



Институт технической теплофизики

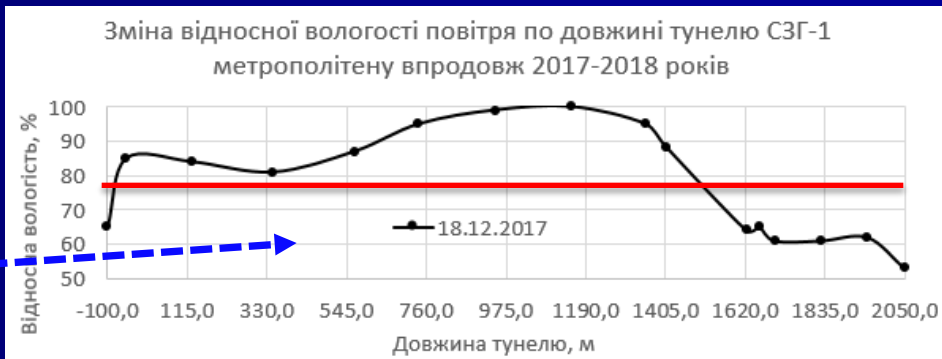
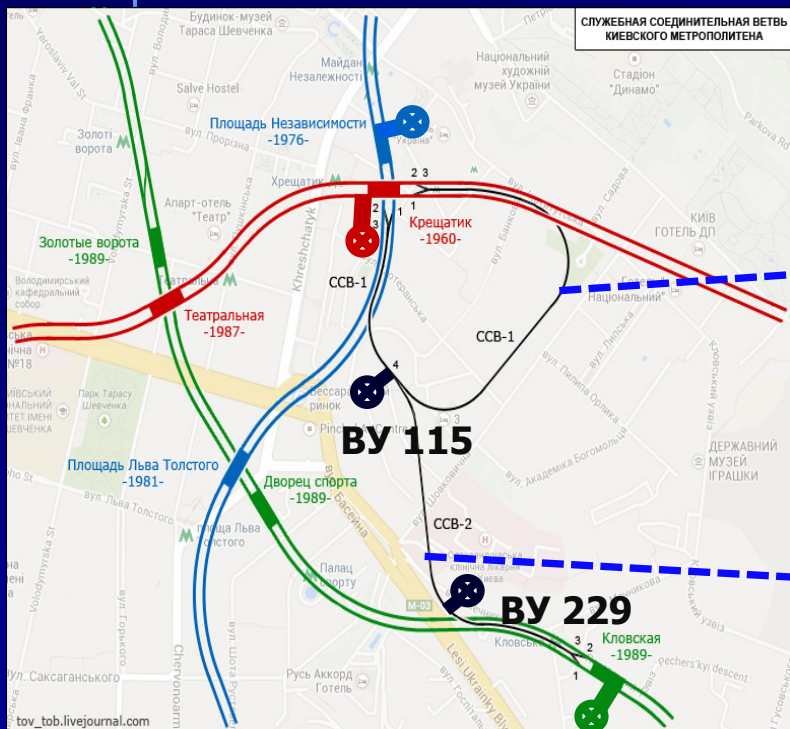
А.І. Дейнеко, В.С. Олійник, Д.І. Скляренко, С.М. Захаров

**Підвищення енергетичної
ефективності механічної системи
тунельної вентиляції
КП «Київський метрополітен»**

Доповідач Дейнеко Андрій Іванович

1. **Предмет, мета та зміст роботи**
2. **Методика виконання роботи**
3. **Експериментальні дослідження СЗГ**
4. **Розрахункові моделі гідравлічного та тепловологого стану СЗГ**
5. **Моделювання режимів роботи СЗГ з метою забезпечення параметрів мікроклімату**
6. **Висновки**
7. **Публікації**

Мета роботи – пошук шляхів забезпечення заданого ($\phi \leq 75\%$ вологісного стану повітря в СЗГ на основі експериментально-розрахункового підходу



СЗГ 1



СЗГ 2

Методика виконання роботи

Експериментально-розрахунковий підхід



ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВОЛОГИЙ СТАН ГІЛОК СЗГ

1. **Режими роботи вентиляційних установок ВШ115, ВШ229, станційні ВУ (Нагнітання, Витяжка, Вимкнено, коефіцієнт завантаження ВУ).**
2. **Рівні вологості і температури припливного повітря зі станцій або зовні.**
3. **Захолодження і нагрів вентиляційним повітрям стінок тунелів СЗГ влітку і взимку.**
4. **Герметичність стінок тунелів.**
5. **Помповий ефект від руху потягів.**
6. **Відведення води з лотка колій СЗГ !!!**

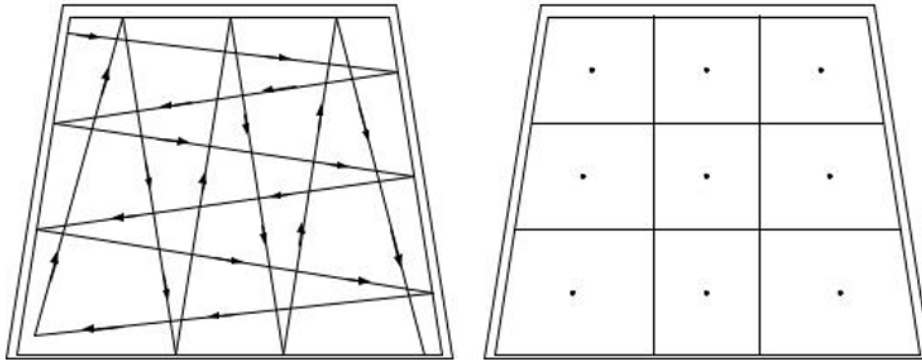
ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

1. **Оптимізація режимів роботи існуючої системи тунельної вентиляції СЗГ.**
2. **Обґрунтування і вибір необхідного додаткового обладнання для системи тунельної вентиляції СЗГ.**
3. **Обґрунтування спорудження додаткової вентиляційної шахти на ділянці СЗГ-1 від Роз'їзду до ст. м. Хрещатик (копання шахти на глибину 50 м)**

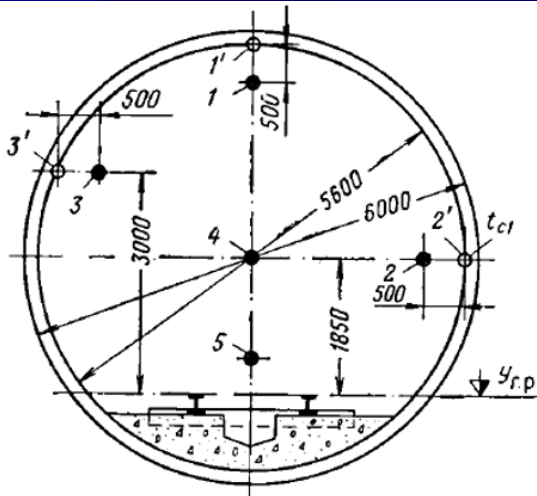
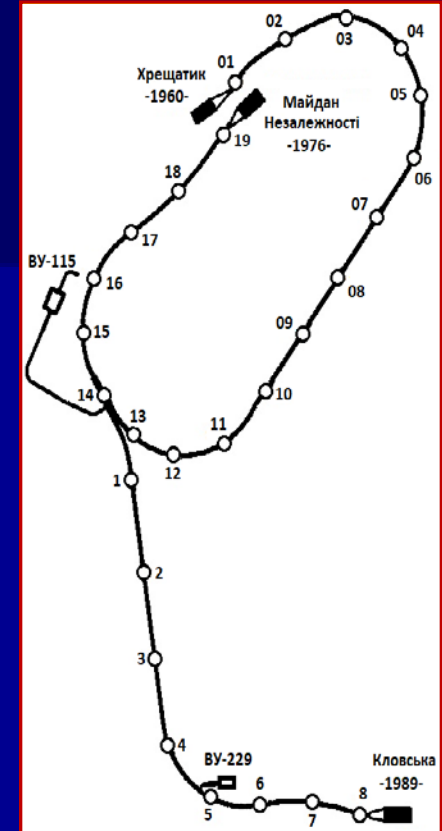
Визначення середньої швидкості повітря у вентиляційному тунелі як середньозваженого значення за по секціям:

