

# Abstracts of Dissertations

Institute of Information and  
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF  
SCIENCES

3 / 2020



INVESTIGATION AND  
MANAGEMENT OF  
PROTECTION SYSTEMS  
FOR UNDERGROUND  
TRANSPORT

*Nikola Sabotinkov*

ИЗСЛЕДВАНЕ И  
УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАЩИТНИ  
СИСТЕМИ В ПОДЗЕМНИЯ  
ТРАНСПОРТ

*Никола Съботинков*

# Автореферати на дисертации

Институт по информационни и  
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Порецицата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

### Редактори

*Геннадий Агре*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Райна Георгиева*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Даниела Борисова*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите*

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

### Editors

*Gennady Agre*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Rayna Georgieva*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Daniela Borissova*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.*



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

## Abstract of PhD Thesis

# INVESTIGATION AND MANAGEMENT OF PROTECTION SYSTEMS FOR UNDERGROUND TRANSPORT

***Nikola Sabotinkov***

**Supervisor: Prof. Dimitar Karastoyanov**

**Approved by Supervising Committee:**

Prof. Rumen Trifonov  
Prof. Lyubomir Dimitrov  
Prof. MaTihomir Takov  
Assoc. Prof. Tony Boiadjev  
Prof. Lyubka Doukovska



INSTITUTE OF INFORMATION AND  
COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Department of Embedded Intelligent Technologies

## 1. Introduction

High concentrations of FDP cause many diseases and respiratory problems worldwide. The metro is used by millions of people around the world daily /only in Sofia over 450,000 passengers use the metro per day with a tendency to increase their number with increasing lines/. Ensuring the health and safety of passengers and staff is essential.

Also, the danger of terrorist attacks has increased in recent years. Some of the most vulnerable places are in urban transport infrastructure, especially metro stations and tunnels. Here there is a coincidence of crowding of large numbers of passengers, relatively little place for reaction and exit, as well as large and expensive engineering facilities.

Objective of the survey - Innovative approaches to the management of protection systems in underground public transport in order to improve air quality and passenger safety.

## 2. Software using discrete element method

It is chosen software, working on discrete element method for investigating the behavior of the iron ore in AG mill. The software can provide results like mass of particles, volume, velocity, torque compressive force, potential energy, etc.

The selected software is generally segmented on three modules. The first module is the creator section, where parameters such as used materials, equipment geometry, physics, etc. are selected. Another step in this section is the particles properties, needed for setting simulations. Properties of the particles includes: density, Poisson's ratio, coefficient of static friction, coefficient of rolling friction, coefficient of restitution, and interactions between materials of particles and geometry. The next parameter in creator tab is the equipment properties, which is used for setting the material and properties of the used in the simulation equipment. After setting all the particles parameters and equipment parameters, next needed parameters to set are the geometries, used for the simulation

The software gives opportunity to import geometry from other Computer-Aided Design (CAD) software, which eliminates the possibility for wrong, or not accurate CAD models and particle behavior. In the CAD model, also can be chosen different properties of the objects and movements such as linear rotations, linear translations, acceleration, velocity, etc. The chosen software also provides different models of calculations of the simulations. Some of the models are Hertz-Mindlin (no slip), Hertz-Mindlin (no slip) with RVD Rolling friction, Hertz-

Mindlin (no slip) with JKR Cohesion, etc. An attempt for simulation the behavior of iron ore in AG mill is selected the Hertz-Mindlin (no slip) model. The Hertz-Mindlin (no slip) model is based of Hertzian contact theory (1882) and the Mindlin model is based on the tangential force.

### 3. Metro and general requirements

The metro (abbreviated to the Greek metropolis: city-mother, also known as the underground railway) is a fast public transport.

The subway is designed with stations at important transport hubs, office buildings, shopping centers, landmarks, neighborhoods and other sites..

Metro lines and their individual sections may be underground (tunnels), terrestrial and overground (bridges and estacades). The total length of the lines in different cities may range from 2-3 kilometers. to over 1300 km. (subway in New York).

The benefits include:

- Fast and efficient (high capacity) - Typical capacity is 1200 passengers per train or 36 000 passengers / hour. They can also reach up to 80,000 passengers per hour.
- Reliable transport / Accurate timetable /
- Comfortable transport
- Others

Due to the extensive use of underground transport, the ventilation system is essential for the comfort, health and safety of passengers and staff. It must be designed to provide a comfortable environment for passengers and handling personnel at their normal operation (temperature and air quality). The system should be able to deliver fresh air during the "peak hour" as well as control the smoke movement and direction and ensure safe evacuation during an accident.

More important requirements:

- Removal of generated heat
- Subway trains can be regarded as moving sources of heat. Heat generation is mainly generated by the braking system, train air conditioning systems, etc., as well as by passengers.
- The most effective way to remove heat is immediately after it is generated to prevent it from spreading into the environment of the station and tunnels.

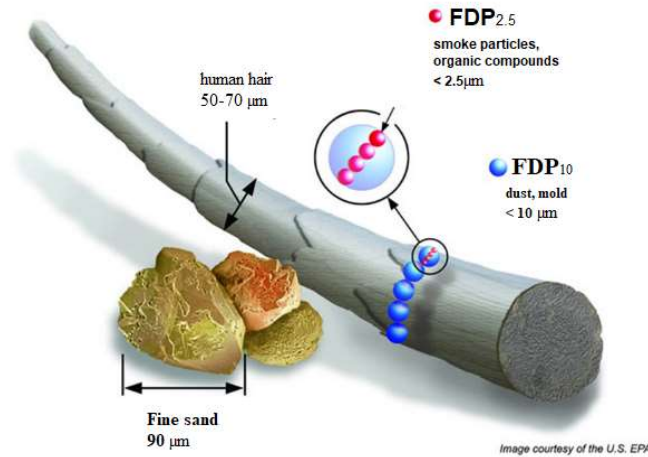


Fig. 1. Particle size attributed to human hair

□ Ensure good air quality

- A number of air quality studies have been conducted in the subway and, as a result, because of train movements, concentrations of fine dust particles (FDP2.5 and FDP10), and in particles concentrations of iron, magnesium and chromium exceeded the values of air overground /over 100 times on New York subway.

- Impact on human health.

The dust comes into the body primarily through the respiratory system, where larger particles are retained in the upper respiratory tract, and the finer particles (below 10 microns - FDP10) reach the lower respiratory tract, causing damage to the tissues in the lung (Fig. 1). Children, adults and people with chronic lung disease, influenza or asthma are particularly sensitive to high FDP10 values.

The harmful effect of dust pollution is more pronounced with the simultaneous presence of sulfur dioxide in the atmospheric air. Their synergistic effect on respiratory organs and open mucous membranes was established. It is irritating and depends on the duration of exposure. The short-term exposure to 500 mg/m<sup>3</sup> of dust and sulfur dioxide increases the overall mortality rate in the population, and at half-lower concentrations there is an increase in morbidity and impairment of pulmonary function. Prolonged exposure to sulfur dioxide and dust is manifested by an increase in non-specific pulmonary diseases, mainly respiratory infections of the upper respiratory tract and bronchitis at significantly lower concentrations (30-150 mg/m<sup>3</sup>), which is particularly pronounced in children. The most vulnerable to the combined effects of dust and sulfur dioxide are chronic patients with bronchial asthma and cardiovascular disease. The harmful effects of exposure to high concentrations of metal dust particles have

been documented in a number of toxicological and epidemiological studies. In samples taken from a Stockholm metro, there is an 8 times greater likelihood of DNA damage and four times higher probability to cause oxidative stress (diabetes, cancer, Alzheimer's disease, arthritis etc) in cultivated lung cells. Samples taken from three London metro stations have a higher inflammatory potential and are more likely to cause DNA damage in cultivated human epithelial cells than in overground FDP.

Particle characterization in the subway - The particle distribution and type was made in a study [9] conducted in South Korea with samples of dust particles taken from different locations in several stations (Fig. 2).

In case of a fire in a tunnel or a metro station, the greatest danger is not the flames, but the inhalation of the poisonous gases generated by the burning toxic products (Over 70% of the victims are in case of poisoning). Most toxic and most commonly released in case of fire are oxides of hydrocarbon CO /binds to blood hemoglobin 200-300 times faster than oxygen - there is oxygen starvation of the organis / and CO<sub>2</sub> - cause of 50-80% of the dead. CO<sub>2</sub> replaces oxygen in the blood, speeds up breathing, so larger amounts of other gases are absorbed in more dangerous concentrations, at 10% - man loses consciousness. In the event of a fire or a terrorist attack, harmful gases must be removed as quickly as possible from the metro area while providing fresh air for passengers, personnel and firefighters.

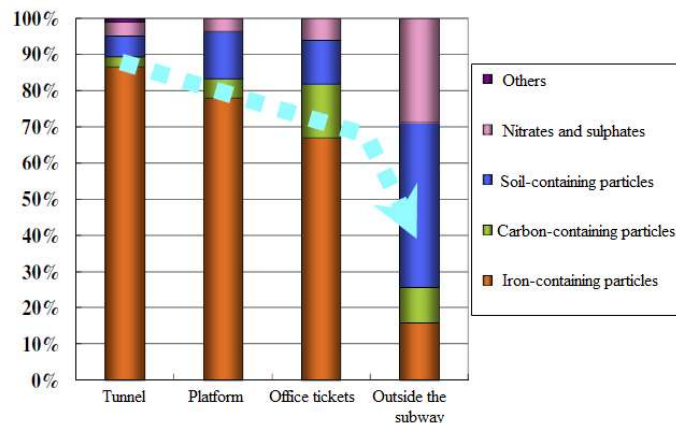


Fig. 2. Particle distribution by classes

Terrorist Attack - the main ways of attacking (sarin, anthrax) are by putting them on the station, on the train or in the tunnel - possibly through the ventilation shaft. The propagation occurs when trains run through the stations and tunnels. Installing detectors and CCTV and analytical software could reduce response time and take immediate action.

4. Technological level and developments at that time

There are several approaches to improving the subway environment:

- Installation of automatic sliding doors on the stations, fig. 3:

Advantages: Reduces noise, dust, wind, prevents accidental drops from the platform, improves climate control of stations, reduces jamming on rails and tunnels /against fire/.



Fig. 3. Sliding doors on a station

Disadvantages - a high cost of fitting, maintaining and adjusting the doors to those of the trains, reduces the effect of natural ventilation, which increases the cost of ventilating the subways. There are incidents incl. deaths in which a passenger falls between the closed door of the train and the sliding door of the platform.

- Air curtain. In the recent years, studies, tests and simulations using air curtains have been conducted, [10]. As a result, dust particles pollution is reduced and tunnel ventilation is improved. A disadvantage can be the power consumption and the generated noise that cannot be distributed effectively in the environment. Research has found that an air curtain effect will have when the airflow rate is at least 25 m/s, and studies with 60 m/s and 80 m/s have been made, /fig.4/.

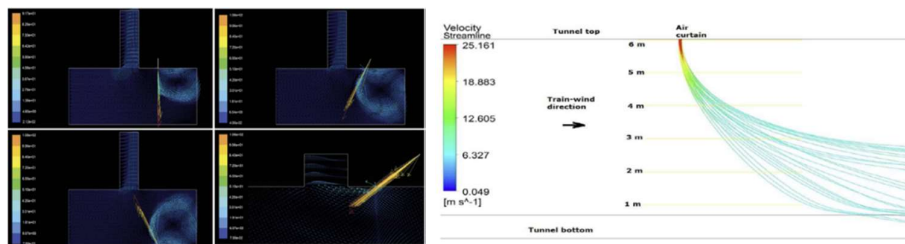


Fig. 4. Simulation of air curtain



- Use of a vacuum train to clean tunnels from dust and debris - Fig. 5,

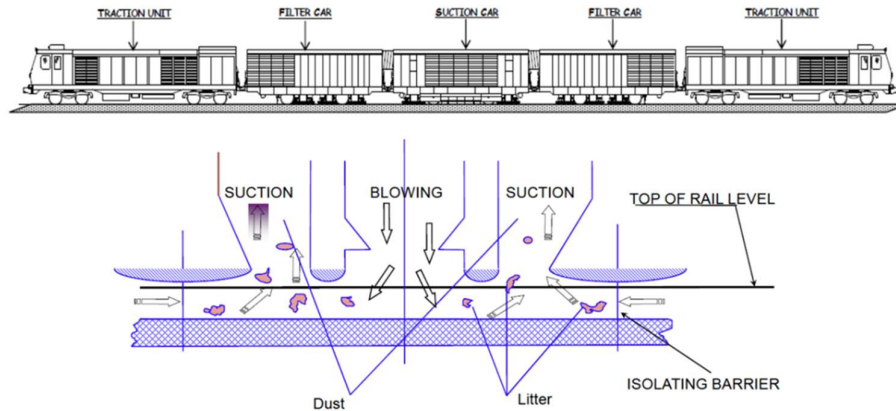


Fig. 5. Vacuum train to clean tunnels from dust and debris

#### 5. Ventilation in the subway and tunnels

Natural ventilation in the subway is mainly the result of the movement of trains through the tunnels. Airflows are similar to those caused by the piston movement in a cylinder and for this reason it is called ventilation of a "piston effect".

"The effect of the piston" is a phenomenon and is the cause of the air movement from the tunnels to the metro stations as well as the change in pressure. From a ventilation point of view, air movement is functional and helps to exchange air, tunnel cooling, etc., but when the "plunger effect" is more, it is the cause of high air velocities on the platform and corridors. To reduce the high air velocity, shafts are designed to deviate the air from the tunnels to the atmosphere and reduce wind gusts in the stations. Gusts of wind enter the stations as a stream that expands in the cross section of the station and reaches about 15-45 m/s inside it. Normally, the wind speed should not exceed 5 m/s when entering the station.

Stairs, escalators and entrance corridors also act as ventilation shafts, and the "piston effect" can cause excessive air velocities in these areas.

The air flows in the subway are generated by two main sources: the "piston effect" of train movements through tunnels and, in some cases, mechanical ventilators. A natural source of air is also the staircase and other openings. Factors that affect airflow are geometric parameters such as: location, shape, length, cross-section, perimeter, roughness of walls in tunnels, stations and ventilation shafts, as well as dynamic parameters: train speed, acceleration, stroke, as well as the performance of the fans. The air temperature, its speed and pressure depend on the design of the tunnel ventilation system. "The effect of the piston" is the cause

of the air flow through tunnels from the tunnels to the outside atmosphere, and in the opposite direction - a stream of fresh air when the train passes through the shafts.

The hot and warm air generated by the train braking system and the air conditioning system is mixed with that from the tunnel behind the train, which is subsequently transferred to the station due to the remaining momentum or pulled out as a result of the train's departure.

The "piston effect" generated by train movements is in most cases sufficient to maintain a good level of ventilation.

## 6. Air filtration

Air filters are generally classified based on their collection efficiency, pressure drop (airflow resistance) and particle retention capacity. Two test methods are currently in use: European Standard EN 779 and US Standards ASHRAE 52.1 and 52.2 for Classification of Ventilation Air Filters. The classification of these filters is based on the efficiency gained from conducting experiments.

The American standard ASHRAE has confirmed the so-called MERV - minimum efficiency reporting value, values by which manufacturers evaluate the performance of their filters. To measure this efficiency, 12 sizes are entered. The smallest particle size is 300 nanometers.

Rough and fine dust filters are most commonly used for air purification. Based on their performance, the EN779 classifies the various fine-grained F5-F9 filters, where F5 is less efficient and F9 is the most efficient of all. Class filters G1-G4 are coarse filters.

The MERV / HEPA / ULPA filters are used for air purification in laboratories, industrial premises, clean rooms, hospitals, electrical appliances, and more. Fig. 6.

Depending on the selected filter, it is possible to filter: bacteria, 90-99% fine particle size 2.5-10 microns, mold spores, etc.

## 7. Modeling and simulations

To verify the effect of the installation of safety doors at both ends of the metro station (at the tunnel entrance and exit), 4 models are created and simulations were made with the software product Solidworks Flow, as follows:

- Simulation with general conditions (without doors and filter bodies) - model 1
- Simulation with mounted doors and filters MERV15 - model 2

- Simulation performed without mounted doors and filters - with ventilation included – model 3
- Simulation performed with doors and filters fitted and with ventilation included - model 4

A comparative analysis of the simulation results with the four models was made - fig. 6

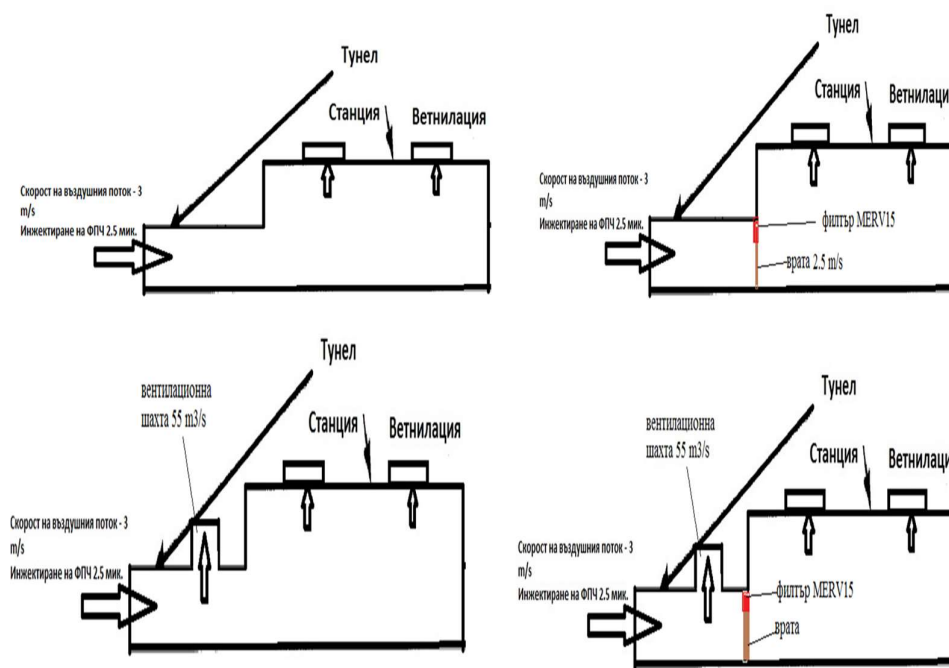


Fig. 6 Comparative analysis of 4 models

Conclusion: The results of the studies show that particle filtration by the aforementioned method will lead to self-cleaning of the PMF tunnels.

