

**О.В. Мурсьова, заступник завідувача відділу;**  
**О.В. Куролес, інженер-будівельник;**  
**Ю.М. Халупка, інженер-будівельник,**  
 ДП "НДІБВ", м. Київ

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПІД ЧАС ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА ПРИКЛАДІ ТЕРЕБЛЕ-РІЦЬКОЇ ГЕС**

***Анотація.** В статті приведений практичний досвід виконання вимірювальних робіт під час інструментального обстеження гідротехнічних споруд на прикладі Теремле-Ріцької ГЕС в с. Нижній Бистрий, Хустського району, Закарпатської області. Необхідність виконання робіт з обстеження зумовлена тривалим терміном експлуатації тунелю та підготовки до проведення ремонтно-відновлювальних робіт. За результатами комплексного візуально-інструментального обстеження було надано висновки стосовно технічного стану та міцнісних характеристик конструкцій дериваційного тунелю Теремле-Ріцької ГЕС. Порівняння, та аналіз даних візуального, інструментального та геофізичного обстеження дозволили розробити проект реконструкції.*

***Ключові слова:** розбивка пікетів, обстеження конструкцій, інструментальні випробування, геофізичне обстеження.*

### **Постановка задачі**

Для забезпечення надійної подальшої експлуатації дериваційного тунелю Теремле-Ріцької ГЕС (с. Н. Бистрий, Хустський район, Закарпатська обл.) заплановано його ремонт. Необхідність виконання ремонтно-відновлювальних робіт дериваційного тунелю Теремле-Ріцької ГЕС зумовлена тривалим строком експлуатації. Тунель експлуатується з 1956 р. за час експлуатації капітальних ремонтів не проводили. Перед початком розробки проекту реконструкції необхідно провести комплексне візуально-інструментальне обстеження дериваційного тунелю, у ході якого виявлено характерні дефекти і пошкодження несучих конструкцій, розроблено рекомендації щодо виконання відновлюваних робіт.

### **Характеристика об'єкту обстеження**

Об'єкт обстеження дериваційний тунель завдовжки 3,7 км, яким води ріки Теремлі, що забезпечують обертання турбін ГЕС потрапляють до річки Ріка. Тунель круглого перерізу діаметром 2,52 м. Обробка - монолітний залізобетон шар торкрет бетону 1-4 см.

Водний потік, що протікає по тунелю в середній його частині досягає глибини близько 20-30 сантиметрів. По довжині тунелю наявні численні напірні та крапельні течії. В середній частині, довжиною приблизно 1500м, спостерігались значні потоки напірних ґрунтових вод, з бокових стін. Дно має значні нерівності, присутні ділянки з повністю розмитим дном.

### **Методика проведення візуально-інструментальних досліджень**

Перед виконанням робіт з обстеження розроблено проект виконання робіт (ПВР) на виконання візуального та інструментального обстеження дериваційного тунелю Теремле-Ріцької ГЕС. В ПВР викладені матеріали, щодо організації та технології виконання робіт, зазначені інструменти та обладнання необхідні для виконання робіт, приведені заходи з охорони та безпеки праці.

Порядок виконання робіт при обстеженні тунелю:

1. Розбивання тунелю по пікетам з кроком 100 м та загальний огляд тунелю;

2. Обстеження тунелю для визначення технічного стану (встановити та зафіксувати наявність відшарування захисного покриття тунелю, каверн, відсутність захисного шару бетону, виступи арматури, стан корозії металевих елементів, місця протікання води в середину тунелю, предмети, що перешкоджають протіканню води, нерівності внутрішньої поверхні).

3. Інструментальне обстеження. Визначення міцності зчеплення торкрет покриття з бетоном тунелю (дослідження виконували через кожні 100 м на одній висоті тунелю. Крім цього виконували дослідження на ділянках, що межують з відшаруванням (досліджували на відстані 1 м від відшарування). Визначення міцності торкрет покриття та бетону тунелю (механічними приладами). Визначення міцності торкрет покриття в місцях рівновіддалених один від одного (по-криття не повинно мати ознак відшарування). Визначення міцності бетону в місцях, де відшарувалося торкрет покриття (місця вимірювань вибирали рівномірно по довжині тунелю).

