

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
робота на правах рукопису

ГУЛЄВСЬКИЙ Павло Юрійович

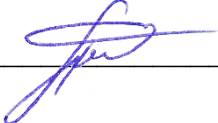
УДК 628.24+69.059

ДИСЕРТАЦІЯ
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПО
ПІДВИЩЕННЮ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ
КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ В МІСЦЯХ З'ЄДНАННЯ З
ОГЛЯДОВИМИ ШАХТАМИ

192 – Будівництво та цивільна інженерія
спеціальність
19 – архітектура та будівництво
галузь знань

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


_____ П.Ю. Гулевський

Наукові керівники:

Гончаренко Дмитро Федорович,
доктор технічних наук, професор
Алейнікова Алевтина Ігорівна,
доктор технічних наук, доцент

Харків – 2023

АНОТАЦІЇ. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Анотація (українською мовою).

Гулевський П.Ю. Організаційно-технологічні рішення по підвищенню експлуатаційної надійності каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами - кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 - «Будівництво та цивільна інженерія» – Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Міністерства освіти і науки України, Харків, 2023.

Тривалий вплив агресивного середовища на конструкції систем водовідведення, призводить до їх руйнування та в деяких випадках до виникнення аварійних ситуацій, скорочення часу безаварійної експлуатації споруд, збільшення витрат на їх ремонт та відновлення.

Особливої уваги потребує специфіка експлуатації каналізаційних тунелів - діаметр перетину понад 1500 мм і глибина закладення понад 5-7 м. Встановлено, що переважно всі вони побудовані з бетону та залізобетону.

Аналіз виникнення аварій, що трапилися за останні роки на ділянках каналізаційних тунелів по пр. Гагаріна, вул. Греківській та ХТЗ в м. Харків є свідомством основної причини виникнення локального обвалення - пошкодження залізобетонної конструкції склепіння тунелю в результаті впливу біогенної корозії.

Слід відзначити, що найбільшій корозії зазнають ділянки тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами, а також конструкції оглядових шахт. Стічні води в оглядовій шахті падають з позначки до позначки лотка каналізаційного тунелю. В результаті розшарування потоку активно виділяється сірчаний газ, який в наступних реакціях перетворюється в сірчану кислоту високого ступеня концентрації. Не маючи антикорозійного захисту, йде пошкодження бетонного оброблення тунелю, яке несе навантаження від товщі ґрунту.

В дисертаційній роботі для дослідження найбільш високого впливу було узагальнено фактори, що впливають на експлуатаційну надійність каналізаційних тунелів та оглядових шахт. Згідно даних, отриманих за результатами експертного оцінювання було визначено, що з вищевказаних причин відмови сталого функціонування каналізаційних тунелів найбільш високий ступінь впливу мають фактори: руйнування зводу в місцях примикання до оглядових шахт, камер гасіння; руйнування зводу конструкції каналізаційного тунелю; технічний стан оглядових шахт.

Тим часом розробка та впровадження технічних, організаційних та технологічних рішень ремонту та відновлення конструкцій каналізаційних тунелів та оглядових шахт із застосуванням недорогих вітчизняних матеріалів та конструкцій дозволить підвищити експлуатаційну довговічність мереж водовідведення, скоротити тривалість та вартість ремонтно-відновлювальних робіт.

Проаналізовано вироби на основі базальту для доцільності використання даного матеріалу в відновленні каналізаційних мереж. З'ясовано, що вироби на основі базальту мають ряд переваг: високу міцність, досить малу вагу, надійність при експлуатації в широкому діапазоні температур, не схильні до корозії і мають високу хімічну стійкість. Таким чином показники базальту відповідають головним вимогам до матеріалів, які використовуються для захисту каналізаційних мереж. Використання базальто-волокнистих матеріалів, композитів та виробів з них є перспективними та економічно доцільними. Ці переваги дають можливість застосування матеріалів з базальту при ремонті і відновленні мереж водовідведення.

При ремонті та відновленні каналізаційних тунелів використовуються відкриті та закриті способи виконання робіт.

Зважаючи на те, що частина каналізаційних мереж проходить через території де відсутні транспортні артерії, через сільськогосподарські угіддя і має незначну глибину залягання, а також те що, як правило, їх лоткова частина

знаходиться у стані придатному для подальшої експлуатації, доцільним є виконання ремонтно-відновлювальних робіт на них відкритим способом.

Виходячи з того що лоткова частина колекторів збережена, у дисертаційній роботі розглядається відновлення склепінчастої частини із застосуванням плитки кам'яного лиття. Роботи по відновленню в даному випадку виконуються з допомогою пневматичної опалубки.

Використання пневматичної опалубки відіграє велику роль, оскільки вона забезпечує виконання таких вимог: швидкий монтаж і демонтаж опалубки; можливість використання її для просторових поверхонь скривленої форми, навіть з великими прогонами; багаторазова оборотність опалубки.

При розгляді методів ремонту і відновлення каналізаційних трубопроводів великого діаметра і тунелів відзначено, що метод вставок на сьогодні є основним, як у зарубіжній, так і у вітчизняній практиці санації. При цьому, як правило, використовуються труби із поліетилену, склопластику та базальтопластику. При дослідженні методів ремонту і відновлення оглядових шахт встановлено, що в м. Харкові накопичений значний досвід у цій області. З використанням рішень, розроблених ученими університету, відновлено багато шахт на каналізаційних тунелях міста. При цьому застосовувався ребристий поліетилен, панелі зі шлакового литва, клінкерна цегла, покриття стін з VMX-базальту.

У лабораторії університету були виконані дослідження зразків базальтових елементів, які присутні на ринку будівельної продукції в Україні. Крім визначення міцнісних характеристик було визначено наявність адгезії між цементно-піщаним розчином та поверхнею базальтової плитки. Отримані результати дослідження показали, що розчин забезпечить необхідну адгезію з базальтовими елементами, що здатні протидіяти біогенній корозії каналізаційних мереж і споруд.

При проведенні дослідження на стійкість від дії агресивного середовища було відібрано декілька зразків базальтових елементів. Зразки базальту пройшли випробування на стійкість від дії агресивного середовища протягом

90 діб в оглядовій шахті каналізаційного тунелю глибокого залягання, концентрація сірководню та інших хімічних сполучень якої в декілька раз перевищувала гранично допустиму. Як показали результати випробування, зразки базальту не схильні до корозії та не втратили міцності при стисненні та на вигин після знаходження зразків в агресивному середовищі каналізаційної шахти за 3 місяці.

В даній роботі здобувачем запропоновано нову технологію робіт з ремонту та відновлення каналізаційних тунелів, що включає 9 етапів: демонтаж аварійних ділянок тунелю (склепіння, стінки); розчищення лоткової частини тунелю; відновлення ділянки лоткової частини тунелю (за умови руйнування лотка); очищення існуючої арматури для забезпечення спільної роботи лотка та захисного покриття склепіння, що зводиться; влаштування пневматичної опалубки для спорудження склепіння тунелю з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття; укладання плитки кам'яного лиття; встановлення необхідної арматури для захисного облицювання склепіння з монолітного залізобетону; створення інвентарної опалубки; укладання бетонної суміші монолітної частини склепіння; демонтаж пневматичної та інвентарної опалубки після набирання міцності бетону; зворотне засипання траншеї з ущільненням. Як свідчить календарний графік робіт, тривалість робіт, що виконуються на ділянці 30 м каналізаційного тунелю діаметром 1840 мм в місці приєднання до оглядової шахти із застосуванням плитки кам'яного лиття, становить 40 днів.

Як показують дослідження, межі раціонального використання відкритого (траншейного) способу ремонтно-відновлювальних робіт залежно від конкретних інженерно-геологічних та виробничих умов змінюються у широких межах із глибиною закладення траншеї в середньому від 3 до 8 м. У практиці будівництва при розробці ґрунту в траншеях найчастіше застосовуються кріплення вертикальних стінок.

В дисертаційній роботі представлено нове організаційно – технологічне рішення по відновленню оглядових шахт. Основний період відновлення

оглядової шахти за допомогою облицювання стінок плиткою кам'яного лиття з базальту: демонтаж плит перекриття; очищення стінок від продуктів корозії; ін'єкція антикорозійним бетоном на дрібному заповнювачі простору в місцях стикування тунелю; армування стінок шахти (в разі глибокої корозії стін); облицювання стінок оглядової шахти плиткою кам'яного лиття з базальту; обробка внутрішньої поверхні експлуатаційних ділянок та сходів антикорозійним епоксидним поліуретановим складом «АКВАХИМ».

Через високу агресивність каналізаційного середовища було запропоновано захисну антикорозійну систему облицювання стінок оглядової шахти: базальтова плитка та антикорозійний розчин. В лабораторії ХНУБА було проведено дослідження на доцільність використання базальтової плитки, яке свідчить про високі якісні показники матеріалу для захисту від біогенної корозії. В результаті проведених досліджень було отримано склад розчину для його експлуатації в умовах агресивного середовища каналізаційного тунелю та оглядової шахти. Для футерування внутрішньої поверхні каналізаційного тунелю та стінок оглядової шахти базальтовою плиткою рекомендовано хімістійкий клей UltraMix E10.

При виконанні робіт по відновленню оглядових шахт та каналізаційних тунелів повинні враховуватися специфічні небезпеки, що загрожують життю та здоров'ю працюючих у них. В роботі розглянуті рішення щодо забезпечення безпеки робіт при ремонті та відновленні оглядових шахтних

Досліджено фактори вибору методу каналізаційного тунелю з використанням методу експертних оцінок, найбільш вагомими з них є: технічний стан (наявність статистики ушкоджень у період, методи ліквідації ушкоджень, порушення цілісності оброблення); фізико-механічні властивості ґрунту; діаметр існуючого каналізаційного тунелю. Дані фактори впливають на техніко-економічні показники (ТЕП) проведення робіт: собівартість, трудомісткість і тривалість відновлення ділянки каналізаційного тунелю.

Розрахунок економічної ефективності впровадження організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях

межування з оглядовими шахтами запропонованим способом в порівнянні з діючим ПЕ трубами показав, що використання технології з укладанням базальтовими плитками є більш ефективною ніж ПЕ трубами понад ніж у 3 рази. Виходячи із отриманих розрахункових значень інтегрального показника ефективності, реконструкція тунелю за методикою укладання базальтових плиток є майже удвічі ефективнішою, що є економічно доцільним та науково обґрунтованим.

Ключові слова: водовідведення, стічні води, каналізаційний тунель, оглядова шахта, надійність, відновлення, знос, корозія, сірководень, бетон, базальт.

Abstract (in English).

Hulievskyi P. Organizational and technological solutions for increasing the operational reliability of sewage tunnels at the points of connection with inspection shafts – Manuscript.

Thesis in support of candidature for the degree of Doctor of Philosophy in specialty "192 - Construction and Civil Engineering" - O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2023.

The long-term influence of an aggressive environment on the structures of drainage systems leads to their destruction and, in some cases, to emergency situations, a reduction in the time of trouble-free operation of structures, and an increase in the costs of their repair and restoration.

Particular attention needs to be paid to the specifics of the operation of sewage tunnels - the cross-section diameter is more than 1500 mm and the laying depth is more than 5-7 m. It was established that mostly all of them are built of concrete and reinforced concrete.

Analysis of the occurrence of accidents that have occurred in recent years at the sections of sewer tunnels along Gagarina Ave., St. Grekivska and KhTZ in Kharkiv is evidence of the main cause of the local collapse - damage to the reinforced concrete structure of the tunnel vault as a result of biogenic corrosion.

It should be noted that the sections of the tunnels at the points of connection with inspection shafts, as well as the structure of inspection shafts, experience the greatest corrosion. Sewage in the inspection shaft falls from the mark to the mark of the sewer tunnel tray. As a result of flow stratification, sulfuric gas is actively released, which in subsequent reactions turns into sulfuric acid of a high degree of concentration. Without anti-corrosion protection, there is damage to the concrete treatment of the tunnel, which bears the load from the soil layer.

Factors affecting the operational reliability of sewer tunnels and inspection shafts were summarized in the thesis for the study of the highest impact. According to the data obtained as a result of the expert evaluation, it was determined that among the above-mentioned reasons for the failure of the sustainable functioning of sewer tunnels, the factors with the highest degree of influence are: the destruction of the vault in the places adjacent to inspection shafts, extinguishing chambers; destruction of the arch of the sewage tunnel structure; technical condition of inspection mines.

Meanwhile, the development and implementation of technical, organizational and technological solutions for the repair and restoration of structures of sewage tunnels and inspection shafts using inexpensive domestic materials and structures will allow to increase the operational durability of drainage networks, reduce the duration and cost of repair and restoration works.

Products based on basalt were analyzed for the feasibility of using this material in the restoration of sewage networks. It was found that products based on basalt have a number of advantages: high strength, fairly low weight, reliability during operation in a wide temperature range, they are not prone to corrosion and have high chemical resistance. Thus, the parameters of basalt meet the main requirements for materials used to protect sewage networks. The use of basalt-fibrous materials, composites and products from them are promising and economically feasible. These advantages make it possible to use basalt materials in the repair and restoration of drainage networks.

When repairing and restoring sewer tunnels, open and closed methods of work are used.

Taking into account the fact that part of the sewage networks passes through territories where there are no transport arteries, through agricultural lands and has an insignificant depth of occurrence, as well as the fact that, as a rule, their channel part is in a condition suitable for further operation, it is advisable to carry out repair and restoration work on them in an open way.

Based on the fact that the tray part of the collectors has been preserved, the restoration of the vaulted part with the use of stone casting tiles is considered in the dissertation work. Restoration work in this case is carried out with the help of pneumatic formwork.

The use of pneumatic formwork plays an important role, as it ensures the fulfillment of the following requirements: quick assembly and disassembly of the formwork; the possibility of using it for spatial surfaces of a curved shape, even with large spans; multiple reversibility of the formwork.

When considering the methods of repair and restoration of large-diameter sewer pipelines and tunnels, it was noted that the method of inserts is currently the main one, both in foreign and domestic sanitation practice. At the same time, as a rule, pipes made of polyethylene, fiberglass and basalt plastic are used. When researching the methods of repair and restoration of inspection shafts, it was established that the city of Kharkiv has accumulated considerable experience in this area. With the use of solutions developed by university scientists, many mines in the city's sewage tunnels have been restored. At the same time, ribbed polyethylene, slag casting panels, clinker bricks, and VMX-basalt wall coverings were used.

In the laboratory of the university, samples of basalt elements, which are present on the market of construction products in Ukraine, were studied. In addition to determining the strength characteristics, the presence of adhesion between the cement-sand mortar and the basalt tile surface was determined. The obtained results of the study showed that the solution will provide the necessary adhesion with basalt elements capable of counteracting biogenic corrosion of sewage networks and structures.

Several samples of basalt elements were selected during the research on resistance to the action of an aggressive environment. The basalt samples were tested for resistance to the aggressive environment for 90 days in the inspection shaft of the deep sewer tunnel, the concentration of hydrogen sulfide and other chemical compounds several times exceeding the maximum allowable. As the results of the test showed, the basalt samples are not prone to corrosion and did not lose their compressive and bending strength after the samples were exposed to the aggressive environment of the sewage mine for 3 months.

In this work, the acquirer proposed a new technology for the repair and restoration of sewer tunnels, which includes 9 stages: dismantling of emergency sections of the tunnel (vaults, walls); clearing the tray part of the tunnel; restoration of the section of the tunnel part of the tunnel (if the tunnel is destroyed); cleaning of the existing fittings to ensure the joint operation of the tray and the protective coating of the vault being erected; installation of pneumatic formwork for the construction of the tunnel vault with internal finishing with stone casting tiles; laying stone casting tiles; installation of the necessary fittings for the protective lining of the vault made of monolithic reinforced concrete; creation of inventory formwork; laying the concrete mixture of the monolithic part of the vault; dismantling of pneumatic and inventory formwork after gaining strength of concrete; backfilling of the trench with compaction. According to the calendar schedule of works, the duration of works performed on the section of 30 m of the sewer tunnel with a diameter of 1840 mm at the point of connection to the inspection shaft with the use of stone casting tiles is 40 days.

As research shows, the limits of the rational use of the open (trench) method of repair and restoration work, depending on the specific engineering, geological and production conditions, vary widely with the depth of laying the trench on average from 3 to 8 m. In construction practice, when developing soil in trenches, most often fasteners of vertical walls are used.

The dissertation presents a new organizational and technological solution for the restoration of inspection mines. The main period of restoration of the observation

shaft with the help of facing the walls with basalt stone casting tiles: dismantling of the floor slabs; cleaning of walls from corrosion products; injection of anti-corrosion concrete on a small filler of space at the junctions of the tunnel; reinforcement of the mine walls (in case of deep corrosion of the walls); facing the walls of the observation shaft with stone-cast basalt tiles; treatment of the inner surface of operational areas and stairs with anti-corrosion epoxy polyurethane compound "AQUAKHIM".

Due to the high aggressiveness of the sewage environment, a protective anti-corrosion lining system for the walls of the inspection shaft was proposed: basalt tiles and anti-corrosion solution. A study on the feasibility of using basalt tiles was conducted in the laboratory, which testifies to the high-quality indicators of the material for protection against biogenic corrosion. As a result of the conducted research, the composition of the solution was obtained for its operation in the conditions of the aggressive environment of the sewage tunnel and inspection shaft. Chemical-resistant glue UltraMix E10 is recommended for lining the inner surface of the sewer tunnel and the walls of the inspection shaft with basalt tiles.

When carrying out work on the restoration of inspection mines and sewage tunnels, specific dangers that threaten the life and health of those working in them must be taken into account. The work considers solutions to ensure the safety of work during the repair and restoration of inspection shafts

The factors of choosing the sewer tunnel method were studied using the method of expert evaluations, the most important of which are: technical condition (availability of damage statistics during the period, damage elimination methods, violation of processing integrity); physical and mechanical properties of the soil; diameter of the existing sewage tunnel. These factors affect the technical and economic indicators of the works: cost, labor intensity, and duration of restoration of the sewer tunnel section.

The calculation of the economic efficiency of the implementation of organizational and technological solutions for the repair and restoration of sewer tunnels in the places bordering inspection shafts by the proposed method in

comparison with the existing PE pipes showed that the use of technology with laying basalt tiles is more than 3 times more effective than PE pipes. Based on the calculated values of the integral efficiency index, the reconstruction of the tunnel using the method of laying basalt tiles is almost twice as efficient, which is economically feasible and scientifically justified.

Key words: drainage, waste water, sewage tunnel, inspection shaft, reliability, recovery, wear, corrosion, hydrogen sulfide, concrete, basalt.

Список публікацій здобувача.

Наукові роботи, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації.

1. Гулевський П.Ю. Дослідження факторів, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів в місцях приєднання до оглядових шахт. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2020. №3. С. 94-98.

URL: <http://surl.li/llkwt> (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-94-98>

2. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Використання базальту при ремонті і відновленні мереж водопостачання та водовідведення. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. №2. С. 43-50.

URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/235817> (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.270421.43.750>

Особистий внесок здобувача – обґрунтування доцільності використання матеріалів з кам'яного лиття для ремонту та відновлення мереж водопостачання та водовідведення.

3. Goncharenko D., Aleinikova A., Kazimagomedov I., Hulievskiy P. Aggressive environment of sewerage influence on the basalt samples strength. *Науковий вісник будівництва*. 2021. №4. С. 92-96. URL: https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/4_106_2021/13.pdf (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2021-106-4-92-96>

Особистий внесок здобувача – експериментальні дослідження базальтових елементів для доцільності використання в каналізаційному середовищі.

4. Гончаренко Д.Ф., Гулевський П.Ю., Алейнікова А.І.,. Експериментальні дослідження адгезії базальтових елементів та цементно-піщаного розчину для доцільності використання в каналізаційному середовищі. *Збірник наукових праць «Вісник ОДАБА»*. 2022. № 87. С. 40-46.

URL: <http://visnyk-odaba.org.ua/2022-87/87-5.pdf> (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2022-87-40-46>

Особистий внесок здобувача – експериментальні дослідження адгезії базальтових елементів та цементно-піщаного розчину для доцільності використання при проведенні відновлювальних робіт каналізаційних мереж.

5. Goncharenko D., Hulievskiy P., Alejnikowa A., Ratschkowskij A. Effiziente Nutzung von Basaltelementen in Abwassernetzen. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall-2023 (70)-Nr.1*, S. 32 – 35.

www.dwa.de/KA

Особистий внесок здобувача – дослідження та обґрунтування адгезії плитки кам'яного лиття та розчину в лабораторних умовах.

6. Алейнікова А.І., Гулевський П.Ю., Вороненко В.О. Організаційно-технологічні рішення ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами. *Комунальне господарство міст*. Харків. 2023. №4(178). С. 118-124.

URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6162/6081>

DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-118-124>

Особистий внесок здобувача – розроблення та обґрунтування організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів та оглядових шахт з використанням базальтової плитки.

Наукові роботи, що підтверджують апробацію дисертації.

7. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П.Ю., Вороненко В. О. Фактори, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів в місцях приєднання до оглядових шахт. *Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд*: тези за матеріалами ІХ Міжнародної наукової конференції. Харків. 2019. С. 35- 36.

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wpcontent/uploads/2019/10/Tezu_resyrs_2019.pdf

(дата звернення: 20.02.2023)

8. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Фактори, які впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів та оглядових шахт. *75 науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва та архітектури* : тези доповідей 75-ої науково-технічної конференції

Харківського національного університету будівництва та архітектури. Харків. 2020. С. 228-229

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2020/07/ntk75_tezi.pdf

(дата звернення: 20.02.2023)

9. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Методи захисту підземних комунікацій від факторів, що впливають на їх експлуатаційну надійність. *Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур*: тези за матеріалами ІХ Всеукраїнського науково-практичного семінару. Харків. 2020. С. 60-61

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2020/11/Tezu_seminary.pdf

(дата звернення: 20.02.2023)

10. Гулевський П. Ю. *Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві*: тези по матеріалам VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Харків. 2020. С. 28-29

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2020/12/Tezu_Konf_2020.pdf

(дата звернення: 20.02.2023)

11. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П.Ю. Використання базальту для ремонту і відновлення каналізаційних колекторів. *Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд*: тези по матеріалам X Міжнародної наукової конференції. Харків. 2021. С. 83-84

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wpcontent/uploads/2021/11/Tezu_resyrs_2021.pdf

(дата звернення: 20.02.2023)

12. Гулевський П.Ю. Аналіз методів ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій каналізаційних тунелів. *77 науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва та архітектури*: тези доповідей 77-ої науково-технічної конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури. Харків. 2022. С. 35-36

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2022/11/ntk77_tezi.pdf (дата

звернення: 20.02.2023)

ЗМІСТ

ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТУНЕЛІВ, ОГЛЯДОВИХ ШАХТ ТА ВУЗЛІВ ЇХ З'ЄДНАННЯ.....	24
1.1 Конструктивні рішення експлуатованих тунелів, оглядових шахт та вузлів їх з'єднання.....	24
1.2 Основні конструктивні рішення та вимоги до тунелів та оглядових шахт м. Харкова	35
Висновки за розділом 1:	44
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ ТУНЕЛІВ ТА ОГЛЯДОВИХ ШАХТ.....	45
2.1 Аналіз стану каналізаційних тунелів та оглядових шахт	45
2.2 Дослідження факторів, що призводять до руйнування тунелів та оглядових шахт.....	49
2.3 Дослідження стану оглядових шахт, розташованих на експлуатованих тунелях	65
Висновки за розділом 2:	69
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ТУНЕЛІВ І ОГЛЯДОВИХ ШАХТ	70
3.1 Вироби та матеріали з кам'яного лиття для відновлення каналізаційних тунелів та шахт	70
3.2 Сучасні технології ремонту та відновлення каналізаційних тунелів та шахт	80
3.3 Експериментальні випробування базальту для його використання в ремонтно-відновлювальних роботах.....	103
Висновки за розділом 3:	113

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ В МІСЦЯХ МЕЖУВАННЯ З ОГЛЯДОВИМИ ШАХТАМИ	115
4.1 Розробка організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами	115
4.2 Моделювання фрагмента тунелю з використанням методу скінченних елементів	134
4.3 Обґрунтування вибору методу ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами	137
4.4 Розрахунок економічної ефективності впровадження організаційно- технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами	145
Висновки за розділом 4:	152
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	153
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	157
ДОДАТКИ.....	169
Додаток А – СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА.....	170
Додаток Б – Акт впровадження.....	174
Додаток В – Акт впровадження.....	175

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Упродовж 1966-1980 рр. в Україні було введено в експлуатацію понад 60% усіх каналізаційних тунелів з глибиною залягання до 50 м та 90 м оглядових і перепадних шахтних стволів. Значна частина каналізаційних тунелів була збудована за відсутності будівельних норм - СНіП, які були прийняті лише в 1985 р.

Тривалий вплив агресивного середовища на конструкції систем водовідведення, призводить до їх руйнування та в деяких випадках до виникнення аварійних ситуацій, скорочення часу безаварійної експлуатації споруд, збільшення витрат на їх ремонт та відновлення [3, 11, 20, 26, 51, 65, 73, 77, 102]. Хімічні реакції, що протікають у вільному просторі трубопроводу, формують агресивне середовище по відношенню до бетонних конструкцій. Найбільш схильні до дії біогенної корозії конструкції склепіння каналізаційних тунелів [15].

Аналіз виникнення типових аварій мереж водовідведення вказує на ряд причин виходу їх працездатного стану, а саме: зменшення кількості стоків за останні 20 років в 2-3 рази; підвищення агресивності стічних вод, зниження швидкості потоку і збільшення опадів. За час експлуатації понад нормативного терміну залізобетонне склепіння тунелю майже повністю руйнується в результаті дії біогенної корозії. Перераховані причини руйнування каналізаційних тунелів, побудованих більше 50 років тому, як правило схожі за своїм характером. З вищесказаного випливає виділити специфіку експлуатації каналізаційних тунелів - діаметр перетину понад 1500 мм і глибина закладення понад 5-7 м.

Слід відзначити, що найбільшій корозії зазнають ділянки тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами, а також конструкції оглядових шахт. Наявність у газовому середовищі оглядових шахт кислотно-лужної складової, вуглекислого газу, аміаку, метану, сірководню, обсяги яких іноді на кілька порядків перевищують гранично допустиму концентрацію, що ускладнює

роботу на шахтах. Численні дослідження [3, 11, 51, 65, 102] дозволяють зробити висновок, що основним фактором, що веде до руйнування залізобетонних елементів кріплення оглядових шахт та прилеглого тунелю, є велика концентрація сірководню.

Аварійні пошкодження, що трапилися за останні роки на ділянках каналізаційних тунелів по пр. Гагаріна, вул. Греківській та ХТЗ в м. Харків є свідомою основної причини виникнення локального обвалення - пошкодження залізобетонної конструкції склепіння тунелю в результаті впливу біогенної корозії. Ділянка руйнування знаходилася в безпосередній близькості від камери гасіння потоку стічних вод [98]. Стічні води в камері гасіння падають з позначки до позначки лотка каналізаційного тунелю. В результаті розшарування потоку активно виділяється сірчаний газ, який в наступних реакціях перетворюється в сірчану кислоту високого ступеня концентрації. Не маючи антикорозійного захисту, йде пошкодження бетонного оброблення тунелю, яке несе навантаження від товщі ґрунту.

Значну роль при ремонті та відновленні конструкцій водовідведення відіграє вибір матеріалів та конструкцій, здатних протидіяти агресивному впливу сірководню та інших газів.

В Україні та за кордоном нині накопичено значний досвід ремонту та відновлення конструкцій мереж водовідведення із застосуванням матеріалів та конструкцій, що мають високу кислото- та лугостійкість.

Тим часом розробка та впровадження технічних, організаційних та технологічних рішень ремонту та відновлення конструкцій каналізаційних тунелів та оглядових шахт із застосуванням недорогих вітчизняних матеріалів та конструкцій дозволить підвищити експлуатаційну довговічність мереж водовідведення, скоротити тривалість та вартість ремонтно-відновлювальних робіт.

Усе це підтверджує актуальність обраної теми дослідження.

Робочою гіпотезою служить припущення про можливість розробки організаційно-технологічних рішень, які дозволять підвищити експлуатаційну

надійність каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами, значно знижуючи при цьому собівартість ремонтно-відновлювальних робіт.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі технології будівельного виробництва в Харківському національному університеті будівництва та архітектури. Вона є продовженням циклу науково-дослідних робіт, що фінансувались за рахунок бюджету України, таких як: «Організаційно-технологічне забезпечення сталого функціонування підземних інженерних комунікацій водопровідно-каналізаційного господарства» (проект молодих вчених 2017-2019 рр., номер держреєстрації 0117U007267); «Комплекс організаційно-технологічних заходів підвищення експлуатаційного ресурсу каналізаційних тунелів та колекторів комунального господарства» (проект молодих вчених 2020-2022 рр., номер держреєстрації 0127U101876).

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є наукове обґрунтування та розробка організаційно-технологічних рішень спрямованих на підвищення експлуатаційної довговічності каналізаційних тунелів та шахт, які межують з ними, шляхом використання для їх ремонту та відновлення матеріалів, здатних протидіяти біогенній корозії.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання досліджень, а саме:

проаналізувати конструктивні рішення каналізаційних тунелів, оглядових шахт та вузлів їх з'єднання;

дослідити стан конструкцій експлуатованих тунелів та оглядових шахт, а також чинники, що впливають на їх несучу здатність;

експериментально дослідити плитку кам'яного лиття та підібрати склад розчину з урахуванням їх подальшої експлуатації в умовах агресивного середовища транспортування стічних вод;

дослідити методи відновлення та посилення конструкцій тунелів і оглядових шахт, а також виконати аналіз використовуваних для цих цілей матеріалів і конструкцій;

розробити технологічні та організаційні рішення, що підвищують надійність і довговічність каналізаційних тунелів та оглядових шахт.

розрахувати економічну ефективність впровадження організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами

Об'єкт дослідження – технологічні процеси, що підвищують експлуатаційну довговічність каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами.

Предмет дослідження – технологічні та організаційні параметри технологічних процесів ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами.

Методи досліджень. Методи аналізу та узагальнення були застосовані для обґрунтування актуальності, формулювання мети і завдань дослідження.

Під час проведення досліджень щодо визначення технічного стану каналізаційних тунелів і оглядових шахт та основних причин руйнації використовувались методи бібліографічного та системного аналізу, методи експертного оцінювання.

Розрахунок конструкцій для відновлення склепової частини з використанням плитки кам'яного лиття та залізобетону виконувався за допомогою численних методів, реалізованих у програмних комплексах на базі методу скінченних елементів.

Розчин, придатний для експлуатування в тунелях з високою концентрацією сірководню, вибирався відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-46-2010 «Цементи загально-будівельного призначення». Натурні обстеження, експериментальні дослідження корозійної стійкості вибраних матеріалів проводились у лабораторіях університету та в біокамерах (оглядових шахтах каналізаційних тунелів глибокого залягання).

Практичне значення результатів досліджень.

Наукова новизна результатів досліджень полягає в наступному:

вперше розроблено технологію ремонту та відновлення склепової частини тунелів із використанням плитки кам'яного лиття;

вперше проведено дослідження зразків базальту для створення захисної обробки каналізаційних тунелів;

вперше розроблено технологічні та організаційні рішення щодо ремонту та відновлення оглядових шахт за допомогою плитки кам'яного лиття;

вдосконалено розрахунок ефективності впровадження заходів з відновлення та ремонту каналізаційних тунелів;

вдосконалено рекомендації щодо вибору матеріалів, конструкцій та методів виконання ремонтно-відновлювальних робіт, спрямованих на підвищення експлуатаційної довговічності комплексу споруд каналізаційних тунелів;

вдосконалено розрахунок ефективності впровадження заходів з відновлення та ремонту каналізаційних тунелів.

Результати досліджень мають практичне значення при прийнятті організаційно-технологічних рішень з ремонту та відновлення каналізаційних тунелів неглибокого залягання та оглядових шахт; а саме на стадіях розробки проектів організації, та виконання робіт, підготовки інвестиційних проектів, прогнозування експлуатаційної довговічності каналізаційних споруд.

Наукові розробки використано при виконанні госпдоговірної роботи для КП «Харківводоканал», тематика якої направлена на впровадження організаційно-технологічних заходів підвищення експлуатаційного ресурсу каналізаційних тунелів та колекторів комунального господарства.

Особистий внесок автора. Дисертаційна робота є завершеною, самостійно підготовленою науковою працею. Особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає у:

аналіз стану каналізаційних тунелів міста Харкова;

розробка технологічних рішень, які підвищують експлуатаційну довговічність оглядових шахт та каналізаційних тунелів;

наукове обґрунтування та розробка технологічних та організаційних рішень щодо ремонту та відновлення тунелів з використанням плитки кам'яного лиття.

визначення величини адгезії між базальтовими елементами та розчином.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень пройшли апробацію на: IX Міжнародній науковій конференції «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд» (Харків, ХНУБА, 2019р.), 75 науково-технічній конференції до 90 річчя ХНУБА (Харків, ХНУБА, 2020р.), IX Всеукраїнському науково-практичному семінарі «Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур» до 90 річчя ХНУБА (Харків, ХНУБА, 2020р.), VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві» (Харків, ХНУБА, 2020р.), X Міжнародній науковій конференції «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд» (Харків, ХНУБА, 2021 р.), 77 науково-технічній конференції (Харків, ХНУБА, 2022р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 12 друкованих праць, з яких: 5 – у збірках і журналах, рекомендованих Міністерством освіти і науки України для публікації результатів дисертаційних досліджень; 1 – у періодичному науковому виданні держави яка входить до ЄС; 6 опублікованих праць апробаційного характеру.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 113 найменувань. Робота викладена на 175 сторінках, містить 75 рисунків, 26 таблиць, 16 формул.

РОЗДІЛ 1

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТУНЕЛІВ, ОГЛЯДОВИХ ШАХТ ТА ВУЗЛІВ ЇХ З'ЄДНАННЯ

1.1 Конструктивні рішення експлуатованих тунелів, оглядових шахт та вузлів їх з'єднання

Система каналізації міста – це складний інженерний комплекс, який бере свій початок з давнини. При розкопках в Єгипті виявлені системи водовідведення, що були побудовані за 2500 років до н.е. [1]. Аналогічні споруди існували ще раніше в Індії. У VI ст. до н. е. в Римі був побудований відомий канал «клоака максима», що нині частково використовується в сучасній каналізації Риму. Ці споруди вимагали значних витрат праці і матеріалів і обов'язкового підведення водопостачання. Інтенсивне будівництво системи водовідведення почалося в Європі в XIX ст. Англія інтенсивно розвивалася в виробничому секторі, відбувалось зростання міст, про що свідчить наявність системи водовідведення на момент 1833 р. більш ніж в 50 містах. Будівництво централізованої каналізації Німеччини почалось пізніше, у 1843 р. з'явилась у Гамбурзі, у Штеттині в 1862 р., Франкфурт-на-Майні в 1867 р., Берліні в 1873 року і т.д. [2]. Повільно розвивалося каналізування міст Франції, хоча каналізування самого Парижа було розпочато ще в другій половині XIV століття. Швидшим темпом йшло будівництво каналізації міст США - до 1902 року було каналізовані близько 1000 міст [3].

Упродовж десятиліть і навіть століть труби для будівництва каналізації виготовляються з різних матеріалів, залежно від призначення трубопроводу, складу стічних і ґрунтових вод. Еволюцію використання матеріалів для виготовлення каналізаційних труб наведено на рис 1.1.

Кам'яне століття	• труби з дерева
30000 років до н.е.	• труби з камення
3000 років до н.е.	• труби з міді
VII століття	• труби з свинцю
VIII століття	• труби зі сталі
1935 р.	• труби з ПВХ
1952 р.	• труби з ПВД
1955 р.	• труби з ПНД
1959р.	• труби з поліпропілену
1972 р	• труби з зшитого ПЕ
1972 р.	• труби з полібутену

Рисунок 1.1 – Еволюція використання матеріалів для виготовлення каналізаційних труб

Для транспортування стічних вод режимі застосовуються закриті і відкриті лотки, канали різних форм і площі поперечних перетинів (рис. 1.2) [4, 5].

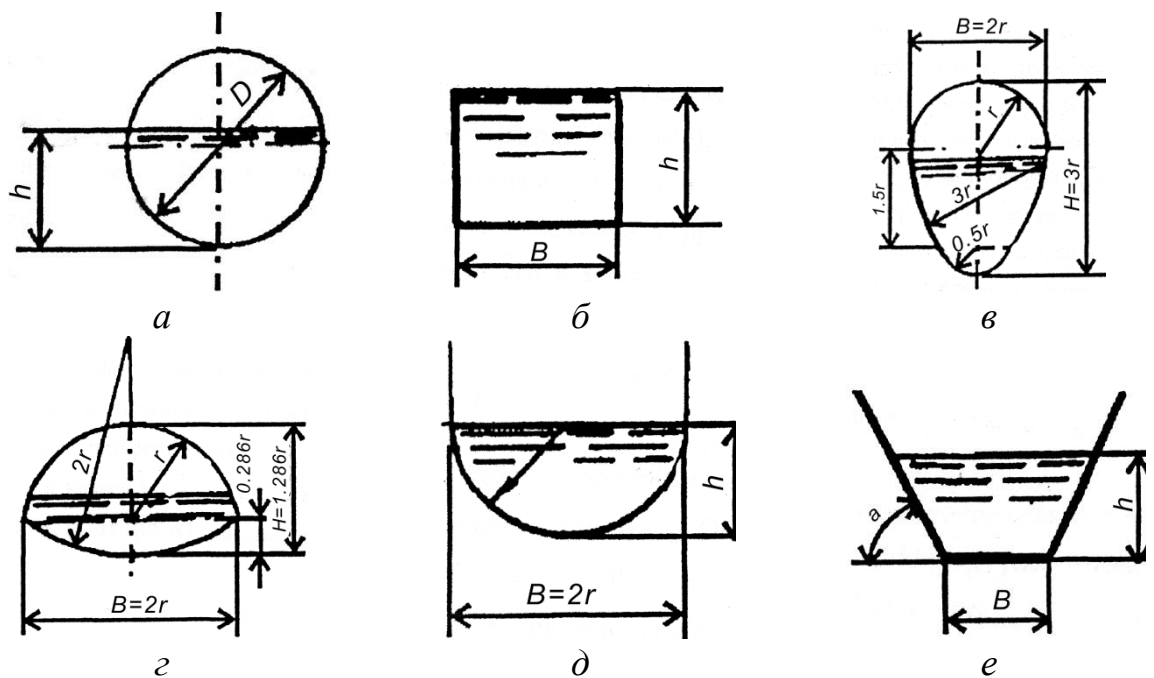


Рисунок 1.2 – Площа поперечного перетину каналізаційних трубопроводів і колекторів:

a – круглий; *б* – прямокутний; *в* – яйцеподібний або овальний;
г – лотковий; *д* – напівкруглий; *е* – трапецієподібний [4, 5]

Самопливну каналізаційну мережу будують, як правило, з керамічних

(рис.1.3), азбестоцементних (рис. 1.4) і безнапірних залізобетонних труб (рис. 1.5) , поліетиленові труби та інші труби з корозійно-абразивностійких матеріалів або футеровані такими матеріалами (рис. 1.6), а тунелі – із залізобетонних тубінгів із внутрішньою обробкою із монолітного залізобетону (рис. 1.7).



Рисунок 1.3 – Керамічні труби



Рисунок 1.4 – Азбестоцементні безнапірні труби



Рисунок 1.5 – Залізобетонні безнапірні труби



Рисунок 1.6 – Поліетиленові труби

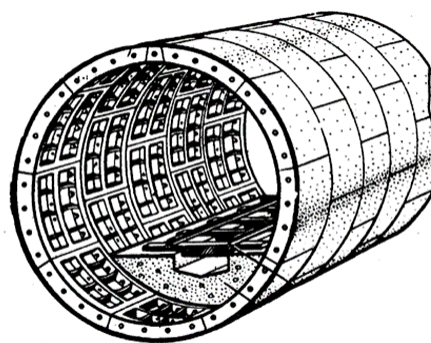


Рисунок 1.7 – Тунелі – із залізобетонних тубінгів

Як відзначено в низці досліджень [6, 7], позитивною якістю тунелів є їх висока надійність і довговічність, які, з одного боку, забезпечуються конструкцією тунелю, а з іншого – технологією будівництва. Термін амортизації такого тунелю в 2-2,5 рази перевищує термін амортизації звичайної залізобетонної труби. Істотною перевагою щитової проходки є

незалежність темпів будівництва від кліматичних та погодних умов, а також пори року [6, 3].

Конструкції каналізаційних тунелів, споруджених закритим способом будівництва, мають, як правило, круглий поперечний переріз (рис. 1.8). Конструкції тунелів, збудованих відкритим способом - в основному круглого і прямокутного перерізу (рис.1.9.) [8, 9].