The reduction of electricity for ventilation, cleaning and other related activities will also be significant, due to the use of energy that has not yet been used. The important aspects of the proposed design expand their capabilities in the field of fire safety, protection against terrorist attacks, reducing response times, increasing awareness of the emergency situation, and responding appropriately and making important decisions on which human life depends.

Protecting the environment from pollutants (FPM) is also a very important task that has a solution with the proposed design. Daily breathing of high concentrations of fine particulate matter contributes to the development of diseases and the reduction of human life, not least the medical expenses.

Using the EDEM SOFTWARE software package, simulations were made to movement a train in a tunnel (fig. 7) and to produce fine particles when a brake was triggered (fig. 8).

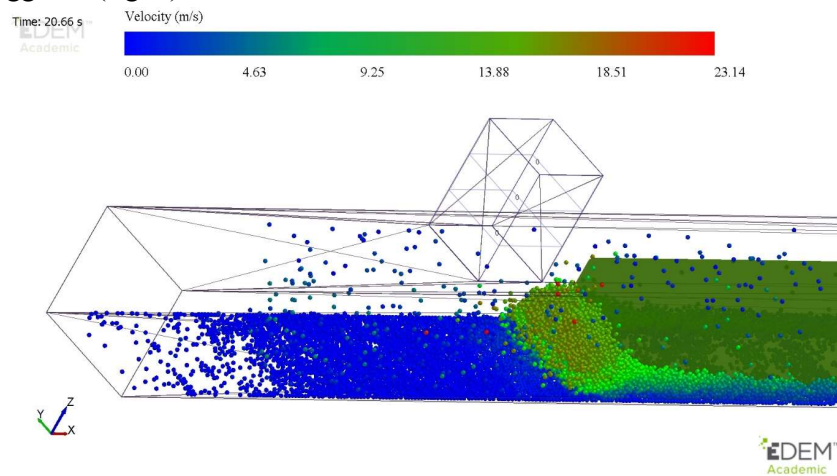


Fig. 7 Simulation of movement a train in a tunnel

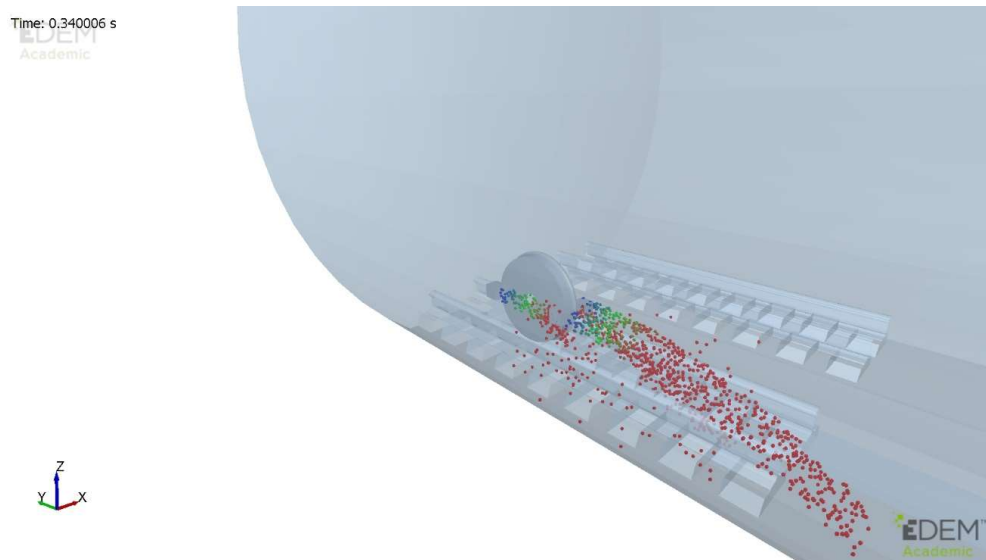


Fig.8 Simulation of a brake and fine particles

## 8. Conclusion

Air cleanliness and subway safety are of great importance due to the fact that this mode of transport is used by millions of people. The presented in the paper pollutants and methods for their cleaning improve the environment in underground urban transport and help to increase security.

**Scientifically-applied contributions:**

In accordance with the objective, the studies and the obtained results, the following scientifically-applied contributions have been achieved:

- After a detailed review and analysis, a systematization of the types of factors influencing the safety and security of the underground rail transport is made,
- Concentration of fine particle matter in the subway has been investigated and the main types and sources of pollution are identified,
- Existing solutions for reducing particle matter concentration and improving safety in underground rail transport have been investigated and are being analyzed,
- A scheme is proposed for the optimization of ventilation in the subway and tunnels,
- Innovative approaches are proposed with the use of upgraded underground rail transport protection systems,
- Experimental results and simulation modeling with new protection systems are presented, the different models are analyzed.



## АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по научна специалност “Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“

### ИЗСЛЕДВАНЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАЩИТНИ СИСТЕМИ В ПОДЗЕМНИЯ ТРАНСПОРТ

*Никола Съботинков*

Ръководител: Проф. Димитър Карастоянов

Научно жури:

Проф. Румен Трифонов  
Проф. Любомир Димитров  
Проф. Тихомир Таков  
Доц. Тони Бояджиев  
Проф. Любка Дуковска



Институт по информационни и  
комуникационни технологии

Секция „Вградени интелигентни технологии“

## **Резюме**

В това изследване е разработен нов метод за тунелна вентилация с използване на високоскоростни ролкови врати, монтирани на входовете и изходите на тунелите във всяка от метростанциите. Методът ще подобри ефективността на вентилирането и ще намали високите концентрации на вредни фини прахови частици (ФПЧ) в два диапазона - с размер на частиците по-малък от 10 микрона и по-малък от 2.5 микрона, замърсяващи въздуха в тунелите и станциите на метрото вследствие на движението на влакове и хора. Допълнително ще се допринесе за повишаване сигурността и намаляване на енергийните разходи, чрез поддържане на комфортна и защитена среда за пътниците и персонала в станциите и тунелите. Методът, който ще бъде използван, е симулационно моделиране с използване на изчислителна техника и софтуер за определяне въздушните потоци в тунелите и метростанциите.

## **Предмет на дисертационния труд**

Изследване и оптимизация на различни иновативни подходи за управление на защитни системи в подземния градски транспорт, с цел подобряване качеството на въздуха и сигурността на пътниците.

## **Глава 1. Обзор, анализ и систематизация на видове фактори, влияещи върху сигурността и безопасността в подземния железопътен транспорт**

### *1.1. Метро - общи изисквания*

Метрото (съкратено от гръцки metropolis /метрополис/ – град-майка; известно още като подземна железница) е бърз обществен железопътен транспорт. Названието „метрополитен“ (метро), което е прието в много страни, произлиза от името на компанията Metropolitan Railway, която е построила и първото метро в Лондон през 1863 г.. По това време са използвани парни локомотиви теглещи дървени вагони.

Метрото се проектира със спирки на важни транспортни възли, офис сгради, търговски центрове, забележителности, квартали и други обекти. Линиите на метрото и техните отделни участъци могат да бъдат подземни/тунели/, наземни и надземни /мостове и естакади.

Предимствата включват:

- Бърз и ефективен транспорт /с голям капацитет/ - типичният капацитет е 1200 пътника на влак или 36 000 пътника/час. Могат да достигнат и до 80 000 пътника/час.
- Надежден транспорт /спазване на точен график/
- Комфортен транспорт
- Други

### *1.2. Концентрация на фини прахови частици в метрото*

Поради широкото използване на подземния транспорт /метро/, вентилационната система е от съществено значение за комфорта, здравето и безопасността на пътниците и работещия персонал. Тя трябва да бъде проектирана така, че да осигури комфортна среда за пътниците и обслужващия персонал при нормалната си работа /температура и качество на въздух/. Системата трябва да може да доставя свеж въздух по време на „час пик“, както също и да контролира движението/посоката на дим и да осигури безопасна евакуация по време на авария.

По-важни изисквания:

- ▶ Отстраняване на генерираната топлина
  - Влаковете в метрото могат да се разглеждат, като движещи се източници за топлина. Топлината се генерира основно от спирачната система, системите за поддръжка на влака /климатични системи и др./, както също и от пътниците.
  - Най-ефективният начин за отстраняване на топлина е веднага след нейното генериране, с което да се предотврати възможността тя да се разпространи в околната среда на станцията и тунелите.
- ▶ Осигуряване на добро качество на въздуха
  - Направени са множество изследвания за качеството на въздуха в метрото и като резултат, вследствие на движението на влаковете, концентрациите на фини прахови частици /ФПЧ2.5 и ФПЧ10/ и в частност концентрациите на желязо, магнезий и хром надвишават многократно стойностите на въздуха над земята /над 100 пъти в метрото на Ню Йорк.



- Влияние върху човешкото здраве

Прахът постъпва в организма предимно чрез дихателната система, при което по-едрите частици се задържат в горните дихателни пътища, а по-фините частици (под 10  $\mu\text{m}$  - ФПЧ10) достигат до по-ниските отдели на дихателната система, като водят до увреждане на тъканите в белия дроб /фиг. 1/. Деца, възрастни и хора с хронични белодробни заболявания, грип или астма са особено чувствителни към високи стойности на ФПЧ10.



Фиг.1. Размер на частиците отнесен към човешки косъм

Вредният ефект на замърсяването с прах е по-силно изразен при едновременно присъствие на серен диоксид в атмосферния въздух. Установено е тяхното синергично действие по отношение на дихателните органи и откритите лигавици. То се проявява с дразнещо действие и зависи от продължителността на експозицията. Кратковременната експозиция на 500  $\text{mg}/\text{m}^3$  прах и серен диоксид увеличава общата смъртност при населението, а при концентрации наполовина по-ниски се наблюдава повишаване на заболяемостта и нарушаване на белодробната функция. Продължителната експозиция на серен диоксид и прах се проявява с повишаване на неспецифичните белодробни заболявания, предимно респираторни инфекции на горните дихателни пътища и бронхити - при значително по-ниски концентрации от ( 30 - 150  $\text{mg}/\text{m}^3$ ), което е особено силно проявено при деца. Най-уязвими на комбинираното въздействие на

праха и серния диоксид са хронично болните от бронхиална астма и от сърдечно-съдови заболявания. Вредните ефекти при излагане на високи концентрации от метални прахови частици са документирани в множество токсикологични и епидемиологични изследвания. При взети проби /изследване на проби от метрото в Стокхолм се установява 8 пъти по-голяма вероятност за увреждане на ДНК и четири пъти по-голяма вероятност да се причини оксидативен стрес /предизвиква диабет, рак, болест на Алцхаймер, артрити и др./ в култивирани белодробни клетки .

За сравнение са направени епидемиологични изследвания на заварчици, при които са документирани връзка при излагането на заваръчни газове и болести, като пневмония, сидероза /болест на белите дробове/ и неврологични нарушения - болест на Паркинсон. Трябва да се отбележи, че заваръчните газове имат по-фино разпределение на частиците и по-високи концентрации на желязо, манган и хром.

- Причини: влаковете използват стоманени колела, композитни керамични спирачки, прах внесен от пътниците и други

► **Законодателство:**

Допустимите стойности на фини прахови частици според Наредба №12 на МОСВ и МЗ към ЗЧАВ (ДВ, бр. 58/2010 г.):

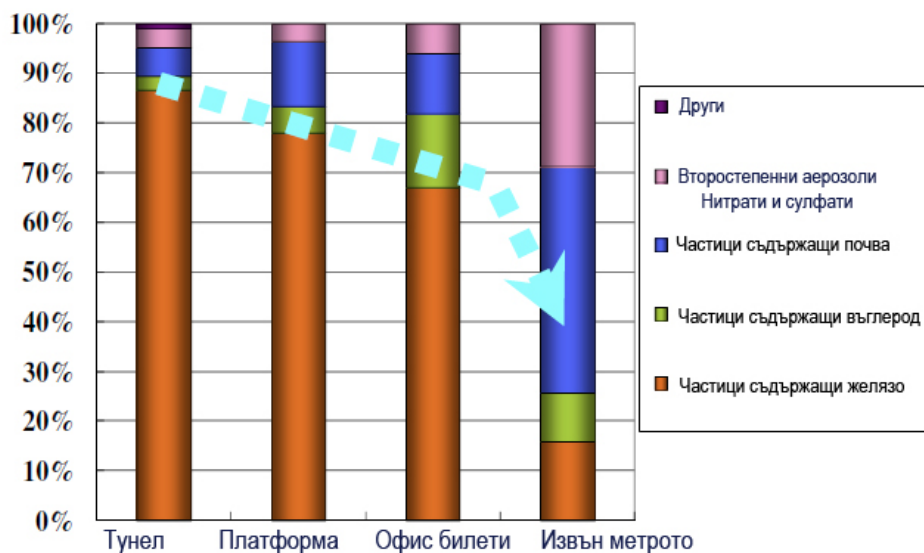
<b>ФИНИ ПРАХОВИ ЧАСТИЦИ (ФПЧ10)</b>			
<b>Наредба №12 на МОСВ и МЗ към ЗЧАВ (ДВ, бр.58/2010г.)</b>			
<b>Средноденощна норма (СДН) за опазване на човешкото здраве</b>			
<b>Прагова стойност (ПС)</b>		<b>допустим брой превишения (през годината)</b>	<b>период на прилагане</b>
СДН	50 µg/m <sup>3</sup>	35	от 01.01.2009г.
<b>Средногодишна норма (СГН)</b>			
СГН	40 µg/m <sup>3</sup>	Не се допуска превишение	от 01.01.2009г.
<b>ФИНИ ПРАХОВИ ЧАСТИЦИ (ФПЧ2.5)</b>			
<b>Наредба №12 на МОСВ и МЗ към ЗЧАВ (ДВ, бр.58/2010г.)</b>			
<b>Средногодишна норма (СГН) за опазване на човешкото здраве</b>			
<b>Допустимо отклонение (ДО)</b>		<b>допустим брой превишения (през</b>	<b>период на прилагане</b>

		годината)	
СГН	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	не се допуска превишаване	през 2010г.
СГН	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		от 01.01.2015г.
СГН	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		от 01.01.2020г.
ОБЩ ПРАХ			
Наредба за изм. и доп. на Наредба №14/(ДВ, бр.8/2002г.)			
НОРМИ		Концентрация ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	
ПДКс.д.		0.25	
ПДКс.г.		0.15	

ПДКс.д. – Пределно допустима средноденонощна концентрация

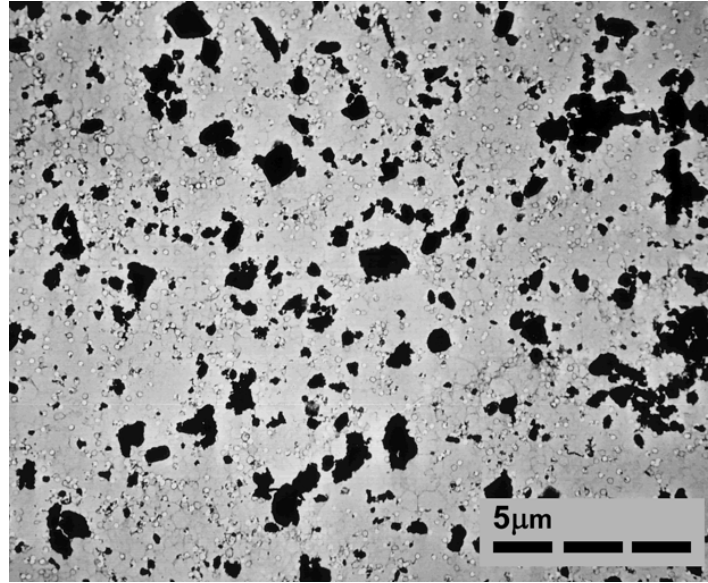
ПДКс.г. – Пределно допустима средногодишна концентрация

На Фиг.2 е дадено разпределение на частиците по класове



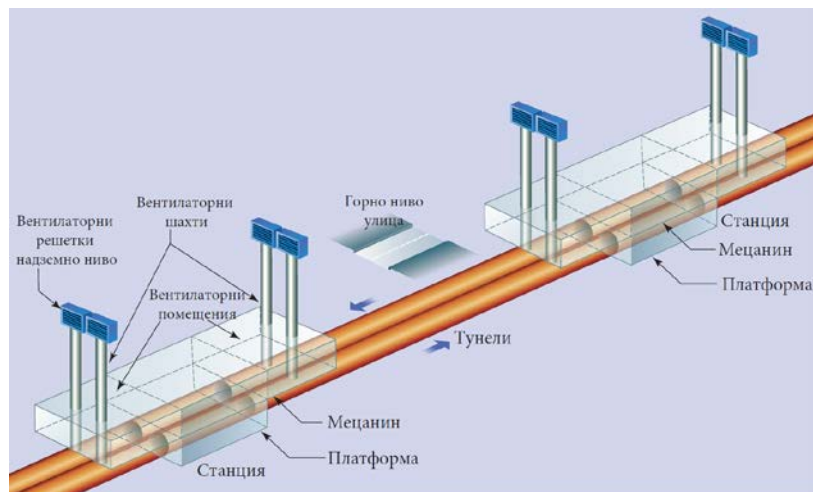
Фиг.2 Разпределение на частиците по класове

Фотомикрографско изследване с електронен микроскоп на праха в тунелите на Лондонското метро показва, че натрупаните аерозоли по платформите на различни станции са приблизително еднакви. На фиг. 3 са дадени данните за станция Holland Park.