4. Геофізичне обстеження для визначення геометричних розмірів та місць розташування порожнин та стану породи за облицюванням тунелю. Спочатку виконати дослідження георадаром з радіусом дії до 50 м, після чого, за наявності аномалій на ділянці виконати більш детальне дослідження георадаром з радіусом дії до 4 м.

### **Виклад основного матеріалу**

Всі роботи з обстеження конструкцій тунелю виконувались з просуванням групи фахівців від нижньої точки тунелю ПК 36 вгору до точки ПК 1 на стінах тунелю були присутні марки з позначенням пікетів. Вхід в тунель організовано через підхідний штрек розташований в 30м нижче марки ПК 36.

Для координування місць розташування дефектів першочергово було виконано розбивку тунелю по

пікетам, що дозволило нам фіксувати всі дефекти, пошкодження та місця інструментальних випробувань та чітко прив'язати ці місця, до встановлених по довжині тунелю марок-реперів. Розбивку по пікетам виконували з використанням геодезичних приладів та капронової рулетки-стрічки.

Пікети розбивали з кроком 100 м (ПК 0 – 0 м; ПК1 – 100м, ПК2 – 200 м і.т.д.) Виявилось, що обмірні пікети співпадали з існуючими марками-реперами на стінах тунелю. Кожні 100 м визначали геометричні параметри перерізу тунелю, шляхом вимірів горизонтального та двох косих діаметрів. Для побудови умовної сітки розмірів на розгортці тунелю відкладали відстані по 25 м, а в самому тунелі на стінах позначали відстані 25, 50, 75 м та маркували ці відстані на стінах між пікетами, відстані по 5 м позначали рисками на стінах тунелю для точної прив'язки дефектів, пошкоджень, та місць інструментальних випробувань. Використання стрічки-рулетки при відкладанні відрізків на стінах тунелю є причиною накопичення похибки, що на 100 м складала 10-30 см. Визначені при обстеженні пікети майже не відрізнялися від встановлених марок-реперів. Для збереження точності дану похибку (10-30 см) відкидали і після перевірки лазерним віддалеміром прив'язували до існуючих марок в тунелі.

Під час виконання візуального обстеження конструкцій, всі виявлені дефекти та пошкодження (відшарування захисного покриття тунелю, кавери, відсутність захисного шару бетону, виступи арматури, стан корозії металевих елементів, місця протікання води в середину тунелю, предмети, що перешкоджають протіканню води, нерівності внутрішньої поверхні, тощо (рис.1-2). Відмічали на схемах-розгортках тунелю з прив'язкою до попередньо розмічених пікетів, виконували фотофіксацію виявлених дефектів та пошкоджень, відео та фотозйомку процесу обстеження.

Визначення ширини розкриття тріщин здійснювали з використанням спеціальних допоміжних інструментів та пристосувань:

– шаблони и трафарети, представлені різним пристосуванням з оргскла або іншого синтетичного матеріалу, на який нанесені і позначені смужки різної товщини. Та ширина нанесеної на шаблон або трафарет смужки, що відповідає ширині тріщини. По зовнішньому вигляду шаблони та трафарети можуть бути в вигляді лінійки.



Рис.1 Напірні течі через отвори в обробці тунелю

– шупи пластинчаті, сутність вимірів якими полягає в тому, що в тріщину послідовно вставляються пластини різної товщини, поки одна з них буде щільно заходити в тріщину. В процесі вимірювання підбирається пластина, яка по товщині відповідає ширині розкриття тріщин. Ширина розкриття тріщини буде рівною товщині пластини, яка щільно входить в неї.

Інструментальне обстеження конструкцій тунелю полягає у визначенні: міцності зчеплення торкрет покриття з бетоном тунелю, міцності на відрив торкрет покриття та бетону тунелю, міцності на стиск торкрет покриття, міцності на стиск бетону. Інструментальні обстеження проводили з використанням приладів неруйнівного контролю.