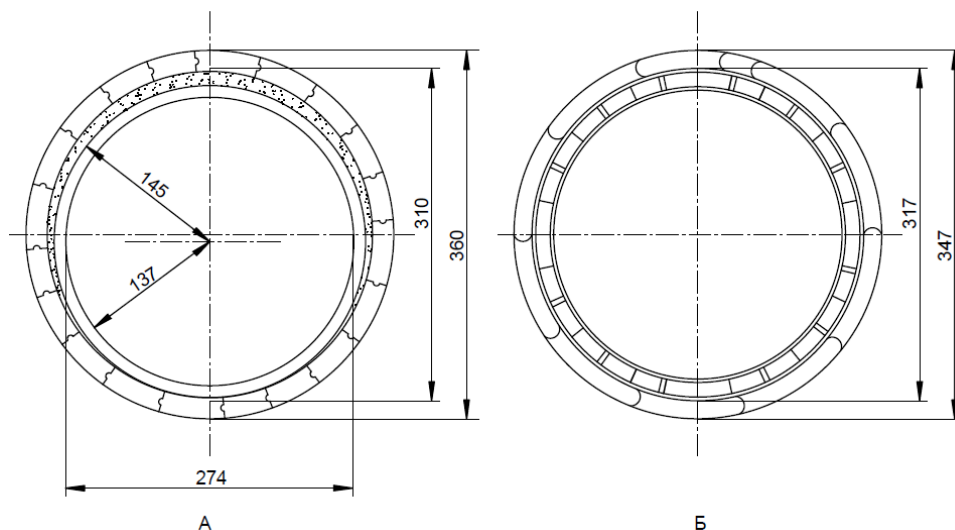


Рисунок 1.8 – Поперечні розрізи каналізаційних тунелів кругового перетину:

A - з блоків з внутрішнім кільцем з залізобетонних елементів; *B* – з блоків з внутрішнім кільцем з монолітного залізобетону

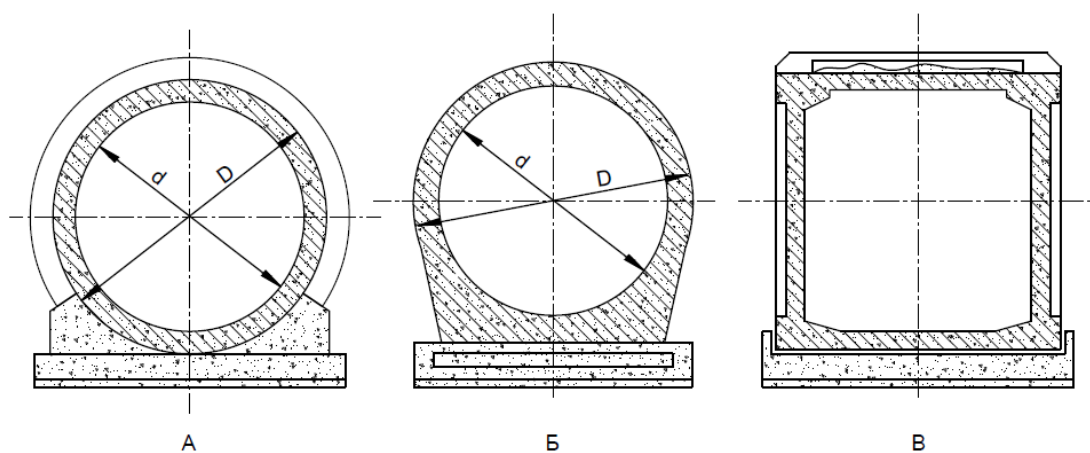


Рисунок 1.9 – Тунельні каналізаційні колектори:

A, B – з залізобетонних труб; *B* – з прямокутних блоків

Облицювання тунелів, що складаються з первинного збірного

облицювання (блоки або тюбінги) і вторинного монолітного бетонного або залізобетонного, слід розраховувати на сприйняття навантаження від гірського тиску тільки первинним облицюванням. Вторинне облицювання призначено для гідроізоляції і в розрахунок на навантаження від гірського тиску не включається [4,10, 5].

Проектні класи бетону конструкцій каналізаційних тунелів за міцністю на стиск рекомендується приймати не нижче вказаних у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Клас бетону конструкцій каналізаційних тунелів за міцністю на стиск

Вид конструкцій	Клас бетону за міцністю на стиск не нижче
Залізобетонні блоки облицювання суцільні або ребристі	C25/30
Залізобетонні блоки облицювання монолітні	C20/25
Бетонні облицювання монолітні	C12/15
Внутрішні бетонні і залізобетонні конструкції монолітні	C12/15
Внутрішні залізобетонні конструкції збірні	C20/25
Заздалегідь напружені залізобетонні конструкції	C20/25

Як правило, облицювання конструкцій тунелів, що складається з первинного збірного облицювання (блоки або тюбінги) і вторинного монолітного залізобетонного, необхідно розраховувати на сприйняття навантаження від гірського тиску тільки первинним облицюванням. Вторинне облицювання призначено для антикорозійного захисту та гідроізоляції [4, 5, 11-18].

Бетон для елементів конструкцій облицювання каналізаційних тунелів слід встановлювати проектом залежно від гідрогеологічних умов в районі будівництва, можливого внутрішнього тиску та з урахуванням заходів захисту залізобетонних і бетонних конструкцій від корозії, але не нижче за марку за водонепроникністю, яку рекомендується приймати W12 – W20 (не нижче W6). При проектуванні марки бетону конструкцій каналізаційних тунелів по

морозостійкості слід призначати залежно від умов їх роботи, але не нижче F75 [4,19-21, 22-23, 5].

Комплекс каналізаційних мереж і споруд слід захищати від інфільтрації поверхневих і ґрунтових вод, а також ексфільтрації стічних вод наступними заходами: використання гідроізоляційних матеріалів, влаштування металоізоляції, цементация ґрунтового масиву, глинізація, силікатизація, тощо [4, 5]. Конструкція зовнішньої та внутрішньої гідроізоляції тунельного облицювання повинна забезпечувати збереження суцільності та водонепроникності при можливих деформаціях облицювання. Вибір способу забезпечення водонепроникності визначається конструкцією облицювань, інженерно-геологічними і експлуатаційними умовами [4,10, 5].

Залежно від призначення оглядові колодязі поділяються на лінійні, поворотні, вузлові та контрольні. Крім того, застосовують промивні, перепадні та спеціальні колодязі. Розрізняють також технологічні та будівельні оглядові колодязі.

Оглядові колодязі, як правило, складаються з робочої камери, що має розміри, достатні для зручної роботи (заввишки 1,8 м), і розташованої над камерою горловини. Висота горловини залежить від глибини закладання мережі. Робочі камери формою у плані влаштовують круглими і прямокутними [3].

У практиці зведення стовбурів каналізаційних систем глибокого закладання використовуються різні конструктивні рішення, що залежать від функціонального призначення та особливостей роботи в періоди будівництва та експлуатації цих споруд, методів виконання робіт, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, прийнятих розрахункових схем та матеріалів (рис. 1.10). Основні конструктивні елементи таких стволів показано на рис. 1.11.

Робоча камера збірного залізобетонного круглого оглядового колодязя з бічним приєднанням (рис. 1.12), що складається з кілець, встановлена на основу, перехід до горловини здійснено за допомогою конуса. Кришка залізобетонного люка та полотно проїжджої частини дороги повинні

знаходиться на одному рівні, який регулюється за допомогою каменів. Криниця закривається кришкою, для спуску в нього передбачені скоби. У нижній частині робочої камери споруджено відкритий лоток [3].

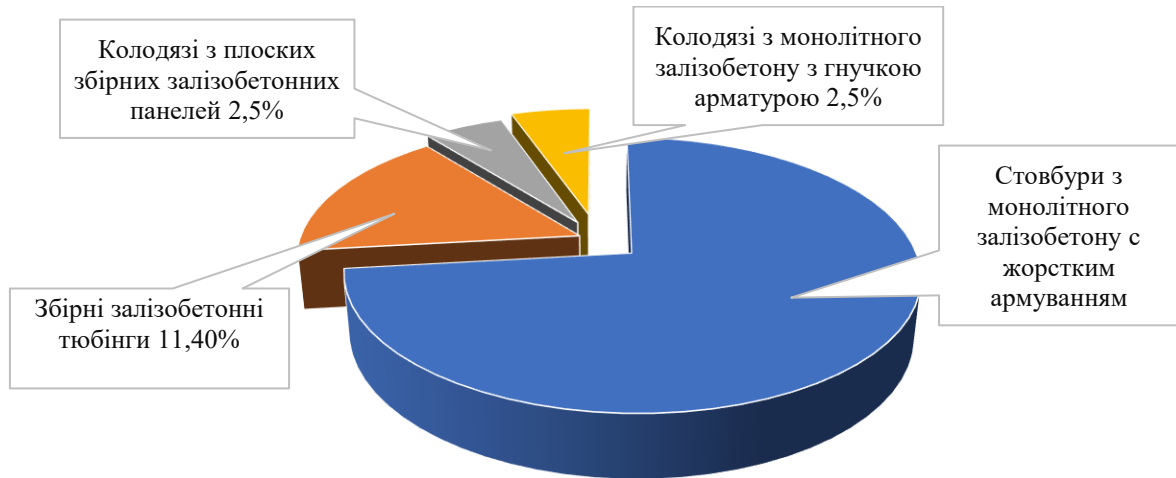


Рисунок 1.10 – Відсоткове співвідношення кількості різних конструктивних рішень стовбів водовідведення глибокого закладення, збудованих у м. Харкові.

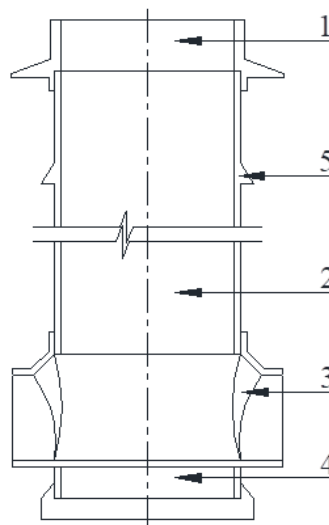


Рисунок 1.11 – Конструкція стовбура:

1- оголовок; 2- вертикальна (довга) частина; 3- сполучення стовбура з горизонтальним виробленням (камерою); 4- днище із зумпфом; 5-опорний вінець.

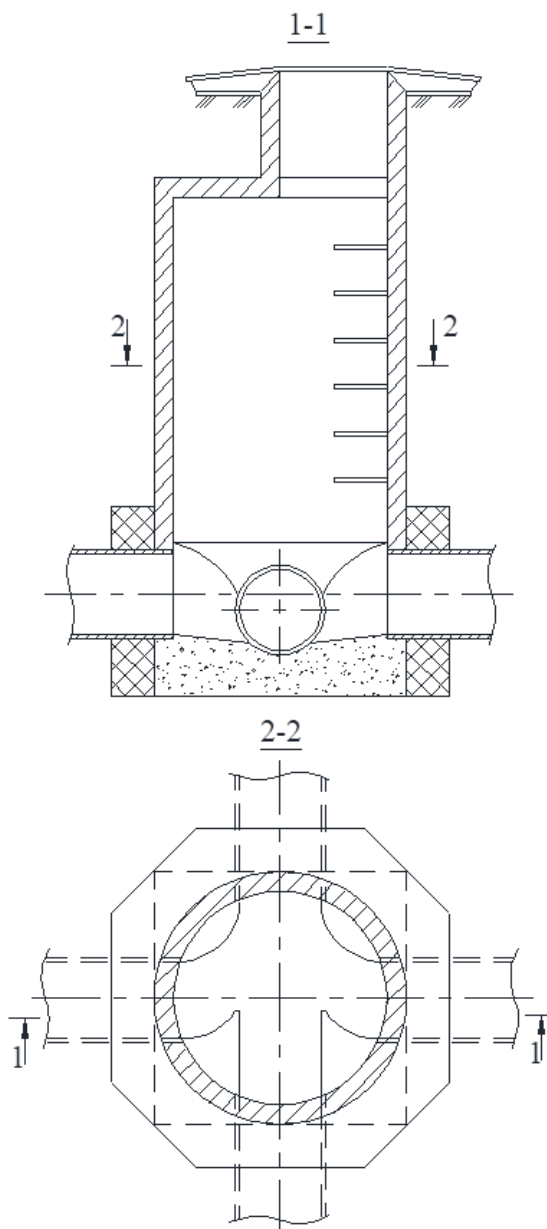


Рисунок 1.12 – Круглий збірний залізобетонний оглядовий колодязь діаметром 100 см із бічними приєднаннями.

Згідно з чинним на сьогоднішній день ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» [10] розміри у плані оглядових колодязів чи камер регламентуються так:

1. Розміри у плані прямокутних оглядових колодязів (рис. 1.13) або камер господарсько-побутової та виробничої каналізації рекомендується приймати залежно від труби найбільшого діаметра D

- на трубопроводах діаметром до 600 мм включно - довжину та ширину 1000 мм;

- на трубопроводах діаметром 700 мм і більше – довжину $D + 400$ мм, ширину $D + 500$ мм.

2. Діаметри круглих колодязів рекомендується приймати на трубопроводах діаметрами: до 600 мм – 1000 мм; 700 мм – 1250 мм; 800-1000 мм

- 1500 мм; 1200 мм – 2000 мм.

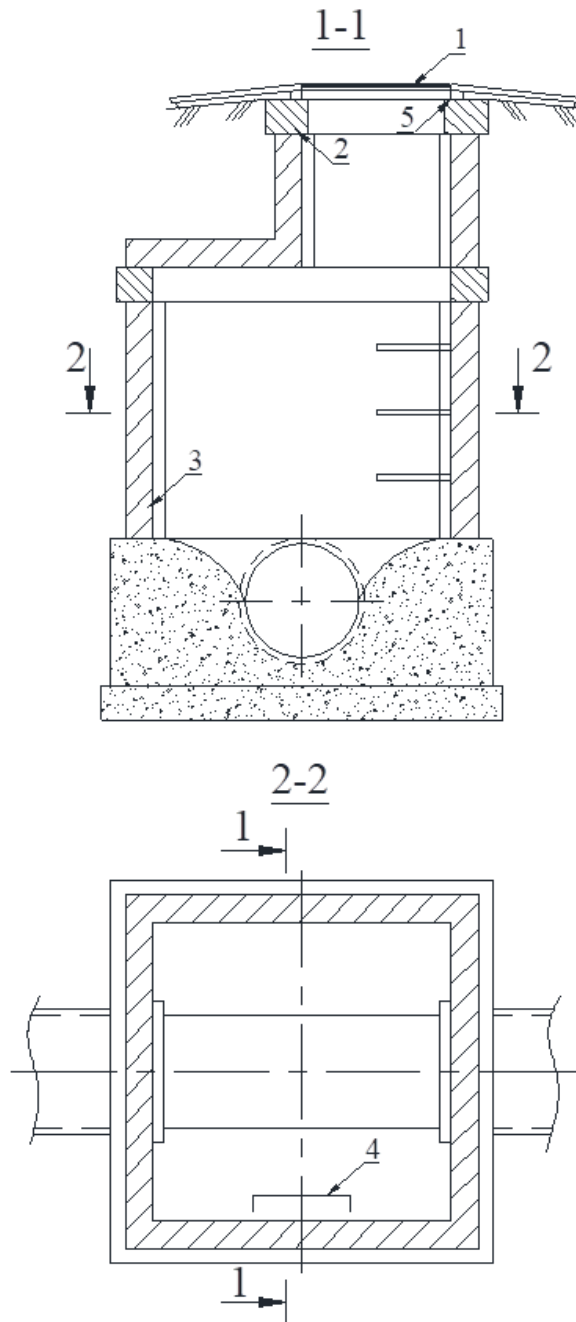


Рисунок 1.13 – Прямокутна збірна залізобетонна оглядова шахта:
 1 – люк; 2 – цегляна кладка; 3 – стінові панелі; 4 - драбини; 5 – плита перекриття.

Відстань між оглядовими шахтними стволами або свердловинами не повинна перевищувати 500 м (таблиця 1.2) [4, 10].

Мінімальні розміри оглядових шахтних стволів у плані наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Відстань між будівельними шахтними стовбурами, для безпечного попадання та виходу з нього персоналу

Діаметр, м	Відстань між будівельними шахтними стволами, м
2,1	550
2,6	750
3,2	1500
4,0	2000

На оглядових шахтних стволах рекомендується передбачати робочі площадки та знімні щити для ведення аварійних і ремонтних робіт [4, 10].

Таблиця 1.3 – Мінімальні розміри оглядових шахтних стволів у плані

Діаметр, м	Мінімальний розмір шах у плані, м
Круглі стволи	
2,1	4,0
2,6	5,5
3,2 та 4,1	7,5
5,2	9,5
Прямокутні стволи	
2,1	3,5x4,0
2,6	4,0x5,0
3,2	4,5x5,0
4,0	5,5x7,0
5,2	6,0x7,0

Відповідно до DIN 19549: «Колодязі, в які потрібно опускатися, при круглому поперечному перерізі повинні мати мінімальний внутрішній діаметр 1000 мм. Застосування кілець для колодязів діаметром 800 мм допускається, якщо під ними є робоче приміщення діаметром 1200 та висотою 2000 мм. Мінімальні розміри колодязів прямокутного перерізу 800x1000 мм, квадратного перерізу – 900x900 мм [3].

Форму поперечного перерізу стволів глибокого закладання зазвичай застосовують круглу. Це підвищує стійкість породних стін стволів і дозволяє з більшою ефективністю використовувати як обробку кріплення бетон [24]. Конструкції, мають округлі форми, раціонально використовувати за умов агресивних середовищ. На елементах без виступаючих кутів, перемичок і полиць не накопичуються тверді та рідкі агресивні речовини.

Вершину шахти утворює перекриття, що складається з рами, брудоуловлювача та кришки. Низ колодязя є вузол поєднання вертикальної конструкції стовбура з горизонтальним виробленням тунельного колектору.

Облицювання шахт виконується, як правило, залізобетонна плита, її проектна товщина - від 250 до 500 мм залежно від зовнішнього навантаження, що діє. При будівництві зазвичай використовується монолітний бетон класу не нижче В15 (С12/15) [25, 26, 27] та збірний бетон класу не нижче В25 (С20/25) [27].

1.2 Основні конструктивні рішення та вимоги до тунелів та оглядових шахт м. Харкова

Безнапірна (самопливна) каналізація, прийнята до будівництва в 60-х роках минулого століття в Харкові, є традиційною для внутрішніх і зовнішніх систем. Вона має низку переваг і недоліків [6, 7].

Так, її перевагами є незалежність і високий рівень самоочищення.

Недоліки полягають у збільшеному в порівнянні з напірними системами діаметрі трубопроводу (для Харкова – від 1,5 до 4 м) та в стабільності ухилу магістралі.

Спорудження основних каналізаційних тунелів Харкова було запроєктоване і велося за допомогою щитових комплексів ПЩ-2,1; 2,565; 3,2; 3,7 і 4 м (табл. 1.4) [6, 7].

Таблиця 1.4 – Каналізаційні тунелі Харкова

№ п/п	Назва тунелю	Тип щита	Пройдено, м		Рік введення в експлуатацію
			на 1.01.1981 р.	на 1.01.1996 р.	
1	2	3	4	5	6
1	Головний	ПЩ-4,0 ПЩ-3,7 ПЩ-3,2	5205	5205	1971 р., 1973 р.
2	ХТЗ	ПЩ-2,6 ПЩ-2,1	7237	7237	1971 р., 1972 р.
3	Салтівський	ПЩ-3,2	1423	1423	1971 р.
4	Москалівський	ПЩ-2,6	3246	3246	1971 р., 1974 р.
5	Плеханівський	ПЩ-2,6	3344	3344	1972-1974 рр.
6	Безлюдівський	ПЩ-3,2	1877	1877	1975 р.
7	Іванівський	ПЩ-2,6	3406	3406	1975-1980 рр.
8	Основ'янський	ПЩ-3,2; 2,6	1581	1581	1976 р.
9	Фрунзенський	ПЩ-2,1	1249	1249	1977 р.
10	Завода ХЕМЗ	ПЩ-2,6	1932	2697	1978-1983 рр.
11	1-й і 2-й Центральний	ЩМР-3,7	434	2594	1984 р., 1988 р.
12	Автозапчастина	ПЩ-2,6	–	1434	1985 р.
13	Лісопарковий	ПЩ-2,6	5079	6297	1989 р.
14	3-й Центральний	ЩМР-3,7	–	1410	1993 р.
15	Дублюючий (головний)	ПЩ-3,3	–	398	–
16	Шевченківський	ПЩ-2,6	347	347	1974 р.
17	По вул. Зубарева	ПЩ-2,6	–	1619	1990 р.
18	Роганський	ПЩ-2,6	–	638	1992 р.
19	Завода «Будгідровлика»	ПЩ-2,6	–	961	1987 р.
Усього			36360	46963	

На рис. 1.14 подано поперечний переріз типового каналізаційного тунелю, спорудження якого здійснювалося за допомогою щитового комплексу ПЩ-3,2.

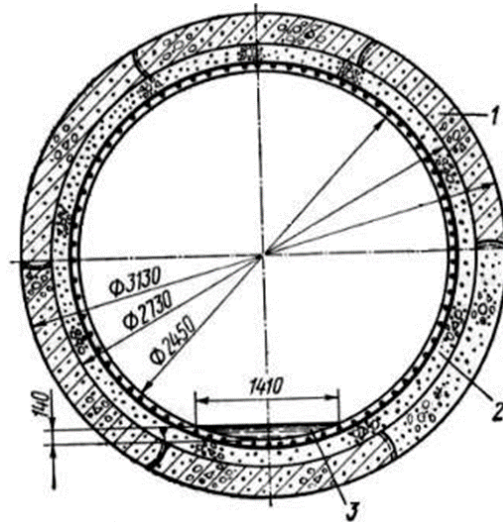


Рисунок 1.14 – Поперечний переріз каналізаційного тунелю, прокладеного з використанням щита ПЩ-3,2:

- 1 – збірне блокове кріплення; 2 – монолітна гідроізоляційна сорочка;
3 – бетонна подушка

Як випливає із табл. 1.4 (пп. 2, 4, 5, 7, 12, 13, 16-19) значну протяжність у Харкові мають каналізаційні тунелі з внутрішнім діаметром 1840 мм, для прокладення яких використовувався тип щита ПЩ-2,6.

Конструктивне рішення цього тунелю подано на рис. 1.15.

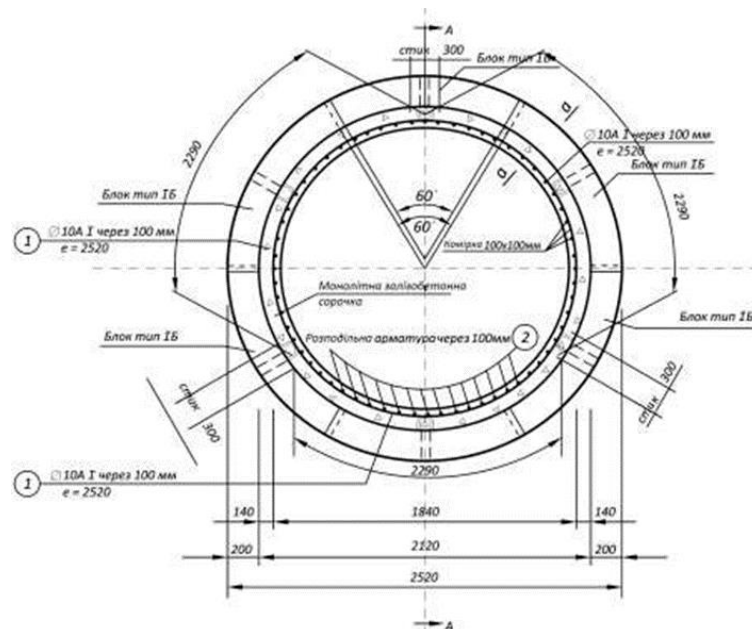


Рисунок 1.15 – Поперечний переріз тунелю, прокладеного з використанням щита ПЩ-2,2

З аналізу проектної документації випливає, що основним конструктивом

цього тунелю є збірні залізобетонні тьобінги розміром 1370×770×200 мм та 1210×770×200 мм.

Армовані тьобінги виготовлені в заводських умовах із бетону марки 300. На рис. 1.16 вони марковані як блоки типу I-Б та II-Б.

Внутрішня поверхня тунелю має внутрішню бетонну обробку з бетону марки 200.

Вивчення проектної документації дало можливість встановити, що водонепроникність конструкцій тунелю становить W 4.

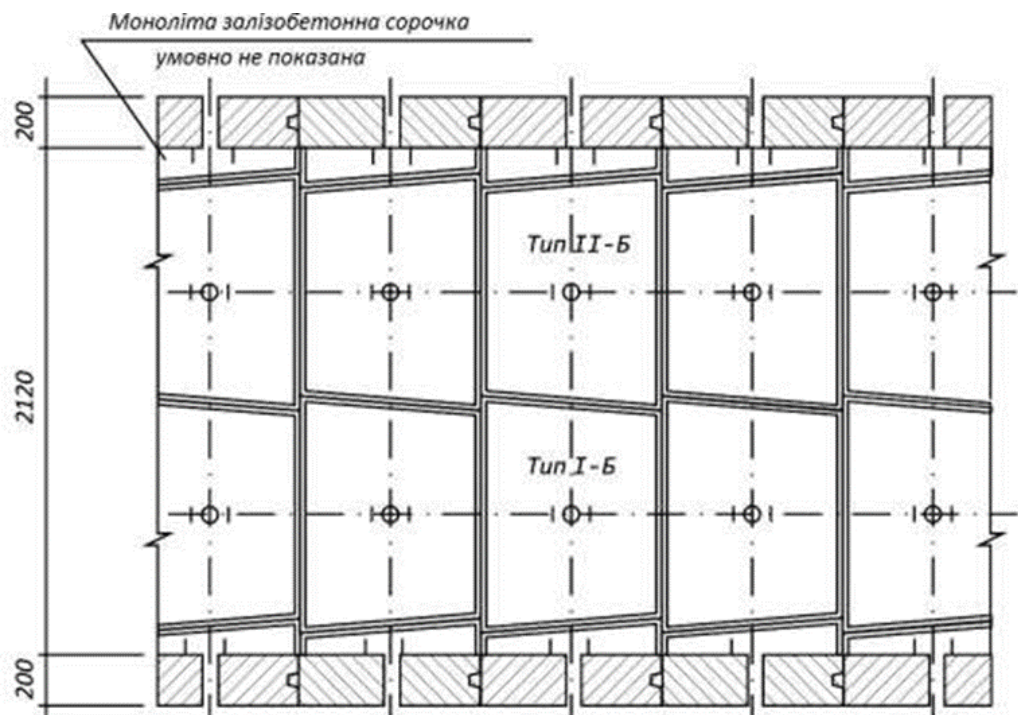


Рисунок 1.16 – Поздовжній розріз тунелю

Залізобетонні блоки виготовлялися відповідно до креслень Спецшахтпідзембуду. Об'єм блока становить 0,183 м³ при вазі 455 кг. До монтажних петель блока надалі приварювалася арматурна сітка обробки тунелю (рис. 1.17).

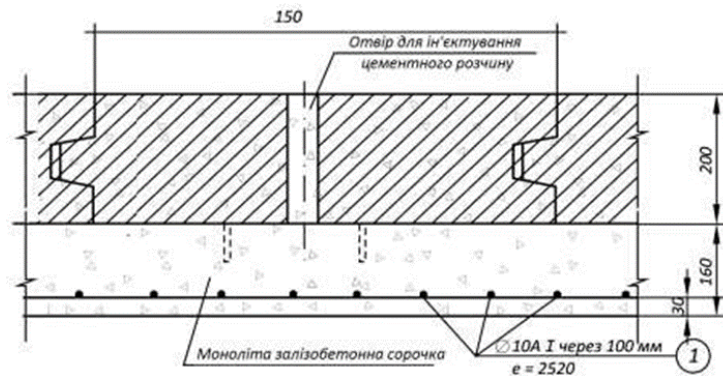


Рисунок 1.17 – Схема стикування тюбінгів зі створенням внутрішньої армованої обробки

З рис. 1.11 випливає, що при введенні в експлуатацію внутрішній діаметр тунелю становив 1840 мм, зовнішній – 2520 мм.

Отвори в тюбінгах (рис. 1.17) слугували для ін'єктування заблокового простору цементно-пісковим розчином.

Конструкція зовнішньої та внутрішньої гідроізоляції тунельного облицювання повинна забезпечувати збереження суцільності та водонепроникності при можливих деформаціях облицювання. Вибір способу забезпечення водонепроникності визначається конструкцією облицювань, інженерно-геологічними і експлуатаційними умовами [4, 3, 10].

Відповідно до нових державних норм України [6] розміри тунельних колекторів, що споруджуються щитовим способом, рекомендується приймати відповідно до параметричного ряду прохідницьких щитів. Дозволяється (за узгодженням із будівельною організацією) розміри тунелів приймати відповідно до прохідницьких щитів, які не входять до параметричного ряду. Як правило, діаметр тунелів має бути понад 1500 мм.

Однією з головних складових системи каналізаційних тунелів є розташовані на них оглядові шахти. Розглянемо декілька варіантів їх проектних рішень.

Шахта №2 (рис. 1.18) є вузловою і призначена для перенаправлення потоків із однієї труби в трубу головного каналізаційного тунельного колектору. Для входу в шахту організовано люк $\varnothing 600$ мм. і далі розміщено два металевих сходових марша і металеві сходові площадки, які дозволяють

опуститися на саме дно шахти. Навколо шахти по периметру на рівні землі залита форшахта товщиною 3 м з бетону М100. Стіни шахти товщиною 0,5 м. виконані з фундаментних блоків ФБС 9.5.3. на позначці +82.8 м. організовано впуск труби арочного тунелю розмірами 2140/2450 мм, яка впадає в трубу головного каналізаційного колектору $\varnothing 3260$ мм [28, 29].

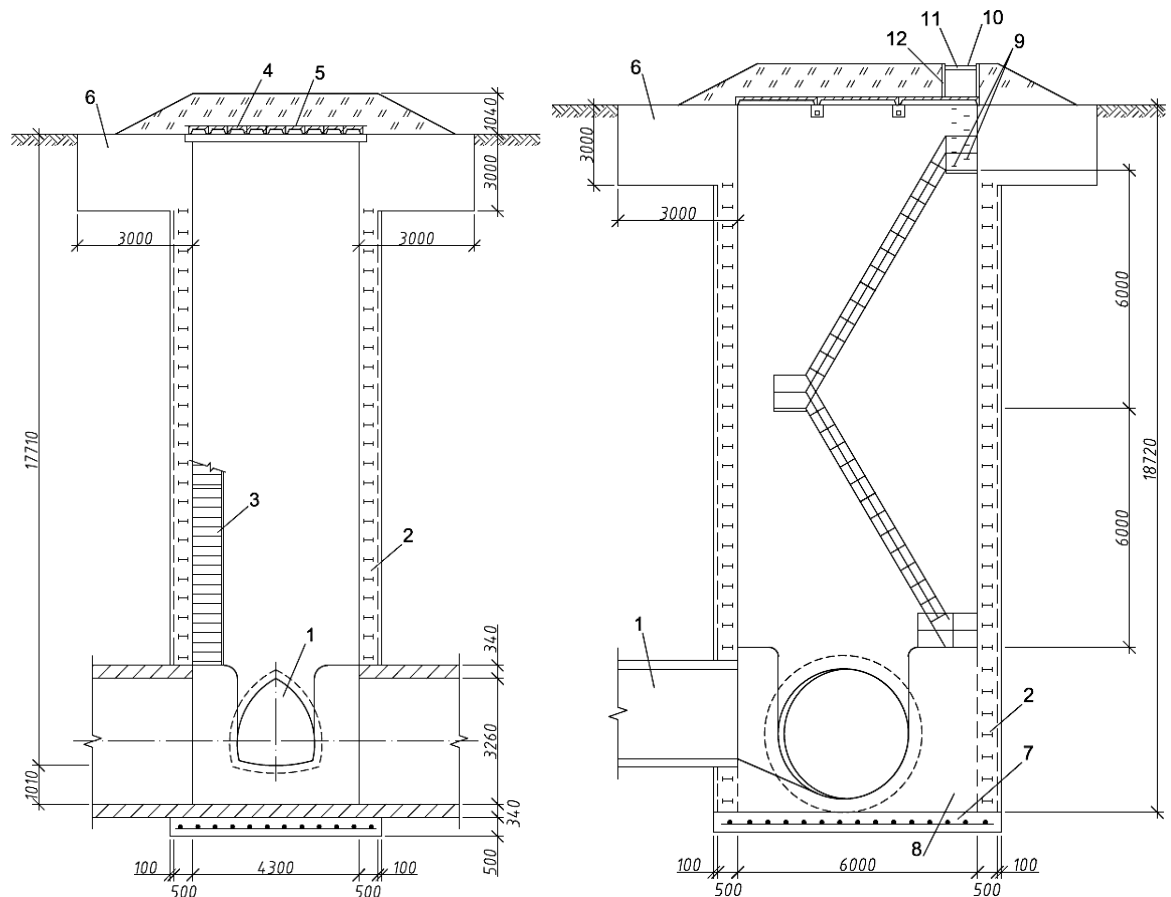


Рисунок 1.18 – Конструктивне рішення шахти № 2 - перемикання каналізаційного тунелю арочного типу в Головний колекторний тунель ПЩ-4,0:

1 – каналізаційний тунель арочного типу; 2 – існуюча шахта; 3 – сталеві сходи; 4 – збірні залізобетонні плити; 5 – перекриття шахти; 6 – форшахта з бетону М100; 7 – залізобетонні стінки і днище шахти; 8 – лоток з бетону марки М300; 9 – ходові скоби; 10 – чавунний люк з кришкою; 11 – стінове кільце; 12 – опорне кільце.

Шахта №8 (рис. 1.19) призначена для зниження швидкості потоку стічних вод та зниження рівня стічних вод на 12 м (з позначки +95.9 м. до позначки

+83.8 м. над рівнем моря). Вхід в шахту організовано через надземну будівлю розмірами 5х4 м в габаритах. Навколо шахти по периметру на рівні землі залита форшахта товщиною 2,5 м. з бетону М100. Стіни шахти товщиною 0,5 м. виконані з фундаментних блоків ФБС 9.5.3. На позначці +95.9 м. організовано впуск труби $\varnothing 1400$ мм. Далі розміщено систему плит, призначених для зниження швидкості потоку стічних вод, в шахматному порядку через кожні 1,5 м. На позначці +83.8 м. організовано випуск арочного тунелю розмірами 2140/2450 мм (рис. 6.9). Шахта №8 розділена на 2 частини, перша з яких служить для зниження швидкості потоку, а в другій частині організовано вентиляцію для відведення отруйних газів на вулицю [28, 29].

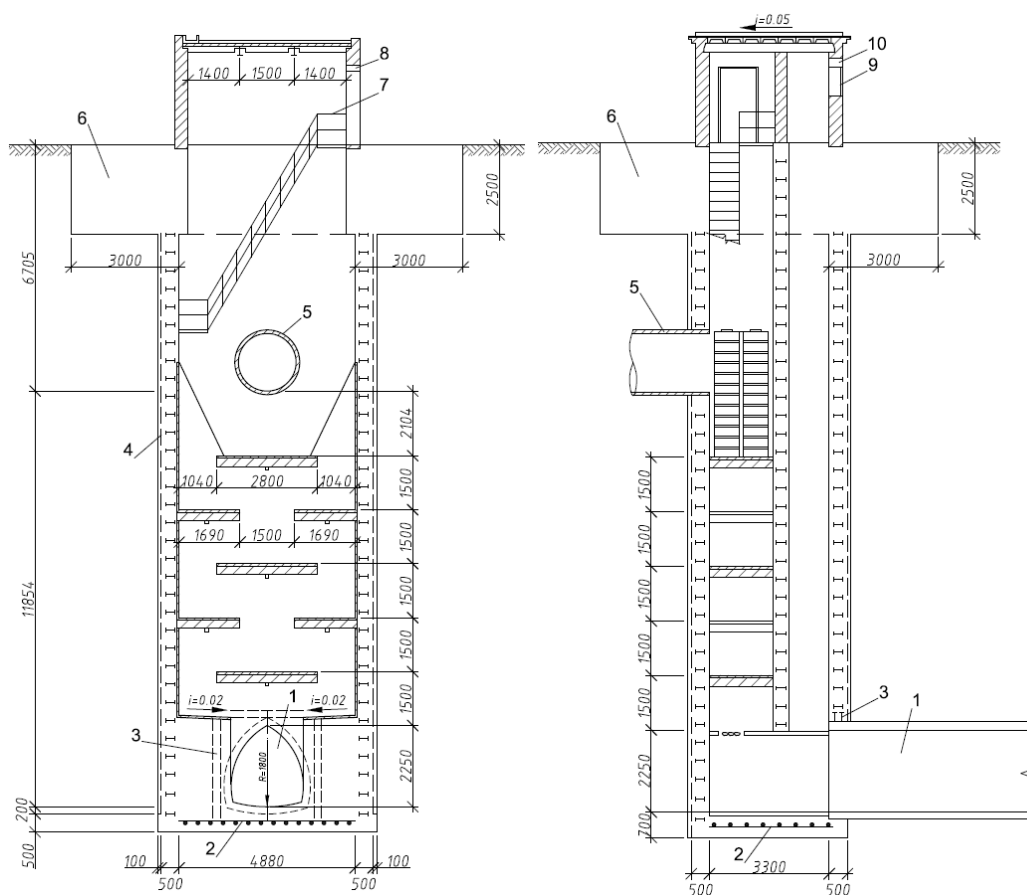


Рисунок 1.19 – Конструктивне рішення шахти № 8:

1 – Греківський каналізаційний тунель арочного типу; 2 – армована сітка $\varnothing 10A II$; 3 – камерна рама; 4 – решітка; 5 – залізобетонна труба; 6 – форшахта з бетону М100; 7 – сталеві сходи; 8 – перемичка; 9 – вентиляційна решітка; 10 – залізобетонна перемичка; 11 – стінове кільце; 12 – опорне кільце
Шахта № 5 (рис. 1.20) діючого каналізаційного тунелю по вул. Зубарева

розташована на перетині вул. Зубарева та вул. Грицевця у зеленій зоні. Шахта має круглу форму, розмір у плані – діаметр 5 м, глибина до лотка 12,67 м. Кріплення шахти – залізобетон. Перекриття – моноліт. Діаметр вихідного і вхідного тунелю 1840 мм. У перекритті є два оглядові люки. Підключення одне. Шахта побудована в 1991 р. [30].

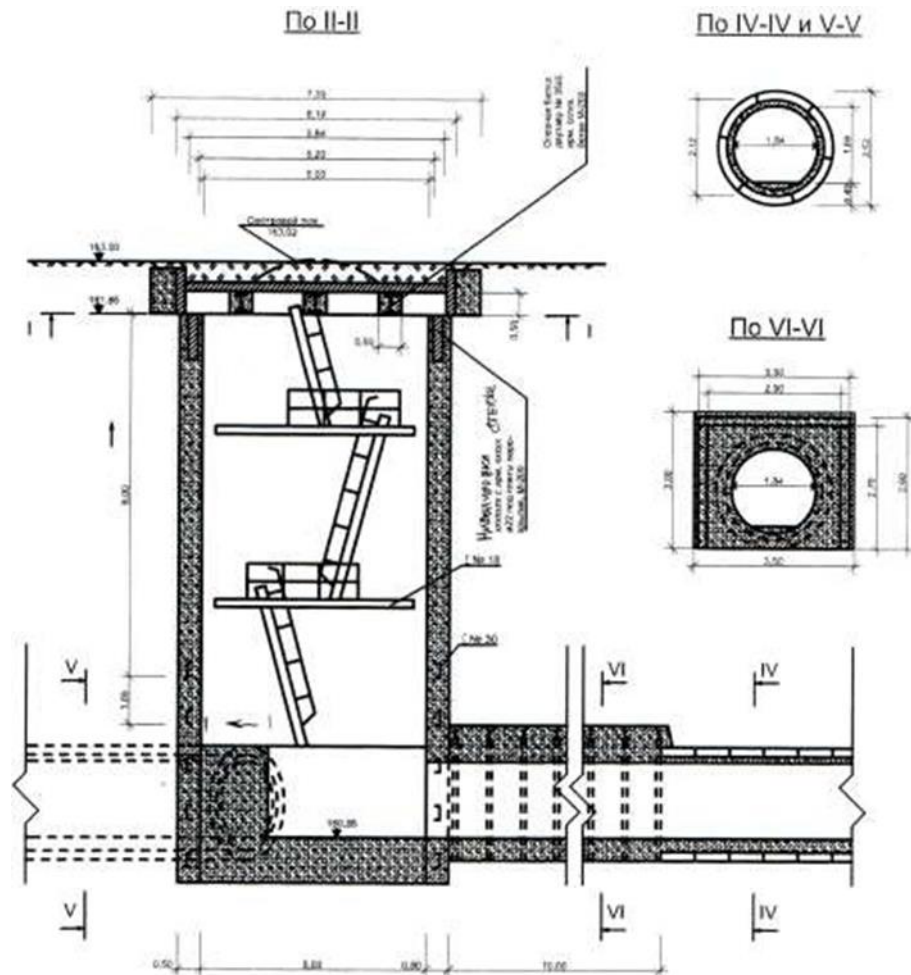


Рисунок 1.20 – Конструктивне рішення оглядової шахти № 5

Шахта № 10 (рис. 1.21) каналізаційного тунелю 761-го мікрорайону Харкова розташована по пр-ту Героїв Харкова поряд із трамвайним колом. Шахта побудована в 1984 р. як складова каналізаційного тунелю 761-го мікрорайону на стику з каналізаційним тунелем ПЩ-2,1 по пр-ту Московському відповідно до проекту, розробленого інститутом «УкркомунНДІпроект». Шахта має круглу форму в плані з внутрішнім діаметром 4,6-4,7 м і глибиною до лотка 11,7 м. Спуск у шахту здійснюється по внутрішніх одномаршових сходах з поручнями [30].

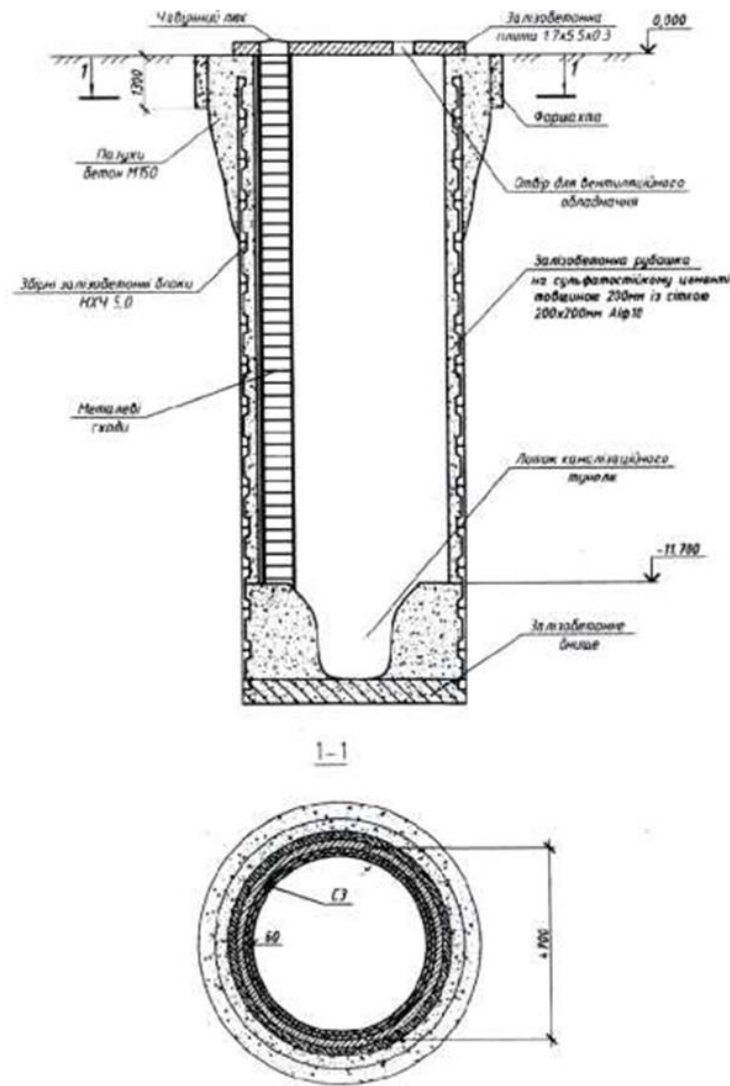


Рисунок 1.21 – Конструктивне рішення оглядової шахти № 10

Дно шахти – монолітна залізобетонна плита діаметром 6940 мм.