Фиг. 3. Фотомикрография на праха в тунела на станция Holland Park

На фиг. 4 е дадена една стандартна конфигурация на станция на метро, със съответните елементи:



Фиг. 4. Схема на метростанция

Друг аспект от по-важните проблеми свързани с метрото е осигуряване на безопасността на пътниците при пожар или терористична атака – фиг. 5.

- Пожар /Баку, Азербайджан 1993 г., жертвите са 286 пътника, включително 26 деца/
- Терористична атака с газ/Токио, Япония 1995 г., 13 жертви и 6500 обгазени с газ зарин/.



Фиг. 5. Инциденти в метростанции

Метростанциите и влаковите композиции в тунелите са силно изложени на риск от терористична атака. В подземния транспорт има множество пътници с обемист и тежък багаж. Също така към момента и у нас тунелите на метрото са открити откъм метростанциите и дават лесен достъп в двете посоки. В някои страни перонът на метростанциите е отделен от коловозите с високи прегради с автоматични врати, оразмерени съобразно местата на вратите на вагоните. Те се отварят и дават достъп само при наличие на спрял влак с отворени врати на станцията. Това е особено разпространено там, където влаковите композиции се управляват автоматично – метрото на Торино, Италия. Проблемът за защита на входовете на тунелите от станциите е решен само частично, чрез различни видове автоматични щори и въздушни завеси.

При пожар в тунел или на метростанция най-голямата опасност не са пламъците, а вдишването на отровните газове генерирани от горящите токсични продукти /Над 70% от жертвите при пожар са от отравяния/. Най-токсични и най-често отделяни при пожар са окисите на въглеродородо  $CO$  / свързва се с хемоглобина на кръвта 200-300 пъти по-бързо от кислорода - настъпва кислороден глад на организма/ и  $CO_2$  – причина за 50-80% от загиналите / $CO_2$  замества кислорода в кръвта, ускорява дишането, поради което се поглъщат по-големи количества от другите газове в по-опасни концентрации. При 10% - човек загубва съзнание/. При пожар или терористична атака вредните газове трябва да

бъдат изведени максимално бързо от зоната на метрото, като в същото време се доставя свеж въздух за пасажерите, персонала и пожарникарите.

Терористична атака – основните начини за атакуване /зарин, антракс/ са чрез пускането им на станцията, във влака или в тунела – възможно е и през вентилационната шахта. Разпространението става при движението на влаковете през станциите и в тунелите. Инсталирането на детектори и видеонаблюдение и аналитичен софтуер би могло да намали времето за реакция и предприемането на бързи ответни действия.

### **Цел и задачи на дисертационния труд:**

#### **Основната цел на дисертационния труд е:**

**Изследване и оптимизация на различни иновативни подходи за управление на защитни системи в подземния градски транспорт, с цел подобряване качеството на въздуха и сигурността на пътниците.**

#### **За изпълнение на тази цел ще се решат следните задачи:**

- *Ще се направи обзор, анализ и систематизация на видове фактори, влияещи върху сигурността и безопасността в подземния железопътен транспорт,*
- *Ще се изследва концентрация на фини прахови частици в метрото,*
- *Ще се изследват съществуващи решения за намаляване на концентрацията на фини частици и подобряване на сигурността в подземния железопътен транспорт,*
- *Ще се оптимизира вентилация в метрото и тунелите,*
- *Ще се предложат иновативни подходи с използването на осъвременени защитни системи подземния железопътен транспорт,*
- *Ще се представят експериментални резултати и симулационно моделиране с нови защитни системи.*

## **Глава 2: Съществуващи решения за намаляване на концентрацията на фини частици и подобряване на сигурността в подземния железопътен транспорт**

### *2. 1. Съвременни измервателни системи*

Системата на метрото в Сеул се обслужва от линии от 1 до 9 и представлява повече от 34,1% от транспортните услуги в столичния град

Сеул. Според статистическите данни, предоставени от Сеул Метро Транспортен център, приблизително шест милиона души в Сеул използват ежедневно метрото.

За да се предотврати смесването на въздух между платформата и тунелите, бяха инсталирани бариери на пълна височина между подовата и тавана на станцията, за да се спести енергия и да се осигури по-добро качество на въздуха в помещенията. Съществува обаче опасение, че концентрациите на ФПЧ в тунела могат да се увеличат в дългосрочен план. Концентрациите на ФПЧ10 се измерват на четири различни места в станция Daeseong (линия 3), за да се изследват въздействията на бариерите върху качеството на вътрешния въздух. Фиг. 11 показва разположенията на местата за наблюдение на ФПЧ10 в тази станция. Четирите места за вземане на проби включват чакалнята, платформата и два вътрешни тунела (между гарите Irwon и Daeseong, както и между гарите Daeseong и Hangnyeoul).

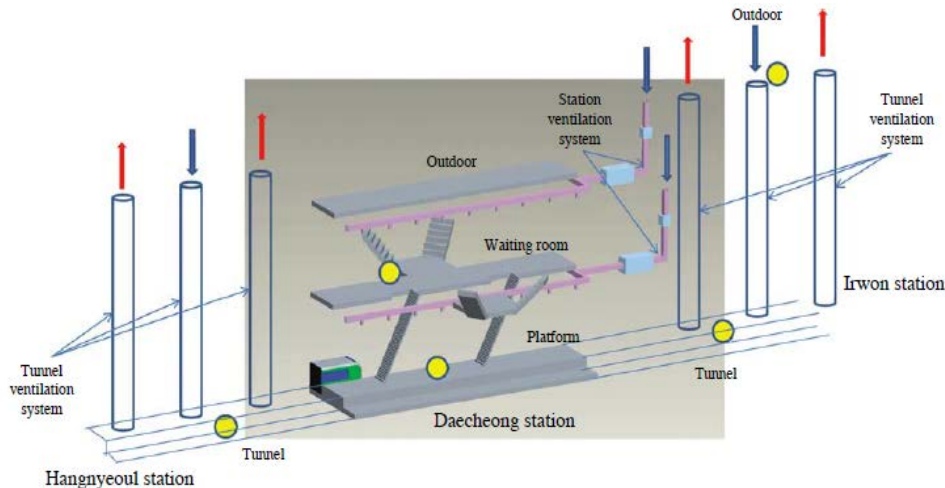
Всички измервания са проведени на 1,5 м над нивото на земята. Всеки обект е наблюдаван от инструменти за непрекъснато наблюдение. За да се направи сравнение между нивата на ФПЧ10 в подземната станция на метрото, около 600 метра от станцията на Daeseong се намира открит обект за наблюдение. Външното вземане на проби се провежда на входа за вземане на въздух, разположен на около 1,5 м над вентилационния отвор.

Обикновено механичната вентилационна система в подземните тунели се състои от един вход и два изходни отвора, както е показано на фиг. 6. Три вентилатора са монтирани във всеки отвор. Общият начин на работа на тези вентилатори позволява два вентилатора да бъдат задвижвани за вентилация, докато един вентилатор е спрял за поддръжка. За да се съблюдава намаляването на концентрацията на ФПЧ10 и да се определят ефективните работни условия, тези вентилатори се регулират според трите различни режима – пълна мощност, половин мощност и изключени.

## *2.2. Други технологични разработки към този момент*

- Монтиране на автоматични плъзгащи се врати на станциите: Предимства: намалява шума, праха, вятъра, предпазва от инцидентни падания от платформата, подобрява климатичния контрол на станциите, намалява попадането на боклуци на релсите и в тунелите /могат да причинят пожар/.

Недостатъци – висока цена за монтаж, поддръжка и напасване на вратите според тези на влаковете, намаляват ефекта на естествена вентилация, което увеличава разходите за вентилиране на метростанциите. Съществуват инциденти вкл. смъртни случаи, при които пътник попада между затворена врата на влака и плъзгащата се врата на платформата.



Фиг. 6. Местонахождения на местата за вземане на проби (с кръгче: мястото за вземане на проби, ↑: изпускателна тръба, ↓: вход за въздух).

На фиг. 7. са показани плъзгащи врати на станция в затворено положение и отворени, когато влакът е на станцията

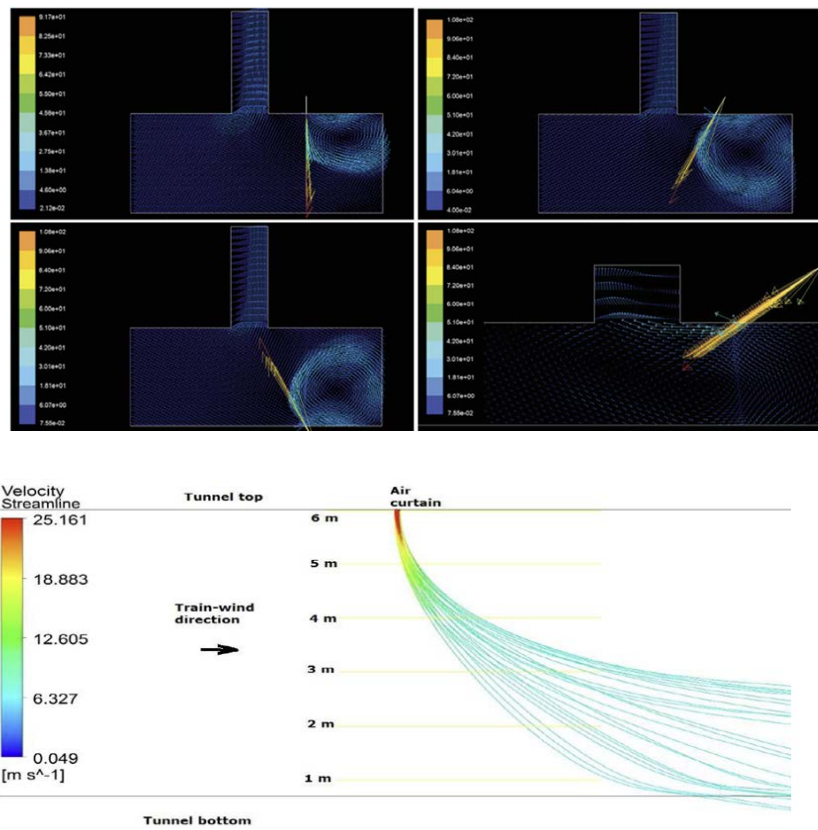


Фиг. 7. Плъзгащи се врати на станция

- Въздушна завеса - В последните години се правят изследвания, тестове и симулации с използване на въздушни завеси. Като резултат се намаляват замърсяванията от прахови частици и се подобрява вентилацията в тунелите.



Като недостатък може да се приеме разхода на електроенергия и генерирания шум, който няма възможност да се разпространи ефективно в околната среда. От изследвания е установено, че ефект от въздушна завеса има, когато скоростта на въздушната струя е мин. 25 м/сек., направени са и изследвания с 60 м/сек. и 80 м/сек.. /фиг.8/.



Фиг. 8. Симулация на въздушна завеса

- Използване на вакуум влак за почистване на тунелите от прах и боклуци. На фиг. 9 е показан вакуум влакът VACSTRAC.



Фиг. 9. VACSTRAC

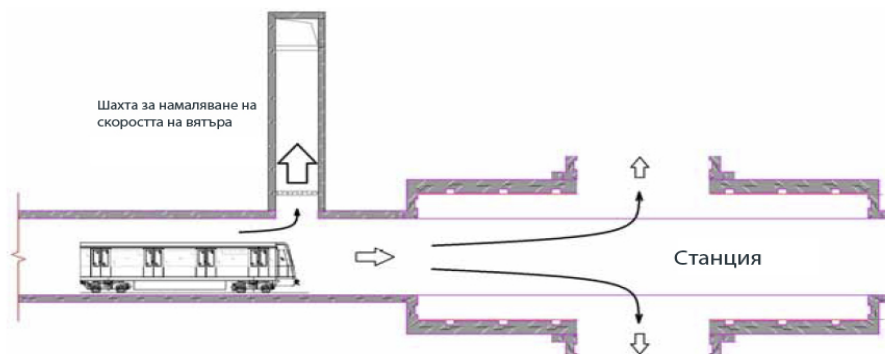
### 2.3. Вентилация в метрото и тунелите общи положения

Естествената вентилация в метрото е в резултат преди всичко от движението на влаковете през тунелите. Въздушните потоци са подобни на тези причинени от движението на бутало в цилиндър и поради тази причина се нарича вентилация на „ефект на буталото“.

„Ефектът на буталото“ е феномен и е причина за движението на въздуха от тунелите към метростанциите, както също и за промяната в налягането. От вентилационна гледна точка, движението на въздуха е функционално и спомага за обмен на въздуха, охлаждането на тунелите и др., но когато „ефекта на буталото“ е в повече е причина за високи скорости на въздуха на платформата и коридорите. За намаляване на високата скорост на въздуха се проектират шахти, които да отклонят максимално въздуха от тунелите в атмосферата и намалят поривите на вятър в станциите. Поривите на вятър навлизат в станциите като струя, която се разширява в напречното сечение на станцията и достига до около 15-45 м. вътре в нея. По норматив скоростта на вятъра не трябва да надвишава 5 m/s при навлизане в станцията.

Стълбите, ескалаторите и входните коридори също играят ролята на вентилационни шахти и „ефекта на буталото“ може да причини прекомерни скорости на въздуха в тези участъци.

Схема на станция и шахта за намаляване на „ефекта на буталото“ са дадени на фиг. 10.



фиг. 10. Схема на станция и шахта за намаляване на „ефекта на буталото“

В Таблица 2.1 е показано как въздушният поток от движението на влака оказва влияние както на пътниците, така и на вентилационните системи, като е показана разликата в тунела и на станцията.

	Предимства/недостатъци
Станция/платформа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Причинява защитна реакция в пътниците от поривите вятър</li> <li>• Замърсява въздуха на платформата, чрез пренасяне на замърсителите в тунелите</li> <li>• Намалява живота на съоръженията в метрото</li> </ul>
Тунел	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пренася климатизиран въздух от платформата в тунелите</li> <li>• Подобрява вентилационният ефект в тунелите</li> <li>• Намалява ефективността на вентилаторите доставящи въздух</li> </ul>

Таблица 2.1 – Влияние на генерирания от влака вятър

В тунелите с линии в двете посоки „ефекта на буталото“ не е много ефективен. Въздухът в този случай се избутва напред-назад и само едно малко количество от него преминава през шахтите и тунела. В този случай се използват вентилатори, които спомагат за движението на въздуха в тунелите.

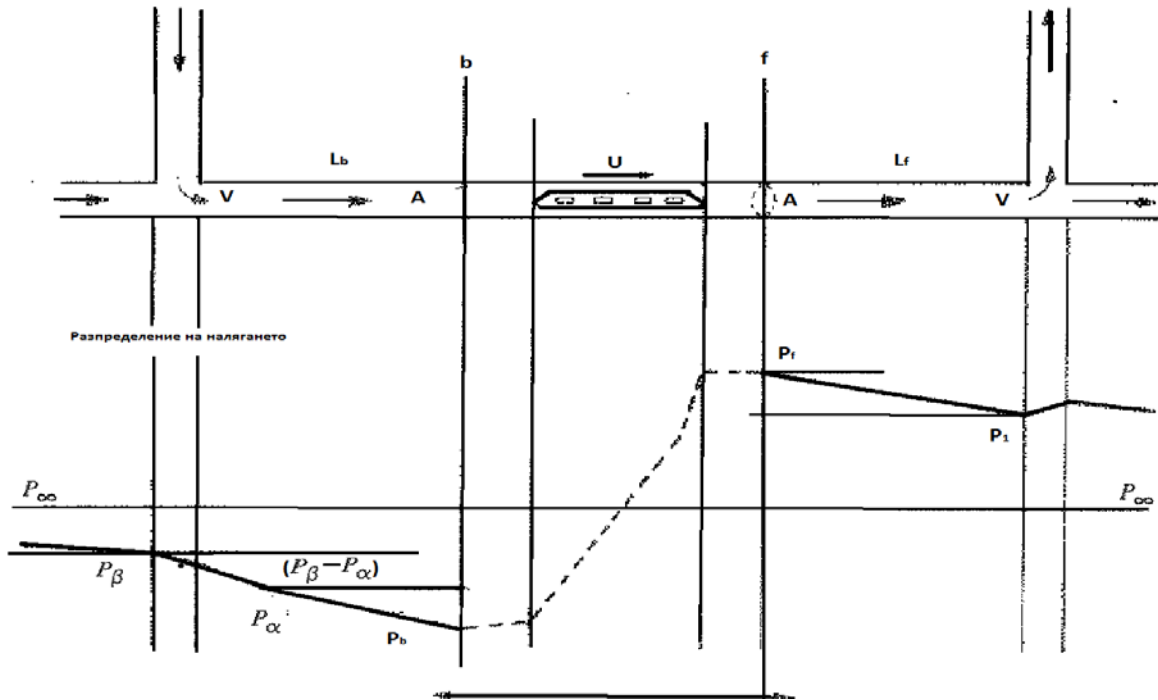
Естествената вентилация и трафика пораждащ тази вентилация са валидни за сравнително къси тунели или тунели със слаб трафик. Генерално е прието, че ако един тунел е относително дълъг и „ефекта на буталото“ поражда скорост на въздуха по-малка от половината от скоростта на влака, то тогава трябва да бъде монтирана механична вентилация.