Міцність зчеплення торкрет покриття з залізобетонною оболонкою визначали за методикою описаною в ДСТУ Б EN 1015-12:2012. Міцність зчеплення визначають, як максимальне напруження при розтягу, що виникає внаслідок дії безпосереднього навантаження, перпендикулярного до поверхні захисного покриття. Зусилля розтягу прикладали за допомогою спеціальної відривної пластини, яку наклеювали на поверхню, що випробовується. Отримана міцність зчеплення є відношенням руйнівного навантаження до площі.

При визначенні міцності на відрив використовували адгезіометр, квадратні відривні пластини, виготовлені з нержавіючої сталі, з розмірами (50x50 ±0,1) мм та мінімальною товщиною 5 мм, що мають по центру приварене кріплення з внутрішньою різьбою для приєднання до пристрою, за допомогою якого прикладається розтягувальне зусилля. За допомогою клею приклеювали відривні пластини на поверхню опорядження, що досліджувалася. При виконанні робіт уникали нанесення надлишків клею на зрізи навколо досліджуваних ділянок. Через 24 години прорізували шар опорядження по межі 4-х граней платини так щоб проріз заходив на 5-7 мм в тіло бетону. За допомогою випробувальної установки, прикладали розтягувальне навантаження перпендикулярно до ділянки, що випробовується. Дотримувались прикладання навантаження з рівномірною швидкістю, уникаючи ударів. Швидкість зростання напруження збільшувалось в межах діапазону від 0,003 Н/(мм<sup>2</sup>·с) до 0,100 Н/(мм<sup>2</sup>·с) відповідно до ймовірної міцності зчеплення таким чином, щоб руйнування виникало впродовж 20 с – 60 с.



Рис.2 Ділянки з розмитою лотковою частиною тунелю

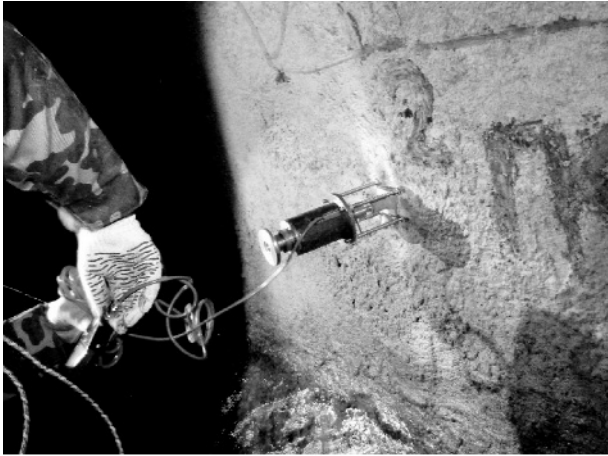


Рис.3 Визначення міцності на відрив з використанням адгезіометра



Рис.4. Результат визначення міцності на відрив залізобетону

Визначення міцності бетону та торкрет бетону на стиск методами неруйнівного контролю.

У відповідності до ДСТУ Б В.2.7-220:2009 "Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю" визначення міцності на стиск безпосередньо в конструкціях з важкого та легкого, а також дрібнозернистого бетонів можна виконувати методами: пружного відскоку, ударного імпульсу, пластичної деформації, відриву, сколювання ребра та відриву зі сколюванням.

Випробування проводили методом ударного імпульсу з використанням приладу для визначення міцності "ОНИКС-2.5" методом ударного імпульсу (рис. 5). Випробування проводили в такій послідовності:

- визначали розташування арматури на ділянці випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.6-4 (ГОСТ 22904);
- прилад розташовували так, щоб зусилля прикладалося перпендикулярно до випробовуваної по-

верхні у відповідності з експлуатаційними документами приладу;

- фіксували значення непрямої характеристики у відповідності з експлуатаційними документами приладу;

- проводили серії з 10 ударів в кожній точці визначення міцності конструкцій;

- відмічали місця визначення та значення міцності на схемах-розгортках тунелю у відповідності до положення в тунелі по пікетажу;

- визначали середнє значення непрямої характеристики на ділянці конструкції у відповідності до визначених раніше пікетів.