$$V = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n V_i S_i$$

де S – площа поперечного перерізу вентиляційного тунелю; V_i та S_i – відповідно швидкість тунельного повітря та площа поперечного перерізу i -ї секції



[Аерологія гірничих підприємств, рекомендації]



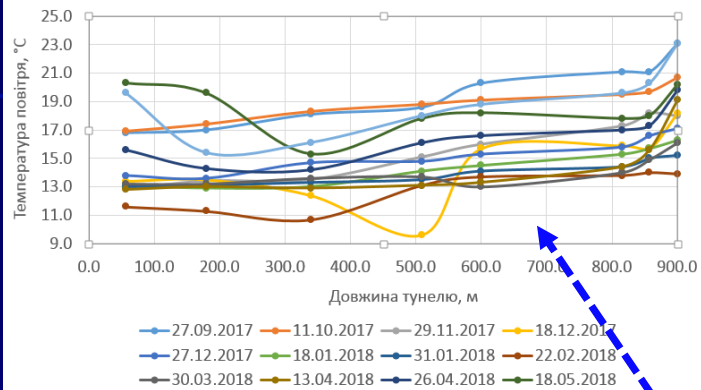
Типова схема положень датчиків при вимірюванні параметрів повітря в тунелі СЗГ



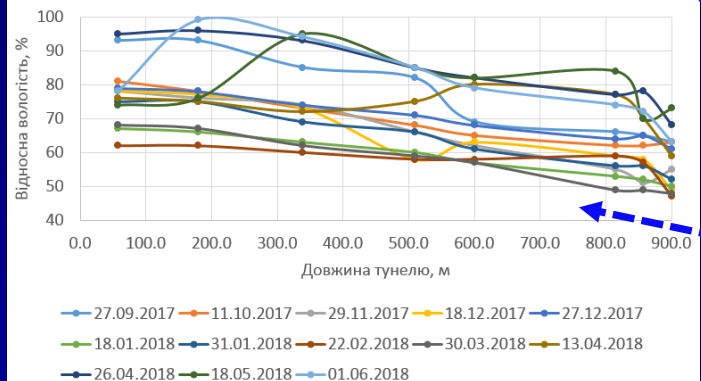
Експериментальні дослідження СЗГ

Представлено
2017-2018 рр.

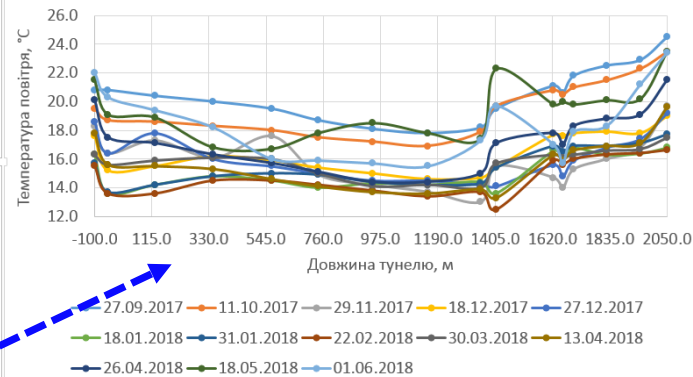
Зміна температури повітря по довжині тунелю СЗГ-2 метрополітену впродовж 2017-2018 років



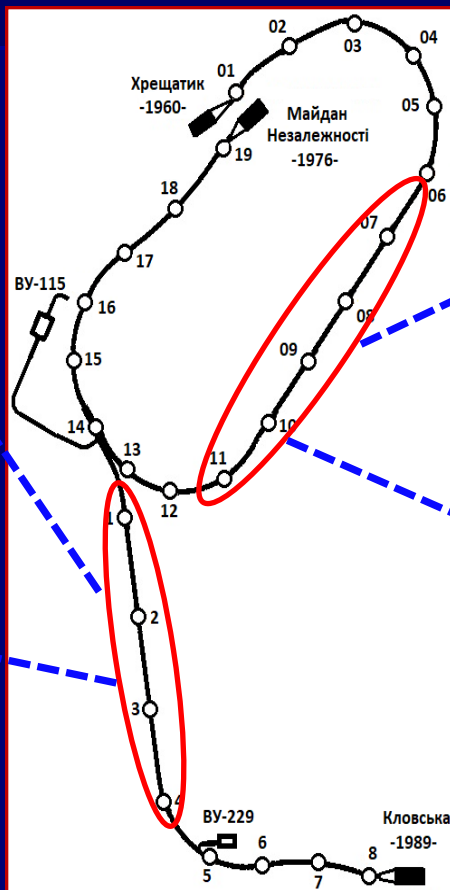
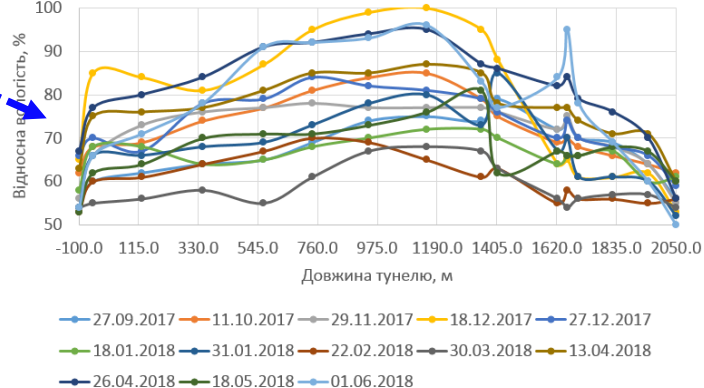
Зміна відносної вологості повітря по довжині тунелю СЗГ-2 метрополітену впродовж 2017-2018 років



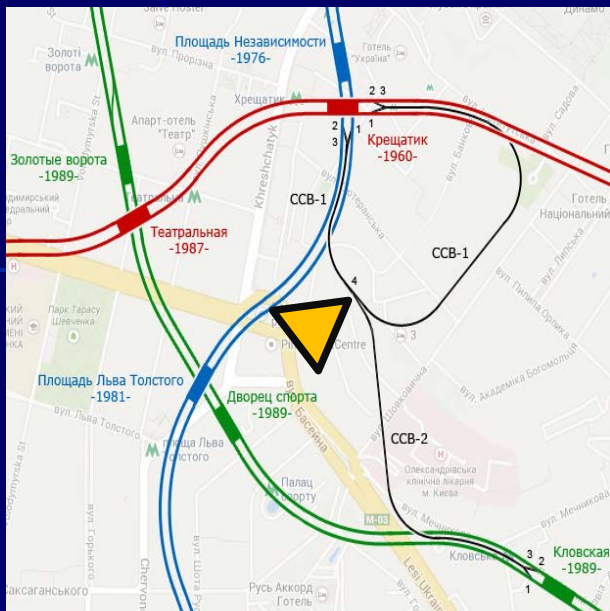
Зміна температури повітря по довжині тунелю СЗГ-1 метрополітену впродовж 2017-2018 років