Фортшахта виконана у вигляді монолітного залізобетонного кільця з внутрішнім діаметром 5500 мм, зовнішнім діаметром 6140 мм і товщиною 800 мм.

Кріплення шахти виконано зі збірних залізобетонних блоків НХЧ-5,0. Внутрішній ізолювальний шар – залізобетонна сорочка з бетону В15 на сульфатостійкому цементі завтовшки 200 мм, армована металевою сіткою.

Просвіт між форкамерою та кріпленням заповнений бетоном М150.

Перекрыття шахти – збірні залізобетонні плоскі плити 1,7×5,5 м завтовшки 300 мм з отворами для влаштування люка і вентиляційної системи. Нижня поверхня плит має протикорозійний захист.

Висновки за розділом 1:

Досліджено конструктивні рішення та основні вимоги, що пред'являються каналізаційним тунелям і оглядовим шахтам згідно існуючих будівельних вимог.

Аналіз конструктивних рішень експлуатованих тунелів каналізаційних мереж Харкова засвідчив, що вони виконані відповідно до проекту та є ідентичними. Наведені в табл. 1.1 дані свідчать, що найбільшу протяжність мають ділянки експлуатованого головного тунелю, споруджені із застосуванням щита ПЩ-2,6 з внутрішнім діаметром тунелю 1840 мм.

Оглядові шахти, побудовані на діючих тунелях, мають різну глибину і різні розміри в плані. Усі вони побудовані з монолітного залізобетону.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ ТУНЕЛІВ ТА ОГЛЯДОВИХ ШАХТ

2.1 Аналіз стану каналізаційних тунелів та оглядових шахт

В Україні сьогодні експлуатуються близько 57,1 тис. км каналізаційних мереж, значна частина яких побудована 50-60 років тому із залізобетону і бетону.

У той час більшість фахівців вважали цей матеріал універсальним, причому робота таких каналізаційних тунелів гарантувалася під землею протягом 100 років. Цей термін для бетону та залізобетону є реальним, але тільки в разі, якщо вони експлуатуються в нормальних, неагресивних по відношенню до них умовах.

Проведені за дослідження [31,32,33] показують, що каналізаційні тунелі і оглядові шахти не витримують свій гарантований термін експлуатації і виходять з ладу набагато раніше.

За даними Держбуду України, щорічно перекладається 60 км каналізаційних мереж. Це означає, що якщо процес буде йти такими темпами, то на відновлення існуючих аварійних трубопроводів необхідно понад 100 років, причому без урахування виникнення нових аварій.

Аналіз стану мереж каналізації міст України: Києва, Харкова, Чернігова, та інших міст підтверджує ці дані.

Систему каналізаційних мереж та споруд Києва можна охарактеризувати як «дуже стару», 84,5 % якої відпрацювали свій нормативний термін служби, встановлений за амортизаційними підрахунками, оскільки інших нормативних чи відомчих документів, що дозволяють визначити термін служб чи ступінь фізичного зносу каналізаційних тунелів, у наш час не існує.

Централізоване відведення стічних вод у Харкові було розпочато у 1914 році. В даний час довжина каналізаційної мережі Харкова 1492,98 км, у тому числі тунельних колекторів глибокого закладання діаметром 1,8–3,2 м, побудованих шахтною виробіткою, близько 60 км, 72,74 км напірних трубопроводів (рис. 2.1). Зношування мережі станом на початок 2023 р. становить близько 70%, тунельних колекторів – 55% (рис. 3.10).

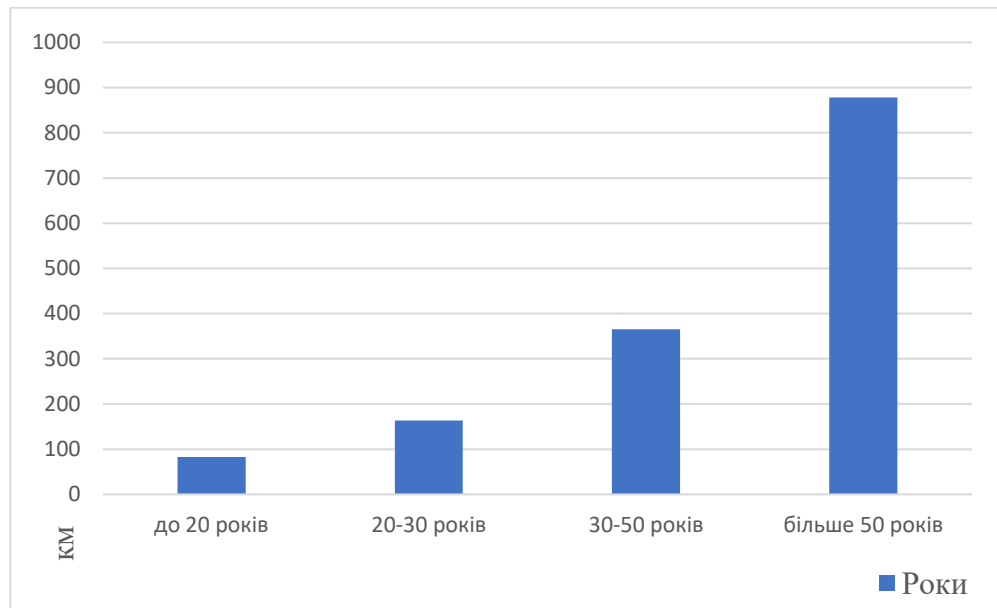


Рисунок 2.1 – Вікова характеристика каналізаційних мереж міста Харкова

Причини передчасного зносу і аварійного стану каналізаційних тунелів є типовими майже для всіх регіонів. Це газова корозія верхнього склепіння і стирання лотка тунелю, електрична корозія, скидання в міську каналізацію промислових стічних вод з порушенням допустимої концентрації агресивних хімічних сполук, низький рівень експлуатації. Відсутність технічних засобів контролю за станом тунельного колектора не дозволяє своєчасно виявляти дефекти і місця пошкоджень, в результаті чого аварійний стан виявляється тільки після того, як аварія уже відбулася. Все це, з огляду на необхідність проведення допоміжних робіт (земляні роботи, ліквідація наслідків підтоплення будівель і споруд, забруднення навколишнього середовища, вимушене зменшення обсягу подачі питної води), вимагає значних витрат на ліквідацію аварій. Крім того, слід зазначити, що значна частина

каналізаційних мереж і споруд була побудована свого часу в безремонтному варіанті.

Згідно статичними даними, 74% аварій залізобетонних трубопроводів викликаються корозійними процесами і 26% - фізико-механічних впливом [31, 32,33].

Як показують проведені дослідження [35-36], якщо відмова на мережі невеликого діаметра, як правило, має локальне значення, то відмова на каналізаційному тунелі може вивести з ладу всю систему або значну її частину. Можна стверджувати, що така відмова має загальніший характер. Прикладом цього може слугувати розглянуті в низці публікацій аварії. Вони підтверджують, що каналізаційні тунелі та оглядові шахти із залізобетону перебувають у стадії інтенсивного руйнування внаслідок газової корозії (рис. 2.2-2.5) [37-40].



Рисунок 2.2 – Аварійне пошкодження каналізаційного тунелю по вул. Греківській міста Харків



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд каналізаційного тунелю ХТЗ зі зруйнованим корозією склепінням



Рисунок 2.4 – Стан каналізаційного тунелю діаметром 2000 мм по вул. Матросова в місті Харків

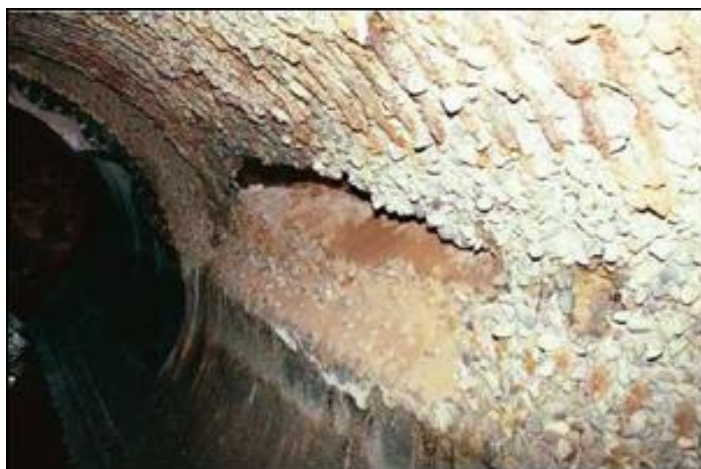


Рисунок 2.5 – Стан каналізаційного тунелю Індустріального району міста Харкова

2.2 Дослідження факторів, що призводять до руйнування тунелів та оглядових шахт

Авторами роботи досліджено основні причини руйнації комплексу каналізаційних мереж і споруд, що провокують виникнення аварій, та класифіковано їх за наступними групами: виробничі фактори; фактори довговічності матеріалів лінійної частини мережі; організаційно-технологічні фактори; експлуатаційні фактори; фактори зовнішнього експлуатаційного середовища (табл. 2.1) [41, 42, 43, 44, 45].

Таблиця 2.1 – Фактори, що впливають на стійкість функціонування комплексу каналізаційних мереж та споруд

№	Група факторів	Фактори впливу
1	2	3
1	Виробничі фактори (при виготовленні труби)	<ul style="list-style-type: none"> – типові дефекти лиття на металевих трубах, неоднорідність матеріалу, коливання товщини стінки через зсув литого ядра, усадочні раковини різного виду і величини; – погіршення корозійної стійкості і механічних показників труб через застосування низькоякісного матеріалу; – недостатній захист від корозії, наприклад при загальному виробництві; – непридатні конструкції з'єднань труб.
2	Організаційно-технологічні фактори (при укладанні та монтажі трубопроводу)	<ul style="list-style-type: none"> – загальні порушення технологічних регламентів монтажу труб; – виконання стикові з'єднань труб с порушеннями (роз'ємні і нероз'ємні); – недостатній захист від корозії трубопроводу зсередини і зовні; – помилки при укладанні труб і заземлення; – помилки під час складування та транспортування труб.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
3	Фактори довговічності матеріалів лінійної частини мережі (процес технічного старіння матеріалів та конструкцій)	<ul style="list-style-type: none"> – корозія матеріалу труб і з'єднань через агресивне середовище; – втома і крихкість штучних матеріалів; – руйнування органічних матеріалів, наприклад джут-армування в бітумних оболонках і ущільнювальної мотузки в ущільнюючих швах; – ослаблення стабілізуючої сили гумових ущільнювачів;
4	Фактори зовнішнього експлуатаційного середовища	<ul style="list-style-type: none"> – розбухання і усадка ґрунту внаслідок природних умов; – поява тривалих осадкових швів на схилах гір, в районах нахилів, на берегах річок з потужним плином ґрунтових вод і в місцях з частою зміною рівня ґрунтових вод; – в результаті посиленої транспортного навантаження;
5	Експлуатаційні фактори	<ul style="list-style-type: none"> – строк експлуатації трубопроводу; – перепади тиску рідини в трубопроводі; – корозія матеріалу труб і з'єднань внаслідок впливу дії мікроорганізмів; – корозія матеріалу труб і з'єднань внаслідок дії блукаючих струмів; – недостатнє запобігання при перепаді тиску, наприклад, відсутність компенсуючих установок; – недостатня вентиляція і / або занадто швидке наповнення, наприклад відновлення дії після профілактичних або ремонтних робіт; – неякісна підготовка води для матеріалів трубопроводу, наприклад відсутність рівноваги в змісті вапна вуглецю (посилена корозія металу або агресивна для цементу вода гребель з малим вмістом вуглецю); – занадто висока швидкість потоку (втрата антикорозійності матеріалу, кавітація форми, деформація поверхні труб); – пошкодження внаслідок аварій мережах водопостачання, на насосних станціях .

Наявність пустот за тунельним обробленням залежить від якості будівництва, і в першу чергу від ретельності нагнітання цементно-піщаного розчину в заоброблюючий простір. Заповнення розчином всіх пустот створює щільний контакт між породою і обробленням, забезпечує більш рівномірну передачу гірського тиску і тим самим істотно поліпшує умови роботи конструкції. Нагнітання цементного розчину надає також помітний вплив на величину відсічі ґрунту, що безпосередньо пов'язано з умовами статичної роботи оброблення.

При щитовому способі проходки тунелів застосовуються переважно збірні оброблення з готових елементів-блоків або тьобінгів. Щоб полегшити умови складання оброблення, а також умови ведення щита по криволінійній в плані або профілі трасі тунелю, між зовнішньою поверхнею обробки і внутрішньою поверхнею оболонки щита передбачається зазор (рис. 2.5). При пересуванні щита утворююча між обробленням і виробленням порожнеча повинна бути негайно заповнена первинним нагнітанням цементно-піщаного розчину. Інакше можливі переміщення ґрунту, що призводить до збільшення гірського тиску на оброблення, і деформації збірного оброблення (рис. 2.6).

Експлуатаційний режим каналізаційного тунелю (склад стічних вод, інтенсивність їх руху) надає важливий вплив на умови роботи всієї споруди.

Особливо несприятливим в цьому відношенні є склад стічних вод. За існуючими вітчизняними нормами стічні води не є агресивними до бетону конструкції, а газові середовища, оскільки їх наявність не обов'язкова в каналізаційних колекторах, не враховувалися при проектуванні і будівництві.

Оскільки основним матеріалом, що використовується для зведення каналізаційних тунелів та оглядових шахт служить залізобетон, розглянемо процес деструкції під впливом агресивного середовища мереж водовідведення на прикладі залізобетонних елементів.

Найбільші типові пошкодження оглядових шахт наведено в таблиці 2.2.

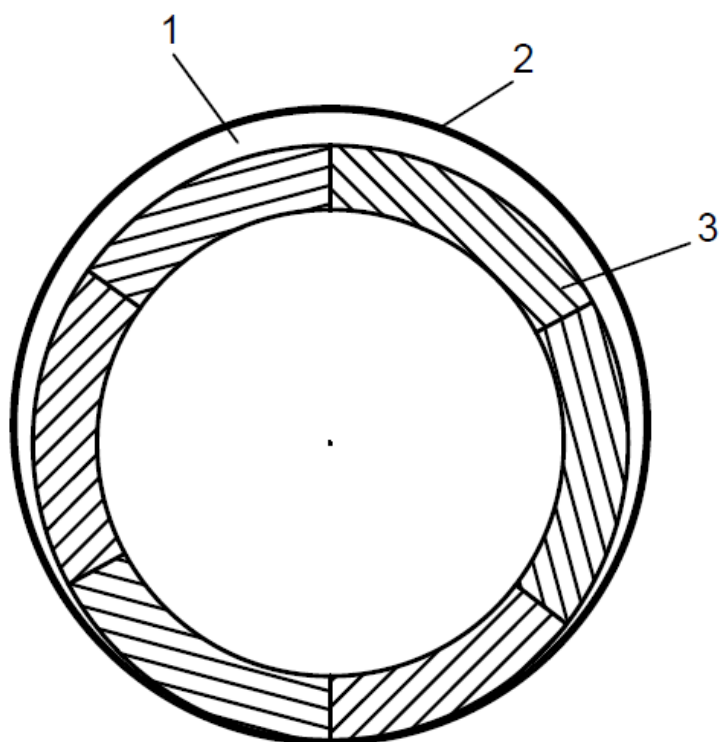


Рисунок 2.5 – Схема зазорів між облицюванням і оболонкою щита:

1 – зазор; 2 – оболонка щита; 3 – облицювання

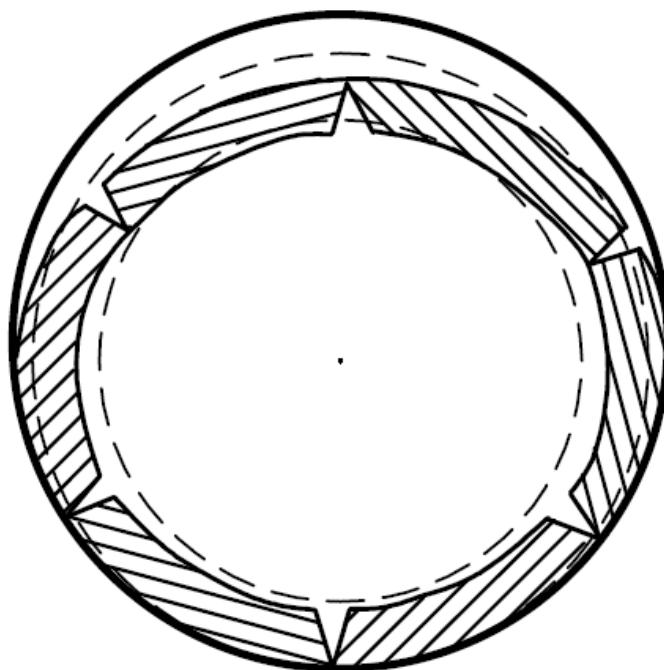


Рисунок 2.6 – Схема деформації блочного облицювання

Таблиця 2.2 – Найбільш типові пошкодження оглядових шахт

№	Ушкодження стін оглядових шахт	Причини пошкоджень
1	Поява здуття та бульбашок на бічних поверхнях стін шахти	Проникнення всередину конструкцій поверхневих вод, ненадійна якість поверхні стін шахт, агресивне біологічне середовище
2	Виникнення сирих плям, поява плісняви, грибків	Підтоплення шахт, проникнення всередину конструкцій поверхневих вод та опадів
3	Корозія бетону та арматури	Наявність сірководню (H_2S), вуглекислого газу (C_2O), чадного газу (CO), поява розчинів кислот (H_2SO_4 ; H_2SO_3) та солей цих кислот
4	Руйнування захисного шару	Дія вологи, ненадійна якість поверхні стін шахт, відхилення від норм та похибка при виконанні будівельних робіт
5	Поява тріщин	Підтоплення шахт, проникнення всередину конструкцій поверхневих вод та опадів, статичні та динамічні навантаження, створювані вантажним транспортом
6	Неприпустимі деформації основи, стін шахти та руйнування стін шахти	Проникнення всередину конструкцій поверхневих вод, статичні та динамічні навантаження, що створюються вантажним транспортом, відступ від норм та похибки при виконанні будівельних робіт, ненадійна якість поверхні стін шахти, агресивне біологічне середовище, осідання ґрунту, наявність сірководню (H_2S), вуглекислого газу (C_2O), чадного газу (CO), поява розчинів кислот (H_2SO_4 ; H_2SO_3)

Схильність бетону мікробіологічної корозії пояснюється його хімічним складом, структурою та механічними властивостями. Бетон, як і інші об'єкти техносфери неорганічної природи, найактивніше руйнують бактерії, що утворюють сильні неорганічні кислоти - сірчану та азотну [46]. При цьому ряд техногенних середовищ створює умови, що надзвичайно інтенсифікують корозійні процеси, зумовлені мікробіологічним фактором, які в інших екологічних ситуаціях малоактивні і не такі руйнівні. [47, 35, 48, 49, 50, 51, 52]. Наприклад, у спорудах водовідведення активність корозійних процесів, що вражають бетон та арматуру склепіння трубопроводів (зумовлюючи до 70% аварій на цих об'єктах), багаторазово перевищує аналогічну характеристику наземних споруд з аналогічних конструкційних матеріалів [35, 49].

Оскільки бетон і залізобетон застосовуються як конструкційні матеріали для великомасштабних споруд водовідведення (шахти, колектори, відстійники та ін.), то відмови в їх роботі, а тим більше аварії, завдають не лише значної економічної шкоди та викликають порушення у функціонуванні підприємств та міського господарства, а й зумовлюють інтенсивне забруднення різних середовищ біосфери, і отже - довгострокові екологічні наслідки та загрозу здоров'ю та життю населення [49, 53].

Еволюція наукових гіпотез про природу та механізм корозійного руйнування бетону в каналізаційних тунелях пройшла кілька етапів [54]. Традиційний підхід до виявлення механізму корозії, що ґрунтується на аналізі агресивності експлуатаційних середовищ, не дав жодних результатів.

У початковий період експлуатації мереж водовідведення стічна вода по відношенню до бетону була неагресивною, а газоповітряне середовище варіювалася від неагресивної до агресивної, але не настільки, щоб викликати таку високу швидкість деструкції конструктивів, характерну для сучасних умов. Спочатку руйнування залізобетону пояснювали хімічними та фізико-хімічними впливами: газовою агресією сірководню, потім агресією сірчаної кислоти, що утворюється в результаті окислення сірководню киснем повітря [46]. Ці припущення не підтвердилися детальними дослідженнями хімічних

реакцій, що відбуваються з сірковмісними сполуками в каналізаційних колекторах, а також аналізом продуктів корозії, в яких не виявлялися сульфіді, натомість переважали сульфати [35, 34, 48, 49, 55].

Загалом проблема сірководневої корозії та захисту залізобетонних конструкцій каналізаційних тунелів та шахт є однією з найскладніших. В даний час більшістю вітчизняних і зарубіжних фахівців механізм корозійного руйнування залізобетону в трубопроводах водовідведення представляється як результат біогенної сірчаної кислотної агресії - впливу сірчаної кислоти, що утворюється на зведенні тіонових бактерій, що споживають сірководень [56, 49, 55, 57] (рис. 2.7).

Проте проведені обстеження та дослідження середовища колектора показали наявність та інших агресивних газів – оксидів азоту, сірки, вуглецю, а на поверхні конструкцій різних грибів та бактерій. Такий складний склад агресивного середовища практично неможливо змоделювати в лабораторії, що ускладнює вивчення механізму корозії [61].

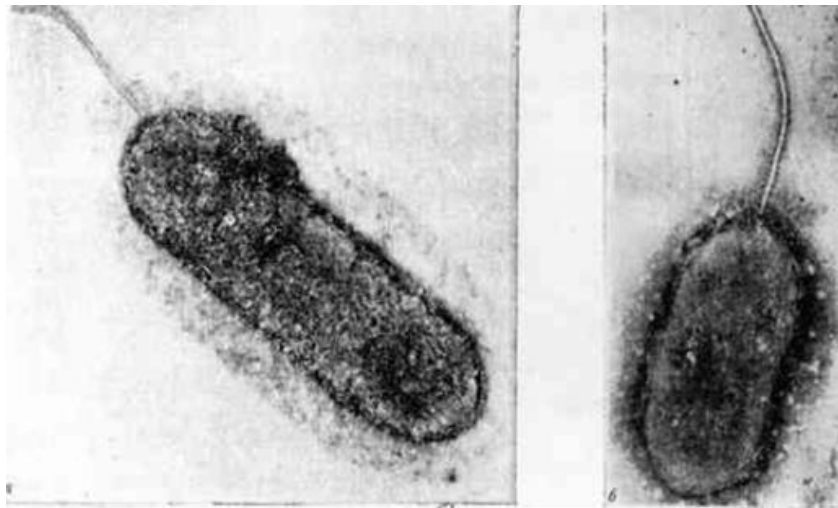


Рисунок 2.7 – Тіобацили (електронні мікрофотографії)

На конструкції каналізаційних споруд діють два агресивні середовища: газоподібне - у вигляді атмосфери внутрішнього простору і рідке, що формується мікроорганізмами в конденсатній волозі [62, 46]. В атмосфері переважають в основному вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4), аміак (NH_3) та продукти анаеробного розкладання, найбільшу частину яких становить сірководень (H_2S) – продукт відновлення сірки та сірчистих сполук.

З проведених досліджень автора [63] можна дійти невтішного висновку, що концентрація сірчистого ангідриду перевищує норму в досліджуваних шахтах приблизно в 3 рази, а сірководню - 9-18 разів. Концентрація двоокису вуглецю в окремих випадках перевищує норму в 2-3,6 рази, а наявність метану відповідає межах допустимих норм. Усе це призводить до передчасного виходу конструкцій мереж водовідведення з ладу (рис. 2.8, 2.9, 2.10).

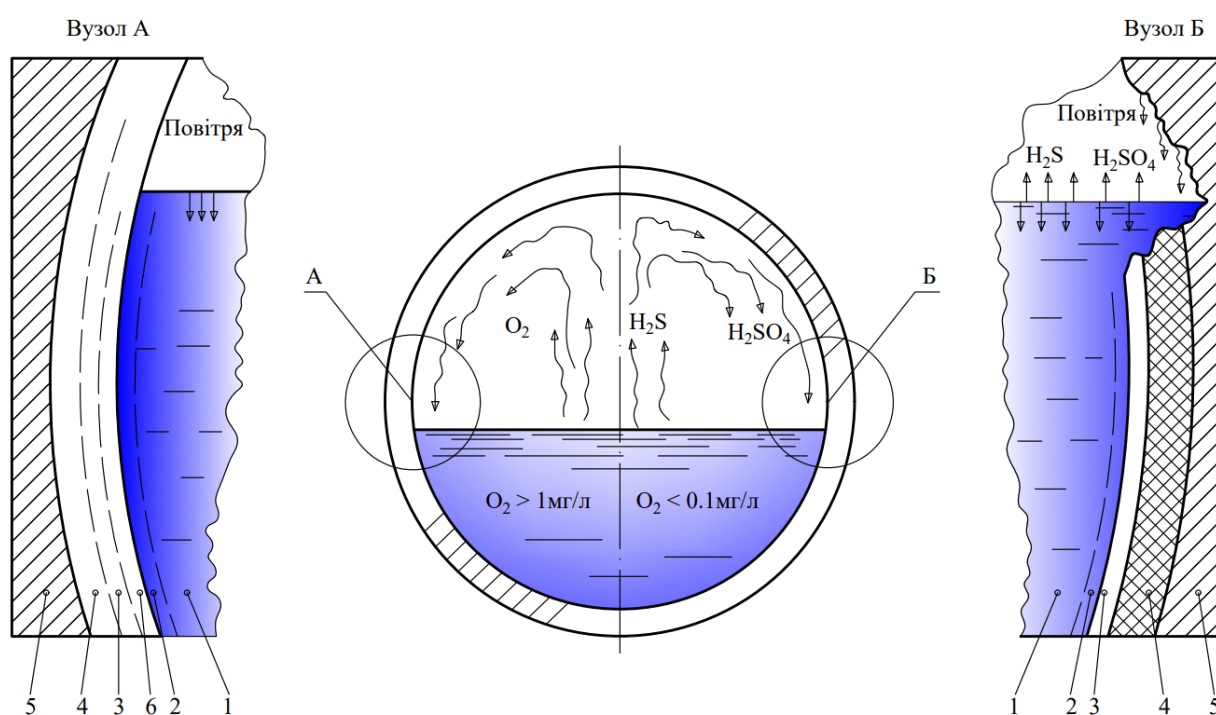


Рисунок 2.8 – Схема корозії бетонних каналізаційних тунельних обробок:

1 – стічні води; 2 – ламінарний шар; 3 - анаеробний активний шар утворення сульфідів; 4 – анаеробний інертний шар; 5 – тіло труби;
6 - анаеробний шар.



Рисунок 2.9 – Руйнування стін та лоткової частини оглядової шахти після 8 років експлуатації

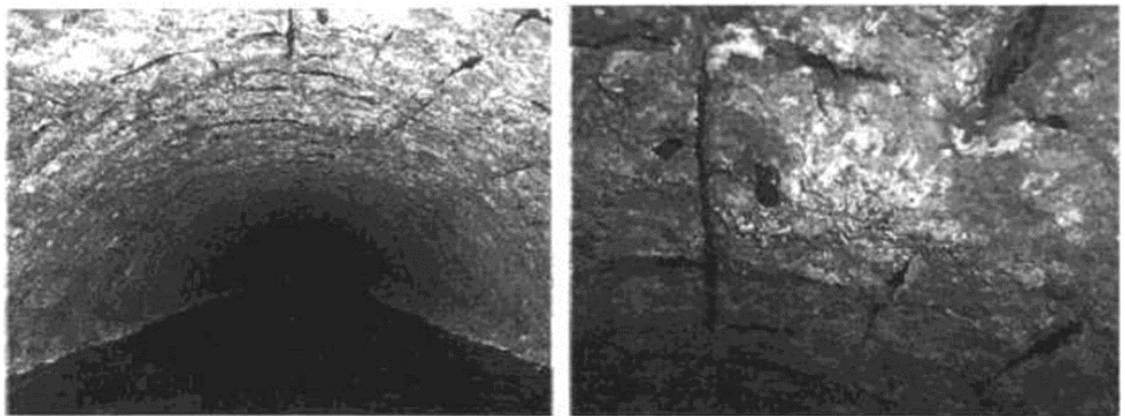


Рисунок 2.10 – Корозія залізобетону та арматури каналізаційного тунелю м Харкова

З результатів спостережень, отриманих фахівцями НІИЖБ [58, 59], видно, що корозії нових конструкцій з бетону проходить у дві стадії. На першій стадії, тривалістю приблизно один рік, на поверхні бетону відсутні сліди ушкодження. У цей період відбувається нейтралізація лужних (основних) сполук цементного каменю діоксидом вуглецю та іншими кислими газами. Після цього із супутнім руйнуванням зовнішнього шару виникають умови для поселення та розвитку тіонових бактерій, починається процес деструкції бетону (рис. 2.11). Зовнішній нейтралізований та зруйнований шар

стає носієм бактерій. Дослідження, проведені Г.Я. Дроздом [66, 67, 68, 69, 49], показали, що в зовнішньому шарі міститься до 99% всіх бактерій, що проникли в бетон.

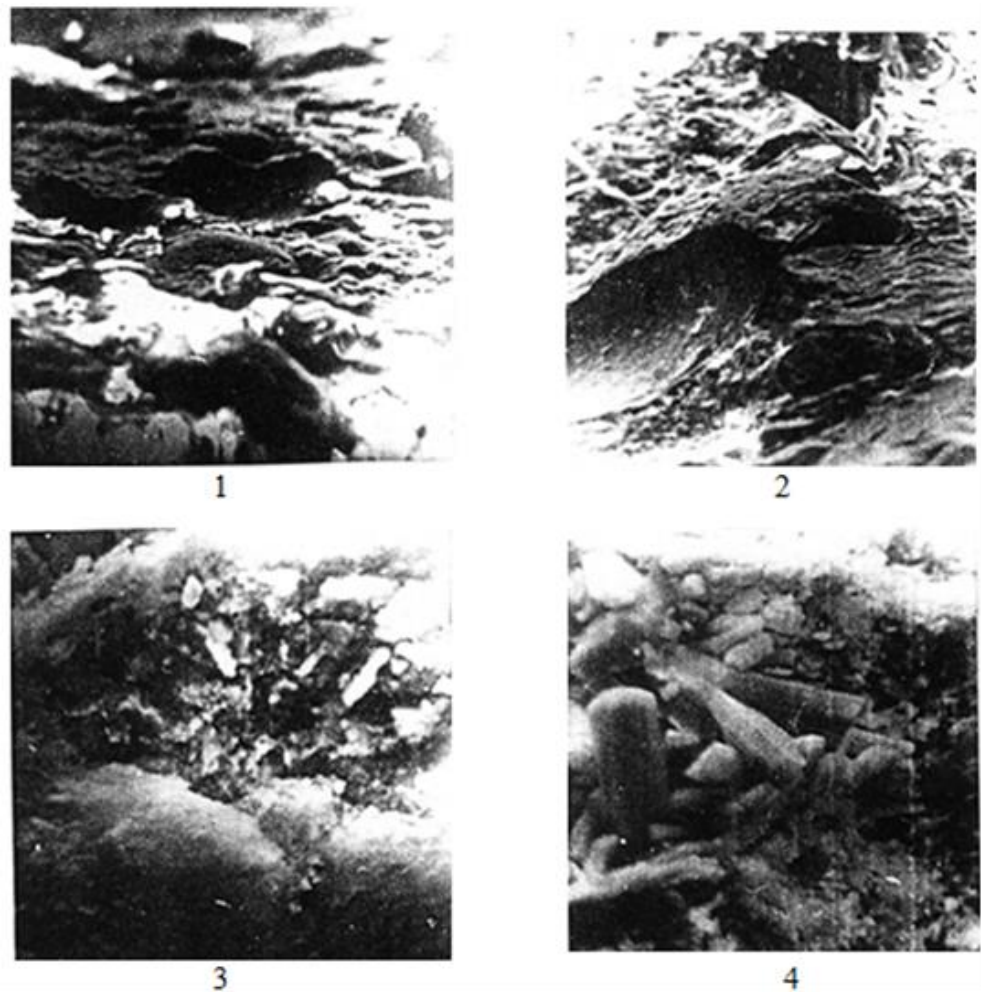


Рисунок 2.11 – Мікроструктура зразків бетону, схильного до тривалої корозії в середовищі водовідведення:

- 1 – загальний вигляд – зразок бетону, ураженого корозією; 2 – деталь структури зразка; 3 – дрібне зерно заповнювача у сполучній масі зразка; 4 – кристалічні «тяжі» у структурі гелю зразка.

Свіжоприготований бетон має водневий показник $\text{pH} > 11,8$, тобто. сильне лужне середовище. За такого значення pH не приживається жоден вид бактерій, що викликають корозію.

В результаті карбонізації pH знижується до < 9 , у такому середовищі вже можлива життєдіяльність деяких видів бактерій. На карбонізованому бетоні при $\text{pH} = 8-9$ переважають толерантні до кислот види, такі як неополітанус та

інтермедіус. Інтермедіус живуть за рахунок сірки органічних сполук. Після того, як рН знижується до 5 може розвиватися тіооксиданс як остання ланка ланцюга. Внаслідок цього інші мікроорганізми – неополітанус як харчові конкуренти не розвиваються. Для тіооксиданс утворюється відповідне середовище, так звана екологічна ніша. Тіооксиданс може добре розвиватися, поки поставляється сірка (табл. 2.3).

При велику кількість клітин спостерігається сильна корозія. Тому тіооксиданс можна як провідний організм біогенної сірчаної корозії. Тіооксиданс є бактеріями, що утворюють сірчану кислоту [46] (рис. 2.12). Самі бактерії стійкі у сірчаній кислоті концентрацією понад 20%. У краплях конденсату каналізаційних споруд виявлено сірчану кислоту концентрацією до 7%, що відповідає рН близько 0,5 [59].

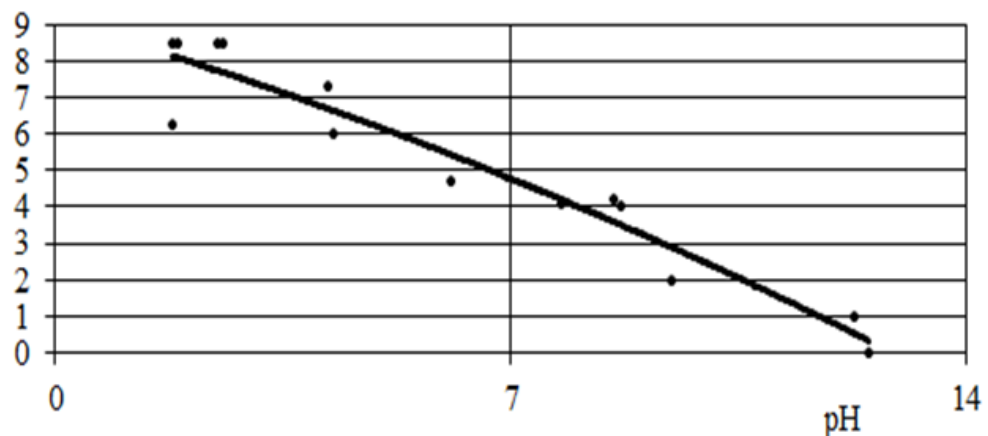


Рисунок 2.12 – Вплив рН бетону на концентрацію у ньому тіонових бактерій

Розчиняючись у конденсаті на поверхні склепіння колектора та стін шахти, газоподібні з'єднання взаємодіють з компонентами бетону. При цьому відбуваються підкислення плівкової конденсатної вологи та ініціація розвитку мікробіоценозу, в якому домінує аеробний хемосинтез, що утворює неорганічні кислоти – сірчану, азотну та вугільну. Хемоорганотрофні бактерії також можуть продукувати кілька органічних кислот.

Таблиця 2.3 – Біохімічні процеси в системах каналізації

Умови	Процеси	Реакції та схеми реакцій
Анаеробні у стоку	Гниення та бродіння органічних речовин	білки → амінокислоти → $\text{RCOOH} + \text{NH}_3$, H_2S , CO_2 , H_2 ; жири → $\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})_3 + \text{RCOOH}$, ROH , CO_2 ; вуглеводи → цукор → RCOOH , ROH , CO_2
	Метанове бродіння жирних кислот спиртів	RCOOH , $\text{ROH} \rightarrow \text{CH}_4$, CO_2 , H_2O ; $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ и т.п.;
	Амоніфікація сечовини бактеріями, що амоніфікують.	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$ или $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{CO}_3$
	Нітрифікація (за наявності розчиненого у стоку кисню) амонійних сполук нітрифікуючими бактеріями та денітрифікація азотної та азотистої кислот денітрифікуючими бактеріями	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$, $\text{HNO}_2 \rightarrow$ $\text{N}_2, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$; $2(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 2\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
	Сульфатредукція бактеріями, що сульфатредукують.	$\text{SO}_{4\text{aq}} + 8\text{e} + 10\text{H}^+_{\text{aq}} = \text{H}_2\text{S}_{\text{газ}} + 4\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}$
Аеробні	Окислення сероводорода тионовими бактеріями	$\text{H}_2\text{S}_{\text{газ}} + 2\text{O}_{2\text{газ}} = \text{H}_2\text{SO}_{4\text{aq}}$
	Хімічне утворення вугільної кислоти	$\text{CO}_{2\text{газ}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{ж}} = \text{H}_2\text{CO}_{3\text{ж}}$
	Виникнення гіпсу руйнування бетону	- $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_{4\text{aq}} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Внаслідок цих процесів на поверхні бетону утворюється багатокomпонентна надзвичайно корозійно-агресивна реакційна суміш, яка активно взаємодіє з компонентами бетону. Ці процеси зумовлюють корозію бетону другого та третього видів (за класифікацією В.М. Москвина), знижують його характеристики міцності, руйнують конструкції тунелю та шахти, викликаючи аварійну ситуацію. Вихід із ладу деяких об'єктів іноді відбувається через 5 років експлуатації [65].

Потужність корозійного процесу така, що трансформуються як цементні гідрати, а й окремі мінерали великого заповнювача. На перших етапах це призводить до часткового руйнування конструкцій. Токсичні газоподібні сполуки починають надходити в навколишній підземний простір, створюючи загрозу функціонуванню інших комунікацій, продукти руйнування бетону потрапляють у стічні води, додатково забруднюючи їх, а при подальшому розвитку корозійного процесу склепіння обрушується з усіма негативними наслідками [46].

Розрахунки свідчать, що товщина шару бетону (при рН на поверхні більше 2,0) коливається від 0 до 0,5 мм. При рН конденсатної вологи на поверхні бетону менше 1,0 швидкість його вилугування та корозії арматури може перевищувати 10,0 мм/рік [64, 46]. Ці показники в реальних умовах можуть мати як більш високі значення (в результаті змивання неврахованих у формулі суспендованих частинок), так і нижчі (оскільки винесення кальцію може не супроводжуватися вимиванням заповнювача – корозії II виду). Проте реальні значення цього показника матимуть той самий порядок цифр [46].

Корозійний бетон являє собою пухку сіру масу, що не володіє необхідними характеристиками міцності, з практично зруйнованим цементним каменем і оголеним великим заповнювачем, слідами іржі від арматури [48, 49, 55, 60].

Шахтні стовбури глибокого закладання споруджуються у складних геологічних умовах, часто за наявності ґрунтових вод. Неправильний облік впливу ґрунтового масиву призводить до деформацій конструкцій шахт на

стадіях будівництва та експлуатації, зависань, мимовільних опускань, нахилів і перекосів при зведенні.

Відсутність захисту від інфільтрації ґрунтових вод при їх інтенсивному впливі стає причиною вилуговування бетону, і як наслідок, деструкції шахти.

Для дослідження найбільш високого впливу було узагальнено фактори, що впливають на експлуатаційну надійність каналізаційних тунелів та оглядових шахт. Кожному фактору присвоєно умовне позначення Ф1 ... Ф8 (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Причини відмови сталого функціонування каналізаційних тунелів

№ п/п	Фактори відмови
Ф1	Руйнування лотка тунелю під дією агресивних чинників
Ф2	Систематичні збільшення агресивності стічних вод
Ф3	Руйнування зводу конструкції каналізаційного тунелю
Ф4	Технічний стан оглядових шахт, камер гасіння, камер
Ф5	Перепади в обсягах стічних вод
Ф6	Інтенсивне вироблення поблизу траси проходження тунелю
Ф7	Руйнування зводу в місцях примикання до оглядових шахт, камер гасіння
Ф8	Перепади відміток лотка відповідно до поздовжнього профілю

Згідно методу експертного оцінювання [70] виконано ранжування причин відмови функціонування каналізаційних тунелів. При ранжируванні експерт в області експлуатації каналізаційного господарства розміщує основні фактори впливу на безаварійну експлуатацію каналізаційних тунелів в порядку, який йому представляється найбільш раціональним, і приписує йому ранги. При цьому ранг № 1 отримує найбільш високий рівень значимості впливу, а ранг № N - найменше. Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжирування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів

«8» числу ранжированих причин відмови «n» [71, 72]. Далі була складена зведена таблиця рангів для всіх експертів групи (табл. 2.5) [70].