Геофізичне обстеження для визначення порожнин та стану породи за облицюванням тунелю виконували з використанням антен георадару. Точки встановлення передаючої та приймаючої антен георадару розміщувались на лінії, розміченої на бічних поверхнях тунелю (стеля, дно, стіни) через кожні 50 метрів.



Рис.5. Прилад ударно-імпульсний ОНИКС-2.5

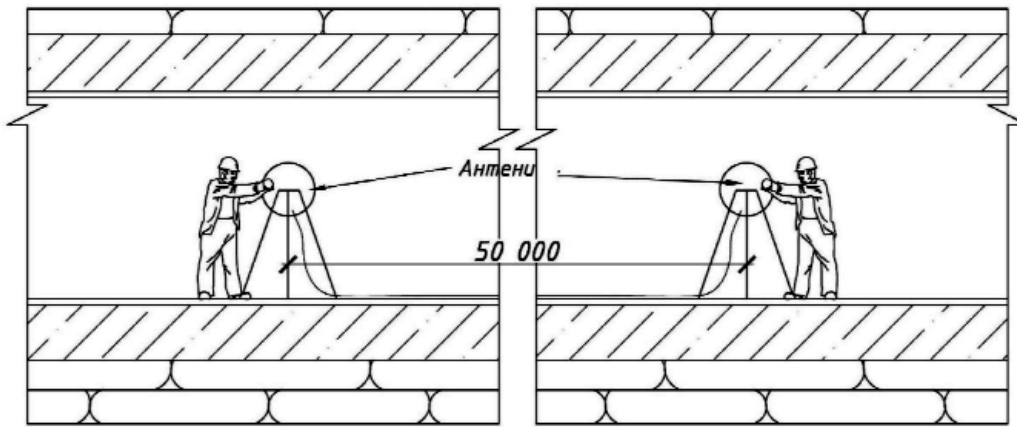


Рис.6. Схема виконання робіт з геофізичними дослідженнями на ділянках до 50 м

В зв'язку особливостями радіохвильового зондування та наявності слабкого сигналу за причини негативних факторів впливу в кінці тунелю, був розбитий профіль зондування довжиною 3450 метрів з розміщеними на ньому 70 точок, пікетів. З урахування задачі геофізичних досліджень та фізичних можливостей роботи в тунелі діаметром 2,5 м, були вибрані бази радіохвильового зондування — 4, 6, 8 та 10 метрів. Антени георадару розміщувались нижче уявної вісі симетрії тунелю, на висоті приблизно (0,7–1,0) м від дна тунелю, заповненого проточною водою. Як було зазначено вище, в даних умовах виконання роботи з відліком від уявної вісі симетрії тунелю, глибина зон-

дування гірських порід під дном тунелю складає 2, 3, 4 та 5 метрів. Тобто, при зовнішньому діаметрі тунелю приблизно 3,7 м по технічній документації, радіохвильове зондування виконувалось в прошарках гірських порід прилеглих до тіла тунелю, та його зовнішньої частини, та на глибину 1.0-2.0 м, і 2.0-3.5 м від зовнішньої грані стіни оболонки тунелю.

Геофізичні роботи виконані в тунелі по профілю довжиною 3450 м. Дипольне індуктивне зондування виконано в 70 точках (перетинах) тунелю, які були розміщені на відстані 50м одна від одної. В кожній точці зондування виконувалось в чотирьох напрямках — верх (склепіння), низ (дно), право, ліво (стіни).