Зміна відносної вологості повітря по довжині тунелю СЗГ-1 метрополітену впродовж 2017-2018 років



Вентиляційний тунель і шахта №115



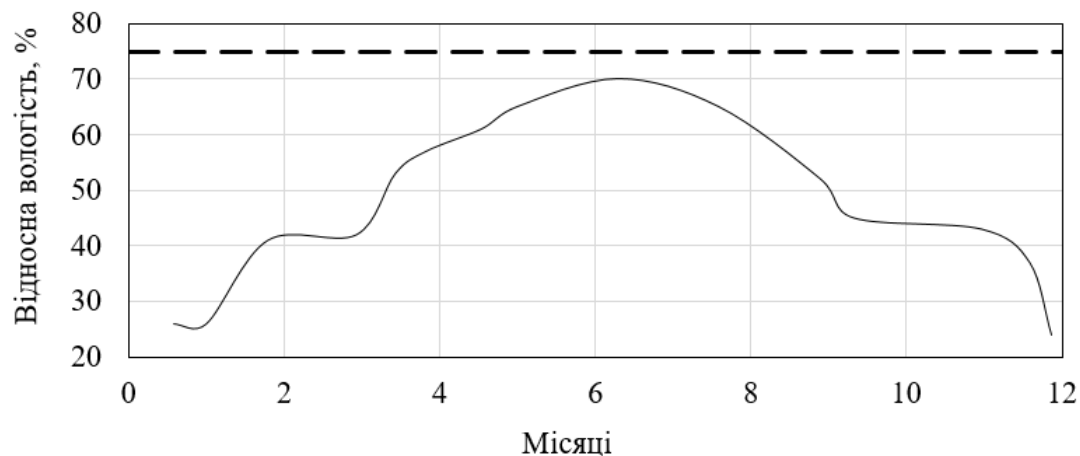
tov_tob.livejournal.com :: 2013



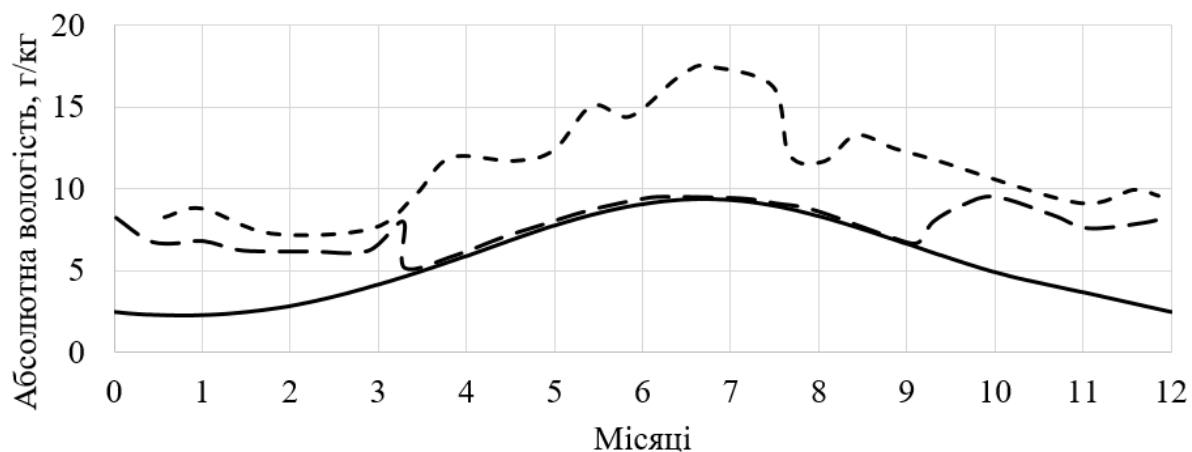
Вентиляційні установки Zitron



Припущення, щодо осушення тунелів СЗГ

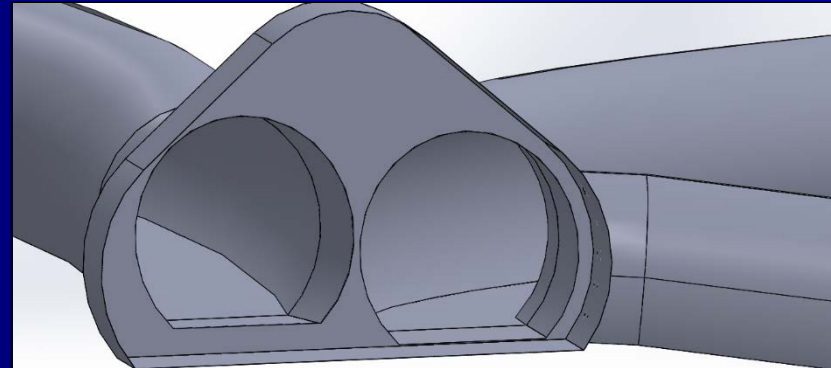
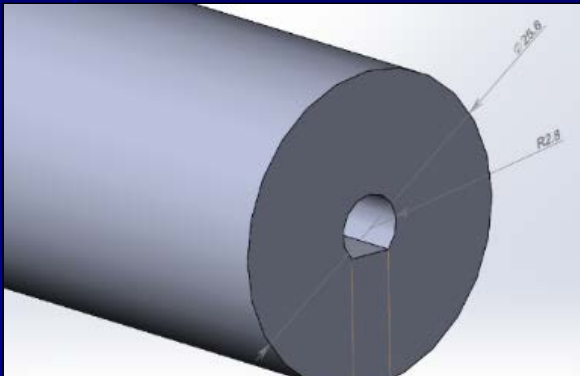
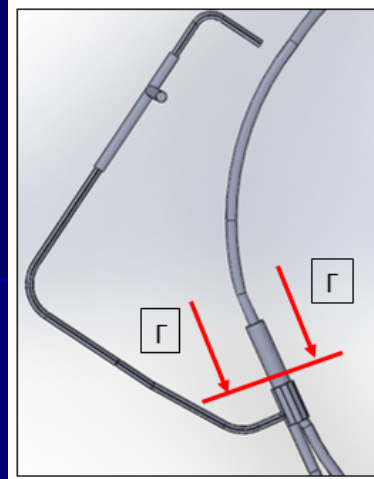
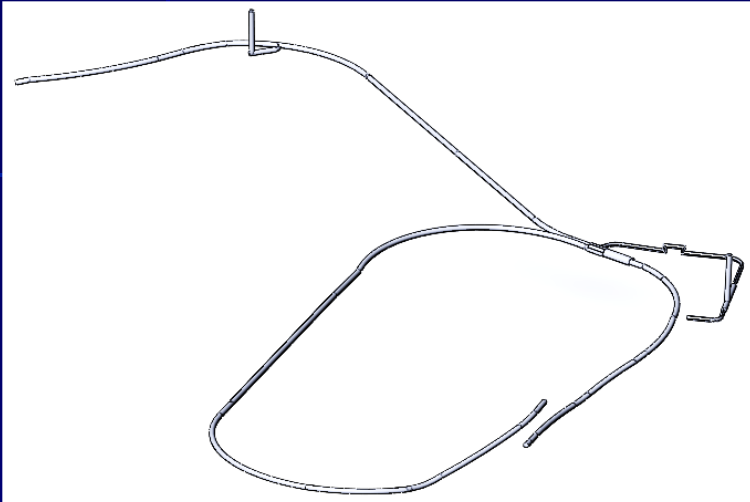