#### 2.4. Теоретично изследване

За изчисляване на потока въздух породен от „ефект на буталото“ се ползва Графичен метод. На фиг. 11 е показана ситуация на движение на влак между две вентилационни шахти.

#### 2.5. Реални измервания и входни данни

Входните данни за това изследване са взети от теория за силата на въздушния поток, базирана на анализ на данни и диаграми, които от своя страна са изготвени въз основа на резултати от реални измервания. Измерванията са направени с интервал от 1 сек. в продължение на 70 сек.



Фиг.11. Ефект на бутало в тунелна вентилационна система

Параметри на изследването:

$A_t$  : Площ на съпротивление на влака [ $12,8 \text{ m}^2 = 3,98 \text{ m} \times 3,2 \text{ m}$ ]

$A_T$  : Площ на тунелна плоскост [ $18,6 \text{ m}^2 = 5,15 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}$ ]

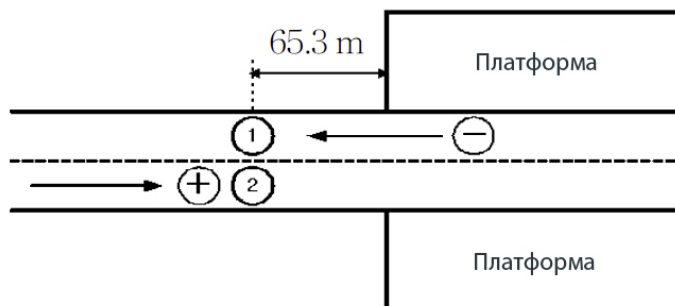
$g$  : Гравитационно ускорение [ $9,8 \text{ m/s}^2$ ]

$Q_t$  : Количество въздушен поток при движение [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$V_t$  : Скорост на влака [ $\text{m/s}$ ]

$V_T$  : Средна скорост на влаковия въздушен поток [ $\text{m/s}$ ]

Измерванията, както е показано на Фиг. 12, са взети в точки ① и ②, намиращи се на 65,3 м от края на спирка в посока движение на влака. Точките са в секция на тунела без особености. Щом влакът потегли от спирката, в точка ① се замерва първичния въздушен поток, а в точка ② се замерва вторичният въздушен поток (фиг. 13). Когато влакът пристига на спирката, това е главен въздушен поток в точка ②, а в точка ① се измерва като вторичен въздушен поток. На Фиг. 12 със знак  $\oplus$  е означен потокът на въздух, идващ от влаковия тунел към спирката, а със знак  $\ominus$  потокът, влизащ в тунела от спирката.



Фиг. 12. Точки на измерване



Фиг.13 Вторичен въздушен поток

### Глава 3. Иновативни подходи с използването на осъвременени защитни системи подземния железопътен транспорт

#### 3.1. Конфигурация/Схема на изследването

На фиг. 14 е дадена типична конфигурация на вентилация на станция в метрото с различни варианти на вентилация и оптимизация на въздушния поток в метростанцията:

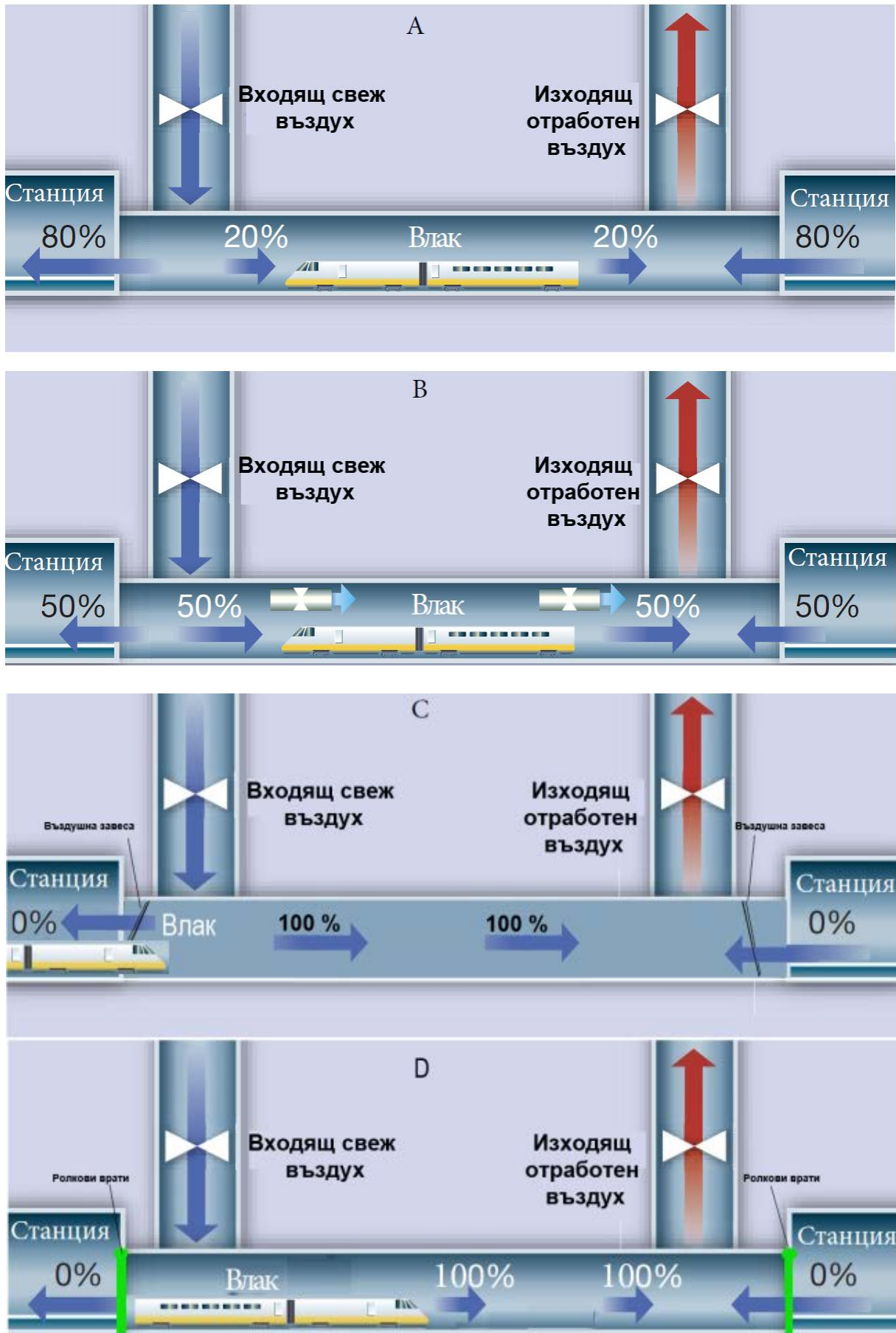
А – Вентилация - поток с оптимизация,

В - аксиални вентилатори /jet/ ,

С – въздушна завеса,

Д – ролкови врати/

В процеса на разработка бяха разгледани различни модели, като най-оптимизиран е този с монтиране на ролкова врата и в разстоянието между вратата и стените на тунела се монтира филтър MERV/HEPA/ULPA.



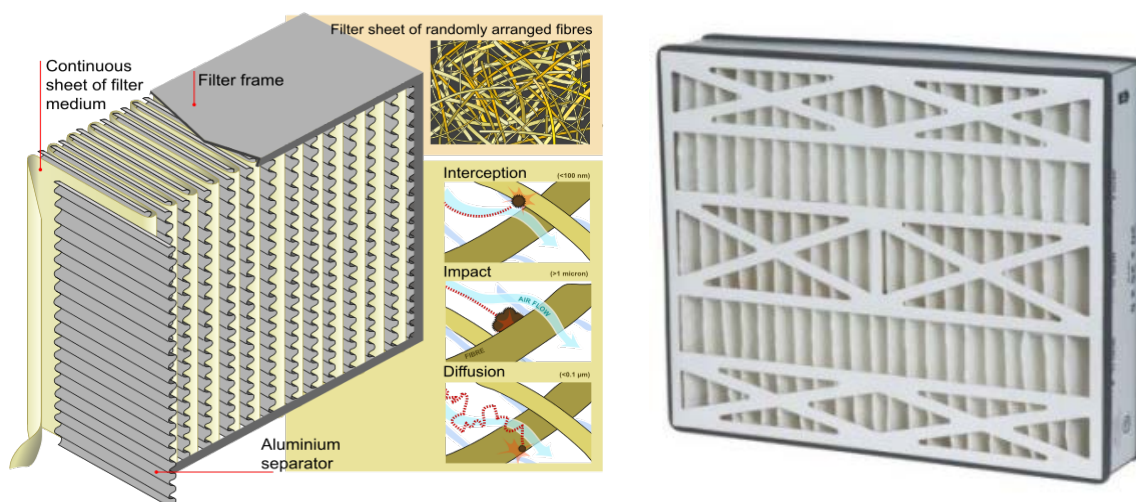
Фиг. 14. Типични конфигурации на вентилация на станция в метрото

Монтирането на ролкови врати на входовете и изходите на тунелите ще допринесе силно до намаляване на концентрациите на ФПЧ в метростанциите и тунелите, както и тяхното отстраняване. Филтрите са мощно средство за защита на човешкото здраве в подземния градски транспорт чрез отстраняване на ФПЧ. Натрупаните данни от изследвания в глобален мащаб съдържат съществена информация и взаимовръзки при различни методи и средства за защита в подземния железопътен транспорт. Те ще бъдат систематизирани в симулационно генериран модел, който ще представи крайните резултати.

### 3.2. Филтриране на въздух.

Филтриращите технологии са едни от най-важните методи за отстраняване на частици. Познаването на тяхната способност за защита срещу ФПЧ във въздуха, особено тези с много малък размер и с потенциално висок риск за здравето са от голямо значение.

Филтрите MERV/HEPA/ULPA се използват за пречистване на въздух в лаборатории, индустриални помещения, чисти помещения, болници, в електроуреди и др., фиг. 15.



Фиг.15 Филтри MERV/HEPA/ULPA {41}

В зависимост от избрания филтър, могат да се филтрират: бактерии, 90-99% на фини прахови частици с размери 2.5-10 микрона, плесенни и спори.

### 3.3. Ролкови врати

Едно съвременно решение за изолиране на закрити обеми един от друг или закрит обем от открит такъв (вкл. метростанции от тунели) са предпазните ролкови врати. Има редица производители на твърди или гъвкави, ролкови или модулни, вертикални или хоризонтални предпазни врати. Един от известните производители е фирмата RITE-NITE - фиг. 16.



Фиг. 16. Високоскоростна ролкова врата

## Глава 4. Експериментални резултати и симулационно моделиране с нови защитни системи

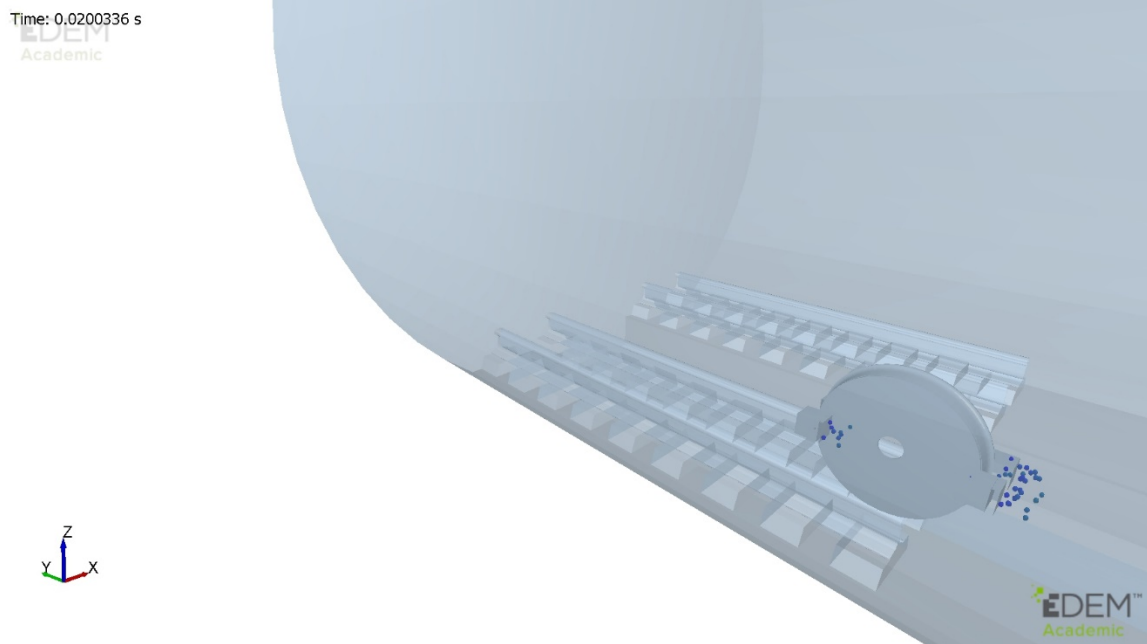
### 4.1 Начални експерименти

За първоначална симулация на поведението на ФПЧ беше използван *Програмен пакет EDEM за индустриално приложение на метода на дискретните елементи DEM (Discrete Element Method) Software.*

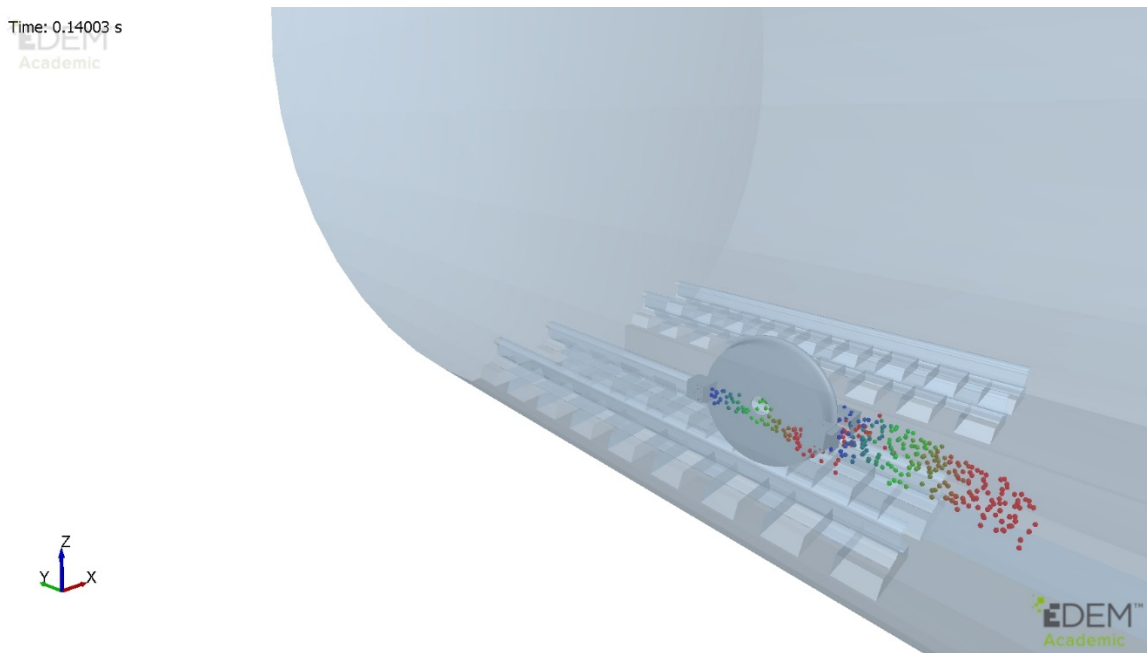
С помощта на **EDEM Software** бяха направени следните симулации:

- Фиг. 17. Симулация на отделяне на ФПЧ при първоначално включване на спирачка, когато влакът навлиза в метростанцията,
- Фиг. 18. Симулация на изхвърляне на ФПЧ от колелото и спирачката при включена спирачка,
- Фиг. 19. Симулация на разпръскване на ФПЧ във въздуха на метростанцията,
- Фиг. 20. Симулация на отлагане на ФПЧ върху релсовия път и по терена на метростанцията,
- Фиг. 21. Симулация на отлагане на ФПЧ върху релсовия път и по терена на метростанцията след спиране на влака.