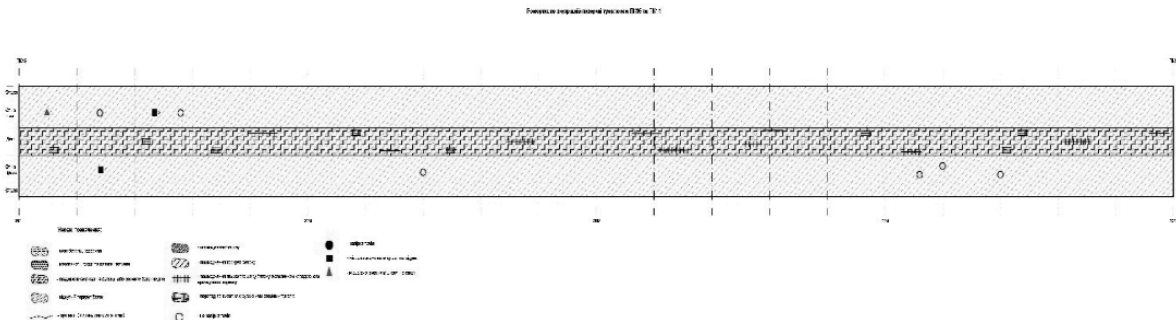


Рис.7. Розгортка по внутрішній поверхні тунелю між ПК15 та ПК 14

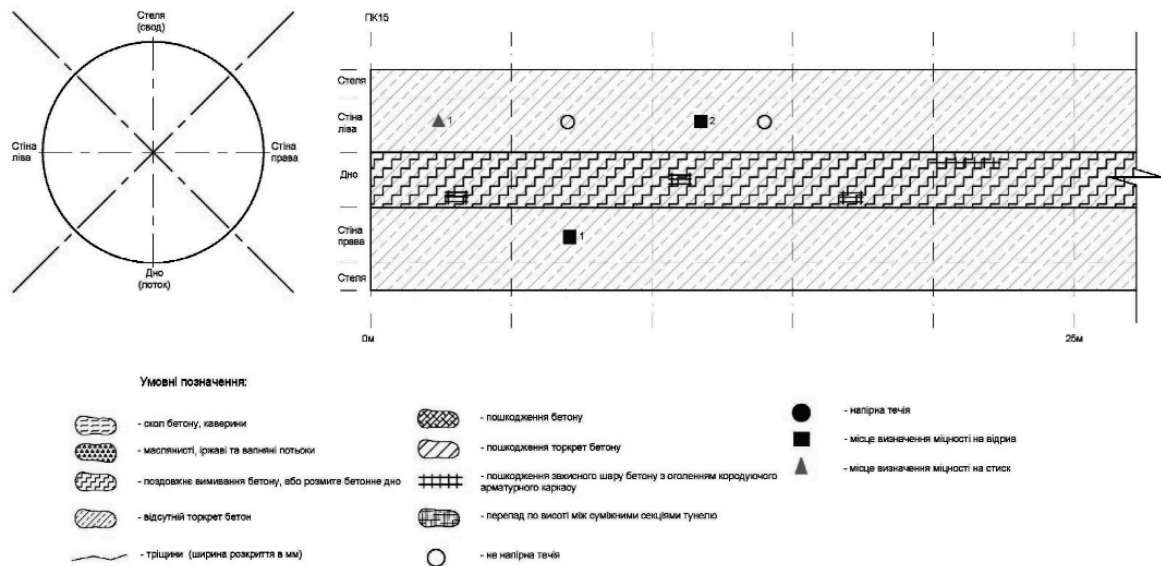


Рис.8. Фрагмент розгортки по внутрішній поверхні тунелю між ПК15 та ПК 14

За результатами польових вимірів були побудовані розрізи по всій довжині тунелю, на яких показано геофізичну структуру гірського та місця можливого послаблення масиву вздовж дна та склепіння.

#### Обробка даних обстеження

Результати обстеження представлені у вигляді схем дефектів з по-значеними місцями виконання інструментальних випробувань, на розгортках тунелю. Схеми дефектів розбивали на ділянки по 100 м у відповідності з розміченими при виконанні обмірних робіт пікетами, між пікетами відмічали відстані 25, 50 та 75 м, додатково штрих пунктирними лініями без підписів позначені відстані по 5 м (рис.7-8).