Залежність середньомісячної відносної вологості повітря НС при температурі тунельного повітря впродовж року: — — — нормоване значення 75%; — — — повітря навколишнього середовища за найнижчою температурою тунельного повітря 12°C



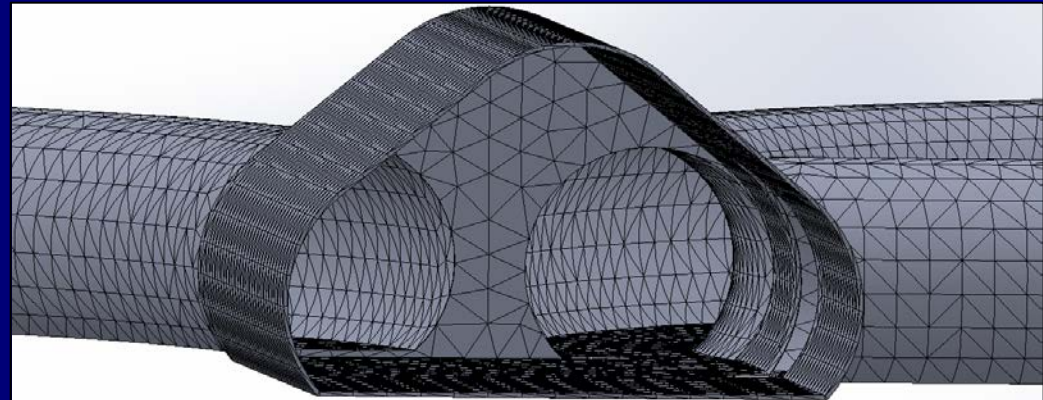
Зміна абсолютних вологостей у навколишньому (—) та тунельному повітрі впродовж календарного року: - - - - при старому режимі провітрювання; - - - - при новому режимі провітрювання

Тривимірний 3D модель



Математична модель

1. Рівняння енергії
2. Рівняння імпульсів
3. Рівняння переносу Species transport
4. Модель турбулентності k-ε

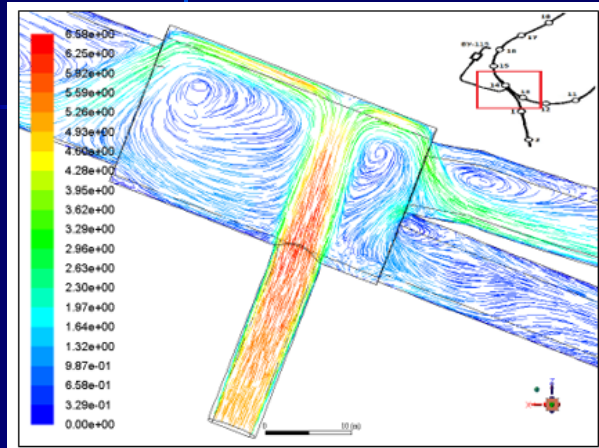


Моделі враховують основні геометричні особливості тунелів СЗГ загальною довжиною **2,8 км**, а також фізичні процеси, які там відбуваються, а саме:

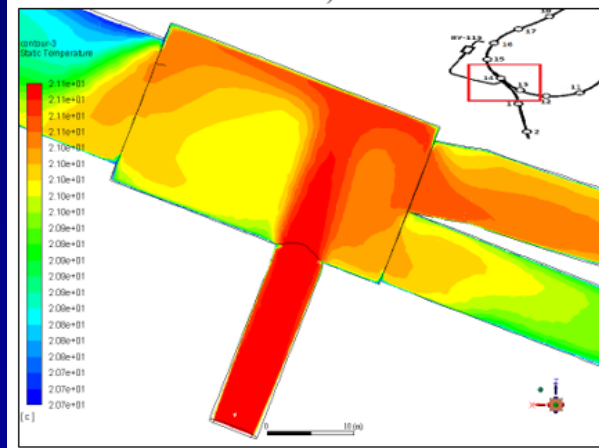
- 1. гідродинаміку потоків повітря (швидкості, витрати, напрямки і розподіл тисків) всієї мережі СЗГ з урахуванням прямого впливу роботи вентиляційних ВШ115, ВШ229, а також не прямого впливу станційних ВУ**
- 2. тепловий стан всієї мережі СЗГ з урахуванням температури оточуючого середовища і масиву землі, в якому знаходяться тунелі протягом року**
- 3. вологий стан всієї мережі СЗГ з урахуванням температури і вологості повітря оточуючого середовища на протязі року**

МОЖЛИВОСТІ МОДЕЛІ

- 1. Аналіз гідравліки – руху повітря в тунелях.**
- 2. Аналіз теплового стану тунельного повітря та стінок оправи з урахуванням активного шару ґрунту .**
- 3. Аналіз шляхів зниження вологого стану тунельного повітря з урахуванням процесів випаровування та конденсації вологи.**
- 4. Аналіз та оптимізація роботи вентиляційних установок, що забезпечують провітрювання тунелів СЗГ.**
- 5. Урахування помпового ефекту від руху потягів.**

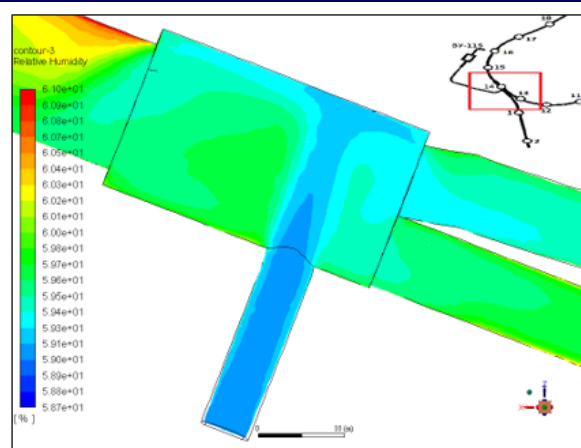


a)

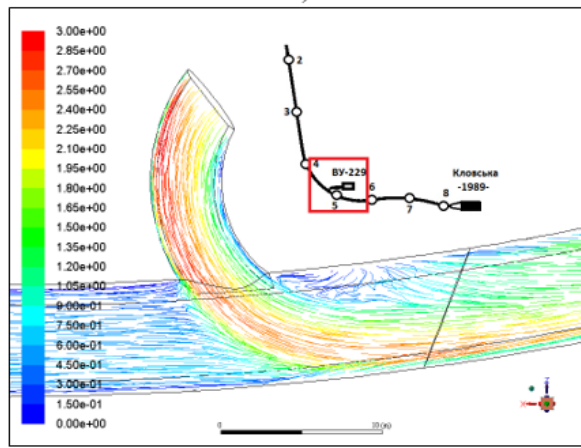


б)

Візуалізація ліній току потоку повітря (шкала м/с) (а), та температур (б) на роз'їзді, що вдувається з ВШ-115 із забарвленням відповідно до температур (шкала °C)

