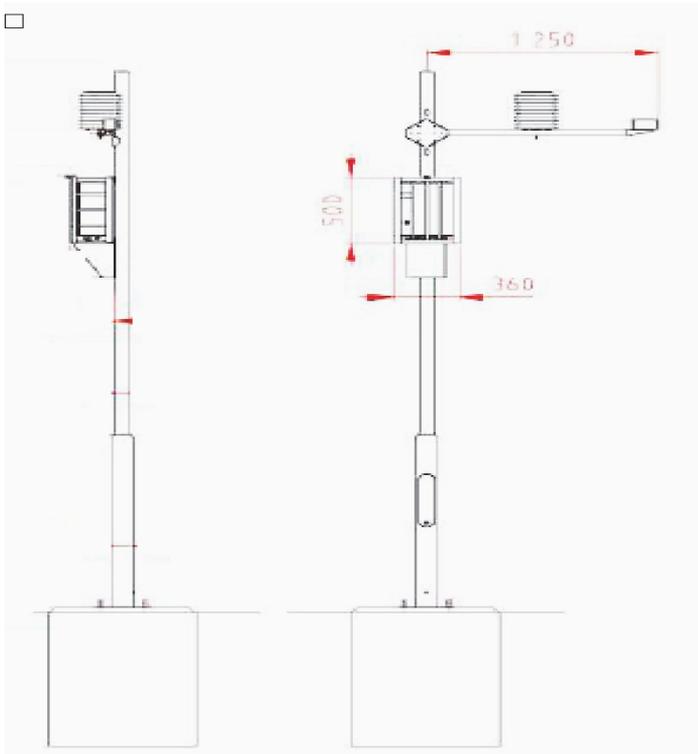
В таблица 1 са дадени основните характеристики на предвидените сензори, а в количествената сметка – подробни технически данни за всеки от тях.

Табл. 1

Контролиран параметър	CO	Ke	NO <sub>2</sub>	V <sub>air</sub>	t <sub>air</sub>
Тип сензора	Електрохимичен	Оптичен	Електрохимичен	Ултразвуков	Термосъпротивление
Диапазон на измерване	0 до 300ppm	0 - 0.015m <sup>-1</sup>	0 до 20ppm	- 60m/s до +60m/s	- 40°C до +60°C
Точност	±1ppm	0.001m <sup>-1</sup>	±0.1ppm	±2%	±0.5 °C
Минимално измерена стойност	-	-	-	0.02 m/s	-
Работа при влажност f до		99%		99%	
Температурен диапазон на работа		-15°C до +50 °C		-20°C до +60 °C	
IP Защита		IP65		IP65	

Ако се получи сигнал за наличието концентрация на въглероден оксид над  $C_{CO} > 150ppm$ ,  $NO_2 > 3ppm$  или  $Ke > 0.01m^{-1}$  се подава аварийен сигнал до SCADA системата за управление на тунела, като се забранява достъпа до тунелните тръби на автомобилния трафик до нормализиране на атмосферата до нива необходими за включване на първите вентилатори.

На двата портала се разполагат и автоматични метеорологични станции, които следят състоянието на атмосферния въздух в порталните зони – температура, атмосферно налягане, скорост и посока на вятъра. Всяка метеорологична станция се доставя с табло, посредством което се захранва управлява и информацията по оптичен кабел се предава към SCADA системата за управление на тунела. Метрологичните станции се монтират на разстояние до 90 m. преди тунелната тръба по посока на движението, върху стълб за предпорталното осветление, на височина между 8÷10 m. от терена – фиг. 62.



Фиг. 62. Монтаж на метеорологична станция

Сигурната експлоатация на тунела изисква, освен следене параметрите на средата в него, следене на данните и възможност за контрол на трафика през тунела, при надвишаване на пределните стойности на замърсителите или при възникване на аварийни ситуации.

Информацията от сензорите и датчиците в тунелните тръби се събира в табла монтирани в аварийните станции. За груповия пренос на информацията от таблата за мониторинговите станции в тунелните тръби към SCADA системата за управление на тунела се използва активно и пасивно оборудване, като топологията на мрежовата свързаност между отделните табла е от типа „затворен пръстен“, в която всеки един от възлите в мрежата е свързан с други два възела и първият и последният от суичовете са свързани образувайки затворен пръстен. По този начин се постига резервираност на преноса на сигнала.

При имплементацията на SCADA системи, се постига високо ниво на автоматизация, обработка и съхранение на голямо количество информация, нагледност и достъпност до информацията, операторско (диспечерско) управление, повишаване на ефективността и безопасността и не на последно място намаляване на себестойността [16, 17, 18].

Представените по-горе примери дават нагледна представа как използването на SCADA система успешно води до управление на всички системи и спомага за поддържане на високо ниво на безопасност на движението при експлоатация на критична пътна инфраструктура [19, 20, 21, 22, 23].