Таблиця 2.5 – Результати опитування експертів, що входять до складу групи

Фактор	Експерт							Сума
	1	2	3	4	5	6	7	
Ф1	2	3	1	3	1	2	3	15
Ф2	6	5	5	5	4	5	5	35
Ф3	7	8	6	6	7	8	7	49
Ф4	5	6	8	7	6	6	6	44
Ф5	1	2	2	1	2	3	4	15
Ф6	4	4	3	2	3	4	2	22
Ф7	8	7	7	8	8	7	8	53
Ф8	3	1	4	4	5	1	1	19
Сума	36	36	36	36	36	36	36	-

Для визначення узгодженості експертів застосований коефіцієнт конкордації W [71], розрахований за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (2.1)$$

де m – кількість експертів;

n – число факторів;

S – відхилення суми квадратів значимості від середньої квадратів значимості, що визначається за такою формулою [71]:

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m R_{ij})^2 - \frac{(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m R_{ij})^2}{n}, \quad (2.2)$$

В результаті аналізу таблиці стандартизованих рангів і проведених розрахунків отримано коефіцієнт конкордації, рівний 0,88, що говорить про високий ступінь узгодженості думок в обраній групі експертів. Діаграма сумарних рангів досліджуваних факторів за результатами експертного оцінювання представлена на рис. 2.14.

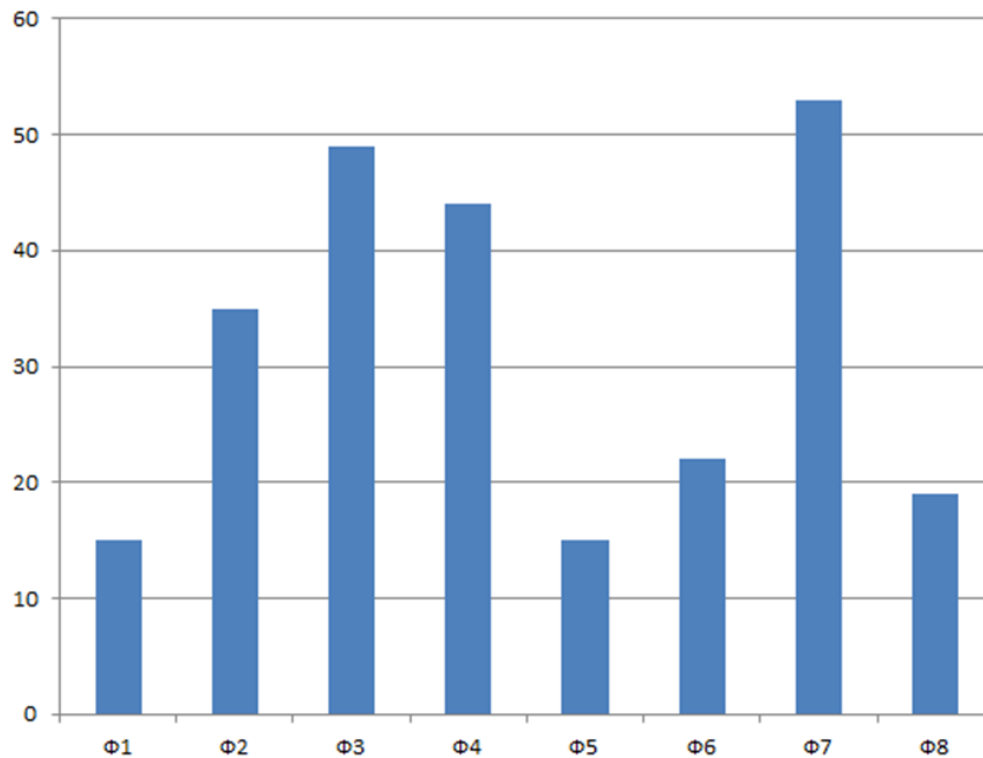


Рисунок 2.14 – Діаграма сумарних рангів досліджуваних причин відмови каналізаційних тунелів за результатами експертного оцінювання

Згідно даних, отриманих за результатами експертного оцінювання слід зазначити, що з вищевказаних 8 причин відмови сталого функціонування каналізаційних тунелів найбільш високий ступінь впливу мають фактори Ф3, Ф4, Ф7 (сумарний ранг цих явищ - мінімальний), а саме:

- руйнування зводу в місцях примикання до оглядових шахт, камер гасіння;
- руйнування зводу конструкції каналізаційного тунелю;
- технічний стан оглядових шахт, камер гасіння.

2.3 Дослідження стану оглядових шахт, розташованих на експлуатованих тунелях

Оглядові шахти каналізаційних тунелів експлуатуються в умовах дії сильноагресивного середовища. Концентрація вуглекислого газу, аміаку, метану, сірководню та інших агресивних речовин у газовому середовищі оглядових шахт часто на декілька порядків перевищує гранично допустиму концентрацію.

Періодичні натурні обстеження та оцінювання технічного стану конструкцій оглядових шахт каналізаційних тунелів є необхідними заходами для запобігання аварійним ситуаціям і забезпечення нормальної та безпечної експлуатації каналізаційних мереж.

Досвід експлуатації каналізаційних тунелів Харкова показав, що залізобетонні конструкції оглядових шахт схильні до швидшого руйнування, ніж конструкції пов'язаних з ними тунелів.

Тому виникають питання своєчасного їх ремонту і відновлення.

У сучасних умовах вартість будівництва колодязів і оглядових шахт становить до 25% вартості водовідвідної мережі, тому їх спорудженню та підтриманню в справному стані необхідно приділяти особливу увагу. Більшість оглядових шахт і каналізаційних тунелів глибокого залягання в містах України побудовані в 1970-1980-ті роки та експлуатуються вже понад 25-35 років [34, 73]. У Харкові діючі шахтні стволи на каналізаційних колекторах глибокого залягання в основному мають глибину до 20 м. 15 стволів – глибину 21-53 м, у Києві експлуатуються оглядові шахти, глибина яких досягає 90 м. Основні вимоги, що висуваються до оглядових шахт і колодязів, такі: герметичність, міцність конструкції, корозійна і хімічна стійкість, тривалий термін служби і надійність, витрати на технічне обслуговування, простота зведення і безпечна експлуатація [73].

У процесі експлуатації на несучі конструкції оглядових шахт впливають різноманітні деформаційно-силові чинники: статичні навантаження від товщі

настелюваного ґрунту, маси будівель і споруд на поверхні, динамічні дії наземного транспорту тощо. Окрім перерахованого, негативно впливають витoki промислових стоків, фільтрація підземних вод, хімічна агресія підземного водного середовища, що діють на матеріал обробки шахтних стволів, тощо [74, 75].

Як показали дослідження [74, 75], руйнування конструкцій оглядових шахтних стволів каналізаційних тунелів відбувається з таких причин: проникнення всередину конструкцій поверхневих вод; статичні та динамічні навантаження від вантажного транспорту; відхилення від норм і погрішності під час виконання будівельних робіт; погана якість поверхні шахтових стін; агресивне біологічне середовище; осідання ґрунту. Внаслідок підтоплення шахт утворюються сирі плями, з'являється пліснява, грибок і, в решті-решт, відбувається руйнування шахтових стін у результаті корозії бетону [74].

Всілякі дефекти в конструкціях оглядових шахт каналізаційних тунелів можуть виникати як під час будівництва, так і під час їх експлуатації. Якщо причини, що призвели до їх формування, не було вчасно усунуто, то в період експлуатації шахт процес руйнування конструкцій посилюється. У зв'язку з цим актуальним завданням є своєчасне виявлення і ліквідація причин і чинників, що викликають руйнування. Потреба у проведенні ремонтно-відновних робіт виникає при дії на металеві та бетонні конструкції сукупності несприятливих умов, що спричиняють їх часткові пошкодження, деформації або повне руйнування [75].

Наведені в табл. 2.6 результати обстеження оглядових шахт на діючих каналізаційних тунелях Харкова свідчать про їх аварійний стан. В окремих випадках вони вимагають термінового ремонту і відновлення.

Таблиця 2.6 – Стан оглядових шахт каналізаційних тунелів м. Харків

№ шахти	Глибина шахти	Розмір шахти в плані	Діаметри тунелів у шахті (вхідних, вихідних)	Стан металоконструкцій	Технічний стан внутрішніх стін шахти
1	2	3	4	5	6
9	Н = 19,16 м	4,55×4,25 (3,8×3,5) м	Вихідного d = 1,84 м	металоконструкції сильно кородовані, частково відсутні (обвалені)	бетонні стіни, плитиперекриття зазнали незначної газової корозії
10	Н = 11,82 м	кругла в плані Ø 4,6 м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металоконструкції відсутні у зв'язку з їх обривом	бетонні стіни, плитиперекриття зазнали сильної газової корозії
12	Н = 4,91 м	кругла в плані Ø 5,0 м	вхідного d = 800 (після санації) вихідного d = 1,5 м	металоконструкції відсутні у зв'язку з їх обривом	бетонні стіни, плитиперекриття зазнали сильної газової корозії
15	Н = 11,98 м	кругла в плані Ø 5,00 м (4×3,30) у нижній частині	вхідного d = 1,5 м вихідного d = 1,84 м	металеві сходові марші та огороження сильно кородовані	захисний шар бетону на перекриттях і стінах скородований (видно арматуру)
6	Н = 6,75 м	в плані кругла Ø 5,0 м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металоконструкції відсутні у зв'язку з їх обваленням	бетонні стіни, плитиперекриття зазнали газової корозії
7	Н = 8,64 м	5,0×4,5 м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металеві сходові марші та огороження сильно кородовані, як наслідок, їх повне обвалення	бетонні стіни, плитиперекриття зазнали незначної газової корозії
8 ХТЗ	Н = 12,22 м	кругла в плані Ø 5,96 м	вхідного d = 1,5 м (від ш. № 10) вихідного d = 1,84 м (на ш. № 7)	металоконструкції у зв'язку із сильною корозією металу перебувають в аварійному стані. Спуск неможливий. Капітальний ремонт у 2002 р.	покрите поліетиленовою плівкою, стан задовільний. Капітальний ремонт у 2002 р.

Продовження таблиці 2.6

8	H = 10,76	3,70×3,70 м	Вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металеві сходові марші та огороження сильно корозовані, як наслідок, їх повне обвалення	бетонні стіни, плити перекриття зазнали незначної газової корозії
4	H = 16,68	в плані круга Ø 5,0 м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металоконструкції відсутні у зв'язку з їх обваленням	бетонні стіни, плити перекриття зазнали сильної газової корозії
5 Північна група заводів	H = 7,8 м	4,6×5,0 м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металеві сходові марші та огороження сильно корозовані, як наслідок, їх повне обвалення	бетонні стіни, плити перекриття зазнали незначної газової корозії
5 Роганський тунель	H = 12,65 м	в плані круга Ø 5,0 м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металоконструкції відсутні у зв'язку з їх обваленням	бетонні стіни, плити перекриття зазнали газової корозії
5 Промпобут. тунель	H = 13,18 м	2,0×4,3 (2,6×2,0) м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металоконструкції відсутні у зв'язку з їх обваленням	захисний шар бетону на перекриттях і стінах скорозований (видно арматуру)
1	H = 22,19 м	7,0×7,5 (3,7×4,7) м	вихідного d = 1,84 м	металоконструкції зазнали сильної газової корозії	бетонні стіни, плити перекриття зазнали газової корозії
2	H = 18,75 м	5,4×4,2 (5,0×3,4) м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металоконструкції зазнали сильної газової корозії	бетонні стіни, плити перекриття зазнали газової корозії
3 Роганський тунель	H = 19,65 м	в плані круга Ø 5,0 м	вихідного d = 1,84 м	металоконструкції відсутні у зв'язку з їх обваленням	бетонні стіни, плити перекриття зазнали сильної газової корозії
3 «Автозап-частина»	H = 15,66 м	3,8×3,3 (2,9×2,3) м	вхідного d = 1,84 м вихідного d = 1,84 м	металоконструкції зазнали сильної газової корозії, частково відсутні (обвалені)	бетонні стіни, плити перекриття зазнали газової корозії

Висновки за розділом 2:

1. Аналіз літературних даних і проведені автором дослідження показали, що каналізаційні тунелі та оглядові шахти не витримують гарантований термін експлуатації і виходять з ладу раніше нормативного терміну. Практично у всіх регіонах України до 25% каналізаційних мереж перебуває в аварійному або передаварійному стані. Наведено класифікацію факторів, що впливають на довговічність експлуатації каналізаційних колекторів і призводять до їх аварій. Встановлено, що газова корозія є головною причиною руйнувань конструкцій, в першу чергу залізобетонних.

2. Згідно даних, отриманих за результатами експертного оцінювання було визначено, що з вищевказаних причин відмови сталого функціонування каналізаційних тунелів найбільш високий ступінь впливу мають фактори:

- руйнування зводу в місцях примикання до оглядових шахт, камер гасіння;
- руйнування зводу конструкції каналізаційного тунелю;
- технічний стан оглядових шахт, камер гасіння.

3. Як показав досвід експлуатації каналізаційних тунелів Харкова, залізобетонні конструкції оглядових шахт схильні до швидшого руйнування, ніж конструкції тунелів, що проходять через них. Проведений аналіз станів конструкцій багатьох оглядових шахт дозволяє зробити висновок про необхідність їх повного обстеження і проведення ремонтно- відновних робіт на більшості з них. Слід відзначити, що ділянки тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами є найбільш уразливими від газової корозії, що доведено аналізом аварій каналізаційних мереж за останні роки. Виміри газового складу в шахтах, виконані лабораторією, показують у багатьох з них перевищення концентрації сірководню.

4. Встановлено, що основними завданнями в майбутньому є пошук матеріалів і конструкцій які здатні протидіяти впливу сірководню, який виникає в результаті діяльності мікробної популяції.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ТУНЕЛІВ І ОГЛЯДОВИХ ШАХТ

3.1 Вироби та матеріали з кам'яного лиття для відновлення каналізаційних тунелів та шахт

Досвід застосування металевих труб для систем холодного та гарячого водопостачання, водовідведення, транспортування нафтопродуктів і інших агресивних рідин показав, що вони сильно схильні до корозії, яка знижує термін їх експлуатації до декількох років. Тому наразі пошук перспективних матеріалів для відновлення мереж водопостачання та водовідведення є необхідною задачею.

Перспективними для інновацій і комерційного використання є матеріали, які мають достатній комплекс позитивних властивостей як для загального, так і для вузького функціонального призначення. При цьому для успіху комерційного використання нових матеріалів для них мають виконуватись такі вимоги:

- сировинна база для їх виготовлення має бути необмежена або достатня;
- їх виробництво та використання повинні бути екологічно безпечні;
- обсяги споживання та сфери використання широкі;
- матеріали та вироби з них повинні бути конкурентоздатними за показником ціна- якість.

На даний час в світі спостережується тенденція до заміни сталі та чавуну на композиційні матеріали з високою хімічною стійкістю і довговічністю, до яких в першу чергу слід віднести склопластики, які володіють комплексом високих експлуатаційних властивостей. Однак, в даний час вимоги до композитів зросли, особливо в частині їх тепло- і хімічної стійкості, стійкості до дії мікроорганізмів, ґрунтових і стічних вод [1].

На думку багатьох спеціалістів, матеріалами не тільки нашого часу, але й майбутнього, котрі відповідають наведеним вимогам, є базальтові волокна та вироби з них.

Базальт - це вивержена гірська порода, що має особливі властивості: мало схильний до механічного стирання і має дуже високу міцність, при цьому він індиферентний до будь-яких неорганічних або органічних кислотам, а також і лугів, крім того базальт має високу температуру плавлення [2].

Технологія одержання базальтових волокон – це яскравий приклад запозичення у природи створених нею екологічно чистих мінеральних складів, які успішно пройшли тривалі кліматичні випробування. Світові запаси їх необмежені. За рахунок унікального багатоконпонентного (як мінерального, так і хімічного) складу вихідної сировини (крім основних оксидів SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O гірські породи мають у своєму складі практично всі елементи таблиці Менделєєва, а також їх сполуки) базальтові волокна характеризуються вдалим поєднанням високих експлуатаційних властивостей – температуростійкості, механічної міцності, високого модуля пружності, низької тепло провідності, високої вібростійкості, зносостійкості, стійкості до агресивних середовищ. Для отримання волокон з заданими характеристиками (наприклад, більш високомодульних, температуростійких, луго або кислото стійких) існує можливість підбору вихідної сировини або коригування тієї, що є. Так для виробництва безперервних базальтових волокон використовують базальтові породи наступного діапазону хімічного складу, представлені в таблиці 3.1.

Базальтові волокна мають перевагу перед мінеральними волокнами, скляними, вуглецевими, синтетичними за показником ціна-якість. Майже 98% маси поверхневого шару земної кори складають вісім елементів: кисень, кремній, алюміній, залізо, кальцій, натрій та магній, а вміст решти елементів становить близько 2%. Із аналізу складу земної кори видно, що будівельними матеріалами майбутнього будуть силікати, які складають основу гірських порід.

Таблиця 3.1 – Діапазон хімічного складу базальтових порід

Хімічний склад	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Na ₂ O K ₂ O	Інші
Мінімальний, %	45	12	5	6	3,0	0,9	2,5	2,0
Максимальний, %	60	19	15	12	7	2,0	6,0	3,5

Гірські породи – це однокомпонентна сировина для отримання базальтоволокнистих матеріалів. Україна має світовий пріоритет у створенні базальтоволокнистих матеріалів, виробів з них та промислового впровадження відповідних технологій і обладнання. Базальтові волокна мають істотні переваги перед скляними за показниками теплостійкості, хімічної стійкості і водостійкості. Особливе значення має більш високий модуль пружності базальтових волокон (приблизно, в 1,5 рази вище, ніж у алюмоборо-силікатного скла) для виготовлення композитних труб. Модуль пружності, що визначає жорсткість труб з композитних матеріалів, особливо в кільцевому напрямку, має значення, не менш важливе, ніж міцність.

Безперервне базальтове волокно, поряд з іншими видами волокон, відноситься до армуючих матеріалів, широко використовуваних в сучасних технологіях при виготовленні композитів - штучно створених багатокомпонентних матеріалів, що складаються з пластичної полімерної основи (матриці) і армуючого наповнювача.

Композити на основі базальтових волокон значно перевершують традиційні матеріали і сплави за своїми механічними і фізико-хімічними властивостями. Вони мають корозійну стійкість, хімічну інертність, низький коефіцієнт теплопровідності, високі питомі механічні характеристики, малу питому вагу. Вироби і конструкції на основі композиційних матеріалів довговічні, використання композитів дозволяє зменшити масу конструкції і зменшити витрати на установку і монтаж.

Безперервне базальтове волокно є дуже перспективним матеріалом, воно має унікальний набір властивостей і за своїми фізико-хімічними та

механічними властивостями перевершує скловолокна з Е-скла і близьке до високомодульного S- скла.

Базальтове безперервне волокно по міцності займає проміжне положення між Е-склом і S-склом, по температурі застосування перевершує скловолокно і арамідні волокна, на відміну від арамідних волокон не боїться води і не схильне до старіння (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Порівняльні характеристики армуючих волокон

Показник	Е- скловолокно	S- скловолоно	Арамідне волокно	Вуглецеве волокно	БНВ
Міцність на розтяг, МПа	1400-2600	3100-4300	2900-3400	3500-6000	2500-3000
Модуль пружності, ГПа	72-76	87-90	70-140	230-600	84-87
Відносне подовження при розриві, %	4,7	5,3	2,8-3,6	1,5-2,0	3,1
Діаметр волокна, мкм	6-21	6-21	6-15	5-15	6-21
Текс	40-4200	400-4200	600-1800	600-2400	60-4200
Температура застосування, °С	Від -50 до +380	Від -50 до +300	Від -50 до +290	Від -50 до +700	Від -260 до +600
Вартість, у.о./кг	1,1-1,4	2,5-3,5	25-50	25	2,5-3,0

У порівнянні з найбільш близькими до них за властивостями волокнам з Е- скла базальтові безперервні волокна володіють на 15-20% вищими показниками модуля пружності і міцності на розтягнення (рис. 3.1).

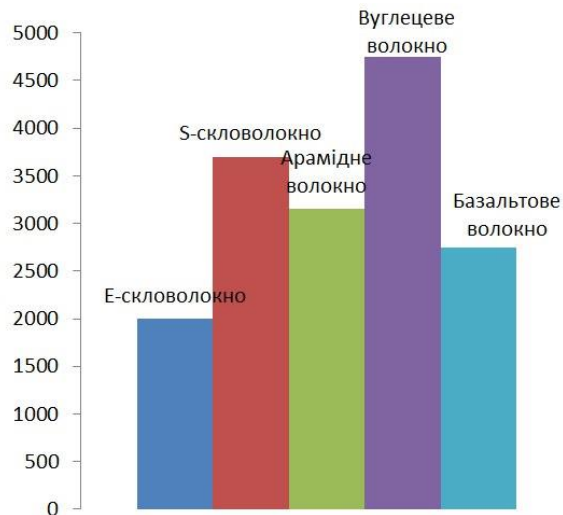


Рисунок 3.1 – Порівняльні характеристики міцності на розтягнення волокон, МПа

Слід також зазначити, що базальтове волокно володіє значно меншою гігроскопічністю, ніж скляне (приблизно в 10 разів), завдяки чому істотно знижуються енерговитрати, пов'язані з видаленням вологи, і знижуються трудовитрати на виготовлення продукції [3].

Також базальтове безперервне волокно характеризується більш широким температурним діапазоном застосування і більш високою хімічною стійкістю в порівнянні з волокном Е- скла (табл. 3.3).

Встановлено також, що за хімічною стійкістю в середовищі портландцементу, що твердіє, базальтові волокна перевершують алюмомагnezійні волокна і скляні волокна марки Е. Це дає можливість стверджувати, що завдяки фізико-хімічним і механічним властивостям базальтові волокна мають величезну перспективу як армуючий матеріал для виробництва спеціальних бетонів і композитів на полімерній матриці, що працюють в агресивних середовищах.

Базальтофібробетони. Дослідження показали, що базальтобетон має більш високу міцність, тому що армоване його базальтове волокно володіє більш високим ступенем дисперсності в армованому камені, а саме волокно - більш високої міцності, ніж сталева сітка.

Таблиця 3.3 – Порівняльна характеристика нитей зі скляних та базальтових волокон

Властивості	Базальтове волокно	Волокно зі Е-скла
Термічні		
Температура застосування, °С	От -260 до +600	От -60 до +460
Температура спікання, °С	1050	600
Коефіцієнт теплопровідності, Вт / м, °К	0,031-0,038	0,034-0,04
Фізичні		
Діаметр елементарного волокна, мкм	7-17	6-17
Текс (г / км)	28-120	17-480
Щільність, кг / м ³	2600-2800	2540-2600
Модуль пружності, кг / мм ²	9100-11000	До 7200
Залишкова міцність при розтягуванні (після термообробки):		
при 20 °С	100	100
при 200 °С	95	92
при 400 °С	82	52
Хімічна стійкість грубого волокна (втрата ваги після 3 год кип'ятіння) в:		
H ₂ O	1,6	6,2
2N NaOH	2,75	6,0
2N HCl	2,2	38,9
Електричні		
Питомий об'ємний електричний опір, Ом м	1x10 ¹²	1x10 ¹¹
Тангенс кута діелектричних втрат при частоті 1 МГц	0,005	0,0047
Відносна електрична проникність при частоті 1 МГц	2,2	2,3
Акустичні		
Нормальний коефіцієнт звукопоглинання	0,9-0,99	0,8-0,93

Базальтофіробетон в конструкції може витримувати великі напруги деформації завдяки тому, що саме волокно при розтягуванні пластичних деформацій не має, а по пружності перевершує сталь. При цьому відносна деформація цементного каменю без утворення тріщин досягає 0,9-1,1%.

Ефективне застосування композитних матеріалів в будівництві та відновленні каналізаційних мереж з високим рівнем хімічної активності. Основними перевагами бетону, армованого базальтовими волокнами, є зниження товщини бетонного шару, відповідно загальної вартості будівництва, зменшення трудовитрат, пов'язаних з установкою дротяної сітки (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Рекомендацію щодо внесення базальтової фібри в бетон

Довжина базальтової фібри, мм	Вид бетону	Кількість базальтової фібри, на 1 т цементу, кг
5-10	Легкий	2-4

В колекторах і підземних водних каналах товщина бетонного покриття істотно зменшується, вартість ремонту і обслуговування знижується завдяки довговічності бетону, армованого волокном. Важливим моментом є те, що волокна не піддаються електрохімічній корозії на відміну від звичайної арматури, яка є електричним провідником і схильна до катодного ефекту [3].

Покриття «VMX-Базальт» захищає бетонні міські колектори і комунікації від руйнування. Це підтверджують випробування, проведені в Харківському НДІ «УкрВОДГЕО» і ДКП «Харківкомуночиствод» (рис. 3.2) [4].



Рисунок 3.2 – Ремонт оглядової шахти з використанням методу «VMX-Базальт».

Базальтопластикова арматура. Базальтопластикова арматура (БПА) виготовляється з композитних матеріалів на основі базальтових ниток (ровінгу). Співвідношення компонентів в матеріалі: 70-75% - базальтове волокно, до 25-30% - полімерне сполучення. За механічними властивостями базальтопластикова арматура перевершує сталеву. Застосування базальтопластикової арматури забезпечує зниження теплопровідності і підвищення стійкості до агресивних середовищ (особливо лужних) бетонних виробів. Знижується вага конструкцій.

Найбільш перспективним є використання пруткової арматури для армування залізобетонних виробів, що працюють в умовах ударних і вібронавантажень, а також в агресивних середовищах.

Базальтопластикова арматура має наступні механічні характеристики: межі міцності при розтягуванні - 1 200 МПа, при вигині - 780 МПа, модуль пружності при розтягуванні 80 ГПа.

Базальтопластикові труби. Застосування труб з композитів (склопластикові - СПТ, базальтопластикові – БПТ, комбіновані - БСПТ) забезпечує значні переваги в порівнянні з традиційно застосовуваними сталевими трубами. Композитні труби мають високу питому міцність, довговічність (60 років і більше) і надійність, унікальну корозійну і хімічну стійкість. Ці труби в 4,3 рази легше сталевих труб, що особливо важливо при транспортуванні, монтажі та експлуатації. Труби з композитів характеризуються низьким гідравлічним опором і відсутністю «заростання» внутрішнього перетину.

Сучасне обладнання в ливарній промисловості дозволяє виробляти труби будь-яких діаметрів. Каменелиті базальтові труби виготовляють методом відливання з розплавленої гірничо вулканічної породи. Плавку проводять у спеціальних печах, з яких базальт через приймач видається у вигляді розплавленої маси для заливки в форми [4]. Стандартна довжина каменелитих труб - до 500 мм, труба має міцні фланці з двох сторін. Зовнішня поверхня труб і деталей до них захищена за допомогою фарбування протикорозійною

фарбою. Внутрішній діаметр каменелитих труб, вироблених в промислових масштабах, може досягати 610 мм [5].

Таблиця 3.5 – Фізико-механічні характеристики базальтопластикових труб

№ п/п	Показник	Значення
1	Діаметр, мм	50-1000
2	Щільність, г/см ³	1,8-2,0
3	Межа міцності, МПа: - при розтягненні - при стиску - при згинанні	>300 >2500 >230
4	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м х К	0,2-0,3
5	Тиск, МПа	0-25
6	Термін служби не менше, років	60-100

Загальними перевагами скло-базальтопластикових труб є:

- висока герметичність і міцність, нечутливість до стирання, висока ремонтпридатність - аналогічно властивостям сталевих труб з однорідною структурою стінки;

- конструкція нарізного сполучення, його висока міцність дозволяють виробляти монтаж при будь-яких погодних умовах при температурі до -25 °С. Час збірки одного різьбо- клейового стику менше 5 хв., Що дозволяє змонтувати до 1000 м трубопроводу в день;

- високоефективна теплоізоляція виключає теплові втрати: не більше 2 °С на кілометр;

- матеріал труб і конструкція з'єднань допускає підвищення температур до 130 °С, робочий тиск регламентується товщиною стінки;

- мала маса, що знижує витрати при транспортуванні і монтажі.

- гладка внутрішня поверхня, що дозволяє використовувати в трубопроводах менший діаметр;

- відсутність будь-яких видів корозії, в тому числі електрохімічної від впливу блукаючих струмів;

- зниження показників тривалої міцності при підвищених температурах не перевищує 40% від показників при нормальних умовах;

- висока термостабільність, коефіцієнт температурного розширення в 10 разів менше, ніж у труб з термопластів;

- мають властивість самокомпенсації, температурні осьові навантаження на опори виникають в 10 разів менше, ніж при експлуатації сталевих трубопроводів;

- з'єднання труб не вимагає зварювальної техніки і відповідної перевірки зварних швів;

Базальтові вироби, отримані шляхом кам'яного лиття, навіть за впливу хімічно агресивних середовищ здатні витримувати великі навантаження тривалий час. Вироби з плавленого базальту мають нульове водопоглинання, що дозволить довго захищати обладнання на 100%. Тому вони використовуються для футерування конструкцій каналізаційних систем, призначених для тривалої експлуатації. Базальтові елементи здатні запобігти руйнуванню каналізаційної системи та забезпечити її безаварійну роботу на десятки років.

Для спорудження об'єктів каналізації застосовують такі вироби з плавленого базальту:

- плитка кам'яного лиття для облицювання внутрішньої поверхні системи каналізації (рис. 3.3);

- радіальна плитка для облицювання внутрішніх профілів;

- труби різного діаметра, відлиті відцентровим способом;

- жолоби з труб, що розрізають уздовж своєї осі;

- жолоби із змінними профілями (для кільцевих, яйцеподібних, лоткових водостоків), що використовуються для викладання нижніх частин водостоків.



Рисунок 3.3 – Футерування внутрішньої поверхні каналізаційної мережі плиткою кам'яного лиття

3.2 Сучасні технології ремонту та відновлення каналізаційних тунелів та шахт

3.2.1 Методи ремонту та відновлення конструкцій залізобетонних тунелів

Для проведення ремонтно-відновлюваних робіт на мережах водовідведення використовують два способи: відкритий та закритий [8].

Відкритий спосіб ґрунтується на розкритті траншеї, видаленні старої труби та влаштування нової. Такий спосіб може бути дешевим, якщо трубопровід розташований близько до поверхні землі, або дорогим — при великій глибині закладення трубопроводу. Однак такий спосіб створює незручності для транспортного й пішохідного руху.

Закритий спосіб ґрунтується на ліквідації пошкодження ділянки трубопроводу без розкриття траншеї.

Значний досвід впровадження відкритого способу ремонту та відновлення отримано в м. Харків при виконанні робіт на зруйнованому корозією тунелі Індустріального району (рис. 3.4) [9, 10].



Рисунок 3.4 – Технологічна послідовність відновлення трубопроводу в Індустріальному районі м. Харків: *а* - виготовлення труби з ребристого поліетилену; *б* - армування труби з установкою фіксаторів; *в* - підготовка постілі для укладання труби з арматурним каркасом; *г* - укладання блоку в збережену лоткову частину; *д* - монтаж інвентарної опалубки за допомогою крана; *е* - закріплення опалубки перед бетонуванням; *є* - бетонування конструкції; *ж* - підготовка поверхні трубопроводу до гідроізоляції; *з* - облаштування оглядових колодязів, захищених від корозії листовим ребристим поліетиленом, зворотнє засипання

Труба з профільованого поліетилену з надітим на неї арматурним каркасом доставлялася на будівельний майданчик у готовому вигляді. Труба виготовлялася в заготівельному цеху на спеціальному стенді (рис. 3.4, а). Готовий арматурний каркас одягали на поліетиленову трубу (рис. 3.4, б). При цьому дотримувалась головна вимога: арматура каркаса повинна мати по всьому периметру і по всій довжині рівну, встановлену розрахунком відстань від поліетиленової труби. Дана вимога виконувалася шляхом устанавлення по всьому колу між арматурним каркасом і ребрами поліетиленової труби спеціальних дротяних фіксаторів. З цією метою в ребрах поліетиленової труби просвердлювали отвори і заводили туди елементи кріплення, які іншим кінцем кріпили до арматурного каркаса. Виготовлений таким чином арматурно-трубний блок доставлявся на будівельний майданчик.

На будівельному майданчику очищалась уціліла лоткова частина старого трубопроводу, від бруду і відкладень, після чого на неї рівномірним шаром 69 товщиною близько 90 мм укладався бетон на дрібнозернистому заповнювачі (рис. 3.4, в).

В постіль з пластичного бетону В25 W6 укладався арматурний каркас, таким чином щоб труба нижньою поверхнею лягла на бетонну постіль (рис. 3.4, г).

Потім монтувалася і закріплювалася інвентарна опалубка (рис. 3.4, д, е), після чого виконувався процес бетонування (бетоном В25, W6) за схемою «кран-баддя» (рис. 3.4, є).

Після розпалубних робіт і набирання бетоном міцності на зовнішній поверхні трубопроводу була виконана обмазувальна гідроізоляція гарячим бітумом по холодній ґрунтовці (рис. 3.4, ж). На даній ділянці мережі були змонтовані вісім оглядових колодязів, внутрішня поверхня яких захищена від корозії листовим ребристим поліетиленом (рис. 3.4, з).

Зворотне засипання виконувалось згідно з вимогами СНиП 3.02.01-87, з пошаровим ущільненням ґрунту та доведенням його щільності до 16-17

кН/куб.м. Товщина кожного шару, що ущільнювався не перевищувала 0,1-0,2 м.

Прийняті технічні та технологічні рішення дозволили виконати ремонтно-відновлювальні роботи в стислі терміни і з мінімальними витратами. Завдяки вжитим конструктивним рішенням відновлений трубопровід, за попередніми прогнозами, може експлуатуватися без ремонту протягом 30-40 років.

У травні 2023 року відбулася аварія на ділянці каналізаційного тунелю по пр. Гагаріна в м. Харків. Було розроблено та впроваджено організаційно-технологічні рішення відновлення даної ділянки каналізаційного залізобетонного тунелю $D=1560$ мм протяжністю 600 м – 4 провали на відстані 20-50м, з реконструкцією оглядових колодязів. Глибина залягання тунелю – 3,5м.

Через ряд чинників відновлення відбувалось відкритим способом шляхом укладання поліетиленових труб КОРСИС $D=1500$ мм в збережену лоткову частину залізобетонного тунелю. Виконана організація відводу стічних вод шляхом влаштування трубопроводу ПЕ $D = 600$ мм з насосними установками.

Склад робіт з відновлення ділянки каналізаційного тунелю (рис. 3.5):

розробка котловану для проведення робіт;

демонтаж аварійних ділянок тунелю та очищення лоткової частини;

укладання поліетиленових труб;

відновлення оглядових колодязів;

зворотня засипка.

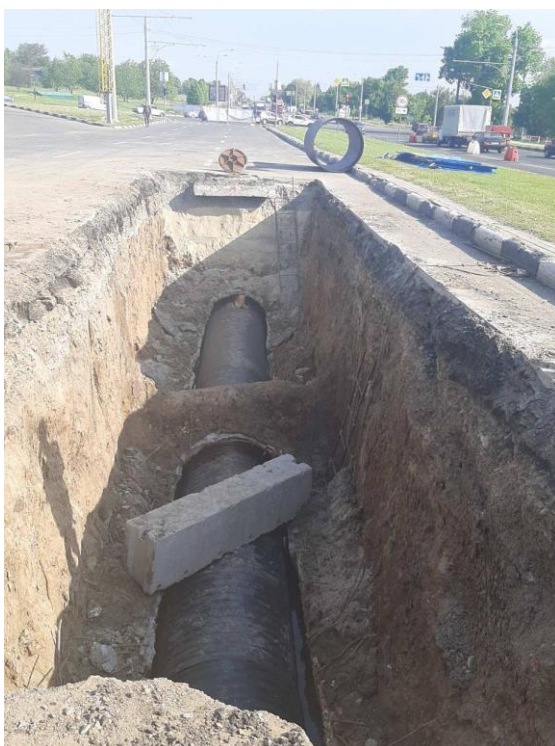
*а**б**в**г*

Рисунок 3.5 – Виконання робіт по відновленню ділянки каналізаційного тунелю по пр. Гагаріна:

а – розриття та очищення тунелю; *б, в* – укладання поліетиленових труб КОРСИС Д=1500; *г* – відновлення місць примикання до оглядових колодязів

Слід детальніше розглянути методи відновлення та ремонту мереж водовідведення, у тому числі тунелів, з використанням конструкцій із полімерних матеріалів.

В останні роки широке застосування знаходить поліетилен. Він активно застосовується в багатьох методах ремонту, як у вигляді листового матеріалу, так і у вигляді труб. Поліетиленові листи герметично зварюються, а поліетилен високої щільності практично непроникний для води та агресивних речовин і має високу тривалу стійкість до сірчаної кислоти і біостійкість. Він міцний та еластичний, його поверхня гладка та стійка до стирання, що зменшує відкладення осаду і підвищує стійкість лотка до стирання.

Розглянемо методи санації, що існують на сьогодні.

Останніми роками ремонт мереж водовідведення, у тому числі глибокого залягання, в м. Харкові успішно ведеться з використанням методу вставок (рис. 3.6). При цьому, як правило, використовуються поліетиленові труби ПЕ 100 типу SPIRO завдовжки 3 м (рис. 3.7).

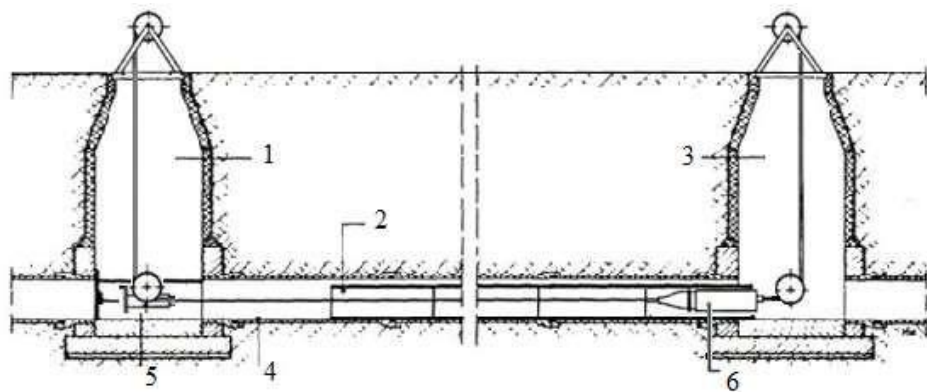


Рисунок 3.6 – Монтаж нового трубопроводу методом вставок:

1 – цільова шахта; 2 – нові труби; 3 – стартова шахта; 4 – пошкоджений трубопровід; 5 – фіксація трубопроводу; 6 – труба, що вводиться



Рисунок 3.7 – Поліетиленові труби SPIRO

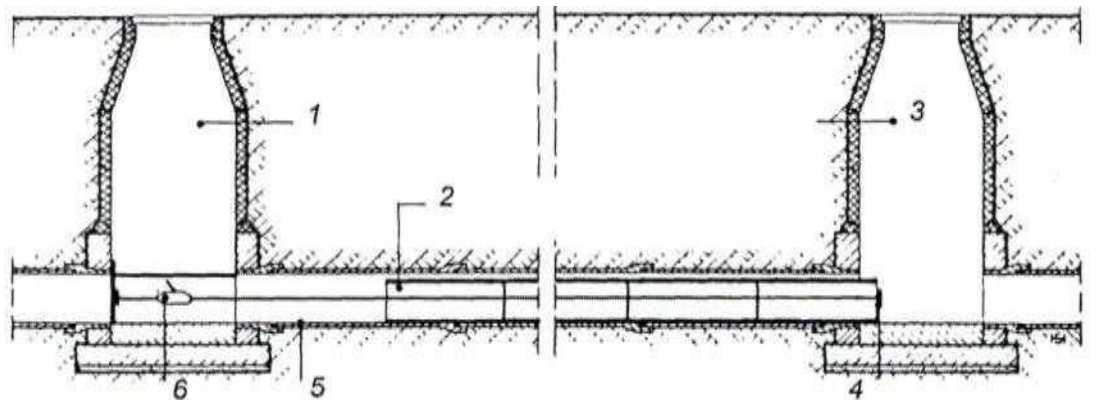
Технологічна послідовність робіт з використанням методу вставок [11]: монтаж устаткування трубопроводів для транспортування сточних вод по поверхні або через дублюючий тунель; блокування входу в тунель у стартовій шахті; дослідження стану конструкцій тунелю; прийняття рішення про вибір методу відновлення; очищення лотокової частини тунелю; очищення склепінної частини тунелю (піскоструминною машиною або водою під тиском); додаткове дослідження стану конструкцій тунелю; подача коротких труб в стартову шахту, нарощування і протягування в напрямку цільової шахти; виконання робіт по ін'єктуванню міжтрубного простору.

Одним із важливих процесів при застосуванні методу вставок є ін'єктування міжтрубного зазору, товщина якого в окремих місцях може досягати 30 см і більше.

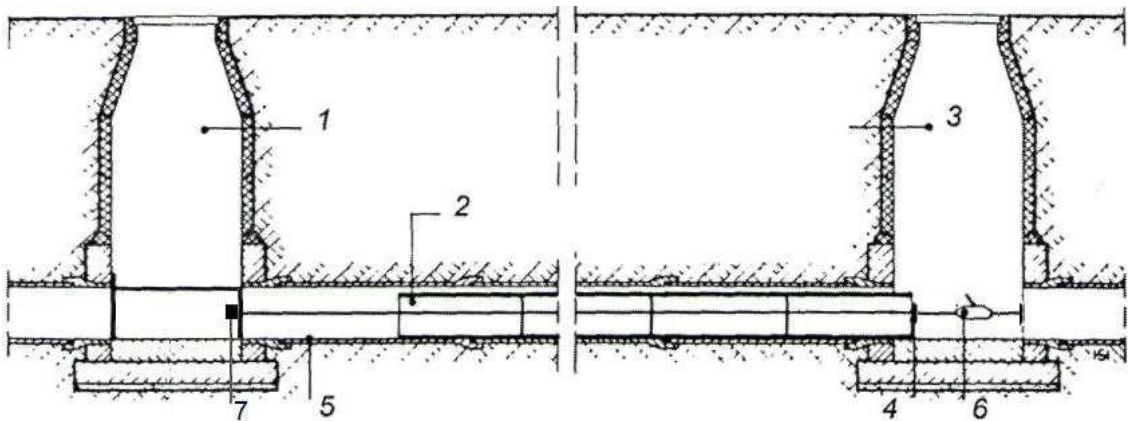
Міжтрубний простір традиційно заповнюють дрібнозернистим бетоном, а якість заповнення міжтрубних порожнин перевіряють контрольним нагнітанням цементного розчину.