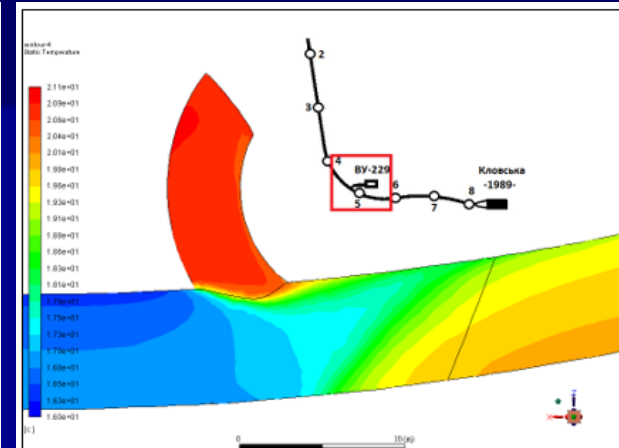


a)

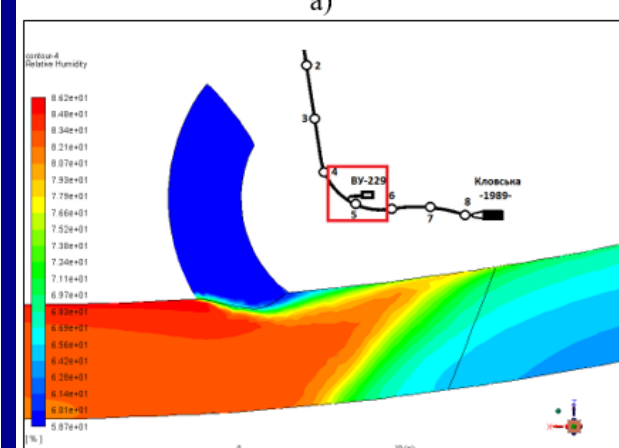


б)

Візуалізація поля відносної вологості на роз'їзді % (а), що вдувається з ВШ-115, та ліній току потоку повітря перед ВШ-229 (б) із забарвленням відповідно до швидкості (шкала м/с)



a)



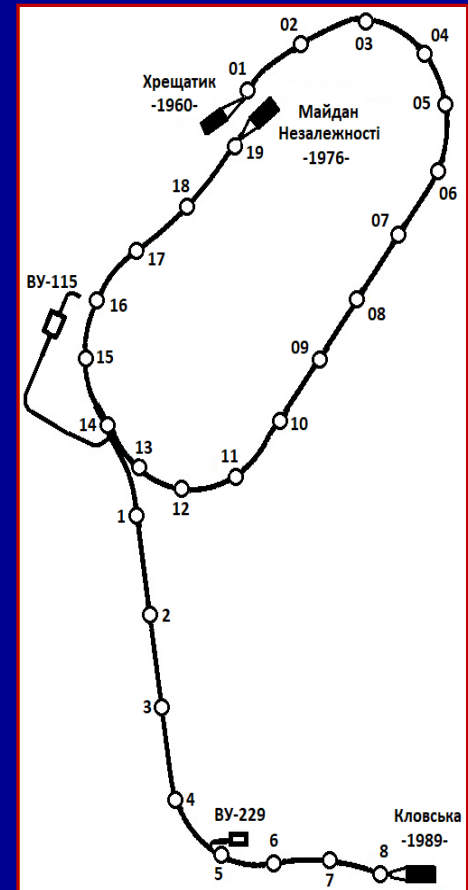
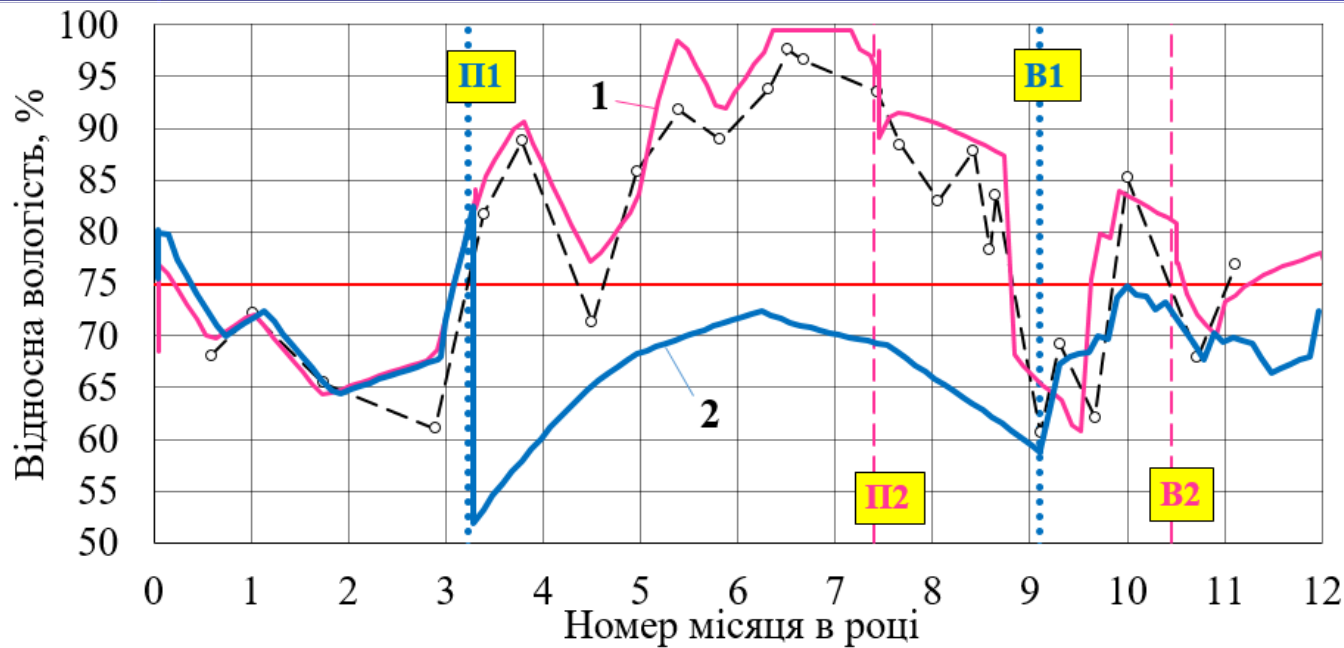
б)

Візуалізація поля температур перед ВШ-229 (шкала °C) (а) та відносної вологості перед ВШ-229 (зліва, %) (б)