**Литература:**

1. Пламен А. Ангелов, Милена Костадинова, „Иновационни модели при внедряването на технически проекти” списание „Бизнес Посоки” ISSN 1312-6016, Бургас, брой 2/04.2006, стр. 53-55
2. Камен Сейменлийски, ДИГИТАЛНИ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКАТА БЕЗОПАСНОСТ, Годишник БСУ, 2021, том XLIV, стр. 215 - 222, ISSN: 1311-221X
3. Камен Сейменлийски, ОПЕРАТИВНО УПРАВЛЕНИЕ – НОВИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА, Годишник БСУ, 2020, том XLII, стр. 183 - 190, ISSN: 1311-221X
4. Plamen A. Angelov, G.Popov, „A car security system model based on timed petri nets”, Advanced Aspect of Theoretical Electrical Engineering Sozopol 09/2009, ISBN 1313-9487, стр. 151-154
5. Радослав Симионов – Съвременни методи за инженерингови решения в сградни енергийни системи, Годишник БСУ 2018, том XXXVIII, ISSN: 1311-221X с. 216 – 220
6. Nedelchev N., M. Matsankov, Increasing The Sensitivity Of The Digital Relay Protection Against Turn-To-Turn Short Circuits And Asymmetries In Wind Power Generators, CEEGE June 2020, SCOPUS, DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018603001>
7. Matsankov M, St. Petrov, Modeling of the Induced Voltage in a Disconnected Grounded Conductor of a three-phase power line, International Conference on Smart City and Green Energy (ICSCGE 2021) November, ISBN: 978-1-6654-1425-8, DOI 10.1109/ICSCGE53744.2021.9654332
8. Bakardjieva J., M. Matsankov and S. Slavov, Sectioning of branches of distribution networks with connected wind power plants, International Conference on Technics, Technologies and Education (ICTTE) November 2020, DOI 10.1088/1757-899X/1031/1/012046, SCOPUS
9. Калоян Тотев, Антон Василев, Радослав Симионов, Хрусав Хрусавов – МИКРОСИСТЕМИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВРЕДНИТЕ ВЛИЯНИЯ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА, БСУ – Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, стр. 314 – 320
10. Ginko Georgiev and Silviya Letskovska, Investigation of Possible Causes of Asynchronous Electric Drive Accidents, Jubilee Scientific Conference with International Participation „The New Idea in Education“, BSU, September 20-21, 2016, Proceedings, ISBN 978-619- 7126-28-0, pp. 513-520
11. Ginko Georgiev, Silviya Letskovska, Study Of Possible Causes Of Failure Asynchronous Motors, Journal of Computer Science and Communications, ISBN 978-619-7126-57-0, Vol 5 № 2 (2016), BSU, Burgas
12. Радослав Симионов – ИЗПОЛЗВАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ ЗНАНИЯ ПРИ ИЗГОТВЯНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИ ЕКСПЕРТИЗИ, Юридически сборник, БСУ 2021, том XXVIII, ISSN 1311-3771, стр. 204 – 211
13. Plamen A. Angelov, Milena Kostadinova, Dimitar Binev, „LED spectrum analyzer”, SIELA 2009, 4-6 June 2009, Burgas, ISBN 978-954-323-530-8, Том 1, стр. 25-29
14. S. Mollova, G. Nikolova, S. Letskovska, Energy efficient LED lighting with renewable energy source, BSU Yearbook, 2012. ISSN: 1311-221-X, Volume XXVII, pp. 264-271, Print: EX-PRESS - Gabrovo
15. Stoyanka K. Mollova, Silviya A. Letskovska, Pavlik R. Rakhnev, Web-based environment for training students in engineering specialties, National Committee with international participation „Educational Technologies“ – Sliven, 2010. Notices of the Union of

- Scientists, Sliven , Bulgaria, Volume 17, 2010, pp. 294-297, ISSN 1311 2864, Print BM-TRADE, Sofia
16. Стоянка Моллова, Радослав Симионов – Изследване енергийната ефективност на лабораторен компютърен клъстер, МНК Синя икономика, БСУ 2018 с. 107-113. ISBN 978-619-7126-57-0
  17. Matsankov M., M. Ivanova, Selection of optimal variant of hybrid system under conditions of uncertainty, The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Green Energy Roma, Italy, June 28 - 30, 2019, SCOPUS DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911501007>
  18. Nedelcheva St. M. Matsankov, M. Hassan, Study of the options for joining decentralized electricity generation to the power distribution grid, 2020 7-th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE) July 2020, SCOPUS, DOI: 10.1109/EEAE49144.2020.9279073
  19. Matsankov M., S. Petrov, Induced Voltage Modeling for a Disconnected Ungrounded Conductor of a Three-Phase Power Line, 2022 4th International Conference on Power and Energy Technology (ICPET), DOI: 10.1109/ICPET55165.2022.9918489
  20. Eldar Zaerov, Silvija Letskovska – ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY POWER PLANTS BASED ON THE POTENTIAL OF THE ENERGY FROM THE SEA WAVES, Yearbook BFU 2020, ISSN: 1311-221X, pp.333-358
  21. Silviya Letskovska, Eldar Zaerov, Radoslav Simionov – MODERN TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN ELECTRICITY SUPPLY, Yearbook BFU 2018, ISSN: 1311-221X, pp.78-83
  22. Eldar Zaerov, INCREASE SOLAR PANEL PERFORMANCE WITH FLAT REFLECTORS, BFU, 2021, p.290-296, ISSN: 1311-221X
  23. Dolchinkov, R., Seymenliyski, K., Simionov, R., Application of European Union directives on energy efficiency of building systems in practical training of students in RES technologies ICTRS '21, p. 43-47, ISBN 978-1-4503-9018-7/21