Ефективним у випадку, коли невеликі розміри шахт або оглядових колодязів не дозволяють організувати технологічний процес ремонту безтраншейним методом, є застосування коротких труб на основі базальту [13,

14]. Базальтові труби мають високу холодостійкість, що уможлиблює використання їх при монтажі трубопроводів, які пролягають по поверхні землі. Труби з цього матеріалу мають дуже низький коефіцієнт теплопровідності, що дозволяє значно понизити енерговитрати під час транспортування теплоносіїв. Також базальтові труби захищені від «заростання» внутрішнього перерізу. Крім того, базальтові труби абсолютно не схильні до корозії або гниття, абсолютно не придатні для розмноження мікроорганізмів і є екологічно безпечними [11, 12].



a



б

Рисунок 3.8 – Монтаж нового трубопроводу без розтягуючих зусиль:

a – натягач в цільовій шахті; *б* – натягач в стартовій шахті; 1 – цільова шахта; 2 – нові труби; 3 – стартова шахта; 4 – опорна траверса; 5 – пошкоджений трубопровід; 6 – лебідка; 7 – механізм натягнення з напрямним роликком

На рис. 3.9 представлено схему ремонту і відновлення пошкодженого трубопроводу шляхом уведення в нього коротких базальтових труб із наступним ін'єктуванням міжтрубного простору [14].

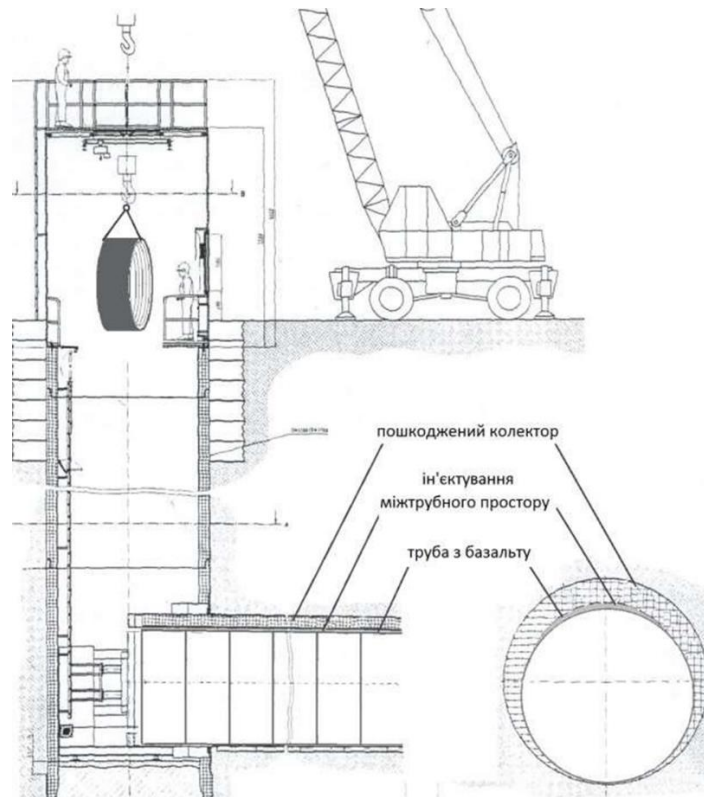


Рисунок 3.9 – Схема ремонту пошкодженого тунелю глибокого залягання
Ефективною технологією відновлення тунелів є їх відновлення із використанням склопластикових труб [12, 14].

Склопластикові труби дозволяють робити ремонт трубопроводів різними методами: методом протягання (проштовхування) на центраторах (спейсерах); установленням трубопроводу за допомогою візка. Заслуговує уваги досвід фірми «Новас» при виконанні ремонту тунелів шляхом заміни пошкоджених корозією діляниць склопластиковими трубами [15]. Метод «труба в трубі» з використанням склопластикових труб фірм НОВАС (рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Метод «труба в трубі» з використанням склопластикових труб фірм NOBAS

Виконання цього виду монтажних робіт полегшує і прискорює монтаж, скорочуючи час «простоювання» трубопроводу.

У багатьох випадках санація трубопроводів – єдина ефективна альтернатива роботам з використанням траншейної технології, яка зводить до мінімуму зменшення внутрішнього діаметра існуючого трубопроводу, забезпечуючи максимально можливу пропускну здатність.

Склопластики є композитними конструкційними матеріалами, що поєднують високу міцність із відносно невеликою щільністю. У різних галузях промисловості вони успішно конкурують з такими традиційними матеріалами, як метали та їх сплави, бетон, скло, кераміка, дерево. У низці випадків конструкції, що відповідають спеціальним технічним вимогам, можуть бути створені тільки зі склопластику. Вироби з цього матеріалу особливо поширені в апаратах, призначених для роботи в екстремальних умовах, – у суднобудуванні, авіації та космічній техніці, устаткуванні нафтохімічної та газодобувної галузей.

Високі питомі показники міцності та жорсткості волокнистих композиційних матеріалів разом із хімічною стійкістю, порівняно малою вагою та іншими властивостями зробили ці матеріали привабливими для виготовлення трубопроводів різного призначення. Санація склопластиковими трубами тунелів збільшує термін їх служби у 5-8 разів, виключає застосування антикорозійних захисних засобів, виключає зварювальні роботи.

Технологія монтажу склопластикових труб залежить від:
діаметра реконструйованого тунелю;
різниці між внутрішнім діаметром тунелю, що підлягає ремонту, і зовнішнім діаметром встановлюваної труби;
стану санованого тунелю; глибини залягання тунелю;
повної довжини тунелю і довжин відрізків труб, з яких монтується трубопровід.

Для тунелів більшого діаметра (для яких внутрішній діаметр трубопроводу $D_{\text{вн}} = 1500-3500$ мм) рекомендується метод відновлення з використанням електрокара, візка або протягування (проштовхування) з'єднаним ланцюгом.

Одним із методів відновлення пошкодженого корозією тунелю є подавання труб за допомогою електрокара або спеціальних візків. З'єднання виконується за допомогою муфт (рис. 3.11) [12, 14].

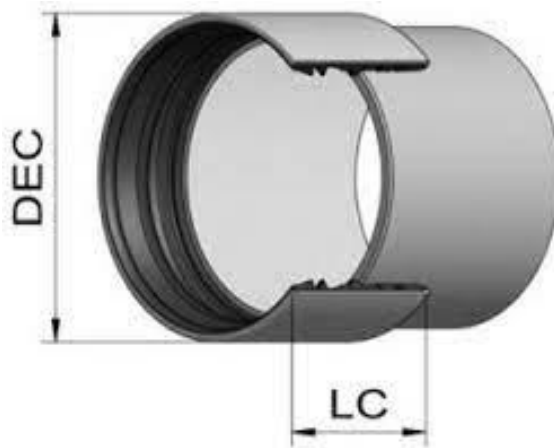


Рисунок 3.11 – Положення труби в муфті

3.2.2 Методи ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій оглядових шахт

Як відомо [18, 19, 22, 9, 27, 28, 29–32, 37, 38], технологічна послідовність робіт з посилення, відновлення та ремонту конструкцій за допомогою антикорозійного покриття складається з наступних процесів:

підготовчий період включає проведення діагностичного обстеження конструкцій оглядових шахт, влаштування будівельного майданчика; доставку та встановлення обладнання та матеріалів; закріплення при необхідності аварійних конструкцій для запобігання обваленням та забезпечення штучного водозниження; підготовка робочого місця, а також місця для встановлення обладнання; узгодження питань безпеки виконання робіт; виконання заходів, які забезпечують контроль за якістю робіт;

основний період включає підготовку поверхні відновлюваної конструкції, очищення від сколів бетону, видалення пилоподібних частинок. При невеликому обсязі робіт або обробці важкодоступних ділянок поверхні очищення проводять дротяними щітками або механізованим ручним інструментом, а при великому обсязі робіт поверхню стін оглядових колодязів і шахтних стволів очищають піско-дробоструйним способом. Потім виконують підготовку антикорозійного покриття, наносять його пензлем або валиком по очищених поверхнях, контролюючи при цьому якість робіт;

заключний період включає демонтаж обладнання.

Досить високі фізико-механічні властивості поліуретанів визначають їх найбільш широке використання серед будівельних матеріалів.

Поліуретани зносостійкі, еластичні, мають досить високу адгезію до різних матеріалів, відрізняються атмосферостійкістю, біостійкістю та хімічною стійкістю, газонепроникністю. Хороші діелектричні властивості дозволяють вважати поліуретанові покриття ефективними для використання як захист від корозії [23, 34].

При нанесенні поліуретанової композиції на поверхню стіни необхідно добре її очистити за допомогою піскоструминного апарату, щіткою, ганчіркою, стисненим повітрям або за допомогою водяної пари, що подається під високим тиском. Далі полімерне покриття слід наносити кистями, валиком або за допомогою розбризкувача, який працює при низькому тиску по очищених бетонних поверхнях. Обидва компоненти через шланги надходять у легку і компактну голівку, що розбризкує, і там перемішуються. Завдяки

цьому матеріал зручно наносити у важкодоступних місцях оглядових колодязів та шахт, що мають глибину 5 м та більше. Під тиском повітря суміш набризкується на стіни колодязя або шахти, де вона відразу реагує і завдяки тиксотропним властивостям стає такою в'язкотекучою, що навіть нанесена на стелі не стікає краплями, і, таким чином, втрати матеріалу зводяться до мінімуму [23].

Каналізаційна система та колектор дощової каналізації заводу «Армаген» хімічного гіганта Bayer (Леверкузен) має довжину близько 155 км. Єдиним прямим доступом до цієї підземної системи каналів є оглядові каналізаційні колодязі. Під час планового профілактичного огляду було встановлено, що в деяких місцях вони вимагають санування [34] і хоча стіни колодязів не зруйновані, подекуди їх товщина зменшилася на кілька сантиметрів. Причиною були мікроорганізми, які перетворили сірку на сірчану кислоту, що міститься у фекаліях і миючих засобах, внаслідок чого бетон став пористим і ґрунтова вода почала просочуватися через колодязь у каналізаційну мережу.

Експлуатаційники дійшли висновку, що вода, що просочується, може прискорити процес руйнування колодязів. Це особливо небезпечно у промисловій зоні, де при аваріях стоки виробничого підприємства потрапляють у ґрунтові води.

Співробітники фірми розробили новий ефективний метод санування колодязів шляхом набризку на стіни поліуретану «PUR Bautes», що складається з двох компонентів. Цей матеріал вже добре зарекомендував себе при сануванні оглядових колодязів.

Головні переваги даного поліуретану – висока реактивність та простота використання. Крім того, PUR Bautes, як і всі поліуретани, швидко і надійно схоплюється на всіх матеріалах і не містить ні пластифікаторів, ні розчинників.

Обробка стін колодязів шаром поліуретану відбувається за кімнатної температури за допомогою розбризкувача, що працює при низькому тиску.

Обидва компоненти через двадцятиметрові шланги надходять у головку, що розпливається, і там перемішуються.

Розбризкувач виконаний дуже легким та компактним. Завдяки цьому матеріал зручно наносити в важкодоступних місцях оглядових колодязів з глибиною 5 м. Під тиском повітря суміш набризується на стіни колодязя, де вона відразу реагує і, завдяки тиксотропним властивостям стає такою в'язкотекучою, що, навіть нанесена на стелі, не стікає краплями і таким Отже, втрати зводяться до мінімуму.

Поліуретан добре схоплюється з бетонною основою та заповнює тріщини та зазори при набризку. Час затвердіння - всього 8-16 с, протягом яких утворюється 5 мм покриття, і оглядовий колодязь готовий до експлуатації.

Перед набризком поліуретану забетоновані каналізаційні оглядові колодязі були очищені за допомогою водяної пари, що подається під високим тиском. Оскільки PUR Bautec на зволоженій поверхні сам швидко перетворюється на плівку, після чищення можна повністю відмовитися від висушування основи. Таким чином, часу для відведення стічних вод потрібно дуже мало. При продуктивності 2 кг/хв процес набризування в одній шахті займає трохи більше 30–45 хв. Підготовка до комплексного санування та саме санування однієї оглядової шахти триває не більше трьох годин.

Через два-три роки всі сановані колодязі були ретельно перевірені, на їх поверхні не виявлено жодної зміни кольору або пошкодження у вигляді тріщин. Не в останню чергу завдяки безшовній обробці PUR-шару конструкції залишалися герметичними, надійно захищеними від ексфільтрації та інфільтрації (рис. 3.12).

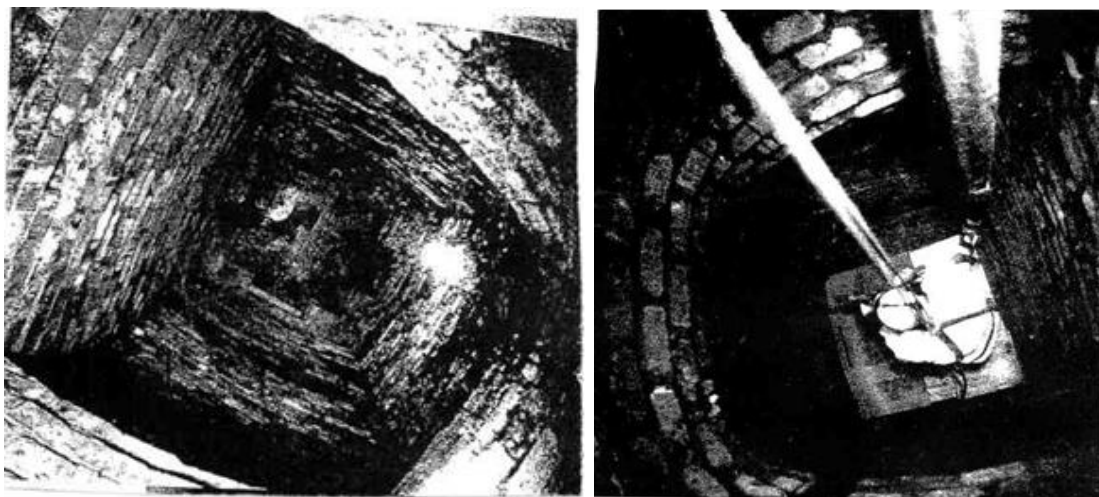
*a**б**в*

Рисунок 3.12 – Санація оглядової шахти за допомогою поліуретану:
a – стан шахти до санації; *б* – нанесення поліуретану; *в* – шахта після санації

Поліетилен з анкерними ребрами (профільований) досить добре зарекомендував себе на різних об'єктах хімічної промисловості для захисту внутрішніх поверхонь залізобетонних конструкцій ємнісних споруд, що експлуатуються у рідких агресивних середовищах.

У місті Харкові останніми роками виконано ремонт низки оглядових шахт на каналізаційних колекторах глибокого закладання з використанням ребристого поліетилену [20, 24, 25, 26].

Технологія робіт передбачає встановлення блоків із залізобетонних збірних цільносекційних конструкцій, із внутрішнім покриттям із ребристого поліетилену. При цьому враховувався той факт, що до складу мастила для форм не можна включати олію чи інші нафтопродукти, що викликають набухання поліетилену. Максимальна температура пропарювання не повинна перевищувати 80 °С, щоб не спричинити деформацію поліетиленового покриття [26].

Технологія виготовлення секцій виконується в наступній послідовності:

З ребристих поліетиленових листів виготовляють за допомогою зварювання рукава з поздовжнім розташуванням анкерних ребер. Потім рукави розрізають на відрізки (кільця) шириною, що дорівнює висоті секційної обробки.

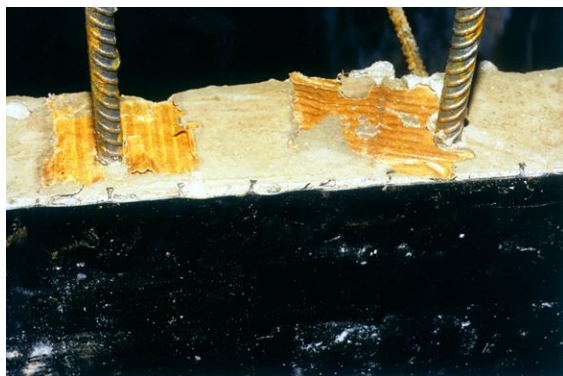
На внутрішню опалубку (сердечник) надягають поліетиленове кільце і розсуваючи до проектного розміру прямокутний сердечник (опалубку) натягують поліетиленове покриття (рис. 3.13, а). Потім встановлюють арматурний каркас і зовнішню опалубку, укладають бетонну суміш і роблять теплову обробку в пропарювальних камерах.

Не допускається тривале зберігання виготовлених секцій обробки на денній поверхні, оскільки це прискорює старіння поліетилену, а взимку при низьких температурах може призвести до розтріскування покриття.

Після укрупнювального складання секцій у блоки (рис. 3.13, б) та їх встановлення у шахту засекційний зазор заповнюють бетонною сумішшю, після чого зварюють стики ребристого поліетилену в місцях стикування секцій (рис. 3.13, г) [9].

При виконанні ремонту оглядової шахти № 8 Немишлянського колектора у Харкові було використано армовані шлаколіті панелі, виготовлені на Нікопольському заводі феросплавів [22, 9].

Технологічний цикл монтажу складався з установки анкерів, монтажу армованих шлаколітих панелей, заповнення засекційного простору бетонною сумішшю, закладення стиків панелей (рис. 3.14).



а



б



в



г

Рисунок 3.13 – Відновлення оглядової шахти з використанням ребристого поліетилену: *а* - фрагмент стінової панелі, облицьований ребристим поліетиленом; *б* - збирання панелей у монтажний блок; *в* - зварювання стиків профільованого поліетилену; *г* - шахта після облицювання



Рисунок 3.14 – Монтаж шлаколитих панелей

Для ремонту зруйнованих корозією стін оглядової шахти на каналізаційному колекторі по вул. Северина Потоцького в м. Харкові було розроблено технологію облицювання стін керамічною цеглою (рис. 3.15). Відповідно до розробленого проекту, конструкції оглядової шахти відновлювалися шляхом установлення додаткового арматурного каркаса і бетонування стіни, де як в'язучий використовувався сульфатостійкий цемент. При цьому процесу бетонування стін передують цегляна кладка товщиною в половину керамічної цеглини марки 100 на розчині з сульфатостійкого цементу, яка також виконує роль незнімної опалубки.



Рисунок 3.15 – Технологічний процес відновлення стін оглядової шахти керамічною цеглою: *а* – зруйнована корозією стіна шахти; *б* – армування та поетапна цегляна кладка стіни; *в* – бетонування міжстінного простору; *г* – відновлена оглядова шахта

Технологічний процес ремонту шахтного ствола включає такі етапи: демонтування плит покриття; очищення стін від продуктів корозії; монтування поліетиленових труб діаметром 1500 мм довжиною 7 м у бічних відводах

колектора; ін'єктування простору між старими та новими трубами сульфатостійким бетоном на дрібному заповнювачі; додаткове армування пошкоджених корозією стін; поетапна кладка стін в ½ цеглини; бетонування міжстінного простору [25, 26].

При бетонуванні використовувався бетон класу В15 на сульфатостійкому цементі М500 на дрібному заповнювачі. У технологічному процесі відновлення стін особлива увага приділялася набору міцності цегляної кладки і монолітного бетону в міжстінному просторі. Стіна будувалася в півцеглини на висоту не більше 1 м і заанкерувалася за заздалегідь встановлену і закріплену до стін арматуру.

У європейських країнах широко використовується обшивка стін оглядових шахт та колодязів полотном та плиткою зі штучного матеріалу за допомогою елементів анкерного кріплення. До них належить "Permaform Manhole System" [35]. Закріплюється обшивка через Т-подібні перемички в поперечному перерізі, що несе, виконані з монолітного бетону товщиною 50-75 мм. Усередині оглядового колодязя чи шахти встановлюють опалубку. Вона бере на себе зусилля, що виникають у процесі виконання робіт з корозійного захисту при внесенні бетонної суміші.

Після схоплювання бетону сталеву опалубку видаляють. Відновлені за цим методом колодязі за 24 години можна вводити в експлуатацію.

Інший технологічний процес ламінування полягає у наступному: очищають бетонні поверхні; на розділовий підшар із клейовостружкової або волокнистої маси наносять дисперсійний клей із синтетичної смоли та заклеюють шви клейкою стрічкою; покривають другим захисним шаром; наносять третій та четвертий шари, перевіряють наявність раковин у всіх чотирьох шарах ламінату; укладають п'ятий і шостий шари (до останнього додають 5% парафіновий розчин); набризкують свіжий шар корунду в зоні робочої поверхні. Товщина всього нанесеного ламінату на робочій поверхні 7 мм, стінах – 5 мм [35].

Перспективними, на думку авторів [21, 9, 35], є футерувальні та облицювальні покриття, які виконуються з штучних матеріалів - кислототривкої кераміки, каменелитих, шлакосіталових та вуглеграфітових виробів, що укладаються на хімічно стійких в'язучих.

По конструкції ці покриття ділять на: одношарові, багатшарові і комбіновані, що найбільш широко застосовуються. Останні мають непроникний підшар, що перешкоджає проникненню агресивних середовищ, дифузія яких можлива крізь шви броньового шару, і компенсують температурні деформації, викликані внутрішніми напруженнями, що виникають у футеруванні.

Керамічні вироби мають високу механічну міцність, щільність, хімічно стійкі до кислот (крім кремнефтористоводневої, плавикової та гарячої концентрованої фосфорної), до розчинів холодних лугів слабких і середніх концентрацій, солей, а також до газоподібних середовищ.

Для облицювальних робіт використовують камеліті, шлакосіталові, вуглеграфітові вироби, кислототривку цеглу (класів А, Б, В) і термокислотоупорні керамічні плиткі з рифленою робочою поверхнею [36].

Технологічна послідовність виробництва антикорозійних робіт така: поверхню ретельно промивають чистою водою та сушать. Якщо агресивні середовища були кислими, то поверхню нейтралізують лужним розчином або 4-5% розчином кальцинованої соди. Потім знову промивають водою та сушать.

Процес застосування керамічних плиток для облицювання бетонних та залізобетонних каналізаційних конструкцій колекторів заснований на бар'єрній дії та тому залежить від правильного вибору конструкції покриття, а також від якості виконання антикорозійних робіт. Керамічні покриття забезпечують найбільш надійний і довговічний захист будівельних конструкцій, мають високу атмосферостійкість, біостійкість і хімічну стійкість. На підставі вищевикладеного можна вважати, що дані покриття за своїми фізико-хімічними властивостями найбільш ефективні для

використання в техніці антикорозійного захисту та проведення ремонтно-будівельних робіт.

Система «Кералайн» згідно з [33] відноситься до несамонесучих облицювань, які вимагають міцного механічного з'єднання з поперечним перерізом несучих конструкцій.

За наявності зовнішнього тиску ґрунтових вод все облицювання має тривалий час витримувати їхній напір.

Залежно від часу укладання застосовуються два варіанти кріплення:

пряме кріплення в поперечному перерізі, що несе (укладання «а ргіорі»);

непряме (непряме) кріплення на несучому поперечному перерізі з використанням укладочного та заповнюючого розчинів (адгезивно), коли елементи «Кералайн» самозакріплюються (наступне укладання).

Кріплення фасадних прислонених плиток виконується завдяки спеціальним, виготовленим на неглазурованому зворотному боці поперечним ребрам, подібним до хвоста ластівки. Вибрані відстані та висота ребер – результат тривалих та великих досліджень.

При укладанні за методом а ргіорі елементи плиток наносяться безпосередньо при виготовленні несучого поперечного перерізу на заводі або на будівельному майданчику на внутрішню поверхню (наприклад, при укладанні на внутрішню опалубку) таким чином, що ребра міцно зв'язуються в бетоні.

Завдяки такій конструкції реалізується кріплення до поверхні конструкції, що витримує достатній тиск зовнішньої води [36]. Відмова кріплення може наступити лише у разі перевищення міцності на розтягування бетону між ребрами та самою перегородкою.

При подальшому укладанні елементів фасадних прислонених плиток на будмайданчику за допомогою розчину, відбувається непряме кріплення, тобто з'єднання з поперечним перетином, що носить, ґрунтується тільки на міцності на розтяг при схоплюванні між бетоном і розчином.

Щоб уникнути слабких місць у контактній зоні між бетоном та плитками міцність на розтяг при схоплюванні застосовуваного розчину повинна бути така ж, як і міцність на розтяг бетону.

Даний спосіб дозволяє спеціально підготовлені стійкі корозії керамічні плитки з'єднувати в заводських умовах в елементи облицювання з великою площею розмірами 240×115 мм. Утримання окремих плиток забезпечується завдяки закладенню швів спеціальною епоксидною смолою. Невелика кількість швів (вторинні шви) заповнюються між великоформатними облицювальними елементами на місці монтажу із застосуванням тієї ж епоксидної смоли.

Для міцного з'єднання елементів фасадних прислонених плиток з облицюванню, що несе, несучим перетином окремі плитки мають поперечні ребра у вигляді хвоста ластівки, розміри і відстань яких були визначені досвідченим шляхом і задовольняють можливим механічним напругам.

Використання системи «Кералайн» дозволило значно скоротити витрати в порівнянні з традиційним укладанням керамічних плиток, а також усунути проблему корозії стикових розчинних швів.

Використання виготовлених заводським способом або безпосередньо на місці елементів каналів з бетону або залізобетону з облицюванням «Кералайн» додало нового вигляду старим просанованим каналам з цегляної кладки.

Під час ремонту та відновлення Роганського каналізаційного колектора у Харкові для облицювання нових конструкцій оглядових колодязів було застосовано керамічну плитку вітчизняного виробництва (рис. 3.16). Щоб забезпечити адгезійну міцність між плиткою та бетоном кільця, плитка виготовлялася з анкерною поверхнею у вигляді хвоста ластівки [9].



Рисунок 3.16 – Монтаж оглядового колодязя, облицьованого керамічною плиткою

Для відновлення камери гасіння каналізаційного колектору біля заводу ХТЗ через високу агресивність каналізаційного середовища було запропоновано захисну антикорозійну систему облицювання стінок камери гасіння: керамограніт+антикорозійний розчин. В лабораторії ХНУБА було проведено дослідження на доцільність використання керамограніту, яке свідчить про високі якісні показники матеріалу для захисту від біогенної корозії (рис. 3.17) [17].

Розрахунок матеріалів для 1м³ розчину для облицювання камери гасіння наступний: цемент активністю 450 кгс/см² = 0,675 т на 1 м³ піску з насипною щільністю кг/м³; портландцемент М500 - 675 кг; кварцовий пісок - 1450 кг; керамзитовий піл - 130 кг; хімічно-активна добавка - 60 кг. Співвідношення цементу до піску складає 1: 2,15; В/Ц = 0,4-0,42.

Іншу внутрішню поверхню експлуатаційних діляниць та сходів покрито антикорозійним епоксидним поліуретановим складом «АКВАХИМ» [16].

Перекриття камери виконувалось залізобетонними плитами с антикорозійними поліетиленовим покриттями.



Рисунок 3.17 – Відновлена камера гасіння К-1 за допомогою керамогранітних плит

3.3 Експериментальні випробування базальту для його використання в ремонтно-відновлювальних роботах

3.3.1 Експериментальні випробування базальту для його використання в ремонтно-відновлювальних роботах

Метою наступного етапу даної роботи є проведення експериментальних випробувань базальту, що представлений на ринку України, на предмет доцільності його використання при відновлювальних роботах в умовах агресивного середовища.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- провести експериментальне випробування, метою якого є дослідження адгезії між зразком плитки кам'яного лиття та цементно-піщаним розчином.

- провести експериментальне випробування зразків базальту в умовах їх експлуатації в агресивному середовищі.

Автором було проведено дослідження адгезії між плиткою кам'яного лиття та цементно-піщаними розчинами методом відриву [5, 39]. Метод дає максимально точні результати і для багат шарових, і для одношарових покриттів (результат визначається в $\text{кг}/\text{см}^2$). Дослідження проводяться переважно в лабораторних умовах, і дозволяють визначити адгезію кожного шару покриття шляхом приклеювання робочих циліндрів (площин) до поверхні.

Для проведення дослідження було виготовлено 3 склади цементно-піщаних розчинів:

1. 50 гр. цемент М400; 50 гр. дрібний пісок; 25 гр. вода.
2. 50 гр. цемент М400; 100 гр. дрібний пісок; 30 гр. вода.
3. 50 гр. цемент М400; 150 гр. дрібний пісок; 37 гр. вода.

Розчини були нанесені на поверхню базальтової плитки розмірами $250 \times 250 \times 30$ мм (виробник ООО "Термоліт-Інвест"). Шар нанесених розчинів становить 1 мм. Після набуття міцності розчинів було нанесено перпендикулярні розрізи в вигляді решітки розмірами 10×10 мм. За допомогою епоксидного клею робочий циліндр приклеюється до досліджуваної поверхні, та під дією перпендикулярного поступального руху виконується відділення шару розчину за допомогою динамометра (рис. 3.18). Результати досліджень представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати дослідження адгезії між базальтовою плиткою та цементно-піщаними розчинами методом відриву

№ зразка	Склад розчину (цемент : пісок)	Міцність при відриві R, $\text{кг}/\text{см}^2$
1	1:1	4
2	1:2	7,5
3	1:3	11-13

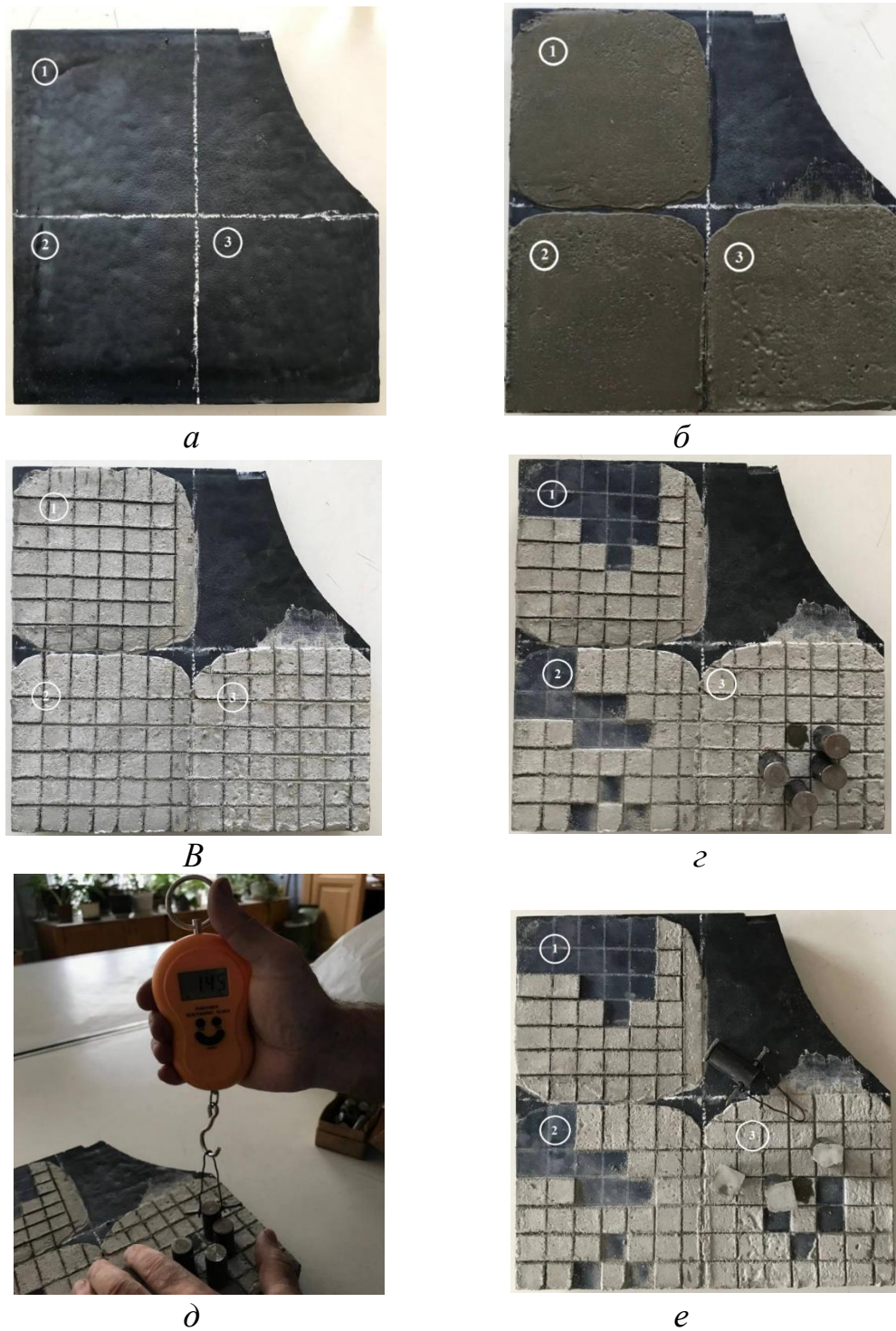


Рисунок 3.18 – Дослідження адгезії базальту:

а – базальтова плитка; б – нанесення розчинів на поверхню плитки;
 в – нанесення перпендикулярних розрізів по набраному міцності розчині
 в вигляді решітки; г – приклеювання робочих циліндрів до площини
 базальтової плитки; д – проведення експерименту за допомогою динамометра
 методом відриву; е – завершення експерименту, отримання та обробка
 результатів

За результатами адгезії між базальтовою плиткою та цементно-піщаними розчинами методом відриву встановлено, що зразки №1 та №2 недоцільно використовувати в якості розчину для експлуатації в каналізаційному середовищі з причини низької адгезії з базальтовою плиткою.

Для досліджень впливу міцності плитки кам'яного лиття на стійкість до агресивних середовищ каналізаційної шахти зразок був занурений в шахту №3 Головного каналізаційного тунелю на 90 діб.

Перед зануренням було заміряно концентрацію речовин у агресивному середовищі каналізаційної шахти (табл. 3.7) [41].

Таблиця 3.7 – Концентрація речовин у шахті №3 Головного каналізаційного тунелю на період проведення досліджень

№	Проба відповідно до терміну проведення випробування	Показник				
		H ₂ S, мг/м ³	NH ₃ , мг/м ³	CH ₄ , %	CO, мг/м ³	O ₂ , %
1	На початок занурення	31,8	8	0,1	0,2	19,8
2	На кінець випробування	30,9	6	0,14	0,2	19,2
3	ГДК згідно з нормативами	10	20	2	20	До 23

Випробування проводилися відповідно до нормативних документів про методи випробувань будівельних матеріалів. Результати дослідження зразків базальтової плитки наведено в табл. 3.8 (рис. 3.19, 3.20, 3.21).



а



б



в

Рисунок 3.19 – Міцність зразка на вигин - 250x120x30 мм:

а – зразок плитки кам'яного лиття; б – випробування зразка на вигин;

в – результат випробування

*a**б**в**г*

Рисунок 3.20 – Міцність зразка на стиск (через 3 місяці) - 40x50x50 мм:
а – зразок базальтового елемента; б, в – випробування зразка на стиск;
г – результат випробування

*a**б**в*

Рисунок 3.21 – Міцність зразка на вигин (через 3 місяці) - 95x95x25 мм:

а – зразок базальтовоо елемента; б – випробування зразка на вигин;

в – результат випробування

Таблиця 3.8 – Результати лабораторних досліджень базальтових елементів

№ п/п	Назва матеріалу	Міцність на стиск $R_{сж}$, кгс/см ²	Міцність на вигин $R_{изг}$, кгс/см ²	Міцність на стиск після 3 місяців в колекторі $R_{сж}$, кгс/см ²	Міцність на вигин після 3 місяців перебування в колекторі $R_{изг}$, кгс/см ²
1	Базальт	4141,56	4193,99	4241,5	4435,19

В результаті проведених досліджень було виконано аналіз ринку плитки кам'яного лиття України та обрано зразки для проведення випробувань в агресивному каналізаційному середовищі шахти №3 Головного каналізаційного тунелю м. Харків.

Після перебування зразків протягом 90 діб у середовищі, де показники концентрації хімічних речовин перевищують більш ніж утричі нормативні ГДК, було проведено лабораторні дослідження з метою визначення границі міцності на стиск та вигин плитки. Визначено, що зразки базальту не втрачають міцності після перебування в каналізаційному середовищі та, за умови використання антикорозійного розчину для швів, можуть бути використані при відновлювальних роботах каналізаційних конструкцій, що здатна протидіяти біогенній корозії.

3.3.2 Дослідження та пошук складу розчину для відновлення та ремонту конструкцій каналізаційних мереж

Для підвищення експлуатаційної довговічності конструкцій каналізаційної мережі, необхідно особливу увагу приділяти розробці складу розчинів для ефективною експлуатації їх в агресивних умовах.

В лабораторії кафедри будівельних матеріалів авторами [40] були проведені дослідження з підбору складу розчинів для їх подальшої експлуатації в склепінній конструкції тунелів ка колекторів.

Основним прийомом підвищення корозійної стійкості та довговічності розчинів для систем каналізації є підвищення їх щільності і зменшення водопоглинання. Шляхи досягнення стійкості та довговічності можуть бути різні. Одним з найбільш ефективних є застосування спеціальних мінеральних та хімічних добавок на стадії приготування розчинних сумішей [40].

Мінеральні тонкомелені домішки сприяють ущільненню бетону на мезорівні, заповнюючи простір між частками в'язучого та мілким заповнювачем. Хімічно активні добавки (ХАД) сприяють синтезу додаткових для цементного каменю кристалогідратних сполучень з гідроксидом кальцію та алюмінатних фаз портландцементу.

Для вивчення впливу міцності бетону на стійкість агресивних середовищ каналізаційної шахти були виготовлені зразки самоущільнювального бетону. Зразки були виготовлені у вигляді кубиків розміром 10x10x10 см., і випробувані у віці 28 днів нормального затвердіння і 3 місяців перебування в агресивному середовищі каналізаційної шахти.

Випробування проводилися відповідно до нормативних документів про методи випробувань будівельних матеріалів.

Результати складу зразків, що досліджувались, наведено в табл. 3.9 (рис. 3.22).



Рисунок 3.22 – Лабораторне випробування зразка після перебування в агресивному середовищі оглядової шахти на стиск

Таблиця 3.9 – Фізико – механічні характеристики бетонів

№ з/п	Найменування контрольного складу	Витрата матеріалу, кг	Щільність, кг/м ³	Водопоглинання, %	Міцність на стиск, МПа, 28 діб	Міцність на стиск, МПа, 90 діб у каналізаційній шахті
1	Цемент ПЦ-500; Пісок кварцовий; Щебінь гранітний; Вода.	313 574 1247 200	2280	4,06	32,0	12,0
2	Цемент ПЦ-500; Пісок кварцовий; Щебінь гранітний; Вода; ХАД-7% от ПЦ.	313 574 1247 200 21,9	2305	2,7	32,9	18,0
3	Цемент ПЦ-500; Пісок кварцовий; Щебінь гранітний; Вода; ХАД-12%от ПЦ.	313 574 1247 200 37,56	2366	2,2	33,4	20,0
4	Цемент ПЦ-500; Пісок кварцовий; Щебінь гранітний; Вода; ХАД-7% от ПЦ; Керам. Пил 18% від маси ПЦ.	313 574 1247 200 21,9 56,34	2400	2,8	33,8	21,6
5	Цемент ПЦ-500; Пісок кварцовий; Щебінь гранітний; Вода; ХАД-7% от ПЦ; Гранвідсів 20% від маси щебня.	313 574 1247 200 21,9 249,4	2426	2,42	33,9	22,0
6	Цемент ПЦ-500; Пісок кварцовий; Щебінь гранітний; Вода; ХАД-7% от ПЦ; Гранвідсів 20% від маси щебня. Керам. Пил 18% від маси ПЦ.	313 574 1247 200 21,9 249,4 56,34	2508	2,58	40,0	24,8

У результаті проведених дослідів було отримано склад розчину для його експлуатації в умовах агресивного середовища каналізаційного тунелю, в який входить:

1. В'яжуче: портландцемент марки М500, що задовольняє вимогам ДСТУ Б В.2.7-46-2010 «Цементи загально-будівельного призначення. Технічні умови»;
2. Наповнювач: пісок природний кварцовий з модулем крупності до 2,5 мм, що задовольняє вимогам ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови»;
3. Керамзитовий пил: як активна мінеральна добавка і наповнювач (20% від маси цементу), що задовольняє вимогам ДСТУ Б В.2.7-100-2000 «Добавки активні мінеральні для цементів. Технічні умови»;
4. Хімічно активні добавки (ХАД7 - 12% від маси цементу) торгової марки «Віатрон», виробник ООО «Виа-Телос», м. Харків.
5. Вода питна водопровідна.

Висновки за розділом 3:

1. Вироби на основі базальту мають ряд переваг: високу міцність, досить малу вагу, надійність при експлуатації в широкому діапазоні температур, не схильні до корозії і мають високу хімічну стійкість. Таким чином показники базальту відповідають головним вимогам до матеріалів, які використовуються для захисту каналізаційних мереж. Використання базальтоволоконистих матеріалів, композитів та виробів з них є перспективними та економічно доцільними. Ці переваги дають можливість застосування матеріалів з базальту при ремонті і відновленні мереж водопостачання та водовідведення.
 2. При розгляді методів ремонту і відновлення каналізаційних трубопроводів великого діаметра і тунелів відзначено, що метод вставок на сьогодні є основним, як у зарубіжній, так і у вітчизняній практиці санації. При цьому, як правило, використовуються труби із поліетилену, склопластику та базальтопластику. Уціліла лоткова частина тунелів при цьому не використовується. Крім цього перелічені труби мають високу вартість.
- При дослідженні методів ремонту і відновлення оглядових шахт встановлено, що в м. Харкові накопичений значний досвід у цій області.

З використанням рішень, розроблених ученими університету, відновлено багато шахт на каналізаційних тунелях міста. При цьому застосовувався ребристий поліетилен, панелі зі шлакового литва, клінкерна цегла, покриття стін з VMX-базальту. Розгляд широкого спектру застосованих матеріалів дозволив здобувачеві в процесі аналізу публікацій визначити їх високу або низьку ефективність. При розгляді зарубіжних матеріалів і методів санації каналізаційних колодязів і шахт слід виділити успішне використання для облицювання стін поліуретану «PUR Bautes» і поліетилену з анкерами AGRUSAFE.

3. Як видно з таблиці 2, зразки базальту не схильні до корозії та не втратили міцності при стисненні та на вигин після знаходження зразків в агресивному середовищі каналізаційної шахти за 3 місяці.