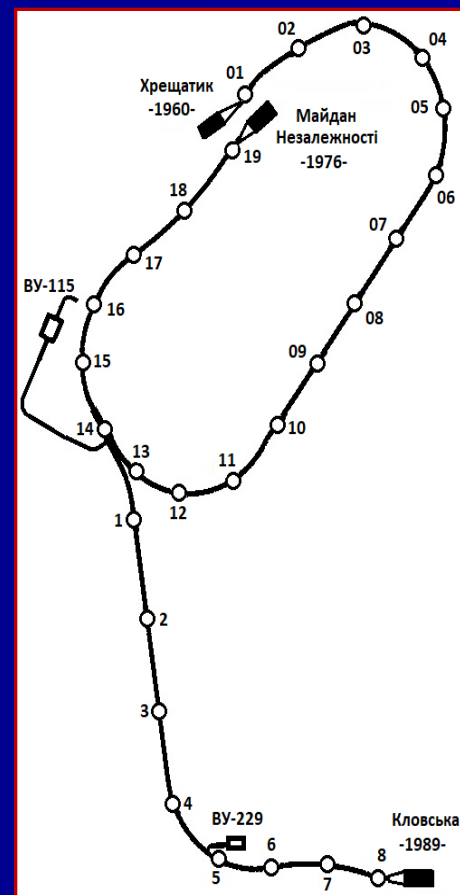
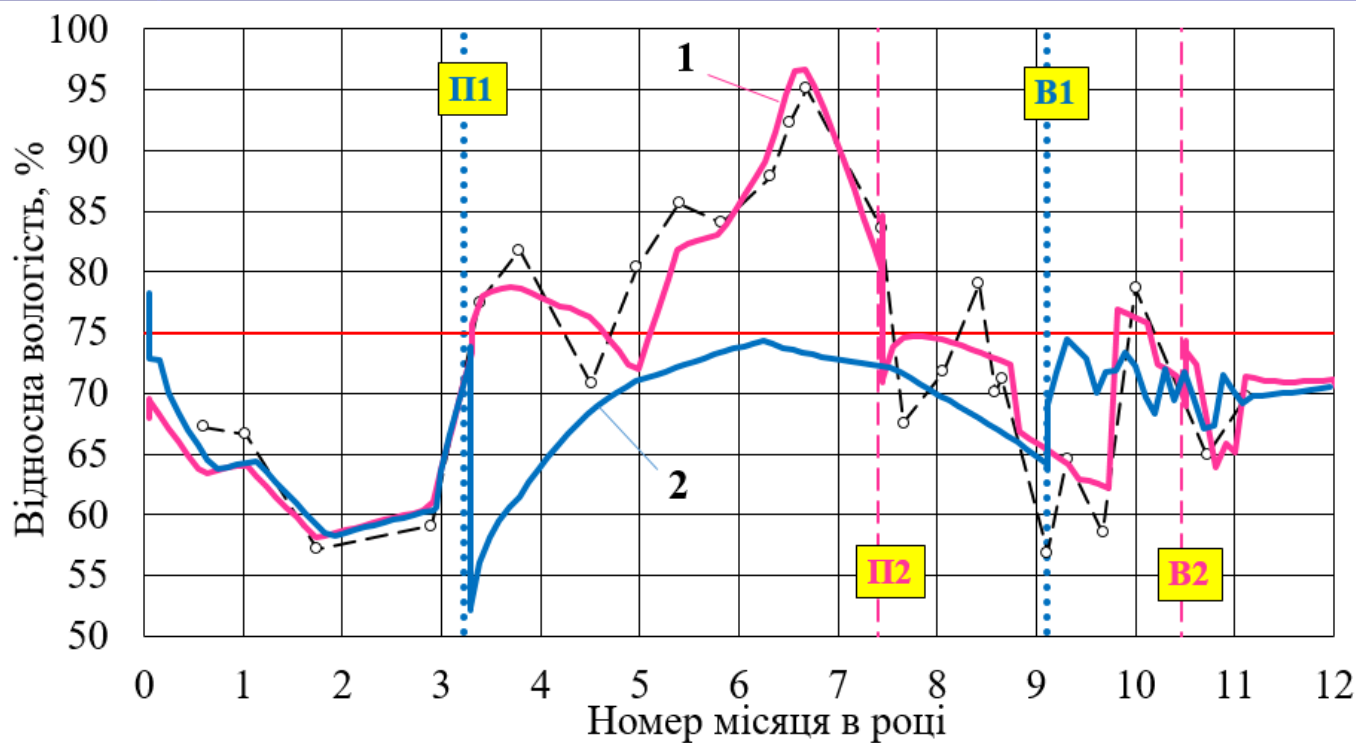
Експериментальні дослідження СЗГ до і після впровадження рекомендації ІТТФ по роботі вентиляції СЗГ

12

Зміна середніх об'ємних значень відносної вологості тунельного повітря протягом року на ділянці СЗГ-1 Від ст. м. Хрещатик до Роз'їзду



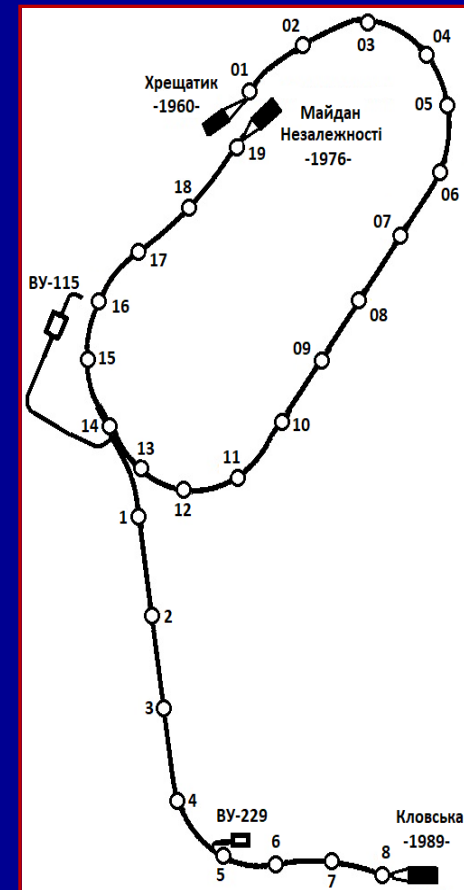
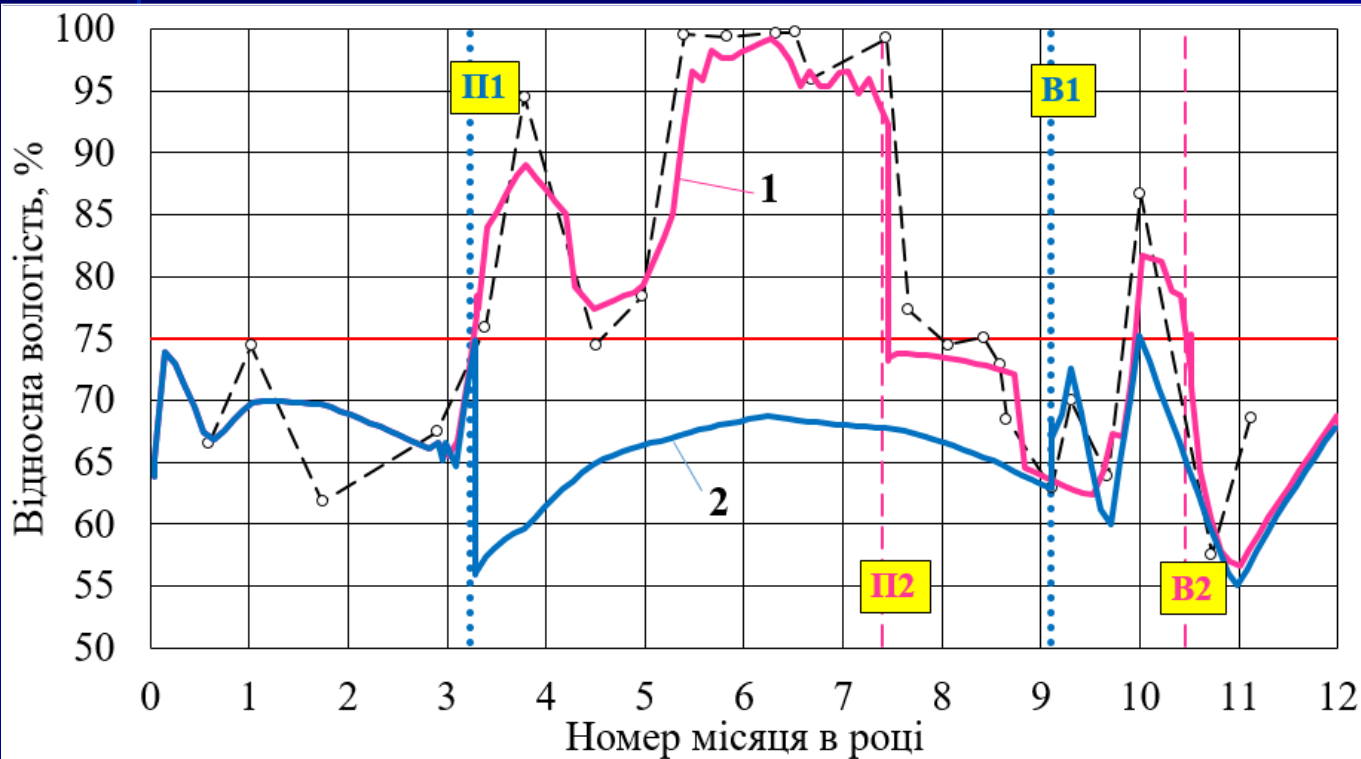
Зміна середніх об'ємних значень відносної вологості тунельного повітря протягом року на ділянці СЗГ-1 від ст. м. Майдан Незалежності до Роз'їзду



