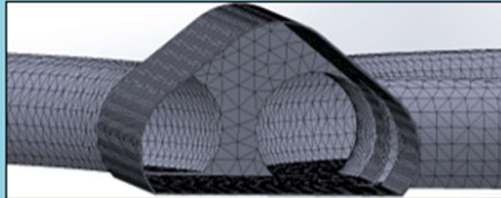


Круковський П.Г., Дейнеко А.І., Дядюшко Є.В., Скляренко Д.І.

**РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ  
АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ  
ТЕРМОГАЗОДИНАМІЧНОГО І ВОЛОГОГО  
СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ТУНЕЛІВ**



Київ, 2020

УДК 697.92: 697.95  
ББК 31.32; 39.81

The work is devoted to the problem of exceeding the normalized values of relative humidity of tunnels of deep underground transport structures, which can be solved using modern methods and means of measuring and computer modeling of thermogasdynamics and humid states of tunnels, as shown by the tunnels of service connecting branches of enterprise "Kyiv Metro". Analysis of experimental values of temperature, humidity and velocity of tunnel air in the current modes of ventilation showed a way to solve this problem using a computational-experimental approach, within which a computer model of thermogasdynamics and humid states of tunnels during the calendar year was built, tuned using experimental data and used to determine new modes of operation of ventilation systems, which provided the normative values of microclimate parameters during the year. This approach is recommended for use in arbitrary deep underground structures. Designed for professionals, graduate students and students who use modern modeling methods to analyze and predict the thermogasdynamics state of deep tunnels of underground transport structures.

**РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУ-  
ВАННЯ ТЕРМОГАЗДИНАМІЧНОГО І ВОЛОГІСНОГО СТАНІВ  
ПІДЗЕМНИХ ТУНЕЛІВ:** монографія / Круковський П.Г., Дейнеко А.І.,  
Дядюшко Є.В., Скляренко Д.І.; Під ред. П.Г. Круковського, А.І. Дейнеко / Київ,  
ТОВ "Франко Пак", 2020. –141с. ISBN 978-966-97896-8-6.

Робота присвячена проблемі перевищення нормованих значень відносної вологості повітря тунелів глибокого залягання транспортних підземних споруд, яка може бути вирішена за допомогою використання сучасних методів та засобів вимірювання і комп'ютерного моделювання термогазодинамічного і вологісного станів тунелів, що показано на прикладі тунелів службових з'єднувальних гілок Комунального підприємства «Київський метрополітен». Аналіз експериментальних значень температури, вологості і швидкості тунельного повітря при діючих режимах роботи вентиляції, показав шлях вирішення цієї проблеми за допомогою розрахунково-експериментального підходу, в рамках якого була побудована комп'ютерна модель термогазодинамічного і вологісного станів тунелів впродовж календарного року, яка була налаштована за допомогою використання експериментальних даних та застосована для визначення нових режимів роботи вентиляційних установок, які забезпечили нормативні значення параметрів мікроклімату впродовж року. Такий підхід рекомендовано при застосуванні для довільних підземних споруд глибокого залягання.

Призначена для спеціалістів, аспірантів та студентів, які використовують сучасні методи моделювання для аналізу та прогнозування термогазодинамічного і вологісного стану тунелів глибокого залягання транспортних підземних споруд.

## АВТОРИ

**Круковський Павло Григорович**, д-р техн. наук, проф., завідувачий лабораторією моделювання процесів тепломасообміну в об'єктах енергетики і теплотехнологіях Національної академії наук України. Тел.: (044) 456-92-81. E-mail: kruk\_2@ukr.net. ORCID iD: 0000-0001-6726-0550.

**Дейнеко Андрій Іванович**, старший науковий співробітник, лабораторія моделювання процесів тепломасообміну в об'єктах енергетики і теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України. E-mail: andriideineko@gmail.com. ORCID iD: 0000-0002-4279-3710.

**Дядюшко Євген Валентинович**, молодший науковий співробітник, лабораторія моделювання процесів тепломасообміну в об'єктах енергетики і теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України. E-mail: 93k41337@gmail.com. ORCID iD: 0000-0002-2601-4633.