Отримані результати дослідження дозволяють використовувати матеріали з базальту для виконання ремонтно-відновлювальних робіт каналізаційних тунелів та споруд. Цементно-піщаний розчин у складі цементу М400, дрібного піску та води в співвідношенні 1:3:0,74 відповідно забезпечить необхідну адгезію з базальтовими елементами. В лабораторії кафедри будівельних матеріалів були проведені дослідження з підбору складу розчинів для їх подальшої експлуатації в склепінній конструкції тунелів ка колекторів.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ В МІСЦЯХ МЕЖУВАННЯ З ОГЛЯДОВИМИ ШАХТАМИ

4.1 Розробка організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами

4.1.1 Організаційно-технологічні рішення ремонту та відновлення каналізаційних тунелів з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття

Виходячи з результатів дослідження автором дисертаційної роботи розроблено технологію відновлення тунелів у місцях примикання до оглядової шахти.

Як вихідні дані для розробки технології прийнято, що в каналізаційному тунелі, що межує з оглядовою шахтою, склепінчаста частина обробки частково зруйнована газовою корозією і в зоні максимального тиску ґрунту стався обвал обробітку.

Відновлення каналізаційного тунелю з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття проводиться в кілька основних етапів.

Серед технологічних процесів, які мають бути виконані до початку ремонтно-відновлювальних робіт необхідно виділити найбільш важливі, це насамперед огороження місця проведення аварійних робіт, організація робіт по транспортуванню стічних вод в обхід ділянки яка ремонтується (рис. 4.1), та очищення ділянки тунелю у випадку неповної її руйнації, в тому числі ділянок, які є суміжними.



Рисунок 4.1 – Тимчасове відведення стічних вод

Спосіб реалізують наступним чином [82]. Спочатку проводять підготовку трьох каналізаційних колодязів, розташованих поспіль (рис. 4.2): першого колодязя 1, середнього колодязя 2 та третього колодязя 3. Для цього відкривають люки, та перевіряють стан дна колодязів. В першому каналізаційному колодязі 1 і в третьому колодязі 3 встановлюють упор 4 з блоками 5. На поверхні над першим 1 та третім 3 колодязями встановлюють лебідки 6, трос 7 з обох лебідок заводять у середній колодязь 2, сюди опускається і металевий контейнер 8.

Металевий контейнер 8 протягують вперед у напрямі першого колодязя 1 на відстань, яка забезпечує заповнення контейнера 8. В процесі переміщення металевий контейнер 8 зрізає мулисті нашарування до повного заповнення контейнера. Потім заповнений контейнер 8 відтягують назад, у середній колодязь 2, в якому проводять вивільнення контейнеру від мулистого осаду. Середній колодязь очищують від мулистого осаду.

Відтак операції протягування металевому контейнеру 8 в напрямку першого колодязя повторюються до тих пір, поки каналізаційний трубопровід буде повністю очищений від осаду. Після цього ті самі операції повторюють у напрямку третього колодязя.

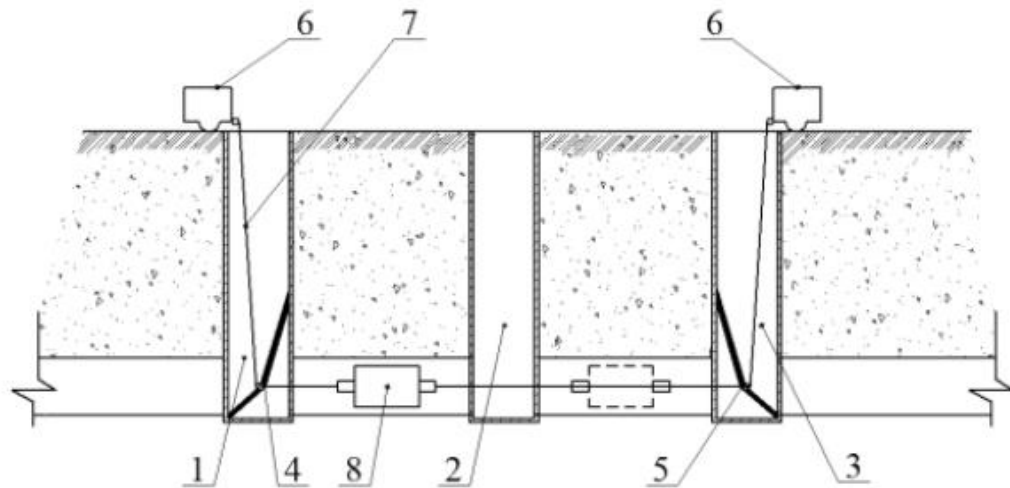


Рисунок 4.2 – Спосіб очищення каналізаційного тунелю:

1 – перший колодязь; 2 – другий колодязь; 3 – третій колодязь; 4 – упор;
5 – блоки; 6 – лебідка; 7 – трос; 8- металевий контейнер.

Після очищення зруйнованого корозією тунелю виконується розробка траншеї.

Як показують дослідження, межі раціонального використання відкритого (траншейного) способу ремонтно-відновлювальних робіт залежно від конкретних інженерно-геологічних та виробничих умов змінюються у широких межах із глибиною закладення траншеї в середньому від 3 до 8 м. У практиці будівництва при розробці ґрунту в траншеях найчастіше застосовуються варіант кріплення вертикальних стінок, який представлено на рисунку 4.3.

При ремонті та відновленні тунелів відкритим способом застосовуються норми та правила, що використовуються для нового будівництва: розробляють систему об'їздів та заходи безпеки для пішоходів; організують безперервну роботу мережі каналізації, з'єднаної з ділянкою, що ремонтується, шляхом утилізації та перекачування стічних вод обвідними трубами; локально знижують рівень ґрунтових вод та вод, які скупчилися після аварії; вживають заходів, щоб запобігти пошкодженню паралельних і трубопроводів, що

перетинаються, різного призначення, у тому числі водопроводу, газопроводу, тепломереж та ін.

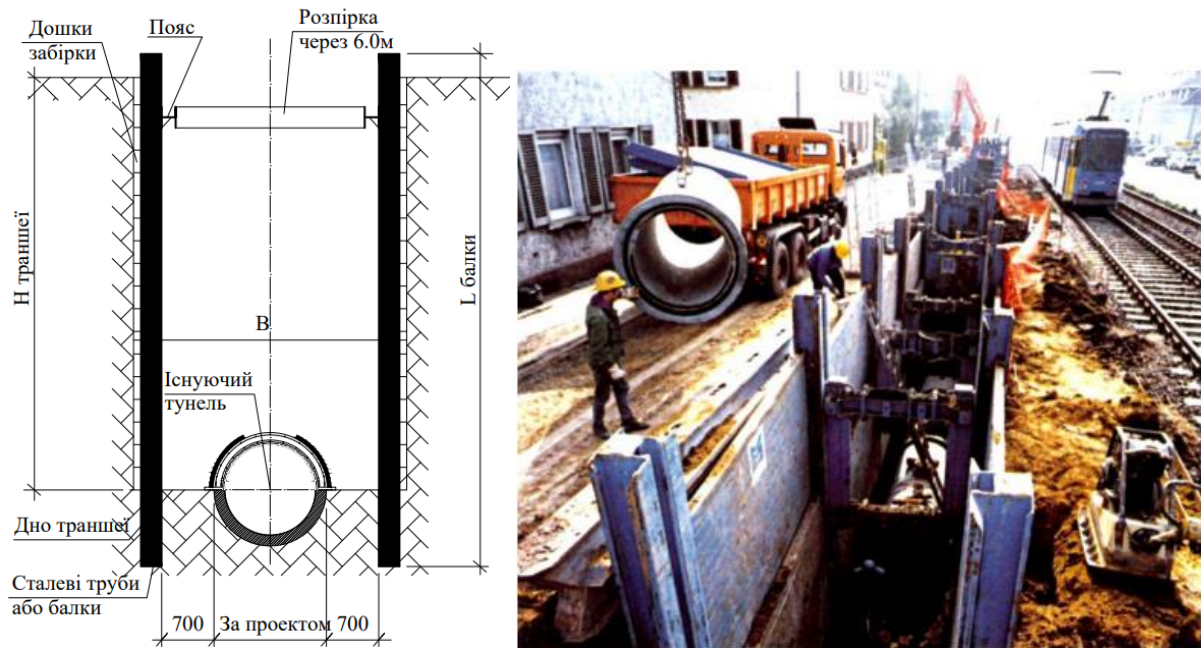


Рисунок 4.3 – Кріплення стінок траншеї глибокого залягання

При застосуванні запропонованого способу ремонту та відновлення тунелів необхідним є використання пневматичної опалубки [21, 22, 25, 27, 36, 39, 81].

Досвід роботи з пневматичними опалубками надає їм особливого значення, оскільки вони забезпечують виконання таких вимог:

- швидкий монтаж і демонтаж опалубки;
- можливість використання її для просторових поверхонь скривленої форми, навіть з великими прогонами;
- багаторазова оборотність опалубки.

Технологія виконання робіт по зведенню склепінчастої частини каналізаційного тунелю з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття передбачає такі етапи (табл. 4.1):

- демонтаж аварійних ділянок тунелю (склепіння, стінки);
- розчищення лоткової частини тунелю;
- відновлення ділянки лоткової частини тунелю (за умови руйнування лотка);

очищення існуючої арматури для забезпечення спільної роботи лотка та захисного покриття склепіння, що зводиться;

влаштування пневматичної опалубки для спорудження склепіння тунелю з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття;

укладання плитки кам'яного лиття;

встановлення необхідної арматури для захисного облицювання склепіння з монолітного залізобетону;

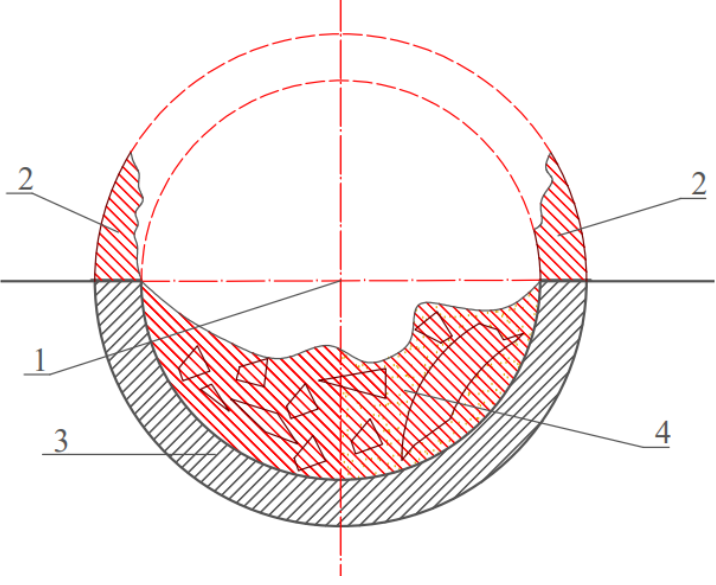
створення інвентарної опалубки;

укладання бетонної суміші монолітної частини склепіння;

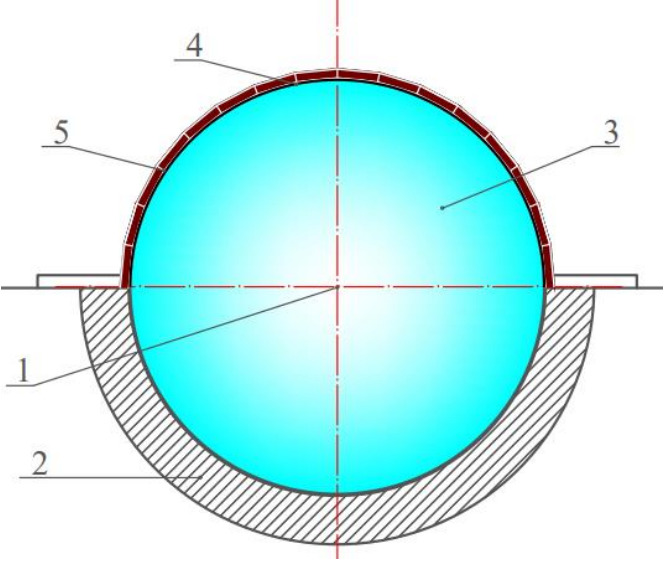
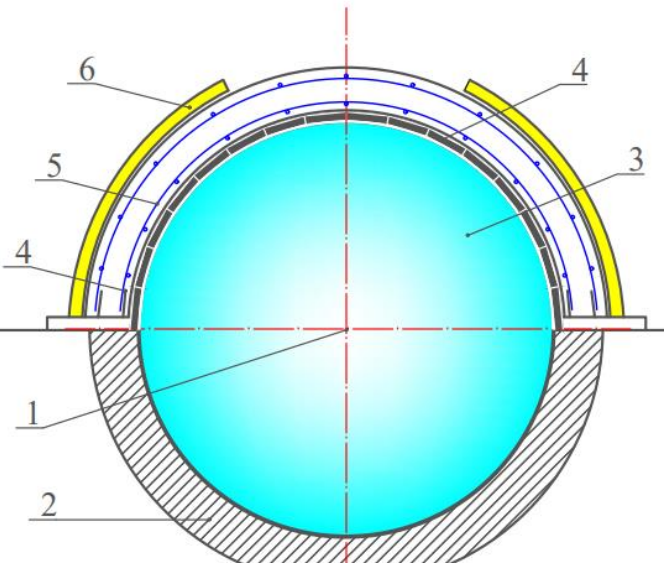
демонтаж пневматичної та інвентарної опалубки після набирання міцності бетону;

зворотне засипання траншеї з ущільненням [39].

Таблиця 4.1 – Технологічна послідовність зведення склепінчастої частини каналізаційного тунелю з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття

№	Загальний вигляд	Технологічний процес
1	2	3
1	 <p data-bbox="319 1792 1053 1971">1 – існуючий колектор; 2 – аварійні ділянки стінок колектору; 3 – лоткова частина; 4 – зруйновані частини колектору та ґрунт.</p>	<p data-bbox="1077 1198 1468 2016">Розроблення траншеї; демонтаж аварійних ділянок колектора (склепіння, стінки); розчищення лоткової частини колектора; очищення існуючої арматури для забезпечення спільної роботи лотка та захисного покриття склепіння, що зводиться;</p>

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
2	 <p data-bbox="320 882 1031 1043">1 – існуючий колектор; 2 – лоткова частина; 3 – пневмоопалубка; 4 – плівка ПВХ; 5 – плитки кам'яного лиття;</p>	<p data-bbox="1054 304 1471 663">Влаштування пневматичної опалубки для спорудження склепіння колектору; укладання плитки кам'яного лиття;</p>
3	 <p data-bbox="320 1715 1031 1939">1 – існуючий колектор; 2 – лоткова частина; 3 – пневмоопалубка; 4 – очищена існуюча арматура; 5 – армування; 6 – інвентарна опалубка.</p>	<p data-bbox="1054 1077 1471 2007">Встановлення необхідної арматури для захисного облицювання склепіння з монолітного залізобетону; створення інвентарної опалубки; укладання бетонної суміші монолітної частини склепіння; демонтаж пневматичної та інвентарної опалубки після набирання міцності бетону; зворотне засипання траншеї з ущільненням</p>

Продовження таблиці 4.1

4	 <p>1 – існуючий тунель; 2 – лоткова частина; 3 – відновлена склепова частина тунелю.</p>	<p>Відновлений тунель виконаний з обробкою склепіння плиткою кам'яного лиття.</p>
---	--	---

В випадку, коли відкритий спосіб відновлення тунелю стає не раціональним за конкретних інженерно-геологічних та виробничих умов, запропонована наступна технологічна схема ремонту зруйнованого тунелю методом проходки завалу продавлюванням в зруйнований тунель залізобетонних кілець, облицьованих з внутрішньої сторони плиткою кам'яного лиття (рис. 4.4, 4.5). На першому етапі необхідно виконати пристрій шахтного стовбура на криволінійній ділянці траси тунелю для того, щоб забезпечити виконання робіт в двох напрямках. Попередньо в оглядовій шахті здійснюється демонтаж залізобетонних плит, щоб забезпечити введення в тіло тунелю робочого обладнання та залізобетонних кілець.

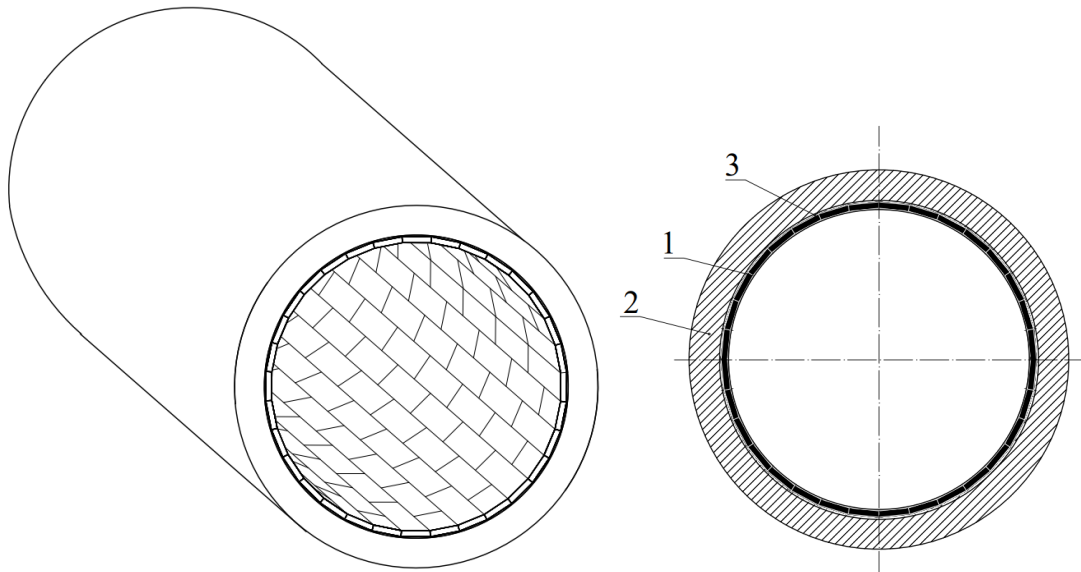


Рисунок 4.4 – Залізобетонна труба з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття виконаною в заводських умовах:

1 – плитка кам'яного лиття; 2 – залізобетонне кільце; 3 – хімістійкий клей.

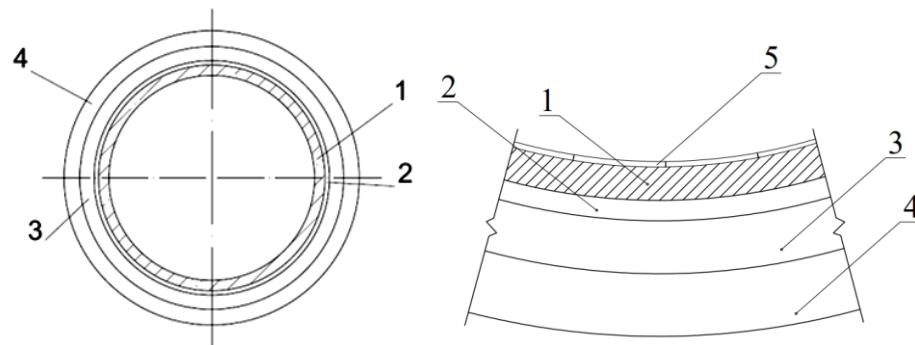


Рисунок 4.5 – Конструкція залізобетонних кілець з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття:

1 - вторинна оброблення із залізобетонних кілець; 2 – міжобробний зазор, ін'єктований цементно-піщаним розчином; 3 - монолітне залізобетонне облицювання первинного оброблення; 4 - залізобетонне кільце; 5 - антикорозійне захисне покриття з базальтової плитки

Проходка завалу методом проштовхування здійснюється шляхом введення в зруйнований тунель залізобетонних кілець з стартовою шахти і змонтованої шахти послідовно в напрямку назустріч один одному. Далі з двох робочих шахт проводиться буріння через завал горизонтальних свердловин і протягування через них сталевих штанг, що закріплюються з ножовий

частиною [65, 244, 245]. Тяговим зусиллям ножева частина (кілець) забезпечує зрізання породи і впровадження кілець вглиб тунелю, заповненого ґрунтом. Опорна частина залізобетонного кільця створює необхідну жорсткість і міцність всієї конструкції. Гідравлічні домкрати, розташовані в задній частині опорного кільця, вдавлюють залізобетонні кільця з антикорозійним покриттям на місце обраного ґрунту, при цьому упором для домкратів, розташованих по колу корпусу, служить уже готова ділянку оброблення. Потім домкрати прибирають, а ділянку позаду опорної частини зміцнюють залізобетонними елементами, які і складають оброблення тунелю при ліквідації провалу методом проштовхування. При наступному кроці, після вибірки чергової порції ґрунту, домкрати, спираючись на щойно змонтовані елементи, штовхають ножеву частину далі. Технологічна схема виробництва робіт по ліквідації локального обвалення оброблення каналізаційного тунелю показана на рис 4.6.

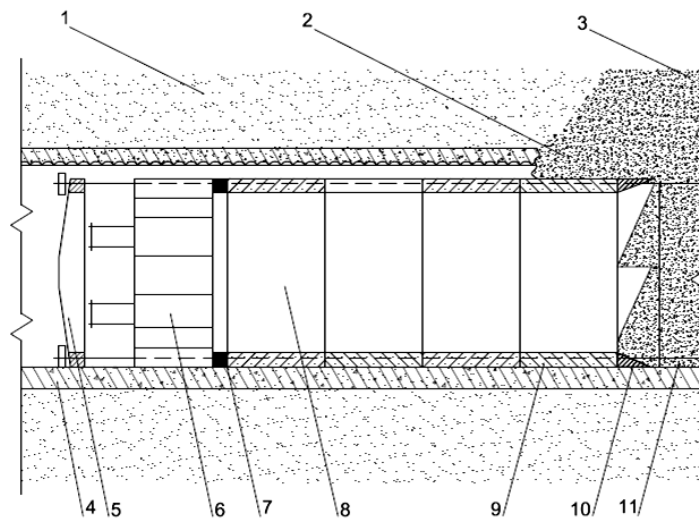


Рисунок 4.6 – Технологічна схема ліквідації завалу методом проштовхування шляхом введення в зруйнований тунель вторинного оброблення зі збірних залізобетонних кілець з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття:

- 1 - водонасичений нестійкий масив ґрунту; 2 - завалена частина оброблення;
3 - вивал ґрунту; 4 - оброблення ґрунту; 5 - траверса; 6 - гідродомкрат; 7 -

опорне кільце; 8 - залізобетонне кільце; 9 - тягова штанга; 10 - ножова частина; 11 - горизонтальна свердловина для тягової штанги

З рис. 4.6. видно, виробництво відновлювальних робіт виконується послідовно, захватками, рівними довжині висунення штоків гідродомкратів. Розробку та видалення ґрунту проводять вручну за допомогою механізованого інструменту малогабаритними породонавантажувальними машинами [244, 245].

Після проходки завалу і зведення вторинної залізобетонної оброблення проводиться зачеканення стиків між залізобетонними кільцями за допомогою швидкосхоплюючого цементу, а в заобробочний зазор нагнітається цементно-піщаний розчин. Якість первинного нагнітання, тобто заповнення пустот, перевіряють вторинним контрольним нагнітанням цементного розчину [244, 245].

4.1.2 Організаційно-технологічні рішення ремонту та відновлення оглядових шахт за допомогою облицювання плиткою кам'яного лиття

Основний період відновлення оглядової шахти за допомогою облицювання стінок плиткою кам'яного лиття з базальту (рис. 4.7):

демонтаж плит перекриття;

очищення стінок від продуктів корозії;

ін'єкція антикорозійним бетоном на дрібному заповнювачі простору в місцях стикування тунелю;

армування стінок шахти (в разі глибокої корозії стін);

облицювання стінок оглядової шахти плиткою кам'яного лиття з базальту (рис. 4.8);

обробка внутрішньої поверхні експлуатаційних дільниць та сходів антикорозійним епоксидним поліуретановим складом «АКВАХИМ».

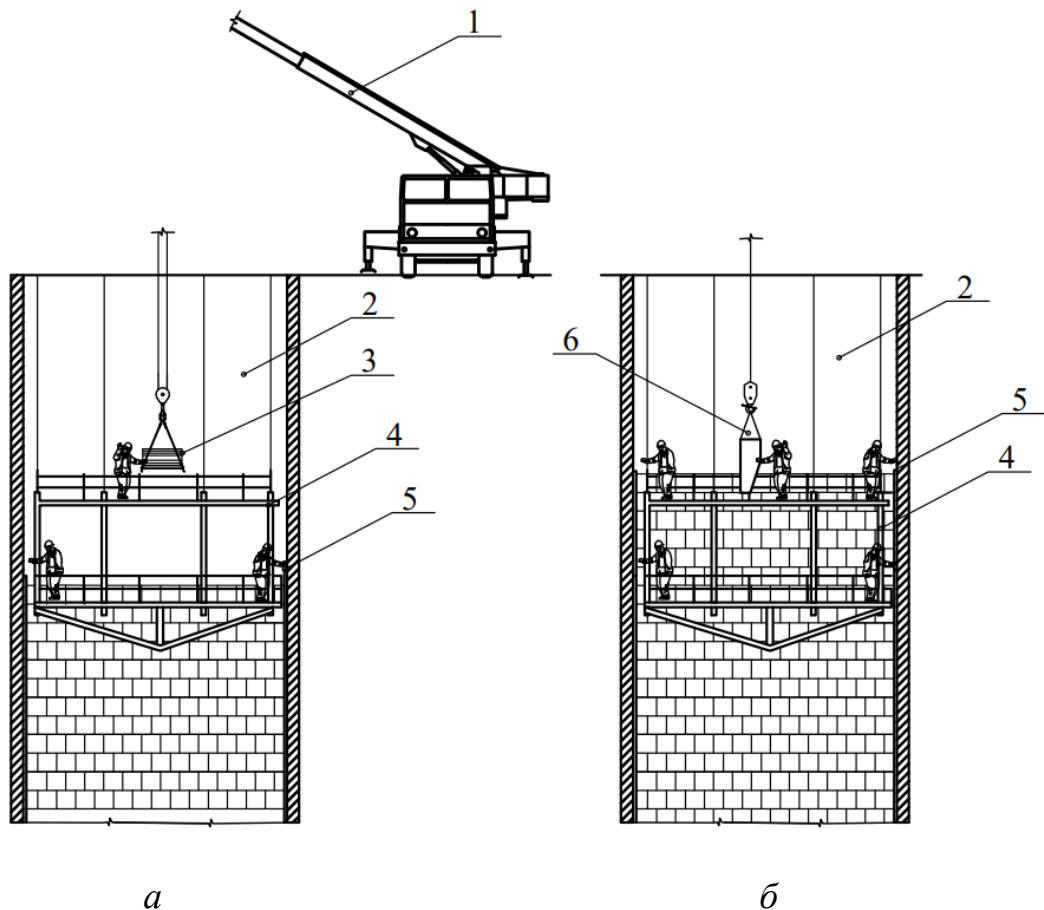


Рисунок 4.7 – Схема виконання облицювальних робіт з використанням плитки кам'яного лиття шахтного стовбура прямокутної форми:
 а – подача плитки до шахти та облицювання стін плиткою; б – подача бетонної суміші, облицювання стін плиткою та покриття клеєм-герметиком стиковальних швів; 1 – кран; 2 – шахтний стовбур; 3 – піддон з плиткою; 4 – риштування (або навісна полка); 5 – плитка кам'яного лиття; 6 – ємність з бетонною сумішю

Через високу агресивність каналізаційного середовища було запропоновано захисну антикорозійну систему облицювання стінок оглядової шахти: базальтова плитка та антикорозійний розчин. В лабораторії ХНУБА авторами було проведено дослідження на доцільність використання базальтової плитки, яке свідчить про високі якісні показники матеріалу для захисту від біогенної корозії. В результаті проведених досліджень авторами [48] було отримано склад розчину для його експлуатації в умовах агресивного середовища каналізаційного тунелю та оглядової шахти.

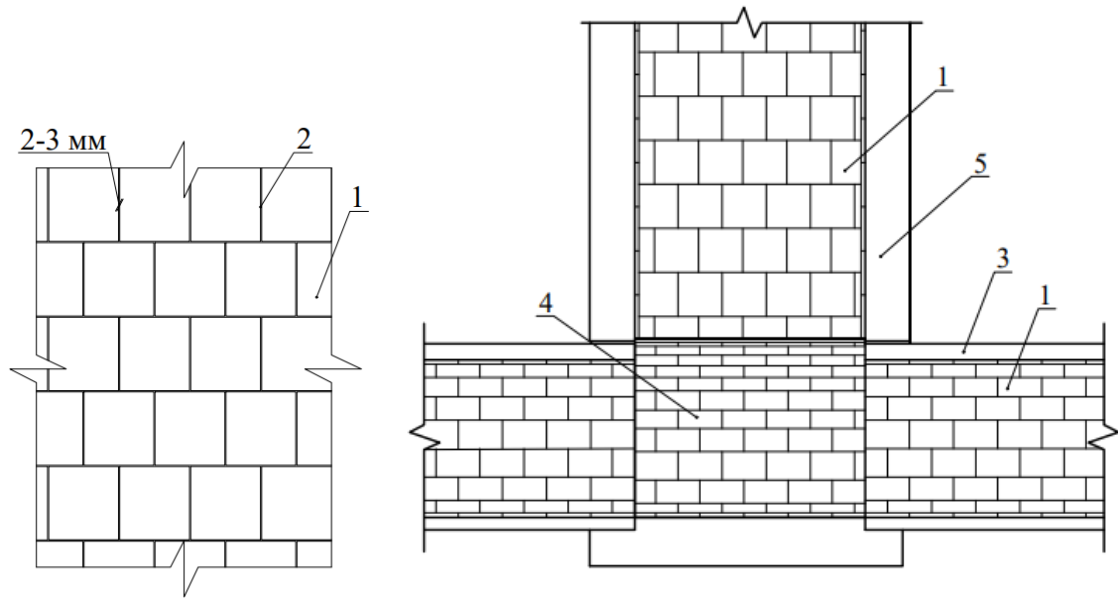


Рисунок 4.8 – Оглядова шахта відновлена базальтовою плиткою:

- 1 – базальтова плитка; 2 – шви 2-3 мм оброблені епоксидним клеєм;
 3 – відновлений тунель; 4 – відновлена лоткова частина оглядової шахти; 5 – стіни оглядової шахти.

Розрахунок матеріалів для 1м³ розчину для облицювання оглядової шахти наступний: цемент активністю 450 кгс/см² = 0,675 т на 1 м³ піску з насипною щільністю кг/м³; портландцемент М500 - 675 кг; кварцовий пісок - 1450 кг; керамзитовий пил - 130 кг; хімічно-активна добавка - 60 кг. Співвідношення цементу до піску складає 1: 2,15; В/Ц = 0,4-0,42.

Робоча поверхня, що футерується, а також плитки кам'яного лиття перед монтажем повинні бути очищені від різноманітних забруднень і мати температуру не менше +10°C.

Виробником продукції кам'яного лиття ООО «Термолит-Інвест» (м. Кривий Ріг, Україна) рекомендовано хімістійкий клей UltraMix E10 для футерування внутрішньої поверхні каналізаційного тунелю та стінок оглядової шахти базальтовою плиткою. Наноситься шар клею – 2-3 мм. Для кращого схоплювання кам'яного лиття з замазкою поверхні плит, що футеруються, повинні мати ребристу або шорсткувату поверхню. Температура приміщень при монтажі повинна бути не нижче +5°C. Після цього клей наноситься на плитку завтовшки 2-3 мм, потім укладається на поверхню і після

невеликого простукування гумовим молотком плитка виявляється встановленою. Залишкові зазори між плитками заповнюються замазкою. Товщина шва між плитами має бути 2-3 мм. Обробка швів ведеться вручну. Шви оброблюються епоксидним клеєм. Після футерування ведеться сушіння при 30-40°C протягом 1-1,5 діб із одночасною вентиляцією.

Внутрішню поверхню оглядової шахти та лоткову частину рекомендовано облицьовувати базальтовими плитками на запропонованому авторами [48] розчині на повну висоту. Іншу внутрішню поверхню експлуатаційних ділянок та сходів покривати антикорозійним епоксидним поліуретановим складом «АКВАХИМ» [13].

4.1.3 Рішення щодо забезпечення безпеки робіт при ремонті та відновленні оглядових шахт

Роботи при ремонті оглядових шахт умовно можна розділити на два етапи: спорудження конструкцій без взаємодії з середовищем водовідведення та спорудження при впливі середовища водовідведення.

На першому етапі забезпечення техніки безпеки нормується ДБН А.3.2-2-2009 [126].

При виконанні робіт на другому етапі відновлення в оглядових шахтах повинні враховуватися специфічні небезпеки, що загрожують життю та здоров'ю працюючих у них [74]:

- загазованість шахтних стволів та тунелів, що проходять через них, небезпека вибуху, опіків та отруєння персоналу;
- небезпека впливу потоків води на персонал, що працює у шахтах каналізаційних тунелів;
- небезпека обвалення ґрунту при ремонті склепінь каналізаційних тунелів, що примикають до стін шахт;
- санітарна небезпека при зіткненні зі стічною рідиною;
- вогкість у шахтах та тунелях.

При експлуатації оглядових шахт каналізаційних тунелів можлива дія наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів [74]:

- утворення небезпечних сумішей газів;
- утворення небезпечного рівня напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- наявність падаючих предметів та інструментів;
- відсутність достатньої освітленості робочої зони;
- підвищена вологість;
- наявність газоподібних речовин загальнотоксичної та іншої шкідливої дії (сірководень, метан, вуглекислий газ та ін.);
- наявність горючих домішок, що потрапили в стічні води (бензин, нафта та ін.), а також розчинених газоподібних речовин, які можуть утворити в каналізаційних мережах та спорудах вибухонебезпечні суміші;
- утворення патогенних мікроорганізмів у стічних та природних водах (бактерії, віруси, найпростіші);
- наявність яєць гельмінтів у стічних водах.

Для розробки технічних і технологічних рішень, що забезпечують безпеку проведення робіт на мережах водовідведення, що діють, використовується досвід будівництва та ремонту шахтних стволів іншого призначення (гірничорудного, гідротехнічного, транспортного, комунального та ін). На підставі результатів аналізу та відповідно до чинних правил та норм техніки безпеки [40, 126, 163] для практичного застосування рекомендовано: пересувний комплекс машин та обладнання, рятувальні сходи - люлька для підйому людей, а також спосіб монтажу вентиляційних пристроїв у шахтних стволах каналізаційних мереж без участі людей [90].

Відомі [110, 140] комплекси машин, призначених для проходження гирла шахтних стволів на глибину до 100 м. Автором [90] запропоновано комплекс пересувного обладнання, машин, механізмів та інвентарних пристроїв для ремонтно-відновлювальних робіт у каналізаційних шахтних стволах.

Цей комплекс включає наступне обладнання:

- 1) бункер ємністю до 5м³;
- 2) автокран КС-3775А вантажопідйомністю 10 т;
- 3) інвентарне збірно-розбірне перекриття гирла ствола розмірами 8х9 м;
- 4) баддю типу БПСМ ємністю 0,5-1,0 м³;
- 5) лебідки електричні (типу ЛПП 5/500) та ручні для підвісного полку, рятувальних сходів, трубопроводів та ін;
- 6) пересувні компресори АЛКС продуктивністю 10м³/хв кожен;
- 7) пересувну електростанцію (потужність, кВА, - за розрахунком);
- 8) розчинозмішувач 10-46 Б продуктивністю 2м³/год;
- 9) вентилятор (з шумоглушником) ВМ-5 продуктивністю 90-270 м³/хв.

Існують різні конструкції підвісних полків, розроблені для роботи в шахтних стволах [93, 108, 110, 140]: одне, - дво- та триповерхові.

Якщо на підвісному настилі працюють люди, то верхній поверх (його настил) виконує роль захисного перекриття від можливого падіння зверху предметів, а зазори між настилами та обробкою стовбура перекривають висувними або шарнірно-накладними козирками [90].

Важливою умовою виконання робіт в умовах каналізаційного середовища є штучна вентиляція. Штучна вентиляція каналізаційних шахтних стволів покликана забезпечити нормальні умови праці – температуру повітря не більше 26°С за відносної вологості до 90%. Відомо [40, 27], що провітрювання стволів при проходці, як правило, проводиться способом нагнітання повітря (рис. 4.9, 4.10: а) з подачею повітря по трубах, б) наскрізним струменем, в) з поздовжньою перемичкою. При цьому використовуються металеві вентиляційні труби або гнучкі вентиляційні труби з прогумованої тканини.

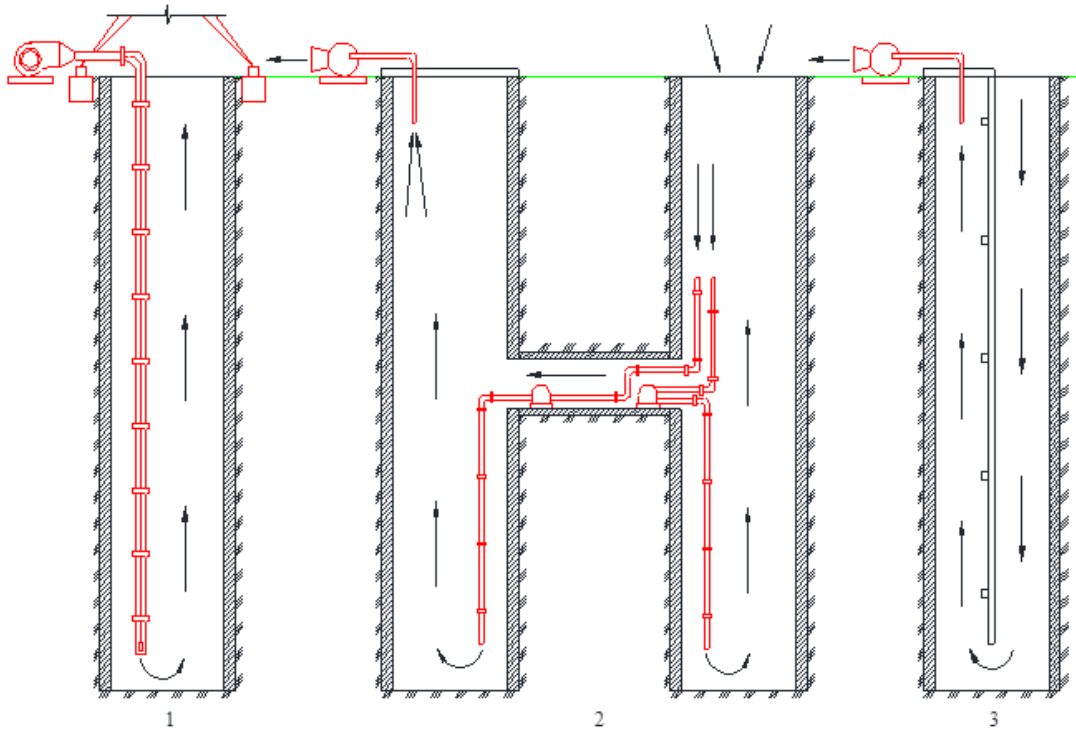


Рисунок 4.9 – Штучна вентиляція шахтних стволів [90] з подачею повітря: трубами 1, наскрізним струменем 2 з поздовжньою перемичкою 3.

Для доставки робітників, зайнятих на відновленні шахти, застосовують рятувальні драбини. Відомі рятувальні драбини типу ДР-1 та ДР-2 (рис. 4.11) [27, 130], призначені для підйому людей, зайнятих на проходці ствола, у разі аварії з основним підйомом. На рятувальній драбині повинні одночасно розміститися всі робочі зміни. Драбину підвішують до каната лебідки, обладнаної гальмами з комбінованим (механічним та ручним) приводом [90]. Грунт, що обвалився, і старе кріплення в міру ремонту або відновлення склепінь підземних споруд повинні забиратися, скупчення їх у шахті, що ремонтується, забороняється. Все будівельне сміття необхідно підняти на поверхню; у каналізаційних колекторах глибокого закладання це робиться через колодязі, камери; у водопровідних шахтах – рейками, розташованими на водоводах, спеціальними візками.

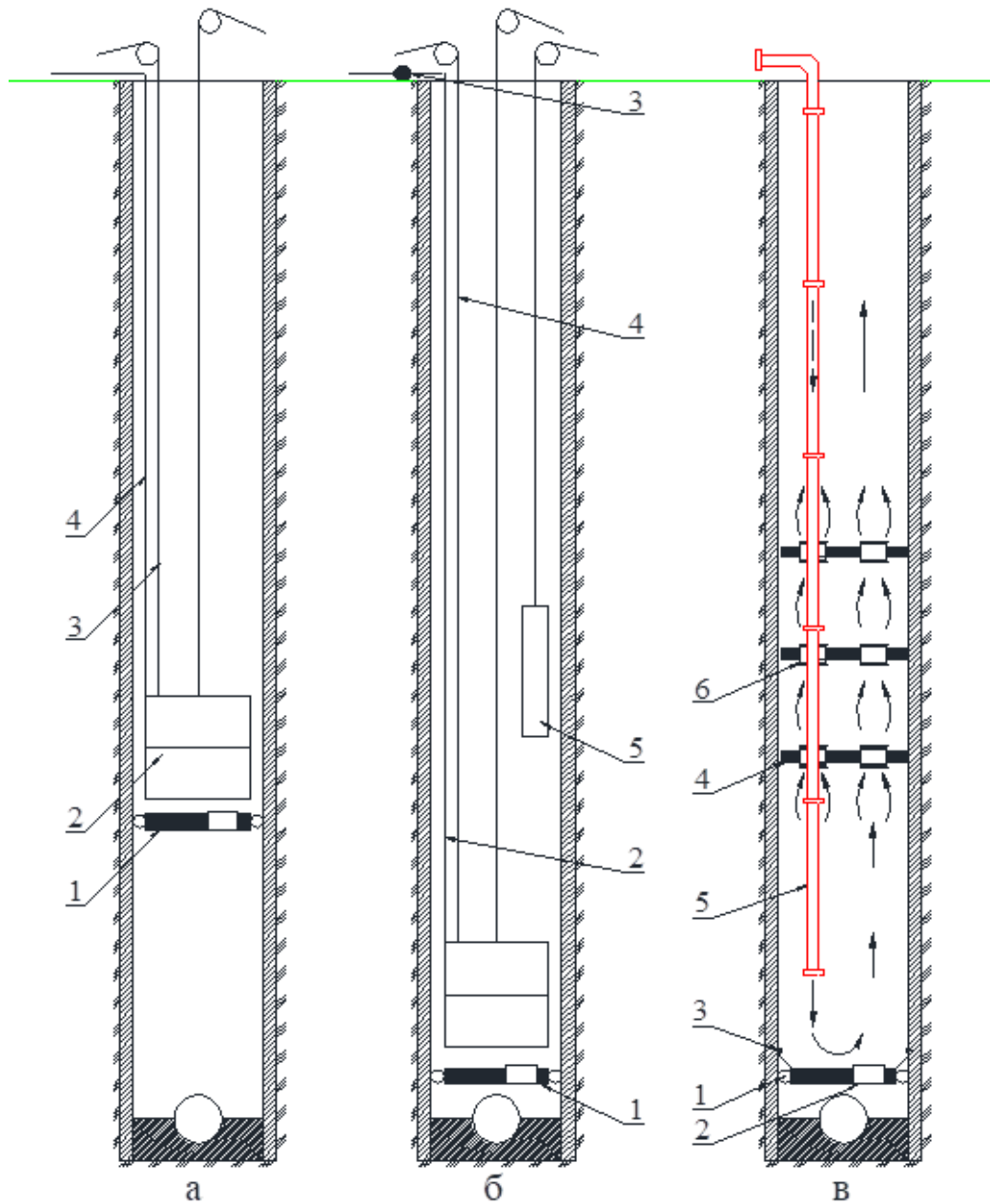


Рисунок 4.10 – Рекомендована штучна вентиляція з подачею повітря [90]:

а - спуск вентиляційної перемички: 1 - підвісний полиць; 2 – вентиляційна перемичка; 3 - гнучка вентиляційна труба; 4 – повітряний шланг;
 б – закріплення вентиляційної перемички: 1 – вентиляційна перемичка; 2 – повітряний шланг; 3 – вентилятор; 4 – вентиляційна труба; 5 - сходи-люлька з робітниками;
 в – схема робочої вентиляції: 1 – пневмоманжети; 2 – аварійний люк; 3 – анкерне кріплення; 4 - підвісний полиць; 5 – вентиляційна труба; 6 – міжтрубний зазор.