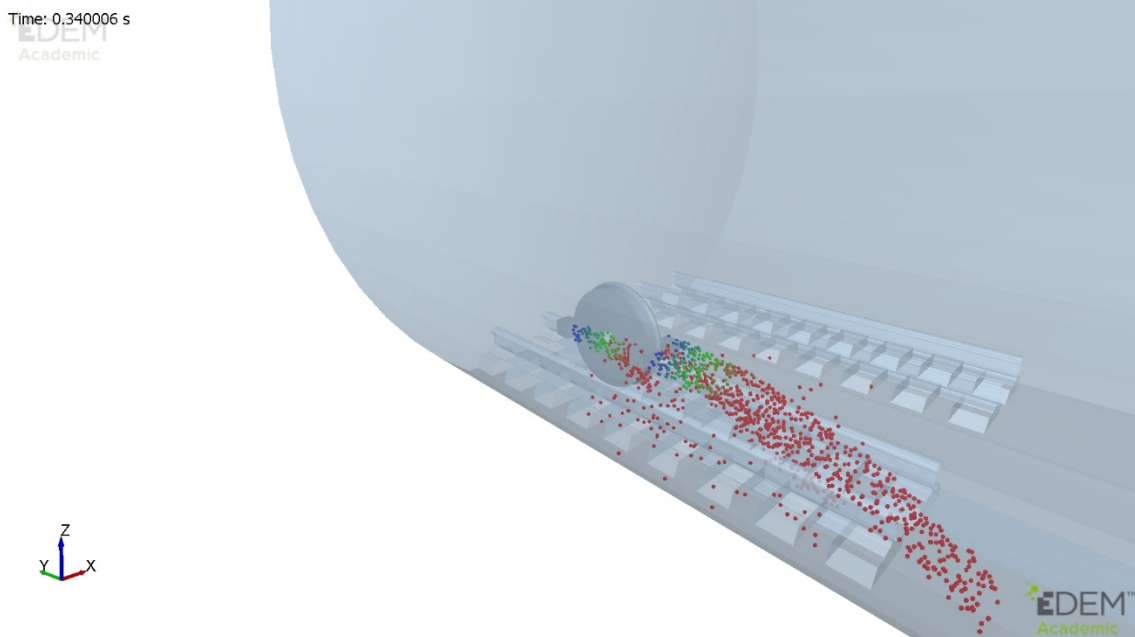




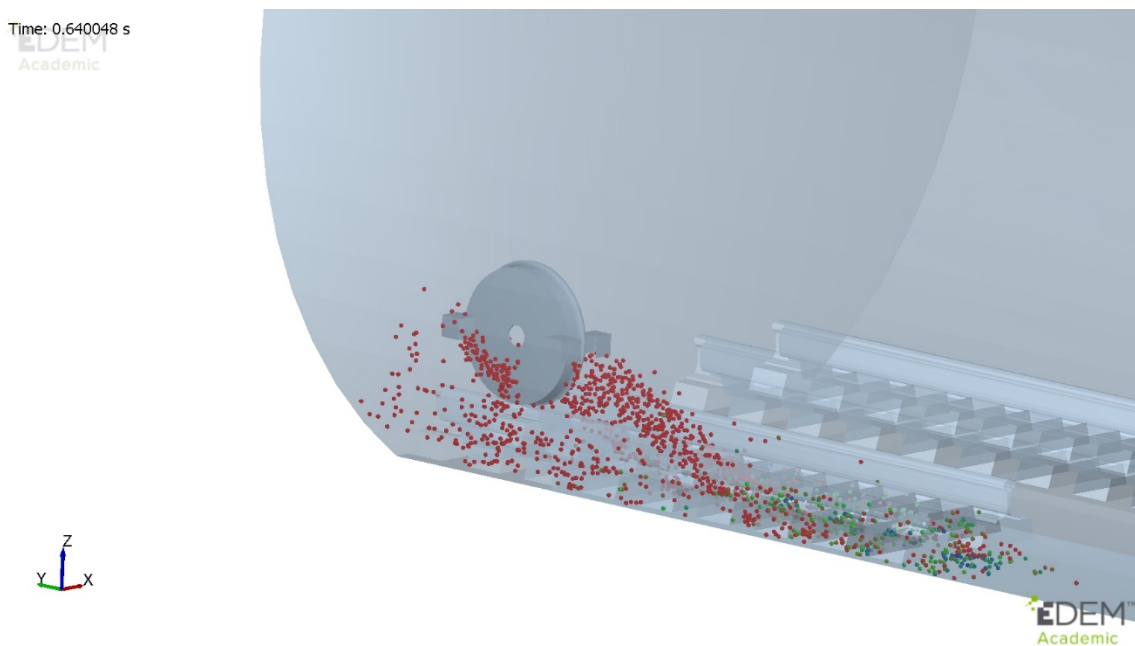
Фиг. 17. Симулация на отделяне на ФПЧ при първоначално включване на спирачка, когато влакът навлиза в метростанцията,



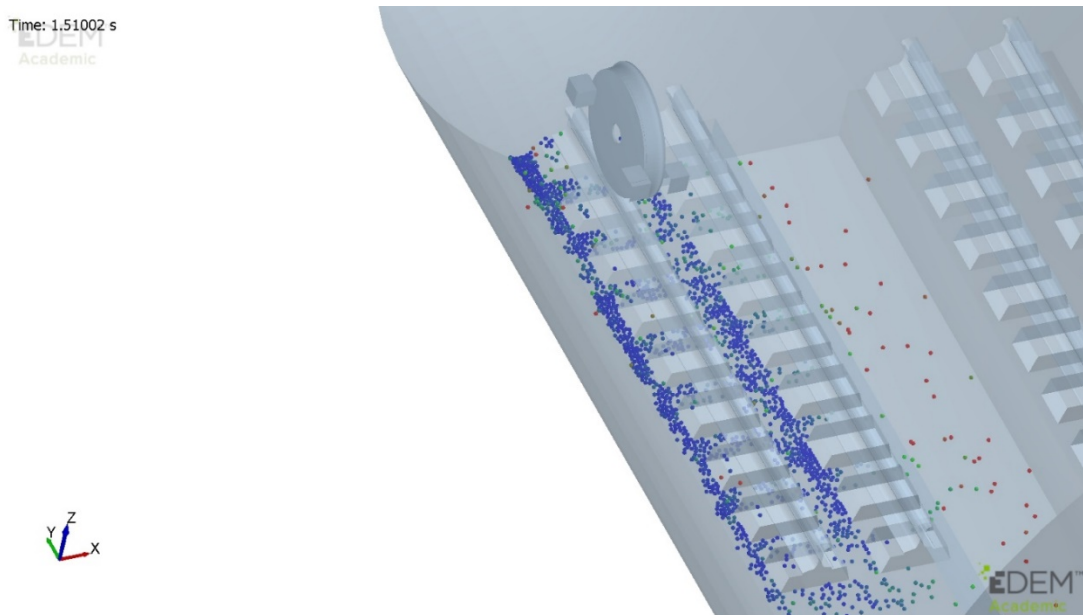
Фиг. 18. Симулация на изхвърляне на ФПЧ от колелото и спирачката при включена спирачка,



Фиг. 19. Симулация на разпръскване на ФПЧ във въздуха на метростанцията,



Фиг. 20. Симулация на отлагане на ФПЧ върху релсовия път и по терена на метростанцията.



Фиг. 21. Симулация на отлагане на ФПЧ върху релсовия път и по терена на метростанцията след спиране на влака.

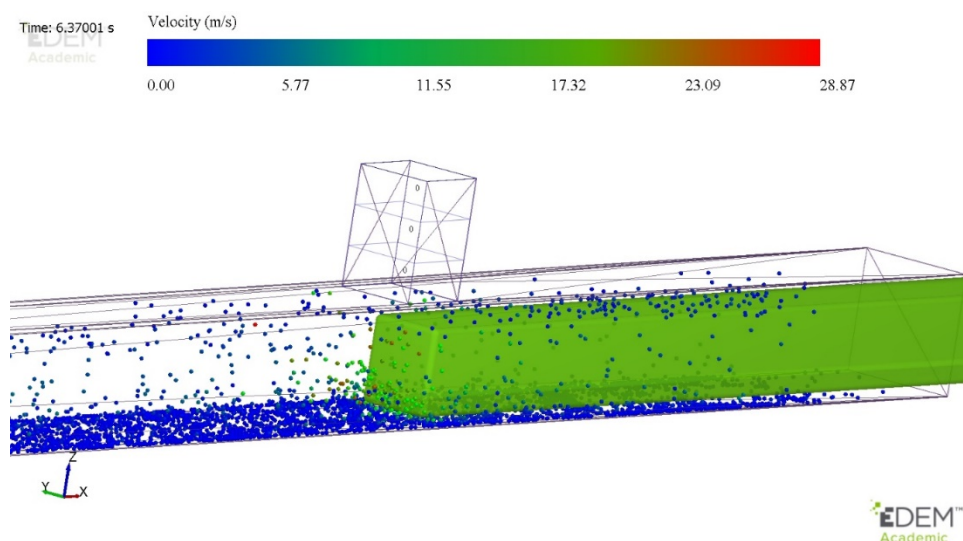
Със същият програмен продукт **EDEM Software** бяха направени симулации на разпределението на ФПЧ при движение на влака в тунела както следва:

Фиг. 22. Разпределение на ФПЧ при навлизане на влак в тунела,

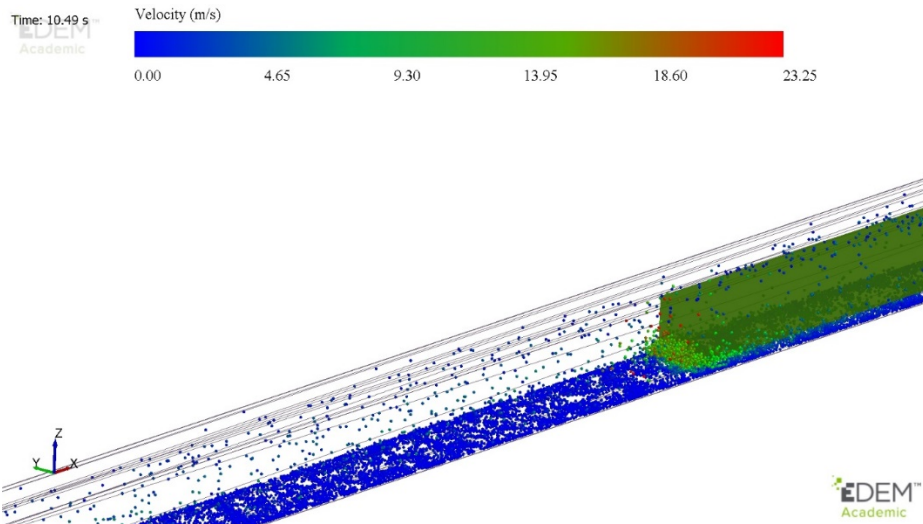
Фиг. 23. Разпределение на ФПЧ при движение на влак в тунела,

Фиг. 24. Натрупване на ФПЧ пред влака при движение в тунела,

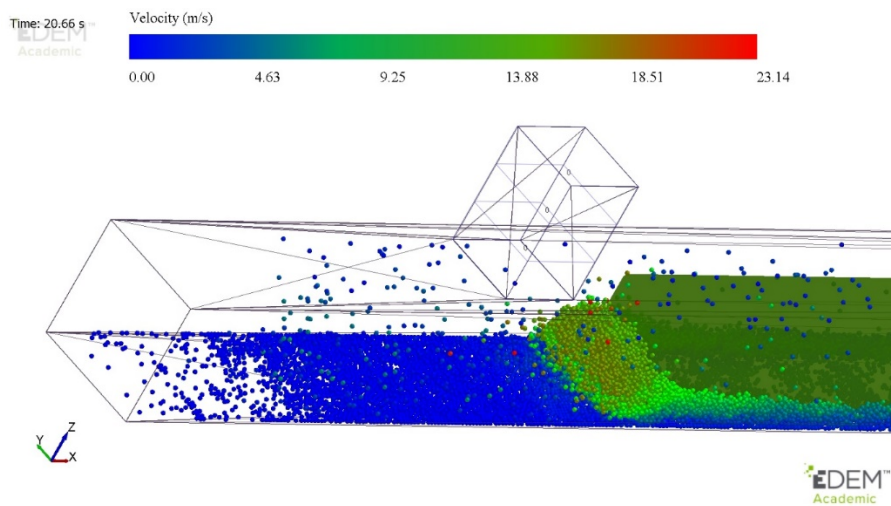
Фиг. 25. Отлагане обратно на ФПЧ след преминаване на влака



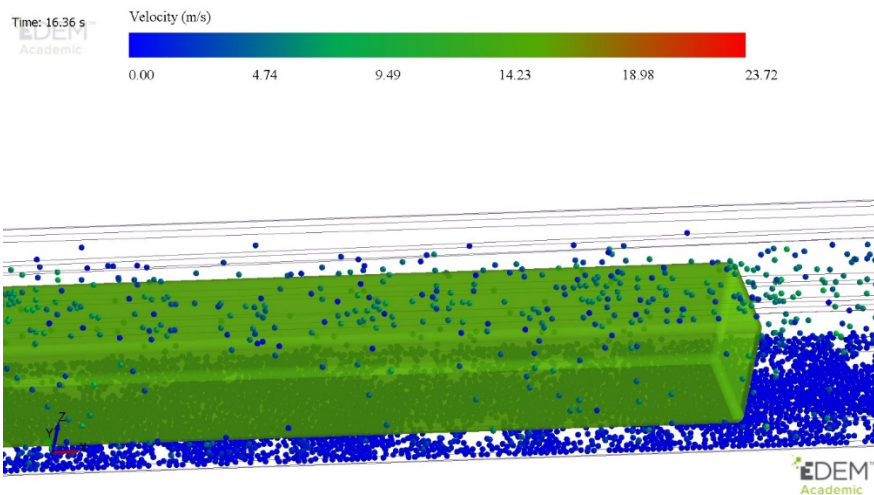
Фиг. 22. Разпределение на ФПЧ при навлизане на влак в тунела,



Фиг. 23. Разпределение на ФПЧ при движение на влак в тунела,



Фиг. 24. Натрупване на ФПЧ пред влака при движение в тунела,



Фиг. 25. Отлагане обратно на ФПЧ след преминаване на влака

#### 4.1 Симулация без и с предпазна врата - общи положения и модели на разработка

За проверка на ефекта от поставянето на предпазни врати в двата края на метростанцията (на входа и на изхода на влака от тунела), бяха направени симулации с програмния продукт Solidworks Flow.

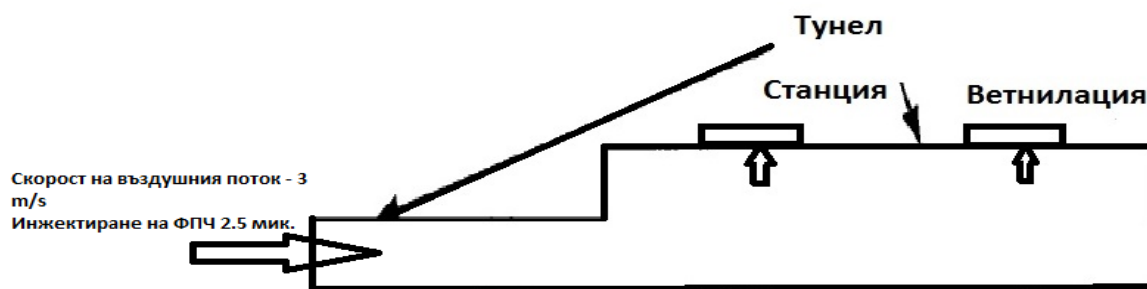
В Таб. 4.1. са дадени параметрите на модела.

Таблица 4.1. Параметри на численото изследване

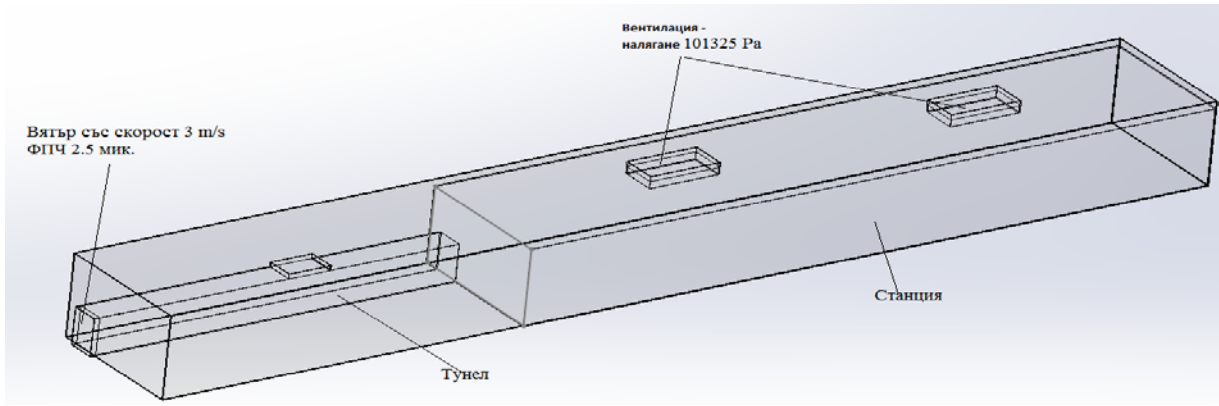
Площ на напречно сечение на тунела	24,395 m <sup>2</sup> = 5,950 m×4,100 m. {27}
Площ на напречно сечение на вентилационна шахта	24,395 m <sup>2</sup> = 5,950 m×4,100 m
Площ на напречно сечение на влака	10,1 m <sup>2</sup> = 3,12 m×3,25 m {27}
Площ на филтър	12,0 m <sup>2</sup>
Площ врата	12,0 m <sup>2</sup>
Скорост на въздушния поток при изход тунел след вентилационна шахта	3.0 m/s {26}
ФПЧ	2.5 микрона
Вентилатор	ВОМД-24, 55 m <sup>3</sup> /s {26}
Скорост на въздушния поток преди вентилационна шахта	8.7 m/s {6}

#### 4.2 Симулация с общи условия /без врата и филтърни тела/ -модел 1

Симулацията при общи условия е извършена с въздух със скорост 3 m/s и инжектиране на ФПЧ 2.5 микрона. Фиг.26 а и б.. Налягането във вентилационната шахта в станцията е зададено на околната среда т.е. 101325 Pa, при 20.0 оС.