**Склярєнко Дмитро Ігорович**, молодший науковий співробітник, лабораторія моделювання процесів тепломасообміну в об'єктах енергетики і теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України. E-mail: cklyr90@bigmir.net. ORCID iD: 0000-0002-0431-2111.

### Рецензенти:

Член-кореспондент НАН України В.Н. Клименко,  
д-р техн. наук, проф. Є.М. Письменний

Рекомендовано до друку вченою радою  
Інституту технічної теплофізики НАН України

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
<b>Розділ 1. Особливості і проблеми забезпечення кліматичних параметрів підземних тунелів...</b>	<b>11</b>
1.1 Класифікація підземних тунелів.....	11
1.2 Особливості і проблеми підземних тунелів метрополітенів.....	16
Перелік посилань до розділу 1.....	19
<b>Розділ 2. Забезпечення кліматичних параметрів підземних тунелів.....</b>	<b>22</b>
2.1 Методи забезпечення кліматичних параметрів підземних тунелів.....	22
2.2 Засоби забезпечення кліматичних параметрів підземних тунелів.....	27
2.3 Прилади контролю кліматичних параметрів.....	36
Перелік посилань до розділу 2.....	40
<b>Розділ 3. Методи аналізу термогазодинамічного і вологісного станів підземних тунелів.....</b>	<b>42</b>
3.1 Експериментальні методи.....	43
3.2 Розрахункові методи.....	44
3.3 Експериментально-розрахунковий метод.....	44
Перелік посилань до розділу 3.....	46
<b>Розділ 4. Підземні тунелі КП «Київський Метрополітен».....</b>	<b>47</b>
4.1 Особливості тунелів КП «Київський Метрополітен».....	47
4.2 Службові з'єднувальні гілки (СЗГ).....	60
4.3 Проблеми вологісного стану СЗГ.....	64
Перелік посилань до розділу 4.....	67
<b>Розділ 5. Експериментально-розрахунковий метод забезпечення кліматичних параметрів СЗГ...</b>	<b>68</b>

5.1 Аналіз шляхів зниження вологості в тунелях СЗГ.....	68
5.2 Фізичні і математичні моделі термогазодинамічного і вологісного стану СЗГ.	74
5.3 Застосування розрахунково-експериментально- го аналізу шляхів зниження вологості тунелів СЗГ.....	88
5.4 Експериментальна перевірка і організація запропонованого режиму вентиляції для зниження вологості в тунелях.....	98
Перелік посилань до розділу 5.....	108
<b>Розділ 6. Розрахунковий аналіз шляхів подальшого зниження вологості в тунелях СЗГ.....</b>	<b>110</b>
6.1 Інтенсифікація вентиляції.....	110
6.2 Осушування тунельного повітря.....	117
6.3 Нагрівання тунельного повітря.....	119
Перелік посилань до розділу 6.....	122
<b>Розділ 7. Питання енергоефективності механічних систем тунельної вентиляції.....</b>	<b>124</b>
Перелік посилань до розділу 7.....	128
<b>Післямова.....</b>	<b>129</b>
<b>Додатки.....</b>	<b>130</b>
<b>Додаток А.</b> Зміна параметрів мікроклімату впродовж періоду з 27.09.2017 по 21.12.2018 року для різних пікетів СЗГ.....	131
<b>Додаток Б.</b> Зміна параметрів мікроклімату СЗГ та температури стінок оправи тунелів протягом року.....	134
<b>Додаток В.</b> Висвітлення результатів роботи в засобах масової інформації.....	139

Наукове видання

Інститут технічної теплофізики НАН України  
03057, м. Київ, вул. Марії Капніст, 2а

**Круковський** Павло Григорович, **Дейнеко** Андрій Іванович,  
**Дядюшко** Євген Валентинович, **Скляренко** Дмитро Ігорович.

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

Формат 60×84/16 (140x200). Ум. друк. арк. 4,44. Тираж 100. Зам. №-

Віддруковано ТОВ "Франко Пак"  
04136, м. Київ, вул. Північно-Сирецька, 1-3, корпус ПК-3.  
Тел.: +38 (044) 205 3434  
Свідоцтво про внесення в Державний реєстр серія ДК № 4943 від 23.07.2015