Експериментальні дослідження СЗГ до і після впровадження рекомендації ІТТФ по роботі вентиляції СЗГ

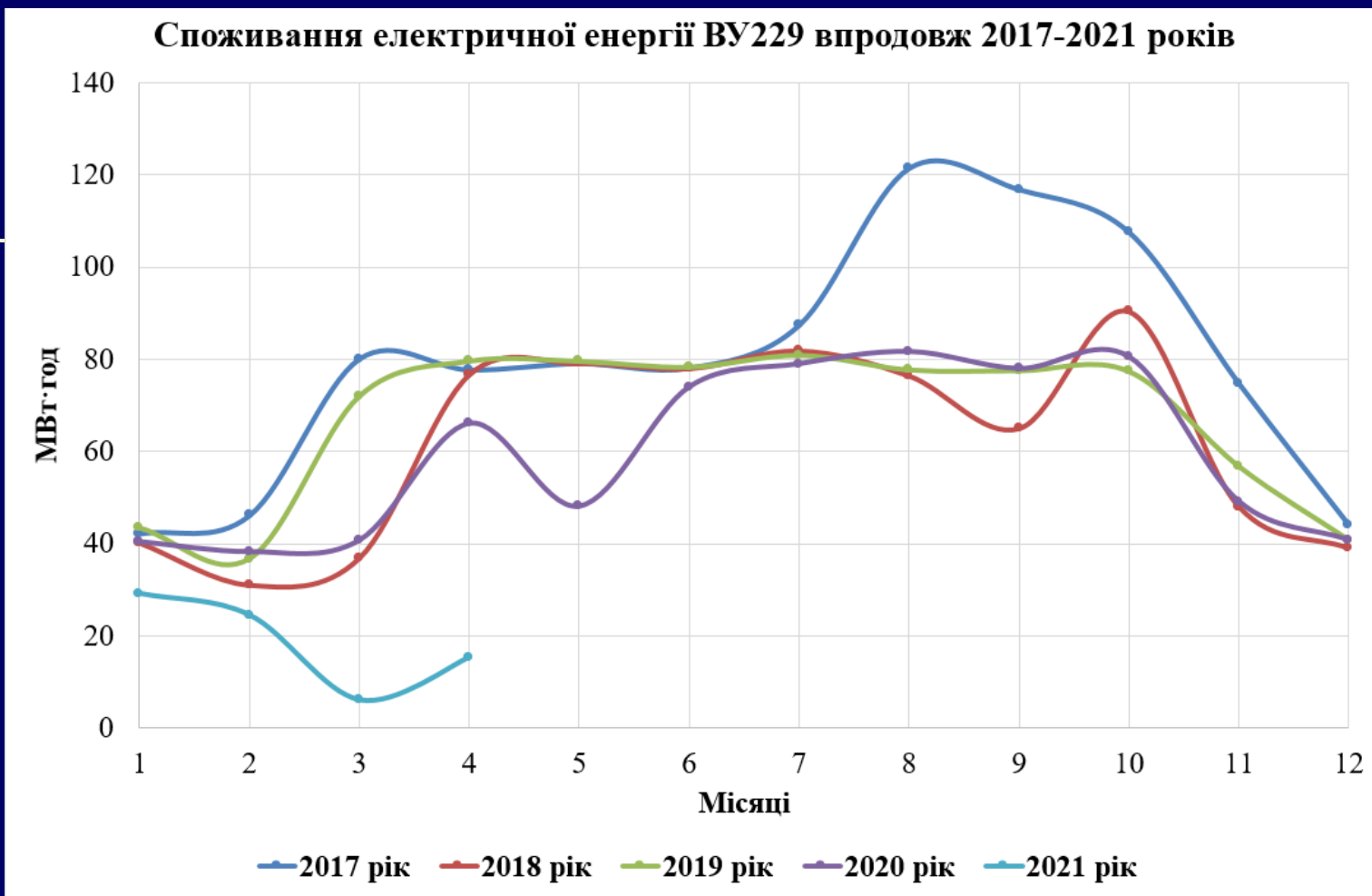
14

Зміна середніх об'ємних значень відносної вологості тунельного повітря протягом року на ділянці СЗГ-2 від ст. м. Кловська до Роз'їзду



№ шахти	місце	Режими роботи вент/шахт в залежності від температури та відносної вологості атмосферного повітря							
		Літо		Зима					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
230	Кловська	П	П	В	-	В	-	3	3
230	Кловська	В	В	В	-	В	-	3	3
229	Перегін	В	В	П	П	П	П	-	3
229	Перегін	П	П	П	П	П	П	-	3
115	Перегін	В	В	В	-	В	В	-	-
115	Перегін	П	П	В	-	В	В	-	-
116	МН	П	П	В	В	В	-	-	3
116	МН	В	В	В	В	В	-	-	3
6	Хрещатик	П	П	В	В	-	-	-	3
6	Хрещатик	В	В	В	В	-	-	-	3

Режим роботи вент/шахт	Параметри атмосферного повітря	
	Температура (t, °C)	Відносна вологість (φ, %)
I	Середньо-добова протягом 3 діб вище t тунельного повітря СЗГ	Менше 90%
II	Середньо-добова протягом 3 діб вище t тунельного повітря СЗГ	Більше або дорівнює 90%
III	Середньо-добова протягом 3 діб нижче t тунельного повітря СЗГ	Менше 90%
IV	В зимовий період не залежно від показників	Більше або дорівнює 90%
V	0...-5	Менше 90%
VI	-5,1...-13	Менше 90%
VII	-13,1...-20	Менше 90%
VIII	-20,1 та нижче	Менше 90%



Середня річна економія електричної енергії з 2018 року становить 200МВт·год/рік або близько 20% від загального енергоспоживання механічної системи тунельної вентиляції даної ділянки!!!