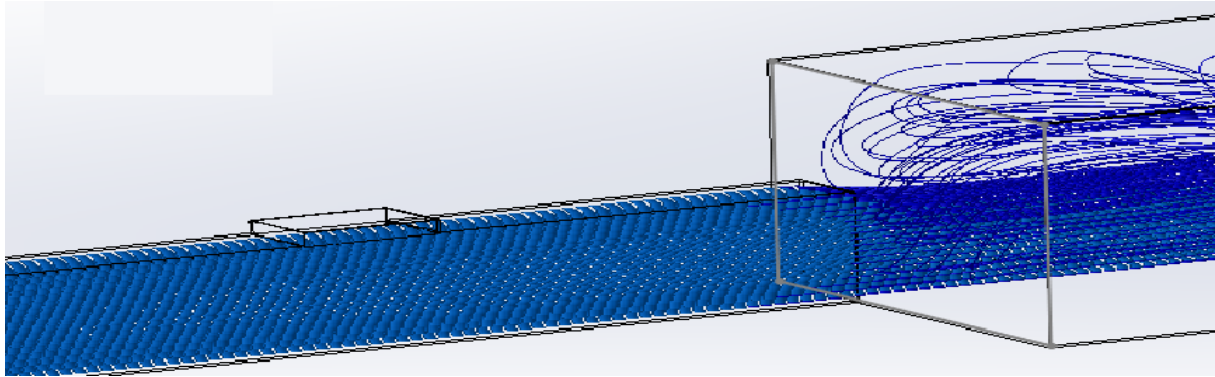
Фиг. 26 а



Фиг. 26 б

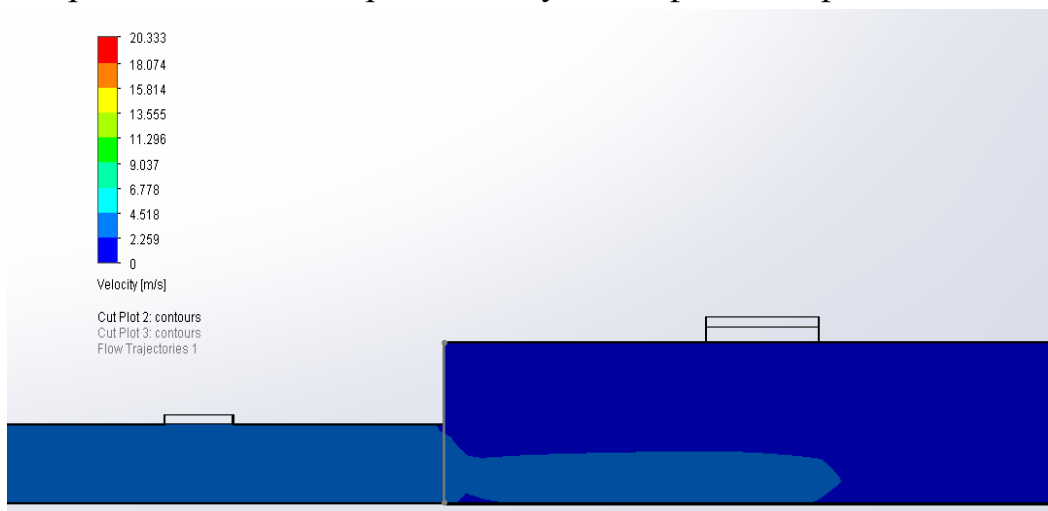
4.2.1 Резултати модел 1

- Траектория на потока - фиг. 27

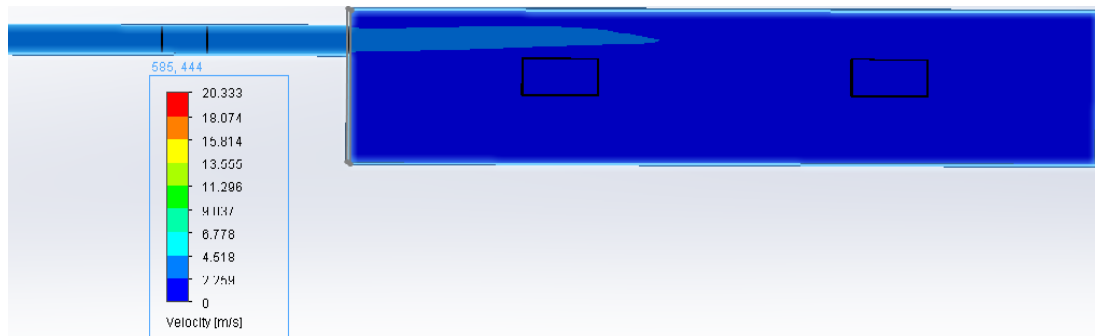


фиг. 27

- Скорост на потока /в средата на тунела - фиг. 28а, фиг. 28б

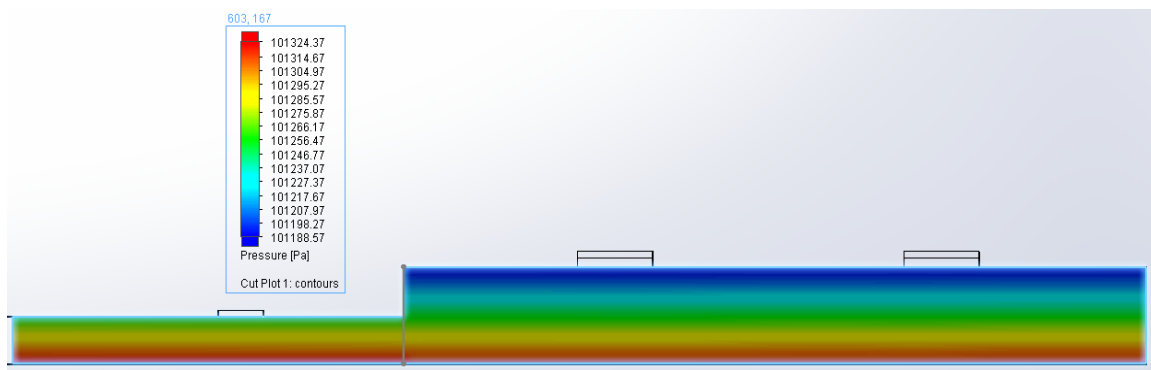


Скорост на потока в плоскост перпендикулярна на пода на тунела Фиг. фиг. 28а



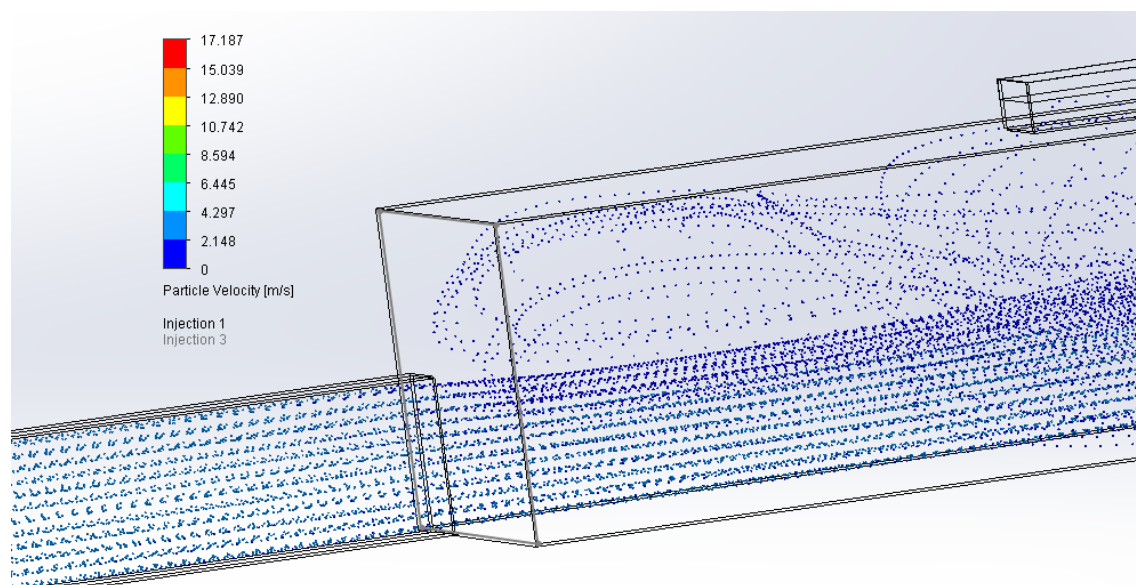
Скорост на потока в плоскост успоредна на пода на тунела фиг. 28б

- Налягане - фиг. 29



Налягане в плоскост перпендикулярна на пода на тунела фиг. 29

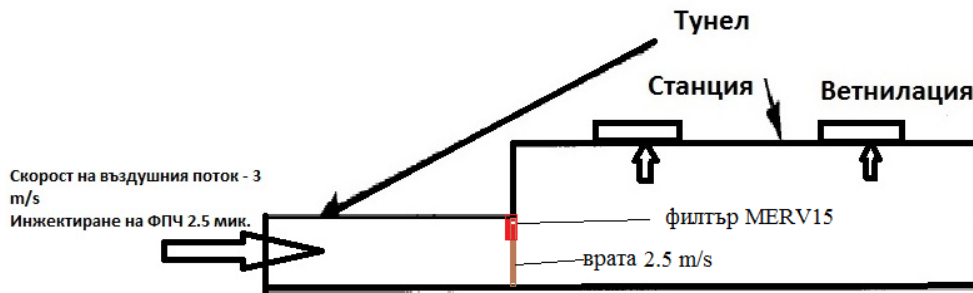
- Скорост на фини прахови частици 2.5 мик.



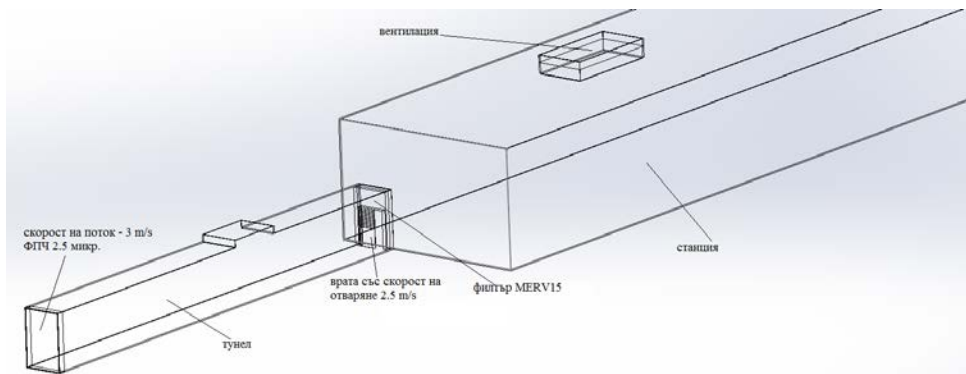
фиг. 29

### 4.3 Симулация с монтирана врата и филтри MERV15 – модел 2

Симулацията с монтирана врата и филтър е извършена с въздух със скорост 3 m/s [26] и инжектиране на ФПЧ 2.5 микрона. Фиг.30 а и 30 б.. Налягането във вентилационната шахта в станцията е зададено на околната среда т.е. 101325 Pa, при 20.0 оС.



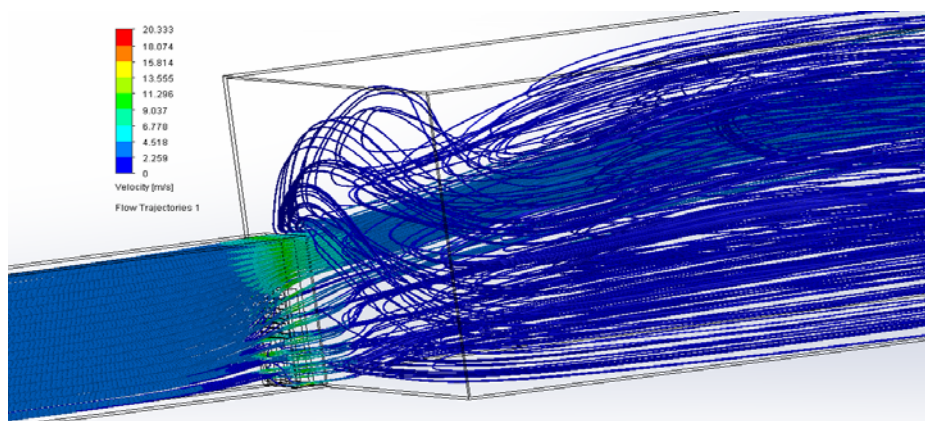
Фиг.30 а



Фиг.30 б

#### 4.3.1 Резултати модел 2

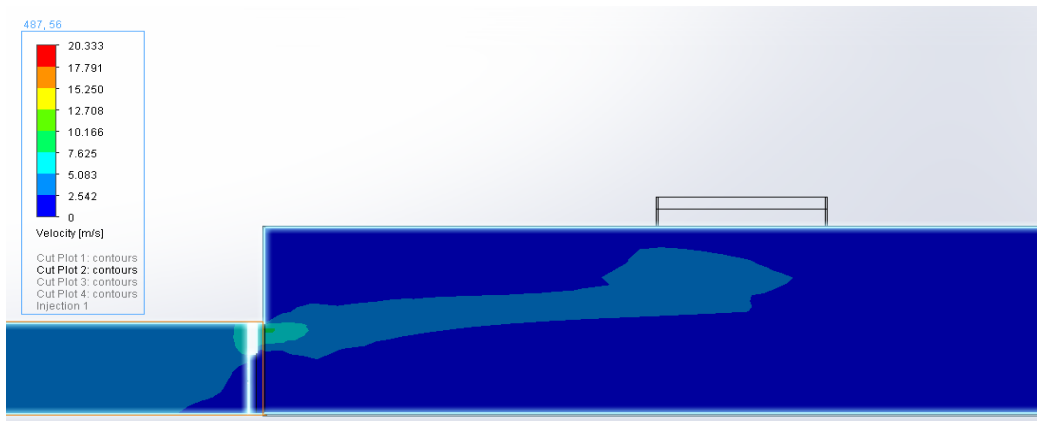
- Траектория на потока - фиг. 31



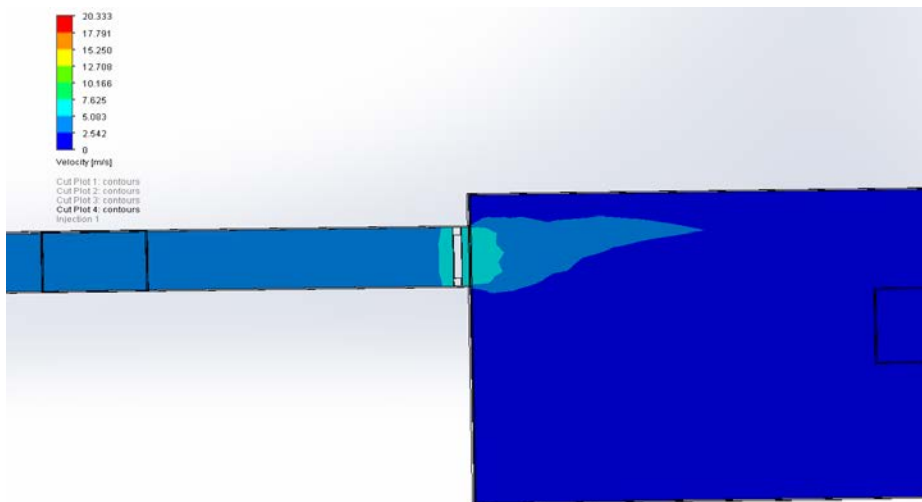
Траектория на потока фиг. 31



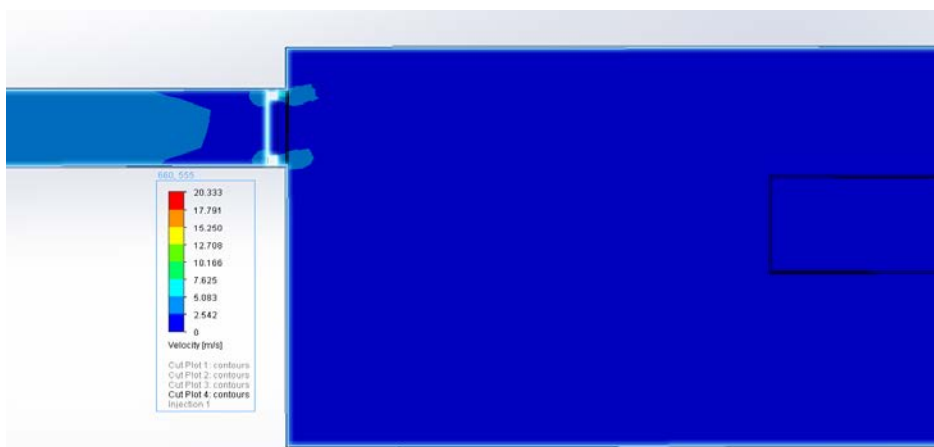
- Скорост на потока /в средата на тунела фиг. 32а/б/с



Скорост на потока в плоскост перпендикулярна на пода на тунела фиг. 32а

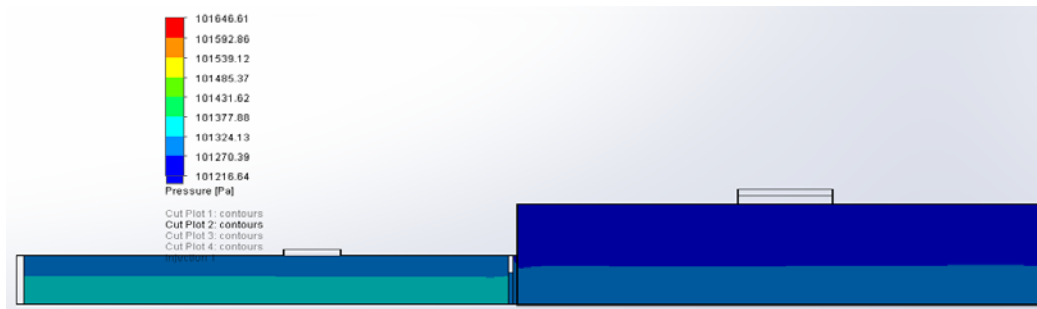


Скорост на потока в плоскост успоредна на пода на тунела на височината на филтъра фиг. 32б