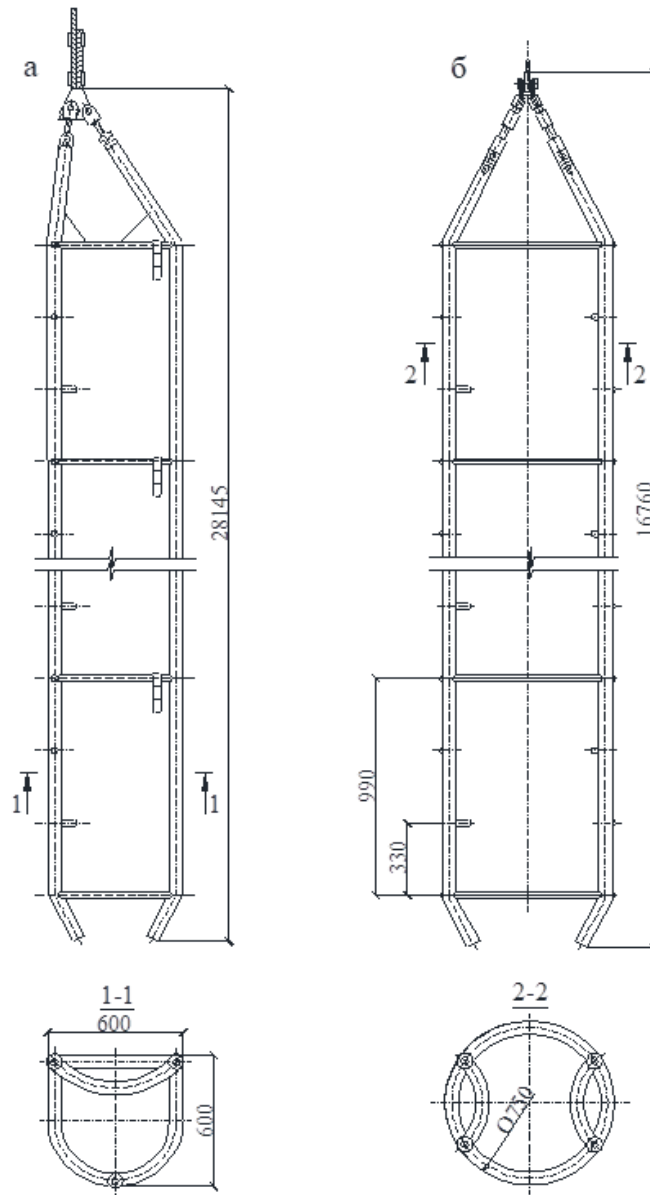


Рисунок 4.11 – Рятувальні драбини для підйому людей
(а – ДР-1, б – ДР-2).

Усі експлуатаційні роботи у підземних спорудах персонал зобов'язаний виконувати у спецодязі. Робочі, які отримують спецодяг, спецвзуття, захисні та запобіжні засоби, мають бути відповідно проінструктовані. Протягом усієї робочої зміни спецодяг робітника повинен бути акуратно заправлений і застебнутий на всі гудзики, гачки тощо, спецвзуття – щільно сидіти на ногах, без звисаючих шнурків, онуч; підошви взуття не бути слизькими.

Застосовуються такі заходи захисту:

захист голови;

захист очей та обличчя;

захист органів дихання;
захист рук;
спецодяг; захист ніг;
захист при підйомі та спуску;
захист троса (канату).

При роботі з небезпечними речовинами слід дотримуватись таких додаткових вказівок:

робоче місце та його оточення утримувати в чистоті. Якщо не повністю усунуто небезпеку отруєння навіть за допомогою вентиляції, надягати захисні маски (респіратори) з відповідними за розміром фільтрами (фільтр з активованим вугіллям) або провести необхідну вентиляцію місця роботи для захисту органів дихання. При змішуванні порошкоподібних заповнювачів та при роботах з утворенням великої кількості пилу надягати респіратори (P2);

уникати контактів між смолами, затверджувачами тощо. та незахищеною шкірою. При прямому контакті рук зі смолами та затверджувачами, а також перемішуванні надягати захисні рукавиці згідно з інструкцією щодо застосування захисних рукавиць з бавовняною підкладкою (позначка «ХС» – хімічно стійкі);

перед надяганням захисних рукавиць, а також через дві години після кожного очищення шкіри відповідними речовинами руки змащувати захисною маззю;

при можливому контакті тіла мати відповідний захист тіла, наприклад, одягати рукавиці із щільними манжетами (із застібкою), фартухи, оброблені спеціальними хімікатами, та робочий одяг одноразового використання. При носінні щільно закритого бавовняного одягу піклуватися про його відповідне очищення (наприклад, епоксидна смола, що затверділа на робочому одязі, передає свої небезпечні властивості через шкіру в організм людини). На незахищені частини шкіри наносити захисну мазь;

при переробці затверджувачів носити закриті захисні окуляри або захисну ширму (вуаль) для особи.

При роботі на мережах каналізації, ремонті останніх з використанням штучних матеріалів та проведенні підготовчих робіт необхідно дотримуватися суворої гігієни. Чистота може значно зменшити небажане навантаження на організм. Саме поводження зі штучними матеріалами в порошкоподібній, рідкій та пастоподібній фазі згубно впливає на незахищену шкіру.

4.2 Моделювання фрагмента тунелю з використанням методу скінчених елементів

Розрахунок конструкцій відновлюваних каналізаційних тунелів з внутрішнім діаметром 1840 мм для безнапірних мереж при розрахунковій глибині розташування верхньої частини конструкцій в діапазоні від 3 до 8 м виконувався для оцінки міцності конструкцій з урахуванням технології відновлення, яка передбачає заміну склепінної частини монолітною конструкцією з облицюванням базальтовими плитними елементами, що влаштовується із застосуванням пневматичної опалубки.

Вихідні положення, прийняті в розрахунках:

1. Лоткова частина тунелю, що обмежена горизонтальною площиною в рівні осі траси, за рахунок збережених механічних властивостей матеріалів, забезпечує несучу здатність впродовж всього технологічного циклу відновлення; характеристики міцності та деформаційні характеристики матеріалів приймаються проектними або за даними технічного обстеження;

2. Технологія відновлення склепінної частини з використанням пневматичної опалубки застосовується для прямолінійних ділянок трубопроводів.

3. В якості розрахункового випадку дія від зовнішнього навантаження приймається по типу навантаження НК-100 від колісного екіпажу, що рухається перпендикулярно трасі колекторного тунелю;

Розрахунок виконувався методом скінчених елементів в ПК СКАД (рис. 4.12-4.15). Особливості формування напружено-деформованого стану

відновленої конструкції несучої оброблення тунелю, обумовлені початковим напруженим станом зберігається (лотковою) частини і ґрунтової основи, а також технологічною послідовністю пристрої нової склепінної частини і ущільнення ґрунтів зворотної засипки враховувалися в розрахунку за допомогою режиму «Монтаж» ПК СКАД.

В якості розрахункової схеми обрано фрагмент циліндричної оболонки діаметром 2,2м для тунелю з внутрішнім діаметром 1840 мм, який взаємодіє з обмеженою в плані і по глибині ділянкою ґрунтового середовища в умовах об'ємного напружено-деформованого стану (просторова модель). Особливістю розрахункової схеми є наявність шарнірного сполучення лоткової та склепінної частини.

Граничні умови прийняті у вигляді зв'язків у вузлах, розташованих по нижній і боковим граням розрахункової ділянки ґрунтового масиву.

Прийнято наступні параметри скінчених елементів розрахункової схеми:

Товщина елементів оболонки - 200мм для збереженої (лоткової) частини тунелю і 200мм для конструкції склепінної частини;

Модуль деформації бетону $E = 3,31 \cdot 10^4$ МПа;

Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$.

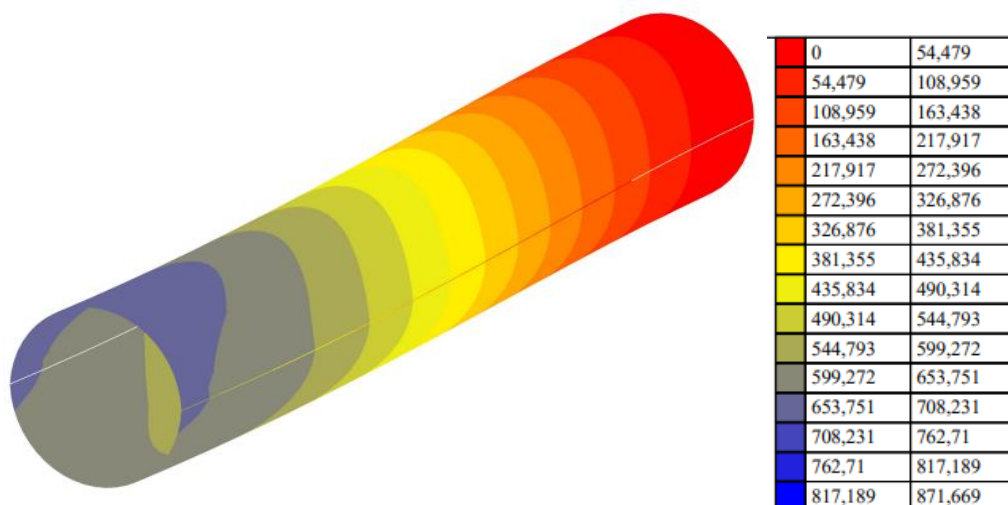


Рисунок 4.12 – Переміщення по z , $\text{мм} \cdot 10^2$

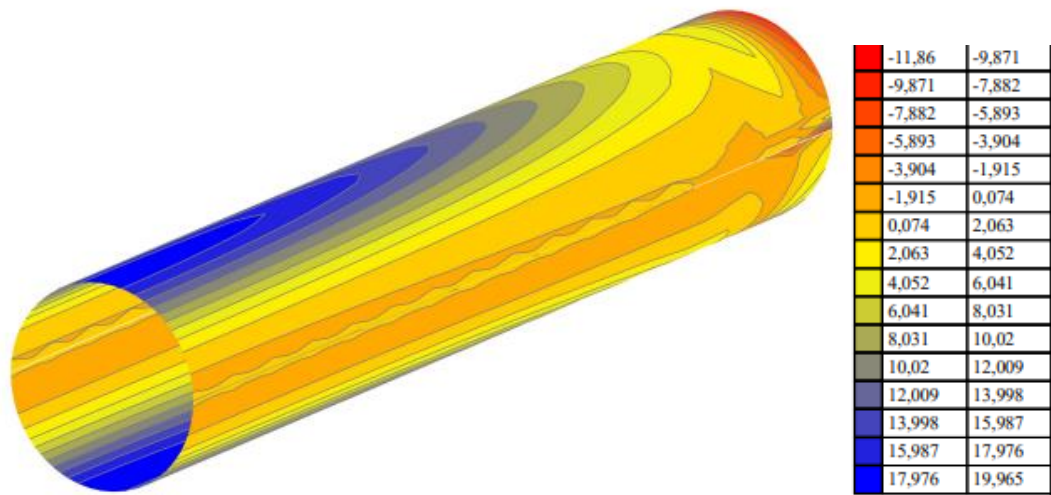


Рисунок 4.13 – Моменты M_X в при розрахунковому сполученні навантажень,
тм/м

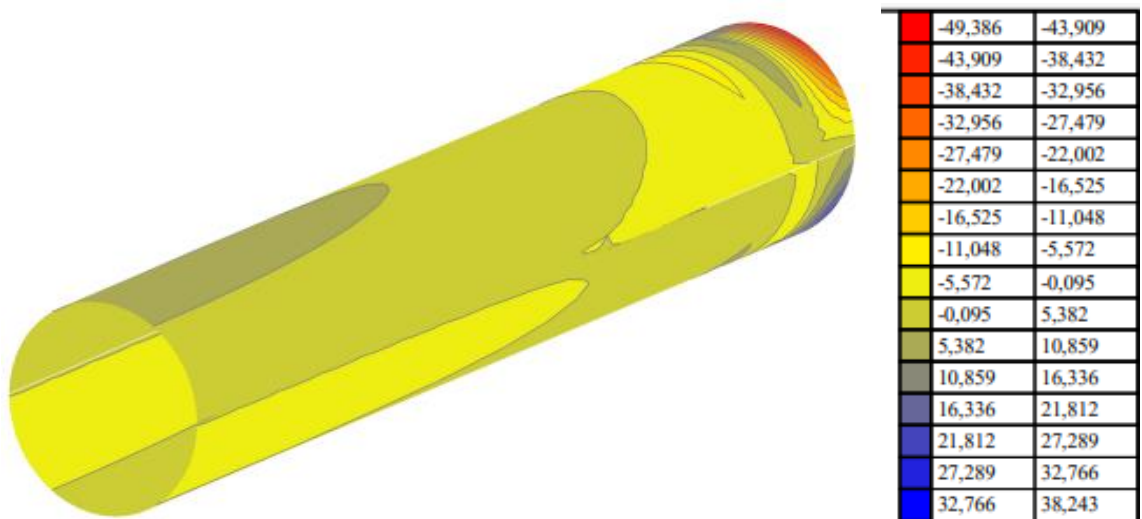


Рисунок 4.14 – Моменты M_Y в при розрахунковому сполученні
навантажень, тм/м

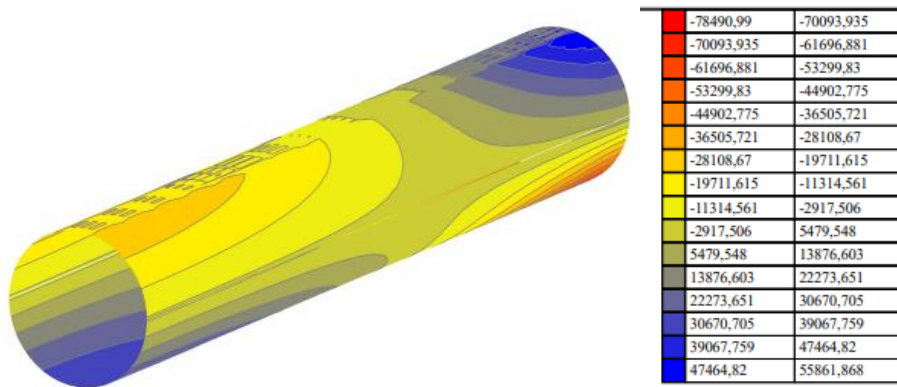


Рисунок 4.15 – Зусилля NX в в при розрахунковому сполученні навантажень, т/м²

4.3 Обґрунтування вибору методу ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами

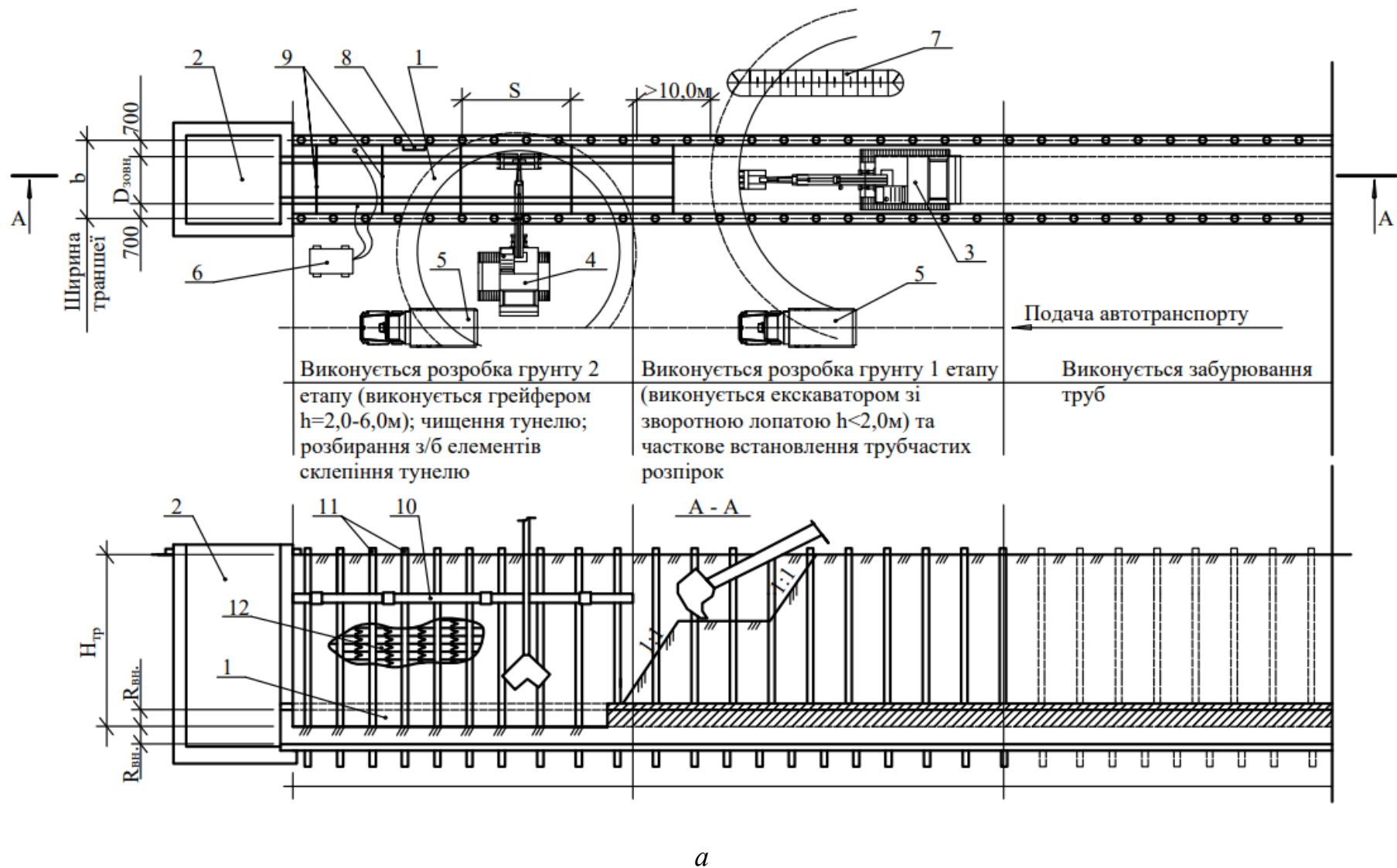
Для обґрунтування доцільності використання запропонованої технології було розглянуто два варіанти відновлення зруйнованого тунелю: метод з використанням плитки кам'яного лиття; метод заміни зруйнованих труб на поліетиленові (відкритий спосіб відновлення з демонтажем зруйнованого тунелю). Для прикладу було обрано ділянку тунелю з внутрішнім діаметром 1840 мм, зовнішній діаметр 2520 мм довжиною 30 п.м., яку було умовно розділено на 3 захватки. Тунель межує з оглядовою шахтою. Шахта має прямокутну форму, розмір у плані 5,0×4,5 м, глибина до лотока 6,5 м. Кріплення шахти – монолітний залізобетон. Перекриття – збірні залізобетонні плити.

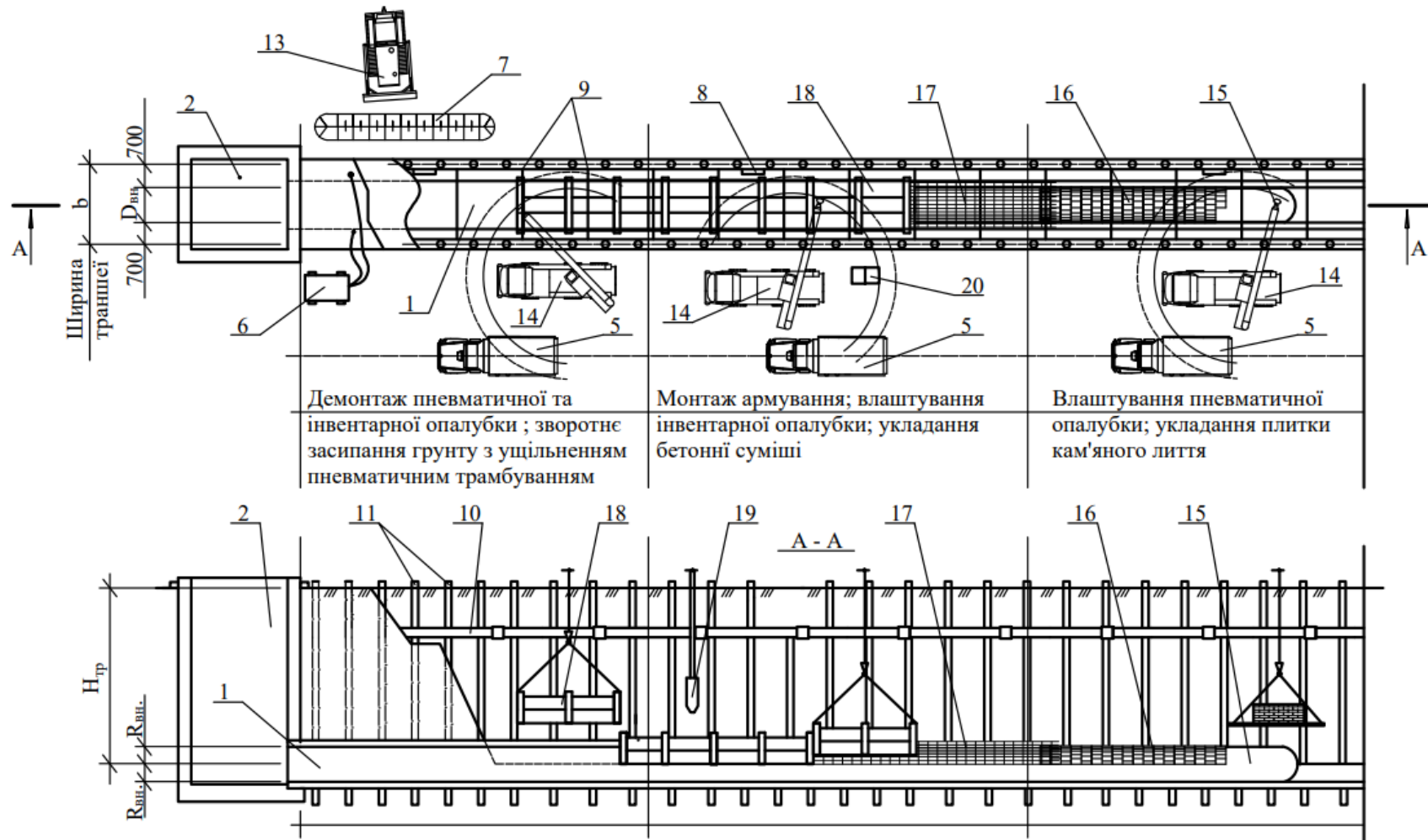
Основні етапи відновлення тунелю із застосуванням базальтової плитки було укрупнено у 9 основних робіт та прораховано орієнтовану тривалість кожної з них. За умови повного руйнування склепіння чищення проводиться вже по факту виконання робіт на обраній захватці. Основні етапи відновлення стін оглядової шахти облицюванням плиткою кам'яного лиття було прораховано на одну захватку (1 м висоти). За отриманими розрахунками було розроблено технологічну схему виконання робіт (рис. 4.12) та побудовано календарні графіки виконання робіт (табл. 4.2, 4.3).

Таблиця 4.2 – Графік виконання робіт при відновленні стін шахтного стовбура, (на одну захватку)

№ п/п	Найменування робіт	Од. вим.	Об'єктування (ЕНиР)	Об'єм робіт	Трудомісткість (люд.-год)	Тривалість (год)	Години																							
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Видалення зруйнованого корозією бетону	м ²	E20-1-63	19	9,4	4,7	█																							
2	Продування поверхні стисненим повітрям	100м ²	PH11-51-1	0,19	0,05	0,05																								
3	Встановлення анкерів та монтаж арматури	1сіт	B8-18-1	4	10,8	2,7																								
4	Відновлення поверхні стін шахти антикорозійним розчином бетону	м ²	PH11-10-5	19	37,6	12,5																								
5	Облицювання стін шахти плиткою кам'яного лиття на хімістійкому клею	м ²	E13-10-1	19	84	21																								

№ п/п	Найменування робіт	Од. вим.	Об'єктування (ЕНиР)	Об'єм робіт	Трудомісткість (люд.-год)	Тривалість (год)	Години																					
							25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	Видалення зруйнованого корозією бетону	м ²	E20-1-63	19	9,4	4,7																						
2	Продування поверхні стисненим повітрям	100м ²	PH11-51-1	0,19	0,05	0,05																						
3	Встановлення анкерів та монтаж арматури	1сіт	B8-18-1	4	10,8	2,7																						
4	Відновлення поверхні стін шахти антикорозійним розчином бетону	м ²	PH11-10-5	19	37,6	12,5																						
5	Облицювання стін шахти плиткою кам'яного лиття на хімістійкому клею	м ²	E13-10-1	19	84	21	█																					





б

Рис. 4.12 – Технологічна схема ремонту та відновлення каналізаційного тунелю з використанням плитки кам'яного лиття:

a – схема поетапного виконання робіт при розробці траншеї екскаватором, обладнаним зворотною лопатою та грейфером з кріпленням; *б* – схема поетапного виконання робіт по відновленню склепової частини каналізаційного тунелю; *1* – існуючий каналізаційний тунель; *2* – оглядова шахта; *3* – екскаватор зі зворотною лопатою; *4* – екскаватор обладнаний двощелепним грейфером; *5* – автосамоскид; *6* – електростанція; *7* – відвал; *8* – драбина для спуску в котлован; *9* – трубчаті розпірки; *10* – металевий обв'язувальний пояс; *11* – шпунтове огороження з труб; *12* – дерев'яна забірка; *13* – бульдозер; *14* – автокран; *15* – пневматична опалубка; *16* – плитка кам'яного лиття; *17* – армування; *18* – інвентарна опалубка; *19* – баддя для укладання бетону; *20* – бункери для розчину

Результати порівняння техніко-економічних показників наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Вартість технологічних рішень відновлення каналізаційного тунелю Ø1840 мм, ділянка 30 п.м.

№	Спосіб проведення робіт	Трудомісткість (30 п.м.) люд.-год.	Тривалість виконання робіт, дн.	Вартість матеріалу на 1 м.п., грн
1	Відновлення тунелю запропонованою технологією використанням базальтової плитки з	1882,5	40	16100
2	Відновлення тунелю відкритим способом шляхом укладання труби з ребристого поліетилену SPIRO SN 8	1695	36	49400

Варіант відновлення каналізаційного тунелю з використанням плитки кам'яного лиття за вартістю матеріалів практично в 3 рази економніший і доцільніший у порівнянні з використанням ПЕ труби SPIRO. Перевага відновлення каналізаційних тунелів шляхом влаштування склепової частини з

використаннями плитки кам'яного лиття полягає в довговічності і стійкості цього матеріалу до агресивного впливу.

На основі узагальнених технічних і організаційно-технологічних характеристик мереж були визначені найбільш значущі фактори, які впливають на ефективність способу відновлення та ремонту каналізаційних тунелів, кожному з яких присвоєно умовне позначення Ф1 ... Ф7 (табл. 4.5). За допомогою методу експертних оцінок виконано ранжування факторів в порядку зростання або зменшення будь-якої їх властивості [91, 92]. При ранжируванні експерт з предметної області має фактори впливу на вибір способу відновлення та ремонту каналізаційних тунелів в порядку, який йому представляється найбільш раціональним, і приписує йому ранги. При цьому ранг № 1 отримує найбільш високий рівень значимості впливу фактору на ефективність проведення відновлювальних робіт, а ранг № N - найменше. Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжирування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів «10» числу ранжированих факторів «n». Далі була складена зведена таблиця рангів для всіх експертів групи (табл. 4.6).

Таблиця 4.5 – Фактори, що впливають на вибір методу відновлення ділянки каналізаційного тунелю

№ з/п	Фактор
Ф1	Ухил траси, перепад висот (подовжній профіль ділянки відновлення)
Ф2	Технічний стан (наявність статистики ушкоджень у період, методи ліквідації ушкоджень, порушення цілісності оброблення)
Ф3	Матеріал зношеного каналізаційного тунелю
Ф4	Місце проведення робіт (стиснута забудова, центральна частина міста тощо)
Ф5	Фізико-механічні властивості ґрунту
Ф6	Відстань між оглядовими шахтами
Ф7	Умови проведення робіт (місце і час проведення робіт)
Ф8	Протяжність ділянки відновлення
Ф9	Діаметр існуючого каналізаційного тунелю
Ф10	Кількість підключень до санованого каналізаційного тунелю

Таблиця 4.6 – Результати опитування експертів

Фактор	Експерт					Сума
	1	2	3	4	5	
Ф1	6	6	5	5	4	26
Ф2	1	3	1	1	2	8
Ф3	5	4	4	3	6	22
Ф4	4	5	6	6	5	26
Ф5	2	1	2	2	3	10
Ф6	8	7	8	9	10	42
Ф7	10	9	10	10	9	48
Ф8	7	8	9	8	7	39
Ф9	3	2	3	4	1	13
Ф10	9	10	7	7	8	42
Сума	55	55	55	55	55	-

Для визначення узгодженості експертів застосований коефіцієнт конкордації W [11], розрахований за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (4.1)$$

Де m – кількість експертів;

n – число факторів;

S – відхилення суми квадратів значимості від середньої квадратів значимості, що визначається за такою формулою [11]:

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m R_{ij})^2 - \frac{(\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij})^2}{n}, \quad (4.2)$$

В результаті аналізу таблиці стандартизованих рангів і проведених розрахунків отримано коефіцієнт конкордації, рівний 0,818, що говорить про високий ступінь узгодженості думок в обраній групі експертів. Діаграма сумарних рангів досліджуваних факторів за результатами експертного оцінювання представлена на рис. 4.16.

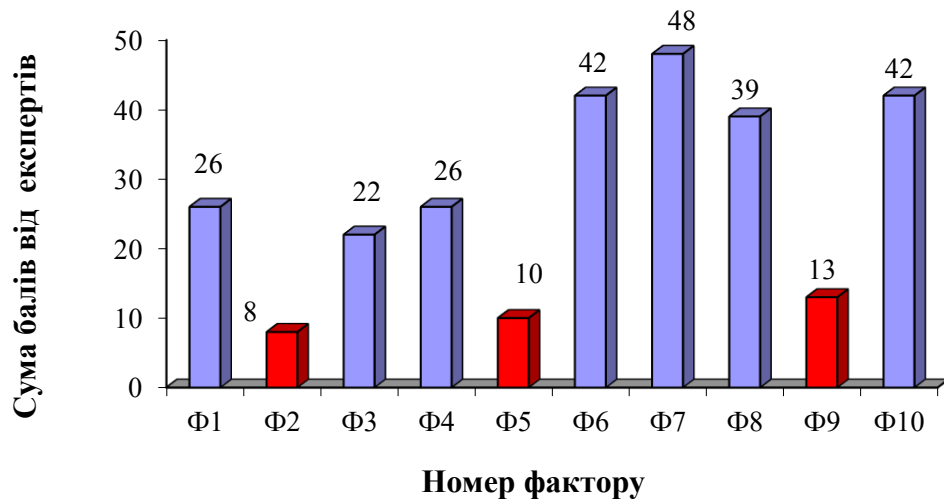


Рисунок 4.16 – Діаграма сумарних рангів досліджуваних факторів за результатами експертного оцінювання

З отриманих даних слід зазначити, що з вищевказаних 10 факторів найбільш високий ступінь впливу на ефективність застосування запропонованого методу по відновленню каналізаційного тунелю з використанням плитки кам'яного лиття мають фактори Ф2, Ф5, Ф9 (сумарний ранг цих явищ - мінімальний), а саме:

- Технічний стан (наявність статистики ушкоджень у період, методи ліквідації ушкоджень, порушення цілісності оброблення)
- Фізико-механічні властивості ґрунту;
- Діаметр існуючого каналізаційного тунелю

Слід зазначити, що застосування розробленої технології відновлення є найбільш доцільним за умов нещільної забудови або за межами міста, зважаючи на значний обсяг земляних робіт.

4.4 Розрахунок економічної ефективності впровадження організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами

Поняття «ефективність» походить від латинського «efectus», що перекладається як результат, результативність, дієвість.

Відповідно до сутності поняття ефективності, її кількісне вираження можна отримати як співвідношення отриманого ефекту (результату) відносно до витрат (ресурсів) задіяних для його досягнення. Отже, у загальному вигляді формула ефективності має наступний вигляд:

$$\text{Ефективність} = \frac{\text{Ефект (результат)}}{\text{Ресурси (витрати)}} \quad (4.3)$$

Але при цьому, слід зауважити, що ефективність не завжди може бути відображена за допомогою кількісних показників. Значним чином дане твердження впливає із розгалуженої класифікаційної системи ефективності.

Найбільш поширеним є твердження, до якого схиляється значна більшість науковців, про розмежування економічної та соціальної ефективності, але окрім цього можна виокремити організаційну, технологічну, екологічну, правову, психологічну, політичну та етичну види ефективності тощо.

Показники для проведення оцінки ефективності та порівняння двох технологій наведені у табличному вигляді (табл. 4.7). Діюча технологія використовує поліетиленові (ПЕ) труби, у якості альтернативної технології запропоноване використання базальтових плиток.

Таблиця 4.7 – Порівняльна характеристика показників за різними технологіями

Показник	Діюча технологія (ПЕ труби)	Альтернативна технологія (базальтові плитки)
Вартість 1 м п. тунелю діаметра 1840 мм, грн	49400	16100
Строк проведення робіт, днів	36	40
Трудомісткість, люд/год	1695	1882,5
Нормативний строк служби, років	50	50

Пропонується розглянути більш детально економічну ефективність як досягнення найбільших результатів за найменших затрат живої та уречевленої праці; та соціальну ефективність як відповідність результатів господарської діяльності основним соціальним потребам і цілям суспільства, інтересам окремої людини.

Економічна ефективність. Враховуючи, що ефект (результат) від впровадження діючої технології чи альтернативної (пропонованої) буде однаковий, у вигляді ліквідації аварії чи реконструкції застарілих мереж, тому можемо прийняти за 1 чи 100 %. Головним фактором у цьому випадку слугує вартість відновлення залізобетонного тунелю.

Отже, маємо:

$$\text{Економічна ефективність (діючої техн.)} = \frac{1}{49400} = 2,02 \times 10^{-05}, \quad (4.4)$$

$$\text{Економічна ефективність (альт. техн.)} = \frac{1}{16100} = 6,2 \times 10^{-05}, \quad (4.5)$$

Таким чином, використання технології з укладанням базальтовими плитками є більш ефективною ніж ПЕ трубами понад ніж у 3 рази.

Соціальна ефективність головним чином ґрунтується на таких показниках, що визначають комфортні умови життя як окремого індивіда, так і групи осіб чи соціуму взагалі. До них можна віднести термін ремонтних робіт, термін ліквідації аварійних випадків, використання машин і механізмів, так як саме ці фактори є ключовими для забезпечення комфортних умов функціонування суспільства.

Для розрахунку показника соціальної ефективності можна використовувати формулу:

$$E_{\text{соц}} = \sum_{j=1}^m a_j \times z_j, \quad (4.6)$$

де a_j – вагові коефіцієнти, які визначають рівень внеску j -го показника в інтегральне значення соціальної ефективності;

z_j – нормалізовані значення вхідних показників (із дотриманням умови: $0 \leq a_j \leq 1; \sum a_j = 1$),

m – кількість вхідних показників.

В даному випадку показниками, що впливають на рівень соціального задоволення є строк проведення робіт та нормативний строк служби комунікацій. Дані показники можна прийняти як рівнозначні, у такому випадку вагові коефіцієнти можуть бути рівними, але слід враховувати, що позитивною тенденцією для строку проведення робіт є його скорочення, а у випадку строку служби, навпаки, - збільшення. Отже, маємо наступні вирази:

$$\text{Есоц (діючої техн.)} = 0,5 \times (-36) + 0,5 \times 50 = 7, \quad (4.7)$$

$$\text{Есоц (альт. техн.)} = 0,5 \times (-40) + 0,5 \times 50 = 5, \quad (4.8)$$

З точки зору зручності для суспільства соціальний ефект буде вищий від прокладання ПЕ труб, через незначне зменшення терміну проведення робіт, а нормативний строк служби за двох різних технологій є рівним.

Слід також відзначити, що суттєвим фактором впливу на збільшення строків виконання робіт можуть слугувати аварійні ситуації, так як вони вимагають додаткового часу на ліквідацію їх наслідків.

Критичне відновлення (фактичне настання аварійної ситуації). До вартості основних робіт додаються роботи з ліквідації наслідків аварійної ситуації (відведення стічних вод, насосне устаткування, дублюючі лінії, тощо), які складають 100 % від вартості відновлення.

Термін ліквідації аварійного ситуації (чи планове відновлення): технологія відновлення з використанням ПЕ труб за трудовитратами та машино-витратами на 10% більш економічна, ніж технологія з використанням базальтових плиток.

При цьому, існує високий ступінь залежності вартості технології з використанням ПЕ труб від курсу валют, логістики та поставки замовних матеріалів з закордону.

Тенденція виникнення аварійних ситуацій на тунелі Д1840 (протяжність ділянки 1000 м) за останні 6 років відображена на рисунку 4.17.

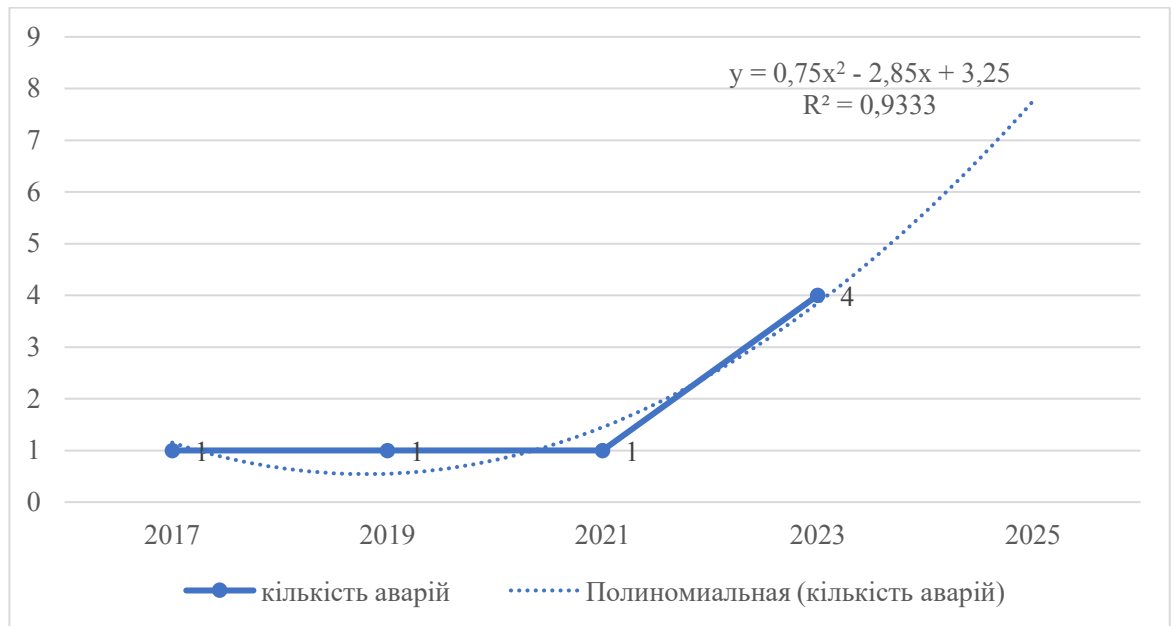


Рисунок 4.17 – Кількість аварійних ситуацій та їх тенденція на визначеній ділянці тунелю за 2017-2023 рр.

Графічне відображення кількості аварійних ситуацій на визначеній ділянці тунелю свідчить про їх стрімке збільшення за останній рік, що суттєвим чином впливає і на їх прогнозовану величину.

У програмі MS Excel за допомогою методу аналізу лінії тренду (поліноміальна), проведено екстраполяцію даних на 2025 рік, а величина достовірності апроксимації наближена до 1 ($R^2 = 0,9333$).

Як висновок, система комунікацій потребує ретельного дослідження та виявлення критичних точок, що потребують негайного ремонту. Саме виявлення і ліквідація проблемних ділянок може значним чином вплинути на рівень соціальної ефективності, через проведення планово-ремонтних робіт у нормативний строк, знизити чи уникнути додаткових витрат та ліквідацію наслідків аварій. А суттєве переваження значення економічного ефекту за

використанням технології з укладання базальтовими плитками ніж ПЕ трубами дозволяє стверджувати про їх значну перевагу запропонованого інноваційного технологічного вирішення.