- Накопичені експериментальні значення параметрів мікроклімату з врахуванням «помпового ефекту» при роботі механічної системи тунельної вентиляції СЗГ у відповідності до чинного (старого) графіку роботи тунельної вентиляції, коли провітрювання тунелів СЗГ здійснюється повітрям від станцій метрополітену впродовж календарного року, свідчать про зростання вологості тунельного повітря в літній період до 80-95% , іноді 100%.
- Впродовж літнього періоду запропоновано змінити режими роботи вентиляційних установок тунельної вентиляції СЗГ таким чином, щоб більш сухе і нагріте повітря навколишнього середовища перегінними вентиляційними установками нагніталось в тунелі СЗГ, а видалялося з тунелів станційними.
- Розроблено CFD модель термогазодинамічного та вологого станів тунелів СЗГ, що являє собою сукупність геометричної моделі та математичний опис фізичних процесів тепломасообміну двофазного середовища. Адекватність CFD моделі була забезпечена використанням експериментальних даних параметрів мікроклімату за 2018 рік. Уточнена модель показала близькість розрахункових і експериментальних значень відносної вологості тунельного повітря СЗГ при старому режимі роботи венустановок.
- На основі верифікованої CFD моделі здійснено прогнозування зміни параметрів мікроклімату впродовж повного календарного року за умови реалізації розроблених рекомендацій ІТТФ НАНУ по організації нового режиму роботи системи тунельної вентиляції СЗГ. На основі аналізу результатів комп'ютерного моделювання встановлено, що для зимового та осіннього періодів середня відносна вологість тунельного повітря СЗГ може досягати нормованого значення 75% або 80%, впродовж літнього періоду відносна вологість буде нижчою 75%.
- Отримані результати моделювання термогазодинамічного і вологісного режиму тунелів СЗГ впродовж календарного року підтверджені експериментальним випробуванням в Київському метрополітені.
- На основі аналізу експериментальних та отриманих розрахункових результатів шляхом комп'ютерного моделювання можна зробити висновок про відсутність необхідності пониження відносної вологості тунельного повітря СЗГ додатковим або іншим обладнанням.

МОНОГРАФІЯ

Національна академія наук України
Інститут технічної теплофізики

**Круковський П.Г., Дейнеко А.І., Дядюшко Є.В.,
Скляренко Д.І.**

**РОЗРАХУНКОВО-
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ
І ПРОГНОЗУВАННЯ
ТЕРМОГАЗОДИНАМІЧНОГО
І ВОЛОГІСНОГО СТАНІВ
ПІДЗЕМНИХ ТУНЕЛІВ**

Київ, 2020

УЗГОДЖЕНО
Директор ІТТФ НАНУ

УЗГОДЖЕНО
Директор ІТТФ НАНУ

УЗГОДЖЕНО
Директор ІТТФ НАНУ
Ю.Ф. Снежкін
2019 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник електромеханічної служби

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник електромеханічної служби

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник електромеханічної служби
КП «Київський метрополітен»
О. Куцаківський
2019 р.

А К Т №1

впровадження результатів виконаної науково-дослідної роботи

Даним актом підтверджуємо, що результати науково-дослідної роботи, виконаної за договором № 18-ЕМ-18 від 05.01.2018 року про надання послуг з дослідження параметрів мікроклімату службових з'єднувальних гілок (СЗГ) метрополітену були впроваджені з 15 серпня по 13 листопада 2018 року в електромеханічній службі КП «Київський метрополітен» (04112, м. Київ, станція метро "Дорогожичі", телефон приймальні: (044) 238-48-10, факс: (044) 238-48-12, e-mail: em@metro.kiev.ua).

Результати роботи використані на розробленого ІТТФ НАНУ режиму роботи вен №116, №229, №230, внаслідок чого, відносна зменшилася від 100% до рівня нижче нормованого станом 2010. Споруди транспорту. МЕТРОПОЛІТЕНУ. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 299 с. – (ІТТФ НАНУ)

Від Інституту технічної теплофізики
Національної Академії Наук України

Науковий керівник роботи
Зав. лабораторією «Моделювання процесів тепломасообміну»

Від КП «Київський метрополітен»

Голова електромеханічної служби

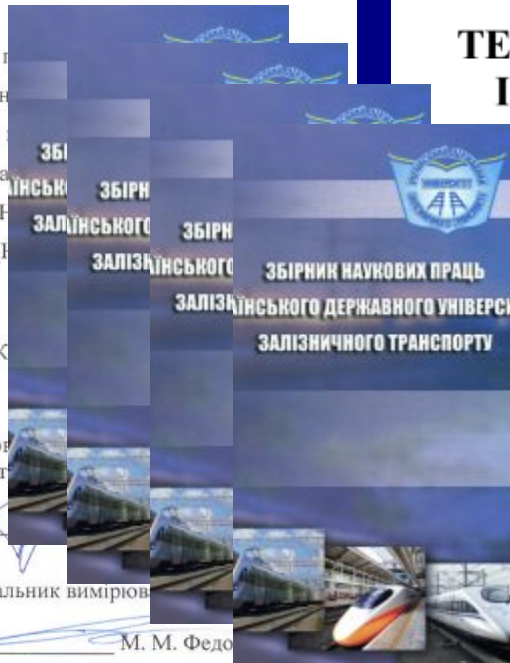
П. Г. Круковський

Відповідальний виконавець роботи

Начальник вимірювальної служби

А. І. Дейнеко

М. М. Федосов



ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ



Київський метрополітен
Офіційний сайт

Вечірній Київ сайт

«сті» **i** Ввечері обмежать вхі,

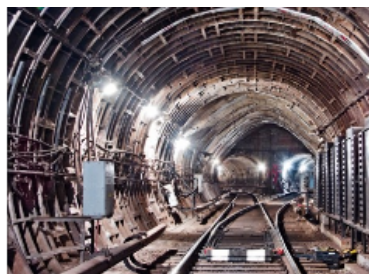
Новини

Таємні тунелі висушили у столичному м

13:37



Олександр ГАЛУХ



НОВИНИ

Головна

ФАКТЫ



\$ 26.17 / 26.47 € 29.28 / 29.73

Київ: +17 °C

ГЛАВНАЯ

УКРАИНА

МИР

ЗДОРОВЬЕ

КУЛЬТУРА

ОБЩЕСТВО

ТЕЦЕТАМЫ:

Евровидение-2019

Обострение в Азовском море

Дело Сенцова

Таємні тунелі

9:31

Почему исправность газового оборудования и вентиляционных сетей — это вопрос коллективной безопасности

9:30

Массовое "минирование" в Киеве: полиция проверяет аэропорт, торговые центры и супермаркеты

9:09

«Шахтер» — «Александрия»: где смотреть онлайн матчи 28-го тура чемпионата Украины

8:59

«Динамо» в компенсированное время упустило победу над «Зарей»: видеообзоры матчей

8:52

Минимизация влияния России на украинский энергорынок является позитивным фактором, — Бузаров

У 2017 послуг з'єднува академі

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Предотвратили аварию в киевском метро: ученые придумали, как избавиться от тумана в «тайных» тоннелях

8:06 — 8 апреля 2019

1963



Схема лі
Все для містом



Новини Академія

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