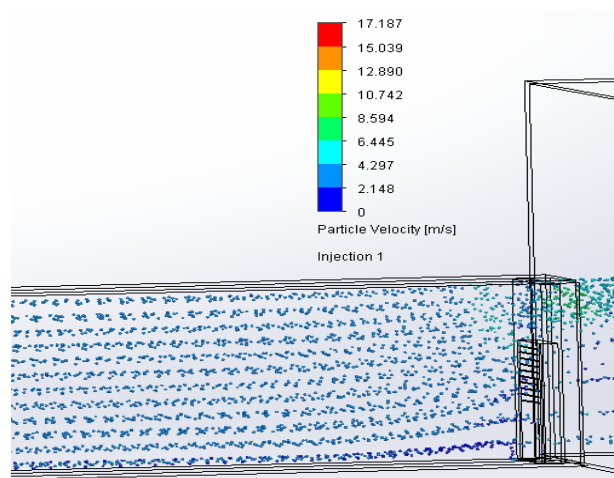
Скорост на потока в плоскост успоредна на пода на тунела на височината на вратата фиг. 32с

- Налягане - фиг. 33



Налягане в плоскост перпендикулярна на пода на тунела фиг. 33

- Скорост на фини прахови частици 2.5 мик. - фиг. 34



Скорост на фини прахови частици 2.5 мик. фиг. 34

4.4 Симулация извършена без монтирана врата и филтри - с включена вентилация - модел 3 за извеждане на топлина и замърсители /55 m<sup>3</sup>/s, вентилатор ВОМД-24/ {26} и инжектиране на ФПЧ 2.5 микрона. Налягането във вентилационната шахта в станцията е зададено на околната среда т.е. 101325 Pa, при 20.0 оС Фиг.35 а и 35 б... – модел 3

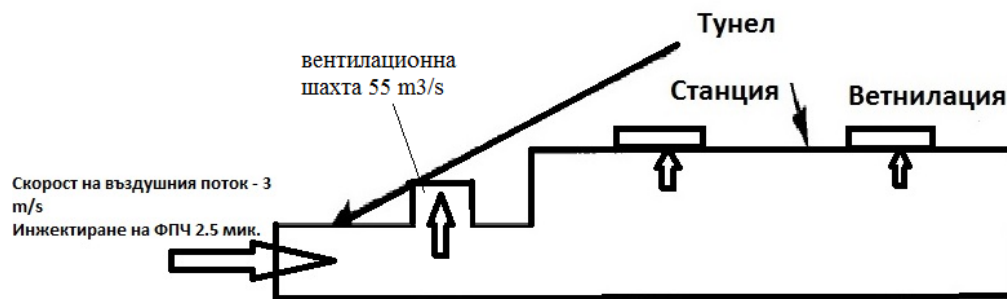


Схема на изследването Фиг.35 а

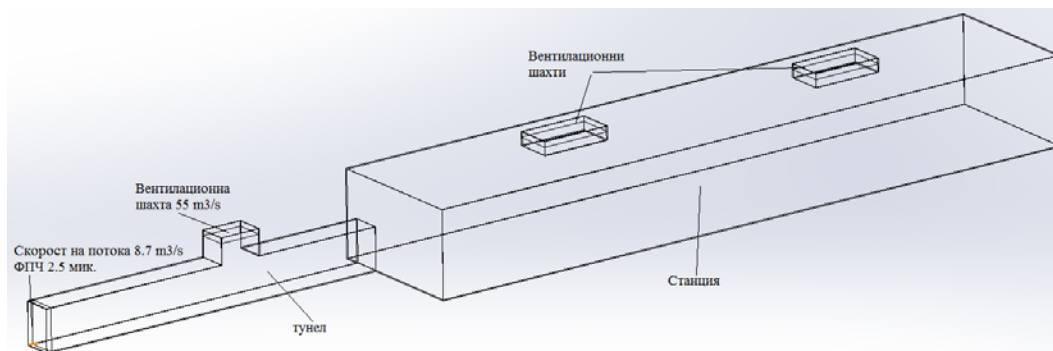
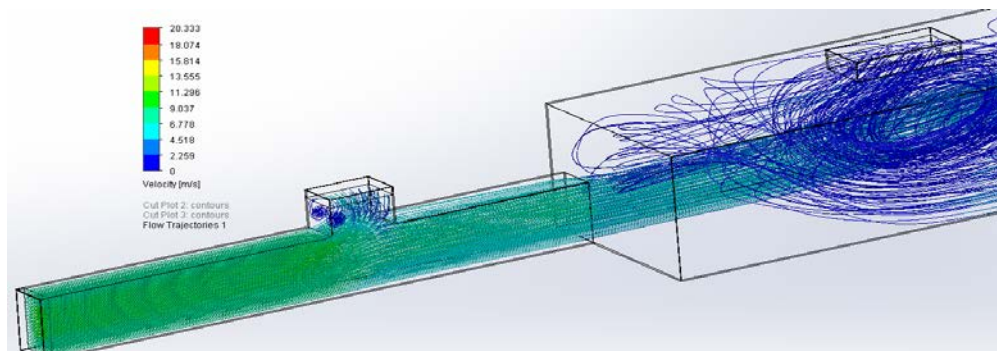


Схема на изследването Фиг.35 б

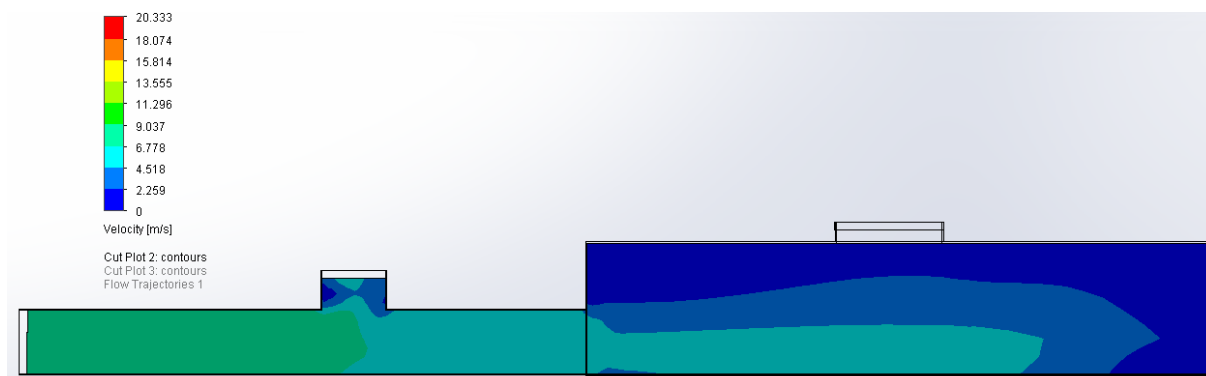
#### 4.4.1 Резултати модел 3

- Траектория на потока - фиг. 36

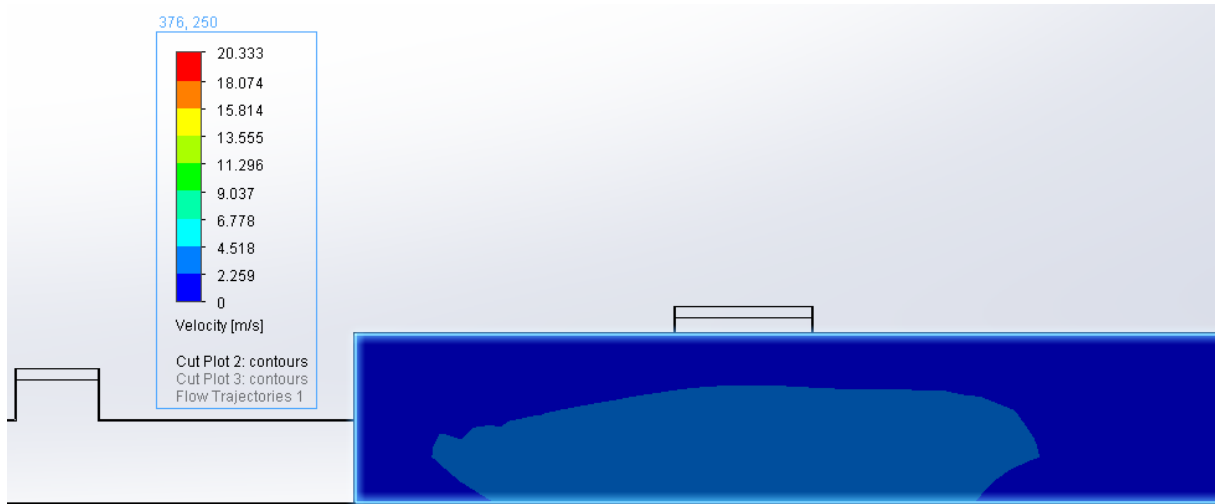


Траектория на потока фиг. 36

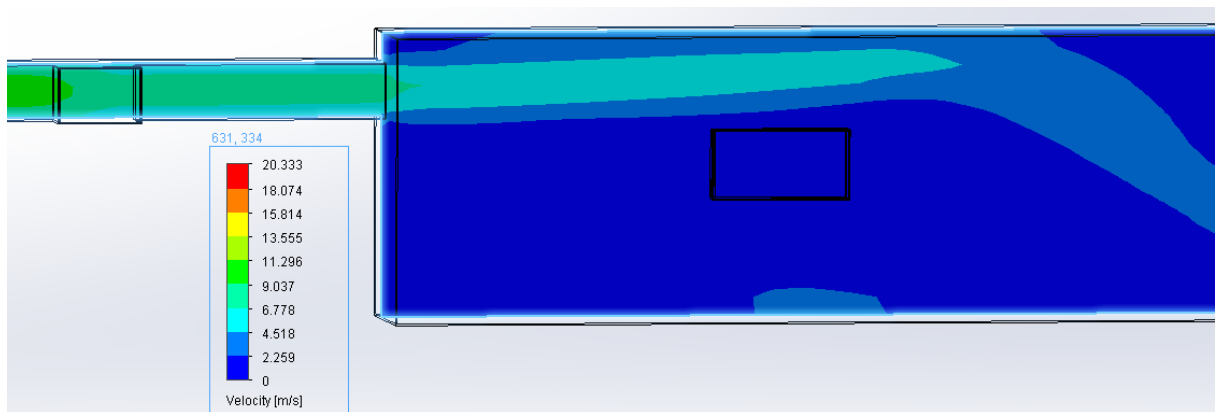
- Скорост на потока - фиг. 37а/б/с



Скорост на потока в плоскост перпендикулярна на пода на тунела фиг. 37а

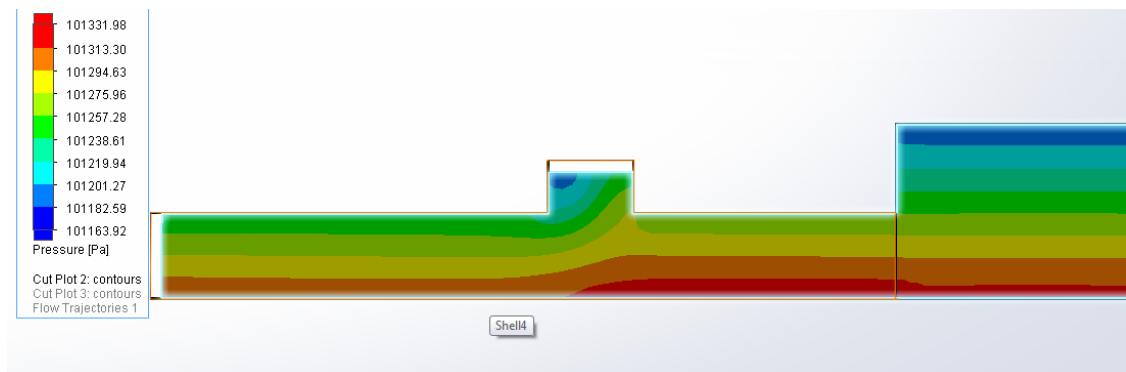


Скорост на потока в плоскост перпендикулярна на пода на тунела върху платформата фиг. 37б



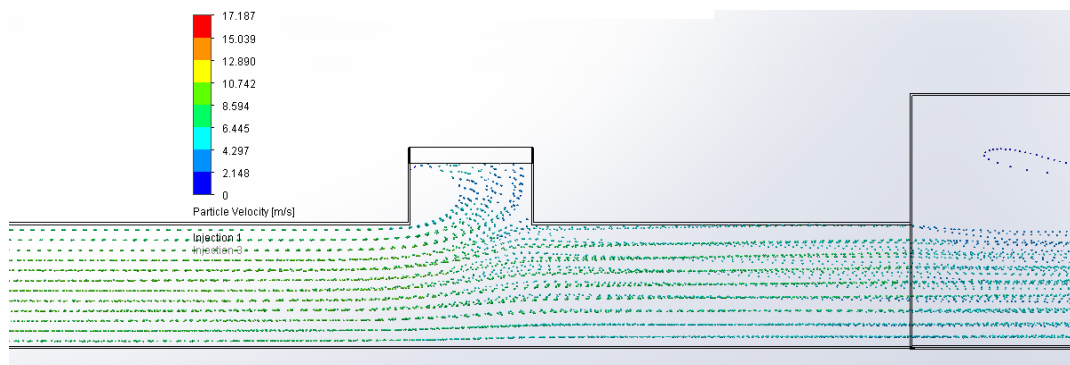
Скорост на потока в плоскост успоредна на пода на тунела фиг. 37с

- Налягане - фиг. 38



Налягане в плоскост перпендикулярна на пода на тунела фиг. 38

- Скорост на фини прахови частици 2.5 мик. - фиг. 39



- Скорост на фини прахови частици 2.5 мик. фиг. 39

4.5 Симулация извършена с монтирана врата и филтри и с включена вентилация – модел 4 за извеждане на топлина и замърсители /55 m<sup>3</sup>/s, вентилатор ВОМД-24/ {26} и инжектиране на ФПЧ 2.5 микрона.

Налягането във вентилационната шахта в станцията е зададено на околната среда т.е. 101325 Pa, при 20.0 оС Фиг.40 а и 40 б...

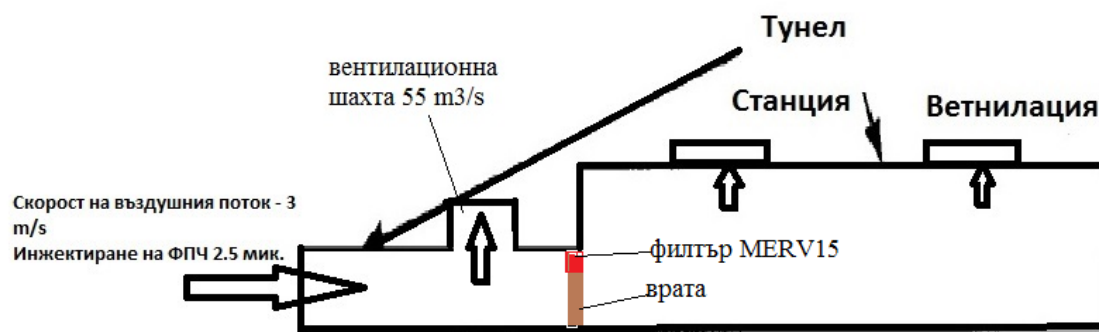


Схема на изследването Фиг.40 а

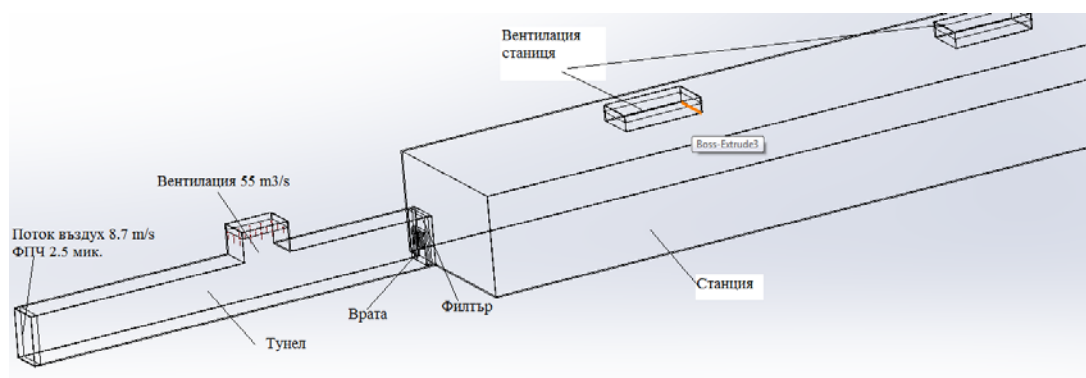
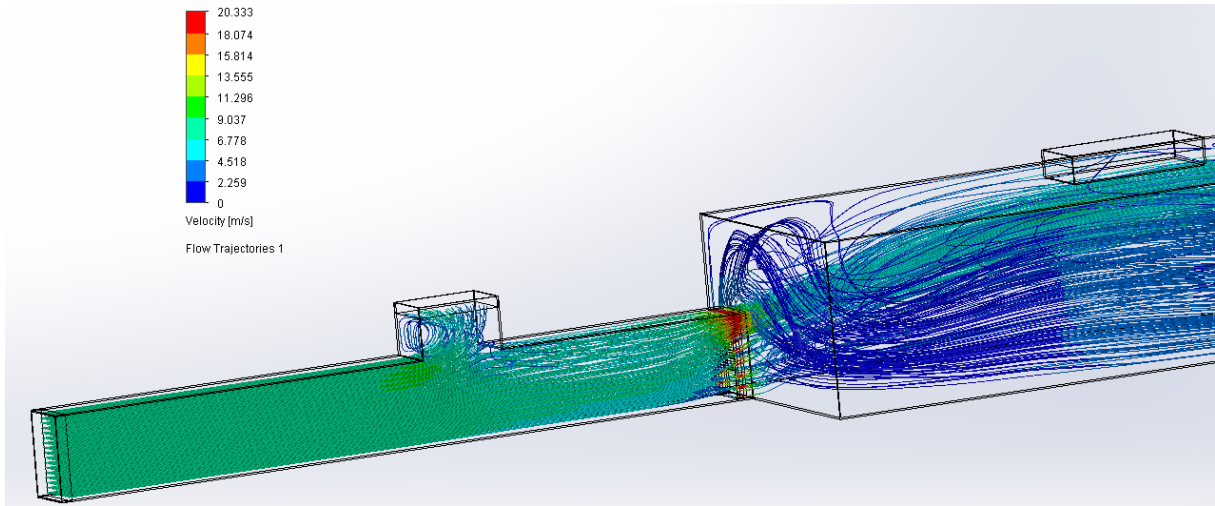