На схемах дефектів відповідними умовними позначеннями нанесено дефекти та пошкодження по внутрішній поверхні тунелю, місця визначення міцності матеріалів на відрив, місця визначення міцності

на стиск (на розгортці такі місця пронумеровані, а в звіті про виконану роботу в табличній формі подано характеристики точок, що відповідають точкам на схемах дефектів та значення визначеної міцності на відрив та на стиск в цих точках).

#### Висновки

За результатами комплексного візуально-інструментального обстеження було надано висновки стосовно технічного стану та міцнісних характеристик конструкцій дериваційного тунелю Теребле-Рицької ГЕС. Порівняння, та аналіз даних візуального, інструментального та геофізичного обстеження дозволили розробити проект реконструкції, врахувавши існуючі недоліки, а складені схеми-розгортки дефектів дозволять з високою точністю виконати роботи по усуненню виявлених дефектів та пошкоджень конструкцій.

#### Література

1. ДСТУ — Н Б В.1.2-18:2016 *Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.*
2. *Звіт про виконану роботу "Візуальне обстеження тунелю для складання схем та відомостей дефектів та пошкоджень" (тунель Теребле-Рицької ГЕС в с. Н. Бистрий, Хустський район, Закарпатська обл.), ДП НДІБВ Київ 2017.*
3. ГОСТ Р 57208-2016 *Тоннели и метрополитены. Правила обследования и устранения дефектов и поврежденных при эксплуатации.*

#### References

1. DSTU – NB V.1.2-18:2016 *Nastanova shhodo obstezhennya budivel' i sporud dlya vy`znachennya ta ocinky` yix texnichno-go stanu.*
2. *Zvit pro vy`konanu robotu «Vizual`ne obstezhennya tunelyu dlya skladannya sxem ta vidomостей defektiv ta poshkodzen`» (tunel` Tereble-Ricz`koyi GES v s. N. By`stryj, Xusts`ky`j rajon, Zakarpats`ka obl.), DP NDIBV Ky`yiv 2017.*
3. *GOST R 57208-2016 Tonnely` y` metropolity`teny. Pravy`la obsledovany`ya y` ustraneny`ya defektov y` povrezhdeny`j pry` ekspluatacy`y`.*

Мурасова О.В., Куролес О.В., Халупка Ю.М.

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ВО ВРЕМЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕРЕБЛЕ-РИЦКОЙ ГЭС

**Аннотация.** В статье приведен практический опыт выполнения измерительных работ при инструментального обследования гидротехнических сооружений на примере Теребле-Рицкой ГЭС в с. Нижний Быстрый, Хустского района Закарпатской области. Необходимость выполнения работ по обследованию обусловлена длительным сроком эксплуатации тоннеля и подготовкой к проведению ремонтно-восстановительных работ. По результатам комплексного визуально-инструментального обследования были представлены выводы относительно технического состояния и прочностных характеристик конструкций деривационного тоннеля Теребле-Рицкой ГЭС. Сравнение и анализ данных визуального, инструментального и геофизического обследования позволили разработать проект реконструкции.

**Ключевые слова:** разбивка пикетов, обследование конструкций, инструментальные испытания, геофизическое обследование.

Murasova O.V., Kuroles O.V., Halupka Yu.M.,

### FEATURES OF TECHNOLOGY OF EXECUTION MEASURING WORKS AT THE TIME INSTRUMENTAL EXAMINATION HYDROTECHNICAL SPORTS AT THE EXAMPLE OF THEREBLE-RIC HYDROPOWER

**Abstract.** The article presents practical experience in performing measurement work during the instrumental examination of hydraulic structures on the example of the Tereble-Ritskaya HPP in s. Nizhny Fast, Khust district of the Carpathian region. The need for survey work is due to the long lifespan of the tunnel and the preparation for the repair work.

According to the results of a comprehensive visual and instrumental survey, conclusions were made regarding the technical condition and strength characteristics of the structures of the diversion tunnel at the Tereble-Ritskaya HPP. Comparison and analysis of data of visual, instrumental and geophysical surveys allowed to develop a reconstruction project.

**Keywords:** picket breakdown, structural survey, instrumental tests, geophysical survey.