Але оскільки окремо економічна чи соціальна ефективність не повністю інформативними, тому пропонується розрахувати інтегральний показник ефективності. Інтегральний метод оцінки є ефективним тоді, коли необхідно враховувати вплив чинників на економічні процеси, допомагає усунути неоднозначність оцінки впливу чинників і отримати найбільш точний результат.

Найбільш простим методом є інтегральний показник оцінки за методом сум:

$$K_j = \sum_{i=1}^n X_{ij\phi}, \quad (4.9)$$

де $X_{ij\phi}$ – фактичне значення i -го показника на j -му аналізованому об'єкті;
 n – число показників.

Чим вище значення комплексної оцінки об'єктів аналізу, тим вища рейтингова оцінка об'єктів аналізу.

Однією з умов забезпечення порівняльності досліджувальних показників є їх однакова спрямованість, а саме: збільшення часткового показника повинно розцінюватися як покращення інтегрального і навпаки. Досягається однакова спрямованість показників шляхом вводу обернених величин, що розраховуються як частка від ділення одиниці на прямий показник. Для розрахунків використовуємо дані з табл. 1. Значення вартості реконструкції 1 м.п. тунелю, строк їх проведення, трудомісткість – це показники позитивною тенденцією є їх зменшення, і лише нормативний строк експлуатації має іншу направленість – на збільшення. Тому, маємо:

$$K_j(\text{діючої техн.}) = \frac{1}{49400} + \frac{1}{36} + \frac{1}{1695} + 50 = 50,028, \quad (4.10)$$

$$K_j(\text{альт. техн.}) = \frac{1}{16100} + \frac{1}{40} + \frac{1}{1882,5} + 50 = 50,026, \quad (4.11)$$

За даною методикою отримані значення дуже близькі, тому у даному випадку її використання не доцільно. Але, інтегральний показник засвідчив, що ефект від реалізації двох різних альтернативних технологій є рівнозначним. Незалежно від вибору методу реконструкції тунелю він буде функціонувати протягом нормативного строку його служби.

Інші науковці інтегральний показник ефективності діяльності (Е д.) відображають як середній результат ефективності використання матеріальних (Е м.р.), фінансових (Е ф.р.) та трудових ресурсів (Е т.р.):

$$E_d = \sqrt{E_{\text{м.р.}} \times E_{\text{ф.р.}} \times E_{\text{т.р.}}} \quad (4.12)$$

Якщо даний вираз спростити через не врахування матеріальних ресурсів, а ефективність фінансових ресурсів представити як розраховану вище економічну ефективність, а показником ефективності використання трудових ресурсів є визначена трудомісткість, то маємо:

$$E_d(\text{діючої техн.}) = \sqrt{\frac{1}{49400} \times 1695} = 0,185, \quad (4.13)$$

$$E_d(\text{альт. техн.}) = \sqrt{\frac{1}{16100} \times 1882,5} = 0,341, \quad (4.14)$$

Виходячи із отриманих розрахункових значень, реконструкція тунелю за методикою укладання базальтових плиток (альтернативна технологія) є майже удвічі ефективнішою, що є економічно доцільним та науково обґрунтованим. А за умов жорсткої ринкової конкуренції та заощадження фінансових ресурсів пріоритетним показником вибору технології, за співставних експлуатаційних характеристиках, є її вартість.

Висновки за розділом 4:

1. Розроблена технологія робіт з ремонту та відновлення каналізаційних тунелів включає 9 етапів, розглянутих у даному розділі. Слід відзначити, що для бетонування склепіння в технології робіт використано пневматичну та інвентарну опалубку. В розділі представлені календарні графіки робіт що виконуються на ділянці каналізаційного тунелю в місці приєднання до оглядової шахти із застосуванням плитки кам'яного лиття. Порівнянням способів вартості робіт показало, що роботи, які виконуються з використанням розробленої технології, мають в 3 рази меншу вартість у порівнянні з традиційним способом з використанням поліетиленових труб.

2. Розглянуті рекомендації по безпечному проведенню робіт під час відновлення ділянки каналізаційного тунелю та оглядової шахти, що межує з ним.

3. В роботі з використанням методу скінченних елементів наведено розрахунок несучої здатності тунелів з внутрішнім діаметром 1840 мм. Здійснені обчислення дозволяють визначити схему армування залізобетонної конструкції. Така конструкція забезпечує стійкість знов створеного каналізаційного тунелю при дії на нього транспорту, який знаходиться на поверхні ґрунту.

4. Досліджено фактори вибору методу каналізаційного тунелю з використанням методу експертних оцінок, найбільш вагомими з них є: технічний стан (наявність статистики ушкоджень у період, методи ліквідації ушкоджень, порушення цілісності оброблення); фізико-механічні властивості ґрунту; діаметр існуючого каналізаційного тунелю.

5. Розрахунок економічної ефективності впровадження організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами запропонованим способом в порівнянні з діючим ПЕ трубами показав, що використання технології з укладанням базальтовими плитками є більш ефективною ніж ПЕ трубами понад ніж у 3 рази.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі результатів досліджень у даній дисертаційній роботі було вирішене важливе науково-практичне завдання, яке полягало в науковому обґрунтуванні та розробці організаційно - технологічних рішень спрямованих на підвищення експлуатаційної довговічності каналізаційних тунелів та межуючих з ними оглядових шахт, шляхом використання для їх ремонту та відновлення плитки кам'яного лиття.

1. Аналіз конструктивних рішень експлуатованих тунелів каналізаційних мереж Харкова засвідчив, що вони виконані відповідно до проекту та є ідентичними. Виявлено, що найбільшу протяжність мають ділянки експлуатованого головного тунелю, споруджені із застосуванням щита ПЩ-2,6 з внутрішнім діаметром тунелю 1840 мм. Оглядові шахти, побудовані на діючих тунелях, мають різну глибину і різні розміри в плані. Встановлено, що переважно всі вони побудовані з монолітного залізобетону.

2. Аналіз літературних даних і проведені автором дослідження показали, що каналізаційні тунелі та оглядові шахти не витримують гарантований термін експлуатації і виходять з ладу раніше нормативного терміну. Практично у всіх регіонах України до 25% каналізаційних мереж перебуває в аварійному або передаварійному стані. Наведено класифікацію факторів, що впливають на довговічність експлуатації каналізаційних колекторів і призводять до їх аварій. Встановлено, що газова корозія є головною причиною руйнувань конструкцій, в першу чергу залізобетонних.

3. Згідно даних, отриманих за результатами експертного оцінювання було визначено, що на відмову сталого функціонування каналізаційних тунелів найбільш високий ступінь впливу мають фактори: руйнування склепінчастої частини в місцях примикання до оглядових шахт, камер гасіння; руйнування склепінчастої частини конструкції каналізаційного тунелю; технічний стан оглядових шахт, камер гасіння.

4. Проведений аналіз каналізаційних тунелів Харкова показав, що

залізобетонні конструкції оглядових шахт схильні до швидшого руйнування, ніж конструкції тунелів, що проходять через них. Проведений аналіз станів конструкцій багатьох оглядових шахт дозволяє зробити висновок про необхідність їх повного обстеження і проведення ремонтно- відновних робіт на більшості з них. Слід відзначити, що ділянки тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами є найбільш уразливими від газової корозії, що доведено аналізом аварій каналізаційних мереж за останні роки. Виміри газового складу в шахтах, виконані лабораторією, показують у багатьох з них перевищення концентрації сірководню.

5. Проаналізовано вироби на основі базальту для доцільності використання даного матеріалу в відновленні каналізаційних мереж. З'ясовано, що вироби на основі базальту мають ряд переваг: високу міцність, досить малу вагу, надійність при експлуатації в широкому діапазоні температур, не схильні до корозії і мають високу хімічну стійкість. Таким чином показники базальту відповідають головним вимогам до матеріалів, які використовуються для захисту каналізаційних мереж. Використання базальто-волокнистих матеріалів, композитів та виробів з них є перспективними та економічно доцільними. Ці переваги дають можливість застосування матеріалів з базальту при ремонті і відновленні мереж водопостачання та водовідведення.

6. При розгляді методів ремонту і відновлення каналізаційних трубопроводів великого діаметра і тунелів відзначено, що метод вставок на сьогодні є основним, як у зарубіжній, так і у вітчизняній практиці санації. При цьому, як правило, використовуються труби із поліетилену, склопластику та базальтопластику. При дослідженні методів ремонту і відновлення оглядових шахт встановлено, що в м. Харкові накопичений значний досвід у цій області. З використанням рішень, розроблених ученими університету, відновлено багато шахт на каналізаційних тунелях міста. При цьому застосовувався ребристий поліетилен, панелі зі шлакового литва, клінкерна цегла, покриття стін з VMX-базальту.

7. У лабораторії університету були виконані дослідження зразків базальтових елементів, які присутні на ринку будівельної продукції в Україні. Крім визначення міцнісних характеристик було визначено наявність адгезії між цементно-піщаним розчином та поверхнею базальтової плитки. Отримані результати дослідження показали, що розчин забезпечить необхідну адгезію з базальтовими елементами, що здатні протидіяти біогенній корозії каналізаційних мереж і споруд.

8. При проведенні дослідження на стійкість від дії агресивного середовища було відібрано декілька зразків базальтових елементів. Зразки базальту пройшли випробування на стійкість від дії агресивного середовища протягом 90 діб в оглядовій шахті каналізаційного тунелю глибокого залягання, концентрація сірководню та інших хімічних сполучень якої в декілька раз перевищувала гранично допустиму. Як показали результати випробування, зразки базальту не схильні до корозії та не втратили міцності при стисненні та на вигин після знаходження зразків в агресивному середовищі каналізаційної шахти за 3 місяці.

9. Розроблена технологія робіт з ремонту та відновлення каналізаційних тунелів включає 9 етапів: демонтаж аварійних ділянок тунелю (склепіння, стінки); розчищення лоткової частини тунелю; відновлення ділянки лоткової частини тунелю (за умови руйнування лотка); очищення існуючої арматури для забезпечення спільної роботи лотка та захисного покриття склепіння, що зводиться; влаштування пневматичної опалубки для спорудження склепіння тунелю з внутрішньою обробкою плиткою кам'яного лиття; укладання плитки кам'яного лиття; встановлення необхідної арматури для захисного облицювання склепіння з монолітного залізобетону; створення інвентарної опалубки; укладання бетонної суміші монолітної частини склепіння; демонтаж пневматичної та інвентарної опалубки після набирання міцності бетону; зворотне засипання траншеї з ущільненням. Як свідчить календарний графік робіт, тривалість робіт, що виконуються на ділянці 30 м каналізаційного тунелю діаметром 1840 мм в місці приєднання до оглядової

шахти із застосуванням плитки кам'яного лиття, становить 40 днів.

10. Досліджено фактори вибору методу каналізаційного тунелю з використанням методу експертних оцінок, найбільш вагомими з них є: технічний стан (наявність статистики ушкоджень у період, методи ліквідації ушкоджень, порушення цілісності оброблення); фізико-механічні властивості ґрунту; діаметр існуючого каналізаційного тунелю. Дані фактори впливають на техніко-економічні показники (ТЕП) проведення робіт: собівартість, трудомісткість і тривалість відновлення ділянки каналізаційного тунелю.

11. Розрахунок економічної ефективності впровадження організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами запропонованим способом в порівнянні з діючим ПЕ трубами показав, що використання технології з укладанням базальтовими плитками є більш ефективною ніж ПЕ трубами понад ніж у 3 рази. Виходячи із отриманих розрахункових значень інтегрального показника ефективності, реконструкція тунелю за методикою укладання базальтових плиток є майже удвічі ефективнішою, що є економічно доцільним та науково обґрунтованим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамович І. А. Каналізація міста Харкова. Харків: Основа, 1997. 240 с.
2. Абрамович І. А. Нова стратегія проектування реконструкції систем транспортування стічних вод. Харків: Основа, 1996. 317 с.
3. Абрамович І. А., Ситницька Е. А. Газове середовище та корозія колекторів міської каналізації. М: ЦБНТІ Мінжитлокомгоспу РРФСР, 1980. Вип. 1(4). 45 с.
4. Абрамович І.А., Шкундін В.Ф. Надійність систем каналізації великих міст. М: Держінті, 1975. 20 с.
5. Алейнікова А. І. Організаційно-технологічні рішення відновлення каналізаційного колектору біля заводу ХТЗ. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2020. №4. С. 69–75.
6. Алейнікова А. І., Волков В. М., Гончаренко Д. Ф., Зубко Г. Г., Старкова О. В. Методологічні основи подовження експлуатаційного ресурсу підземних інженерних мереж: монографія. Харків : Раритеты Украины, 2017. 320 с.
7. Алейнікова А.І. Методологічні принципи організаційно-технологічного моніторингу стійкого функціонування комплексу каналізаційних мереж та споруд: дис. доктора технічних наук: 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. Харків: ХНУБА. 2021. 400 с.
8. Алейнікова А. І. Організаційно-технологічні рішення відновлення каналізаційного колектору біля заводу ХТЗ. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2020. №4. С. 69–75.
9. Алмазов А.І. Результати контролю зовнішніх сил і напруг у конструкції колодязя, що занурюється методом задавлювання. Спеціальні будівельні роботи. Зб. наук. тр. ВНДІГС. 1976. С. 23-28.
10. Базальтові труби в Україні. Будівельний портал URL:

<http://www.polit-sovet.com/bazalto-vyie-trubyi-1206.html> (дата звернення 25.07.2021).

11. Бабушкін В.І. Захист будівельних конструкцій від корозії, старіння та зносу. Харків: Вища школа, 1989. 167с.

12. Бабушкін В.І., Костюк Т.А., Плугін А. Сполучні для ремонту та захисту конструкцій каналізаційних колекторів. Капітальне будівництво Міністерства оборони України. БТІ № 1. 1995. С. 19-21.

13. Бабушкін В.І. Мікробіологічна корозія бетону та залізобетону у спорудах водовідведення та методи їх захисту. *Довговічність та захист конструкцій від корозії*: матеріали міжнародної конференції. 1999. 1999 с.

14. Базальтові труби камнеліті та відводи. Офіційний сайт ТОВ "Термоліт-Інвест". URL: <https://termolit-invest.com.ua> (дата звернення 25.07.2021).

15. Бондаренко Д.О., Булгаков В.В., Гармаш О.О., Гончаренко Д.Ф., Піліграм С.С. Каналізаційні тунелі Харкова: QUO VADIS?: монографія під заг. ред. Гончаренко Д.Ф. Харків: Раритети України, 2018. 232 с.

16. Ботус Б.О., Федоров Н.Ф. Каналізаційні мережі. М: Будвидав, 1976. 272 с.

17. Бригада О.В. Моніторинг показників експлуатації водовідвідних споруд із залізобетону: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Харків. 2013. 179 с.

18. Булгаков Ю.В. Розробка організаційно-технологічних рішень, що підвищують експлуатаційну довговічність каналізаційних тунельних колекторів: дис.канд. техн. наук: 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. Харків: ХНУСА. 2015. 186 с.

19. Булгаков Ю.В. Дослідження процесу руйнування конструкцій каналізаційного тунельного колектора. *Наук. вісник будівництва*: зб. наук. праць. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. Вип. 5 (79). С. 79-84.

20. Вороненко В.О., Запорожець В.В. Дослідження станів конструкцій оглядових шахт каналізаційних колекторів. *Наук. вісн. будівництва*. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. Вип. 52. С. 202–207.

21. Гармаш О. О. Організаційно-технологічні рішення, що забезпечують експлуатаційну надійність комплексу споруд каналізаційних тунелів: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. Харків : ХНУБА, 2017. 206 с.

22. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П.Ю., Вороненко В. О. Фактори, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів в місцях приєднання до оглядових шахт. *Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд*: тези до IX Міжнародної наукової конференції. Харків. 2019. С. 35- 36.

23. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Методи захисту підземних комунікацій від факторів, що впливають на їх експлуатаційну надійність. *Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур*: тези до IX Всеукраїнського науково-практичного семінару до 90 річчя ХНУБА. Харків. 2020.

24. Гончаренко Д.Ф., Бондаренко Д.А., Булгаков В.В. Гармаш А.А. До питання забезпечення ремонтпридатності каналізаційних тунелів у м. Харкові. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. Вип. 2(84). С. 144-148.

25. Гончаренко Д.Ф., Яковлева Р.А., Костюк Т.А., Лотарець О.В., Воронець В.А. Технологія ремонту оглядових шахт мереж водовідведення із використанням шлакокам'яного лиття. *Зб. наук. праць Національного університету водного господарства та природокористування*. Рівне, 2006. Вип. 13. С. 315-321.

26. Гончаренко Д.Ф., Корінько І.В., Піліграм С.С. Ремонт зруйнованих газовою корозією шахтних стволів на каналізаційних мережах Харкова. *Будівництво України*. 2000. № 2. С. 23–25.

27. Гончаренко Д.Ф. Експлуатація, ремонт та відновлення мереж водовідведення: Монографія. Харків: Консум, 2007. 520 с.

28. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Використання базальту при ремонті і відновленні мереж водопостачання та водовідведення. *Український*

журнал будівництва та архітектури. Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2021. № 2. с. 43-50

29. Гончаренко Д.Ф., Гулевський П.Ю., Алейнікова А.І., Експериментальні дослідження адгезії базальтових елементів та цементно-піщаного розчину для доцільності використання в каналізаційному середовищі. *Збірник наукових праць «Вісник ОДАБА»*. Одеса: ОДАБА, 2022. № 87. с.40-46

30. Goncharenko D., Aleinikova A., Kazimagomedov I., Hulievskiy P. Aggressive environment of sewerage influence on the basalt samples strength. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2021. №4. с. 92-96

31. Гончаренко Д. Ф. Експлуатація, ремонт та відновлення мереж водовідведення: монографія. Харків: Консум, 2008. 400 с

32. Гончаренко Д.Ф., Бондаренко Д.А., Коваленко А.Н., Ю.В. Булгаков Переваги застосування базальтових труб у підземних інженерних комунікаціях. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. Вип. 3(77). С. 77-88.

33. Гончаренко Д.Ф., Бондаренко Д.А., Булгаков Ю.В., Відновлення каналізаційних трубопроводів шляхом проштовхування коротких базальтових труб. *Вісник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 150. С. 108-115.

34. Гончаренко Д.Ф., Воблих В.А., Дамекін Г.А., Коваленко О.М. Міцність облицювання керамічною плиткою тунельних колекторів при їх відновленні. *Комунальне господарство міст*. 1997. Вип. 8. С. 20-27.

35. Гончаренко Д.Ф., Вороненко В.А., Добряєв О.О. Використання армованих шлаколитих конструкцій для ремонту споруд систем водовідведення. Зб. матеріалів "ЕКВАТЕК-2006". М., 2006. С. 884-885.

36. Гончаренко Д.Ф., Гриневич О.М., Запорожець В.В. Існуючі технології та матеріали для ремонту оглядових шахтних стволів каналізаційних колекторів. *Наук. вісн. будівництва*. Харків: ХДТУБА, ХОТВ

АБУ, 2009. Вип. 51. С. 47–53.

37. Гончаренко Д.Ф., Каржінерова Т.І. Застосування поліуретану для ремонту цокольних частин будівель старої забудови. *Наук. вісн. будівництва*. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2003. Вип. 20. С. 125–129.

38. Гончаренко Д.Ф., Корінько І.В., Санков Г.О. Стан облицювання стін шахтних стволів каналізаційних колекторів і способи їх ремонту. *Будівництво України*. 1997. № 12. С. 17–19.

39. Гончаренко Д. Ф., Казімагомедов І. Е., Алейнікова А. І., Гуділін Р. І. Дослідження та вибір складу розчину для влаштування склепінної частини каналізаційного колектора, що відновлюється. *Науковий вісник будівництва*. 2019. № 1 (95). С. 107–112.

40. Гончаренко Д. Ф., Алейнікова А. І., Гуділін Р. І. Каналізаційні тунелі та колектори - на порозі екологічної катастрофи. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2018. № 3. С. 110–115.

41. Гончаренко Д.Ф., Олійник. Д.Ю., Старкова О.В., Булгаков Ю.В. Експлуатаційна довговічність інженерних комунікацій глибокого закладання. *Наук. вісник будівництва: зб. наук. праць*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. Вип. 1 (75). С. 33-39.

42. Гончаренко Д.Ф. Гармаш А.А. Чинники, що впливають на експлуатаційну довговічність склепіння каналізаційних тунелів. *Ефективні технології в будівництві: тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції*. Київ: КНУБА, 2016. С. 44.

43. Гончаренко Д.Ф. Гармаш А.А. Каналізаційні тунелі Харкова – проблеми та шляхи їх вирішення. *Екологічна та техногенна безпека населених пунктів України: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми утилізації та видалення побутових та промислових відходів»*. Харків: НПУ ім. Ярослава Мудрого, 2016. С. 31-33.

44. Гончаренко Д. Ф., Алейнікова А. І. Вплив деформацій земної поверхні на будівлі і споруди при експлуатації каналізаційних колекторів. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2018. №1. С. 90–

94.

45. Гончаренко Д. Ф., Алейнікова А. І., Гармаш О. О. Спосіб ремонту каналізаційного колектору: пат. Україна. №118422, опубл. 10.01.2019, Бюл. №1

46. Гончаренко Д. Ф., Алейнікова А. І., Старкова О. В., Дегтяр Є. Г. Теоретичне обґрунтування вибору способу відновлення каналізаційних колекторів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. Харків : УкрДАЗТ, 2020. № 190. С. 29–37.

47. Гончаренко Д. Ф., Старкова О. В., Булгаков Ю. В. Імовірнісна модель визначення терміну служби каналізаційних каналів. *Водопостачання та водовідведення: Вироб.-практ. журнал*. Київ, 2015. Вип. 1. С. 35–39.

48. Гончаренко Д. Ф., Старкова О. В., Булгаков Ю. В., Олійник Д. Ю. Експлуатаційна довговічність інженерних комунікацій глибокого закладання. *Наук. вісник будівництва: зб. наук. праць*. Харків : ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. Вип. 1 (75). С. 33–39.

49. Гончаренко Д.Ф., Убийвовк А.В., Бондаренко Д.А., Булгаков Ю.В. Оцінка несучої здатності кріплення каналізаційного тунельного колектора та вибір методів його відновлення. *Наук. вісник будівництва: зб. наук. праць*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. Вип. 5 (79). С. 66-71.

50. Горох Н. П., Корінько І. В., Коваленко О. В. Захист конструкцій систем водовідведення полімерними матеріалами. Екологія та здоров'я людини. *Охорона водного та повітряного басейнів. Утилізація відходів: зб. доп. міжнар. наук.-техн. конференції*. Т. 2. Харків, 2000. С. 404-407.

51. Гузеєв Є.А. Довговічність залізобетонних конструкцій промислових будівель із агресивними середовищами. *Бетон та залізобетон*. 1969. №1. С. 8-9.

52. Гулевський П.Ю. Дослідження факторів, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів в місцях приєднання до оглядових шахт. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2020. №3. С. 94-98

53. Гулевський П.Ю. Аналіз методів ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій каналізаційних тунелів. Тези до 77 науково-технічної конференції, Харків: ХНУБА, 2022. С. 35-36.
54. Добряєв А. А. Досвід ліквідації аварій на мережах водовідведення відкритим способом. *Науковий вісник будівництва*. 2004. № 26. С. 89–94
55. Дрозд Г.Я. Надійність каналізаційних мереж. *Водопостачання та санітарна техніка*. 1995. № 10. С. 2-4.
56. Дрозд Г.Я. Підвищення експлуатаційної довговічності та екологічної безпеки каналізаційних мереж: дис. ... докт. техн. наук: 21.00.08. Донб. держ. акад. будув. та архіт. Макіївка, 1998. 320 с.
57. Дрозд Г.Я., Матвієнко В.А., Губар В.М. Біопшкодження бетону споруд станцій біологічного очищення стічних вод. Біопшкодження та методи оцінки біостійкості матеріалів. М: АН СРСР, 1988. С. 91-96.
58. Дрозд Г.Я. Бетонні та залізобетонні каналізаційні колектори. *Водопостачання та санітарна техніка*. 1988. № 2. С. 8-10.
59. Дрозд Г.Я. Біологічний фактор як причина руйнування каналізаційних мереж. *Водопостачання та санітарна техніка*. 2002. № 1. С. 22-26.
60. Дрозд Г.Я., Ситниченко Н.В., Гусенцова Я.Л. Про необхідність удосконалення будівельних норм та правил. *Водопостачання та санітарна техніка*. 2002. №1. З. 18-20.
61. Душкін С.С., Дегтяр М.В. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність водопровідноканалізаційних систем» (для студентів 2 - 3 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 – Будівництво освітньокваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення»). Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. 115 с.
62. Забелін С.А. Технологія ремонту трубопроводів водовідведення із використанням склопластикових труб. *Комунальне господарство міст*. 2012. Вип. 105. С. 272-278.
63. Запорожець В.В. Технологія ремонту конструкцій оглядових шахт

каналізаційних колекторів з використанням дрібноштучних керамічних виробів: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. Харків, 2010. 124 с.

64. Зеленський Д.Ю. Бетони, стійкі за умов систем каналізації: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Харків: ХДАДТУ, 1999. 196 с.

65. Іванов Ф.М., Горшин С.М. Біопошкодження у будівництві. М: Будвидав, 1984. 213 с.

66. Іванов Ф.М., Дрозд Г.Я. Довговічність бетонних та залізобетонних колекторів. *Бетон та залізобетон*. 1989. № 12. С. 32-33.

67. Ігнатська А.В. Дослідження систем керування. М: ЮНІТІ-ДАНА, 2003. 157 с.

68. Комохов П.Г. Корозія бетону у стічних водах. Російська архітектурно-будівельна енциклопедія. М: Тріада, 1995. 177 с.

69. Корінько І.В. Розробка технологічних і організаційних рішень ремонту та відновлення оглядових колодязів і шахтних стволів каналізаційних мереж: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового і цивільного будівництва». Харків: ХДТУБА, 1998. 13 с.

70. Корінько І.В., Соловей Д.А. Будівельні матеріали для захисту конструкцій очисних споруд від руйнування. *Наук. вісн. будівництва*. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002. Вип. 17. С. 83–88.

71. Костюк Т.О., Арутюнов В.А., Плугин А.А., Старкова О.В., Бондаренко Д.О. Композиційний матеріал для ремонтних та інших будівельних робіт : пат. 103280 Україна: МПК С04В 41/65, 103/65, 24/00, 14/00, 28/00. Заявл. 08.10.2012; опубл. 25.09.2013; Бюл. № 18.

72. Лебедева О. С. Захист атмосферного повітря від забруднення викидами сірководню з каналізаційних мереж: дис. ... канд. техн. Наук : 21.06.01 / Харківський національний університет будівництва та архітектури. Харків, 2017. 198 с.

73. Лур'є Ю.Ю. Аналітична хімія промислових стічних вод. М: Хімія, 1984. 448 з.

74. Манець І.Г., Снегірьов Ю.Д., Паршинцев В.П. Технічне обслуговування та ремонт шахтних стволів. М: Надра, 1987. 327 с.
75. Манець І.Г., Грядущий Б.А., Левіт В.В. Технічне обслуговування та ремонт шахтних стволів: у 2 т. під заг. ред. д-ра техн. наук Сторчака С.О. 4-те вид., перероб. та дод. Донецьк. *Південний Схід*, 2010. Т.1. 409 с.
76. Матвієнко В.А. Оцінка ролі біологічного чинника корозії бетону. Бетон та залізобетон. 1986. № 7. С. 19-20.
77. Москвин В.М., Іванов Ф.М., Алексєєв С.А., Гузеєв В.А. Корозія бетону та залізобетону, методи їх захисту. М: Будвидав, 1980. 316 с.
78. Орлов В. А., Харкін В. А. Розробка стратегії відновлення міських водовідвідних мереж. ЗРІСТ. 2001. № 3. С. 20-27.
79. Плугін А. А., Салія М. Г., Костюк Т. А., Старкова О. В., Бондаренко Д. А. Обґрунтування вибору наповнювачів для гідроізоляційних сухих сумішей на основі портландцементу. *Ключові проблеми на сьвременната наука – 2012* : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції Софія: Бял ГРАД-БГ, 2012. Т. 29. С. 62-67.
80. Плугін А. А., Старкова О. В., Арутюнов В. А., Бондаренко А. І. Оптимізація складів інтегрально-капілярної дії за допомогою експериментально-статистичних моделей. *Aktualne Problemy Nowoczesnych Nauk – 2013* : матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції. Польща: Пшемисль, 2013. С. 100-104.
81. Розенталь Н.К. Корозійна стійкість бетонів особливо низької проникності: дис. ... докт. техн. наук: 05.23.05, 2004. 435 с.
82. Розенталь Н.К. Проблема захисту залізобетонних конструкцій колекторів стічних вод. *Бетон та залізобетон – шляхи розвитку*. Наук. тр. 2-й Всерос. конф. але бетону та залізобетону в 5 томах. Том 4. Довговічність залізобетонних конструкцій. М: Діпак, 2005. С. 523-532.
83. Татарінцева О.С., Зімін Д.Є. Базальтопластик з підвищеною тепло- та хімічною стійкістю. Матеріали міжнародної конференції: *Становлення сучасної науки. Хімія та хімічні технології*. URL: <http://www.nauka.com/>

25_NNP_2011/Chimia/5_91641.doc.htm. (дата звернення 25.07.2021).

84. Фармазов С.А. Обладнання нафтопереробних заводів та його експлуатація. М: Хімія, 1978. 352 с.

85. Чернявський В.Л., Гіль Ю.Б., Макаренко О.В. Вплив структури бетону на екологічну безпеку та довговічність конструкцій будівельних об'єктів. Матеріали ІІ наук.-практ. семінару. Рівне. 2002. С. 132-138.

86. Чернявський В.Л., Гуркаленко Б.А. До питання нормування агресивності середовища щодо бетону. Технологія будівництва сільськогосподарських будівель та споруд із місцевих матеріалів. Н. 1997. С. 8-11.

87. Шалімо М.А. Захист бетонних та залізобетонних конструкцій від корозії. М: Вища школа, 1986. 120 с.

88. Шифрін С.М. Довідник з експлуатації систем водопостачання, каналізації та газопостачання. Л: Будвидав, 1976. 342 с.

89. Яковлев С.В. та ін. Каналізація. М: Будвидав, 1975. 632 с.

90. Юрченко В. О. Розвиток науково-технологічних основ експлуатації споруд каналізації в умовах біохімічного окиснення неорганічних сполук: дис. ... докт. техн. наук: 05.23.04 – Українська держ. НДІ проблем водопостачання, водовідведення та охорони навколишнього природного середовища "УкрВОДГЕО". Харків, 2006. 420 с.

91. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація: Проектування Зовнішніх Мереж та Споруд

92. Довідник із загальнобудівельних робіт. Основи та фундаменти. За заг. ред. М.І. Смородинова. М: Будвидав. 1974. 372 с.

93. Bock E. Biologische Korrosion. Tiefbau-Ingenieurbau-Strassenbu. 1984. Vol. 5. №. 11(1). P. 240-250.

94. Deutsches Institut für Bautechnik: Bau- und Prüfgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und -schächte (E 06-93).

95. Flemming. H. Microbial Deterioration of materials – Fundamentals:

Eco-nomical and Technical Overview. *Werkstoffe und Korrosion*. 1994. № 45. P. 5-9.

96. Gross Werner Sanirung von Kanalschächten mit Polyurethan. *Wasser, Abwasser*. 2000. №2. S. 34–36.

97. Goncharenko D., Hulievskyi P., Alejnikowa A., Ratschkowskij A. Effiziente Nutzung von Basaltelementen in Abwassernetzen. *KA Korrespondenz Abwasser*. 2023. №.1(70). S. 32 – 35.

98. Goncharenko D., Aleinikova A., Ubiivovk A. Development of a rehabilitation method for sewer tunnels at the junctions to inspection shafts. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. *Series of geology and technology Sciences*. 2020. 2 (440). P. 55-62.

99. Goncharenko D., Aleinikova A., Starkova O., Kolomiiets Y. та інші, всього 5 осіб Efficient method of eliminating accidental damage of sewer tunnel. *Matec Web of Conferences (Transbud-2018)*. 2018. Vol. 230, 02011

100. Milde K., Sand W., Wolff W., Bock E., Gen J. Tiobacilli of the Corroded Concrete Walls of the Hamburg Sewer System. *Microbiol*. 1983. Vol. 129. n. 5. P. 1327-1333.

101. Sadurska I., I. Sadurska, R. Kowalik Experiments on Control of Sulphur Bacteria Active in Biological Corrosion of Stone.. *Acta Microbiol. Polonica*. 1996. Vol. 15. n. 2. P. 199-201.

102. Stein D., Niederehe W. Instandhaltung von Kanalisationen. 2 überarbeitete und erweiterte Auflage. *Verlag Ernst und Sohn*. Berlin. 1992.

103. Stein D. Instandhaltung von Kanalisationen. 3 Auflage. *Ernst und Sohn*. Berlin: 1998. 941 S.

104. Stein D., Körbemeyer K. Auskleidung von Abwasserkanälen mit großformatigen Steinzeug-Plattenelementen (KeraLine-System). *Abwassertechnik*. Heft 2. 1999. – S. 69–72.

105. Turner D. et al. Unlocking trenchless knowledge. *Trenchless Australasia*. 2019. № 59. C. 60.

106. Valdenebro J.-V., Faustino N. Gimena Urban utility tunnels as a long-

term solution for the sustainable revitalization of historic centres: The case study of Pamplona-Spain. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2018. Vol. 81. P. 228–236.

107. Valdenebro J.-V., Faustino N. Gimena, López J. Construction process for the implementation of urban utility tunnels in historic centres. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2019. Vol. 89. P. 38–49.

108. Wang W. et al. Evaluation of stress intensity factor for cast iron pipes with sharp corrosion pits. *Engineering Failure Analysis*. 2017. № 81. P. 254–269.

109. Wei Yang, Chun-Qing Li, Hassan Baji Design for service life of underground space based on water seepage criterion. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2019. Vol. 93. 103066.

110. Wilson D., Y. Filion, I. Moore State-of-the-art review of water pipe failure prediction models and applicability to large-diameter mains. *Urban Water Journal*. 2017. Vol. 14 (2). P. 173–184.

111. Wissmann W. Zur statischen Berechnung beliebig getormter Stollen- und Tunnelauskleidungen mit Hilfe von Stabwerkprogramme. *Der Bauingenieur* 43. 1968. S. 1–8.

112. Werner D., Krausewald J. Neuartiges Betonrohr-Schacht-System. *Abwassertechnik*. Heft 2. 1996. – S. 64–66.

113. Yuan H., Dangla P., Chatellier P., Chaussadent T. Degradation modeling of concrete submitted to biogenic acid attack. *Cement and Concrete Research*. 2015. № 70. P. 29–38.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові роботи, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації.

1. Гулевський П.Ю. Дослідження факторів, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів в місцях приєднання до оглядових шахт. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2020. №3. С. 94-98. URL: <http://surl.li/llkwt> (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-94-98>

2. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Використання базальту при ремонті і відновленні мереж водопостачання та водовідведення. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. №2. С. 43-50.

URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/235817> (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.270421.43.750>

Особистий внесок здобувача – обґрунтування доцільності використання матеріалів з кам'яного лиття для ремонту та відновлення мереж водопостачання та водовідведення.

3. Goncharenko D., Aleinikova A., Kazimagomedov I., Hulievskiy P. Aggressive environment of sewerage influence on the basalt samples strength. *Науковий вісник будівництва*. 2021. №4. С. 92-96. URL: https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/4_106_2021/13.pdf (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2021-106-4-92-96>

Особистий внесок здобувача – експериментальні дослідження базальтових елементів для доцільності використання в каналізаційному середовищі.

4. Гончаренко Д.Ф., Гулевський П.Ю., Алейнікова А.І., Експериментальні дослідження адгезії базальтових елементів та цементно-піщаного розчину для доцільності використання в каналізаційному

середовищі. *Збірник наукових праць «Вісник ОДАБА»*. 2022. № 87. С. 40-46.
URL: <http://visnyk-odaba.org.ua/2022-87/87-5.pdf> (дата звернення: 20.02.2023)

DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2022-87-40-46>

Особистий внесок здобувача – експериментальні дослідження адгезії базальтових елементів та цементно-піщаного розчину для доцільності використання при проведенні відновлювальних робіт каналізаційних мереж.

5. Goncharenko D., Hulievskiy P., Alejnikowa A., Ratschkowskij A. Effiziente Nutzung von Basaltelementen in Abwassernetzen. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall-2023 (70)-Nr.1*, S. 32 – 35.

www.dwa.de/KA

Особистий внесок здобувача – дослідження та обґрунтування адгезії плитки кам'яного лиття та розчину в лабораторних умовах.

6. Алейнікова А.І., Гулевський П.Ю., Вороненко В.О. Організаційно-технологічні рішення ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами. *Комунальне господарство міст*. Харків. 2023. №4(178). С. 118-124.

URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6162/6081>

DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-118-124>

Особистий внесок здобувача – розроблення та обґрунтування організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів та оглядових шахт з використанням базальтової плитки.

Наукові роботи, що підтверджують апробацію дисертації.

7. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П.Ю., Вороненко В. О. Фактори, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів в місцях приєднання до оглядових шахт. *Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд*: тези за матеріалами ІХ Міжнародної наукової конференції. Харків. 2019. С. 35- 36.

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wpcontent/uploads/2019/10/Tezu_resyrs_2019.pdf

(дата звернення: 20.02.2023)

8. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Фактори, які впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів та оглядових шахт. *75 науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва та архітектури* : тези доповідей 75-ої науково-технічної конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури. Харків. 2020. С. 228-229 URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2020/07/ntk75_tezi.pdf (дата звернення: 20.02.2023)

9. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П. Ю. Методи захисту підземних комунікацій від факторів, що впливають на їх експлуатаційну надійність. *Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур*: тези за матеріалами ІХ Всеукраїнського науково-практичного семінару. Харків. 2020. С. 60-61 URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2020/11/Tezu_seminary.pdf (дата звернення: 20.02.2023)

10. Гулевський П. Ю. *Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві*: тези по матеріалам VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Харків. 2020. С. 28-29 URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2020/12/Tezu_Konf_2020.pdf (дата звернення: 20.02.2023)

11. Гончаренко Д. Ф., Гулевський П.Ю. Використання базальту для ремонту і відновлення каналізаційних колекторів. *Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд*: тези по матеріалам X Міжнародної наукової конференції. Харків. 2021. С. 83-84 URL: https://kstuca.kharkov.ua/wpcontent/uploads/2021/11/Tezu_resyrs_2021.pdf (дата звернення: 20.02.2023)

12. Гулевський П.Ю. Аналіз методів ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій каналізаційних тунелів. *77 науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва та архітектури*: тези доповідей 77-ої науково-технічної конференції

Харківського національного університету будівництва та архітектури. Харків.
2022. С. 35-36

URL: https://kstuca.kharkov.ua/wp-content/uploads/2022/11/ntk77_tezi.pdf (дата
звернення: 20.02.2023)

ДОДАТОК Б

Акт впровадження



АТ «ТРЕСТ ЖИТЛОБУД-1»
 УКРАЇНА, м. ХАРКІВ, 61002
 вул. АЛЧЕВСЬКИХ, 43
 тел. (057)700-40-01
 E-mail: trest@gs1.com.ua
www.gs1.com.ua

від «18» 09 2023 р. № _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова

наглядової ради АТ «Трест Житлобуд-1»
 Харченко А.М.

18.09.2023

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Гулєвського Павла Юрійовича

на тему «Організаційно-технологічні рішення по підвищенню експлуатаційної надійності каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами» на здобуття наукового ступеня доктора філософії, тема дисертації за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Комісія у складі:

Голова – В.о. голови правління Сіухін К.І.

Члени комісії – заступник голови правління Корецький Л.В., заступник голови правління Цикало О.А., начальник відділу капітального будівництва Попова Т.А., цим Актом підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Гулєвського Павла Юрійовича на тему «Організаційно-технологічні рішення по підвищенню експлуатаційної надійності каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами», впроваджено у виробництво наступним чином: впроваджено рекомендації для проєктування технології ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами з використанням плитки кам'яного лиття для підготовки проєктної документації на відновлювальні роботи на мережах водовідведення.

Голова комісії

К.І. Сіухін

Члени комісії

Л.В. Корецький

О.А. Цикало

Т.А. Попова

ДОДАТОК В

Акт впровадження



**Приватне Акціонерне Товариство
"ПІВДЕНСПЕЦАТОМ ЕНЕРГОМОНТАЖ"**

Юридична адреса: Україна, 61002, м. Харків, вул. Алчевських, 43
Поштова адреса: Україна, 61001, м. Харків, вул. Іскринська, 17
тел./факс: +38 (057) 732-53-08, 732-71-32, 732-82-77
E-mail: usaemgs1@ukr.net

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова правління
АТ «Південспецатоменергомонтаж»
Гармаш О.О.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Гулевського Павла Юрійовича

на тему «Організаційно-технологічні рішення по підвищенню експлуатаційної надійності каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами» на здобуття наукового ступеня доктора філософії, тема дисертації за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Комісія у складі:

Голова – начальник управління механізації Токарев В.В.

Члени комісії – начальник БМУ-2 Любченко С.М., заступник начальника БМУ-2 Нізола Л.І., начальник кошторисного відділу Корецька О.О.

цим Актом підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Гулевського Павла Юрійовича на тему «Організаційно-технологічні рішення по підвищенню експлуатаційної надійності каналізаційних тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами», впроваджено в виробничий процес діяльності організації, а саме: технологічні та організаційні рішення та рекомендації ремонту та відновлення каналізаційних тунелів з використанням плитки кам'яного лиття застосовано при плануванні ремонтних робіт в розподільчій системі водовідведення. Розроблена технологія має переваги з боку техніко-економічних показників понад 30% в порівнянні з аналогами (на основі проведеної порівняльної характеристики матеріалів, що необхідно передбачати для відновлення).

Голова комісії

_____ *Токарев*

Токарев В.В.

Члени комісії

_____ *Любченко*

Любченко С.М.

_____ *Нізола*

Нізола Л.І.

_____ *Корецька*

Корецька О.О.

« 28 » 09 2023 р