Схема на изследването Фиг.40 б

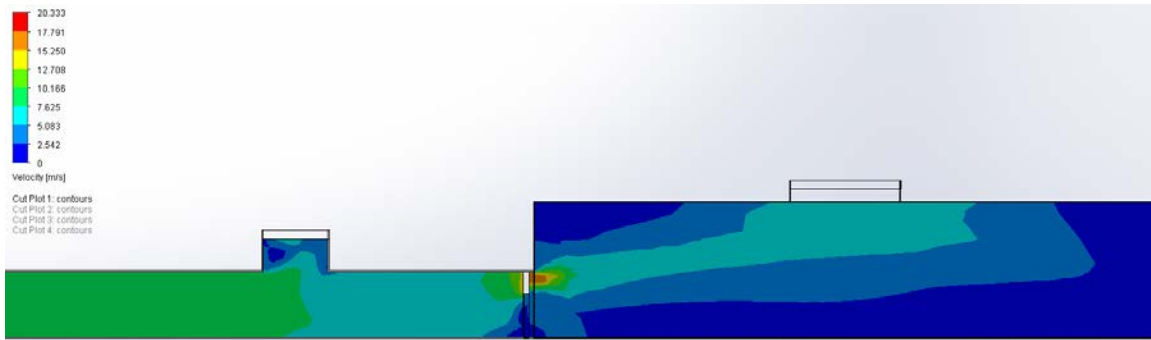
#### 4.5.1 Резултати модел 4

- Траектория на потока - фиг. 41

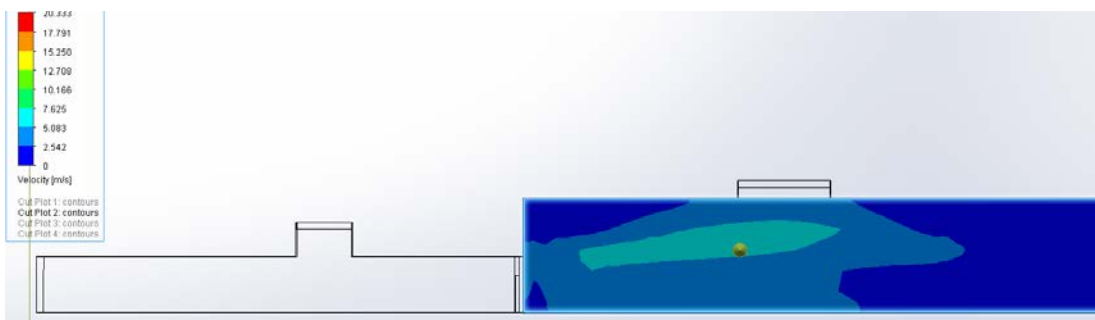


Траектория на потока фиг. 41

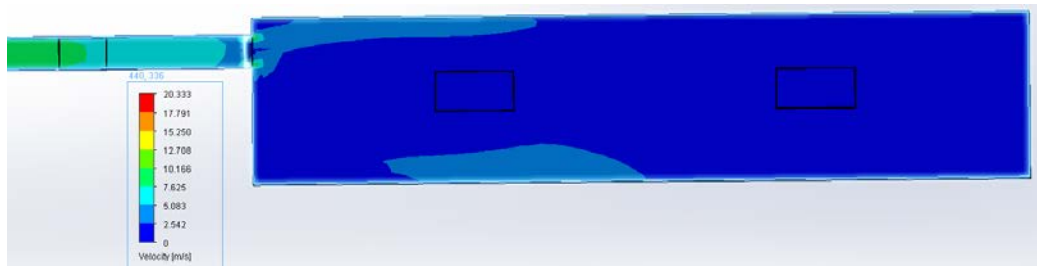
- Скорост на потока - фиг. 42 а/б/с/д



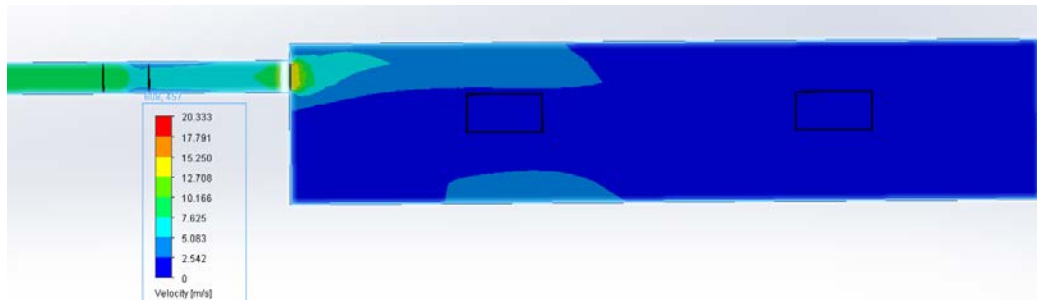
Скорост на потока в плоскост перпендикулярна на пода на тунела измерена в средата на тунела фиг. 42а



Скорост на потока в плоскост перпендикулярна на пода на тунела върху платформата фиг. 42б

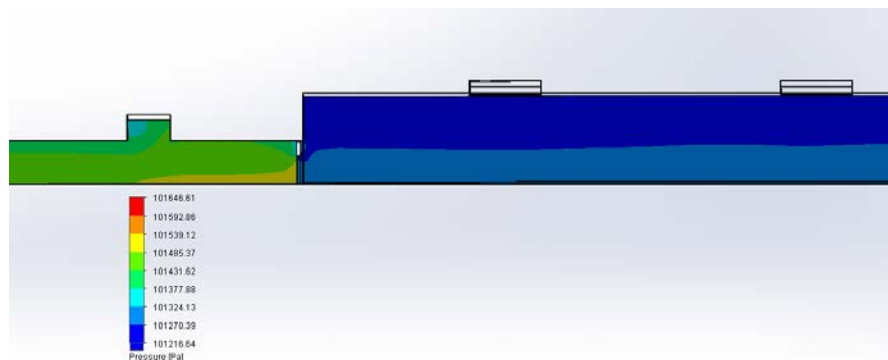


Скорост на потока в плоскост успоредна на пода на тунела на височината на вратата фиг. 42с



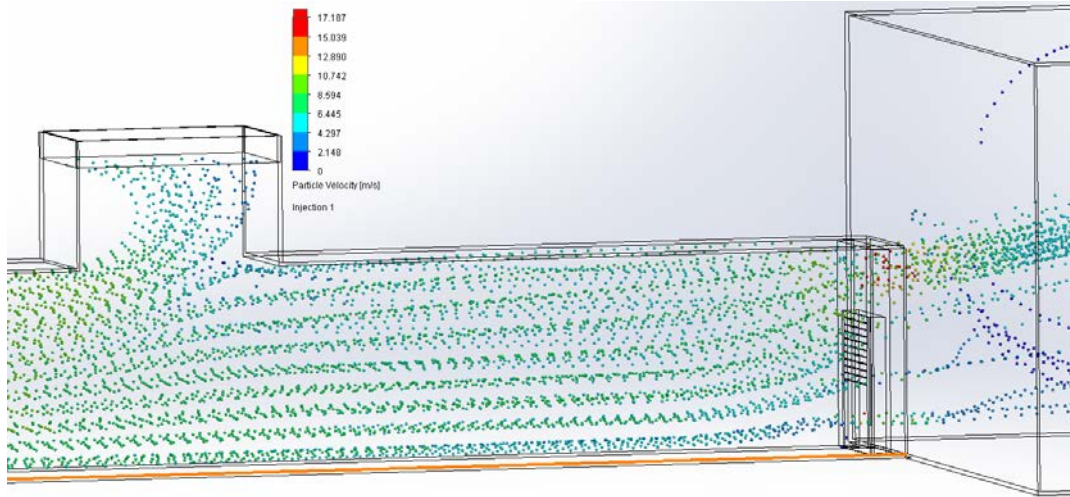
Скорост на потока в плоскост успоредна на пода на тунела на височината на филтъра фиг. 42d

- Налягане – фиг. 43



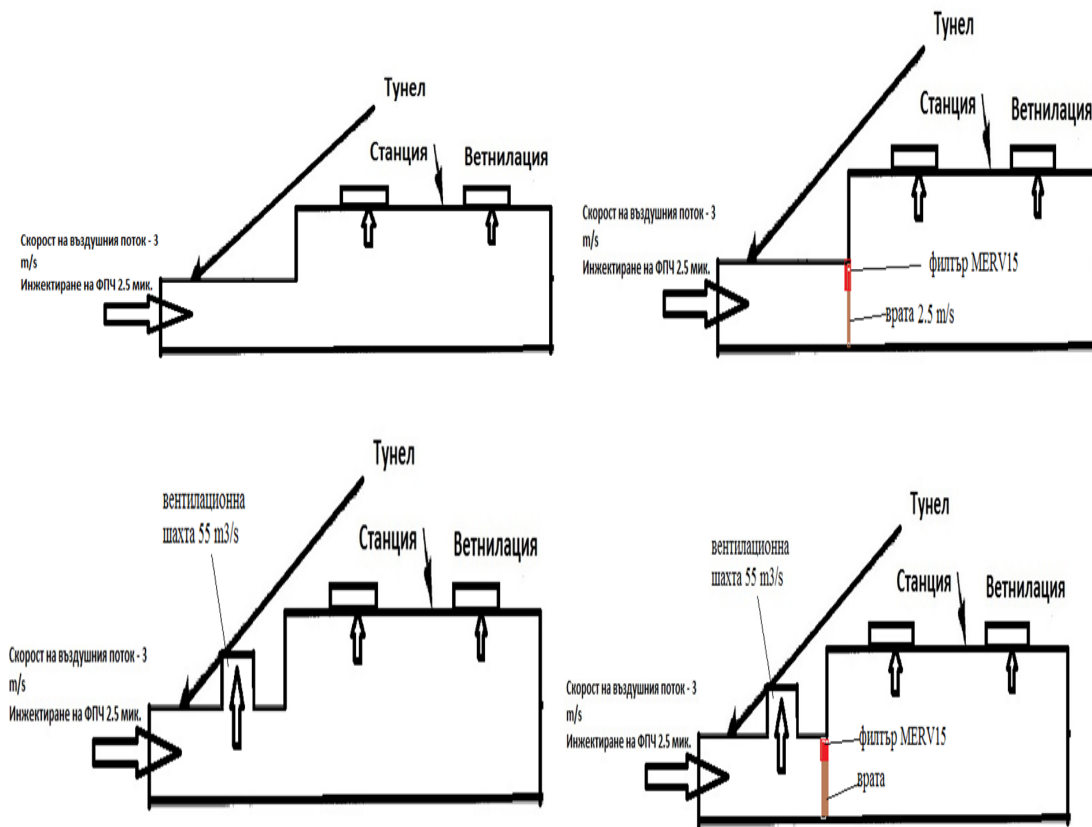
Налягане в плоскост перпендикулярна на пода на тунела фиг. 43

- Скорост на фини прахови частици 2.5 мик. - фиг. 44



Скорост на фини прахови частици 2.5 мик. фиг. 44

5. Сравнителен анализ на 4-те модела - фиг. 45, табл. 5



Сравнителен анализ на 4-те модела фиг. 45

Модел	Обем въздух излизащ през вентилационната шахта [m <sup>3</sup> /s]	Обем въздух излизащ през тунела [m <sup>3</sup> /s]	Количество частици навлизащи в станцията [%]	Количество частици излизащи през шахтата на тунела
-------	--	---	--	--



Симулация с общи условия /без врата и филтърни тела/ и инжектиране на ФПЧ2.5	При този модел 100% от въздушния поток преминава през тунела и навлиза в станцията и тунелите без филтриране	201 m <sup>3</sup> /s	100%	-
Симулация с монтирана врата и филтри MERV15 инжектиране на ФПЧ2.5	При този модел 100% от въздушния поток преминава през филтъра и се филтрира	201 m <sup>3</sup> /s	0% - филтрира се 100% от въздуха /не са взети под внимание луфтове и технологични/ монтажни разстояния	-
Симулация извършена без монтирана врата и филтри и с включена вентилация за извеждане на топлина и замърсители (55 m <sup>3</sup> /s), и инжектиране на ФПЧ 2.5 микрона	55 m <sup>3</sup> /s	146 m <sup>3</sup> /s	75% от частиците са филтрирани	25%
Симулация извършена с монтирана врата и филтри и с включена вентилация за извеждане на топлина и замърсители (55 m <sup>3</sup> /s), и инжектиране на ФПЧ 2.5 микрона	55 m <sup>3</sup> /s	146 m <sup>3</sup> /s	75% от частиците са филтрирани	25%

Табл. 5.

*5.1 Извод: Резултатите от изследванията показват, че филтрирането на частиците по гореспоменатия метод ще доведе до самопочистване на тунелите от ФПЧ.*

*Намаляването на електроенергията за вентилация, почистване и други свързани дейности също ще бъде значително, поради оползотворяване на енергия, която до този момент не е използвана. Важните аспекти на*

*предложения дизайн разширяват своите възможности в областта на пожарната безопасност, защита от терористични атаки, намаляване на времето за реагиране, увеличава времето за осъзнаване на аварийната ситуация и подобаващо реагиране и вземане на важни решения от които зависи човешки живот.*

*Опазването на околната среда от замърсители /ФПЧ/ е една също много важна задача която има решение с предложения дизайн. Ежедневното дишане на високи концентрации от фини прахови частици допринася до развиване на болести и намаляване на човешкия **живот, като не на** последно място са и медицинските разходи.*

### **Научно-приложни приноси:**

В съответствие с поставената цел, направените изследвания и получените резултати са постигнати следните приноси с научно-приложен характер:

- След детайлен обзор и анализ е направена систематизация на видове фактори, влияещи върху сигурността и безопасността в подземния железопътен транспорт,
- Изследвана е концентрация на фини прахови частици в метрото и са определени основните видове и източници на замърсяване,
- Изследвани са и са анализирани съществуващи решения за намаляване на концентрацията на фини частици и подобряване на сигурността в подземния железопътен транспорт,
- Предложена е схема за оптимизиране на вентилация в метрото и тунелите,
- Предложени са иновативни подходи с използването на осъвременени защитни системи подземния железопътен транспорт,
- Представени са експериментални резултати и симулационно моделиране с нови защитни системи, анализирани са различните модели.

## П У Б Л И К А Ц И И

1. **Sabotinkov N.** *Reducing the concentration of fine dust particles in underground rail transport. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 70, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018, ISSN:0204-9848, 27-34*
2. **Sabotinkov N.** *Вентилация на станциите и в тунелите на подземния градски железопътен транспорт. ROBOTICS, AUTOMATION AND MECHATRONICS ' 18 RAM 2018, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018, ISSN:1314-4634, 29-33*
3. **Stoimenov N., Sabotinkov N., Popov B.,** *Investigation of Materials Behavior in Autogenous Grinding Mill. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, 2018, ISSN:1847-7917, 173-176*
4. **Съботинков Н., Карастоянов Д., Чикуртев Д.,** *Оптимизиране на вентилацията и намаляване на концентрацията на фини частици в подземен железопътен транспорт., 25 МНТК „АДП 2017“, Созопол, България, 22-24 юни, 2017, ISSN 1310-3946, стр. 106-112*
5. **Н. Стоименов, Н. Съботинков, Б. Соколов.,** *Изследване устойчивостта на лифтери с EDEM Software., John Atanasoff Celebration Days, International Conference “Robotics, Automation And Mechatronics” RAM 2016, October 4-6 2016, Vuyaga, Bulgaria, p. 70-73, ISSN 1314-4634*
6. **Съботинков Н.,** *Оптимизиране на вентилацията и намаляване на концентрацията на фини частици в подземен железопътен транспорт, чрез монтиране на високоскоростни ролкови врати на вход-изход от тунелите в метростанциите.. International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'15 RAM 2015, Sofia, Bulgaria, November 05, 2015., pp. 68-73, ISSN 1314-4634.*

# Abstracts of Dissertations

Number 3, 2020

---

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES  
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

---

Брой 3, 2020

# Автореферати на дисертации