

Вилобков Д.А., магістрант
Науковий керівник: Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СЕЙСМІЧНИХ КОЛИВАНЬ НА СТІЙКІСТЬ ДІЮЧОГО ТУНЕЛЮ ПРИ ВИКОНАННІ ВИБУХОВИХ РОБІТ

На дільниці Бескид-Скотарське Львівської залізниці функціонує тунель, якому понад 140 років. Ця споруда є складовою важливого міжнародного транспортного коридору Італія – Словенія – Угорщина – Словаччина – Україна, яким щодня проходять десятки поїздів. Через тривалий термін експлуатації та багаторазові руйнування під час надзвичайних ситуацій, конструкція тунелю перебувала у вкрай незадовільному технічному стані.

Виявлено значні пошкодження гідроізоляції, що спричиняють осипання та випадіння породи з облицювання тунелю. Проведення тривалих ремонтних робіт було неможливим через інтенсивний рух поїздів на даній дільниці. У зв'язку з цим, було прийнято рішення про спорудження нового залізничного тунелю, який дозволить підвищити пропускну здатність залізничної лінії удвічі – до 100 поїздів на добу.

Під час будівництва нового тунелю була застосована буровибухова технологія проходки. Однак сейсмічні коливання, що виникали під час вибухів, могли негативно впливати на стійкість існуючої споруди.

Тому, з метою визначення безпечних параметрів буропідричних робіт і мінімізації їх впливу на діючий тунель були проведені дослідження фізико-механічних та гідрогеологічних властивостей гірського масиву, виконано оцінку стійкості конструктивних елементів старого тунелю та визначено допустимі розрахункові рівні сейсмічного впливу на його облицювання. Також проведено інструментальні спостереження за коливаннями тунельного кріплення по всій його довжині під час проходження поїздів.

Було здійснено інструментальні заміри параметрів інтенсивності сейсмічних коливань конструкцій у нішах №1 та №3 південної стінки тунелю, який експлуатується з 1881 року. Відстані від місць вибухів до споруди, що підлягає захисту, наведені на перетині горизонтальної площини (рис. 1). Спостереження виконувалися як під час руху залізничного транспорту (електропоїзд, пасажирський потяг, вантажний поїзд без вантажу, вантажний поїзд із вантажем, а також два спарені електровози), так і під час здійснення технологічних вибухів у процесі проходки тунелю.

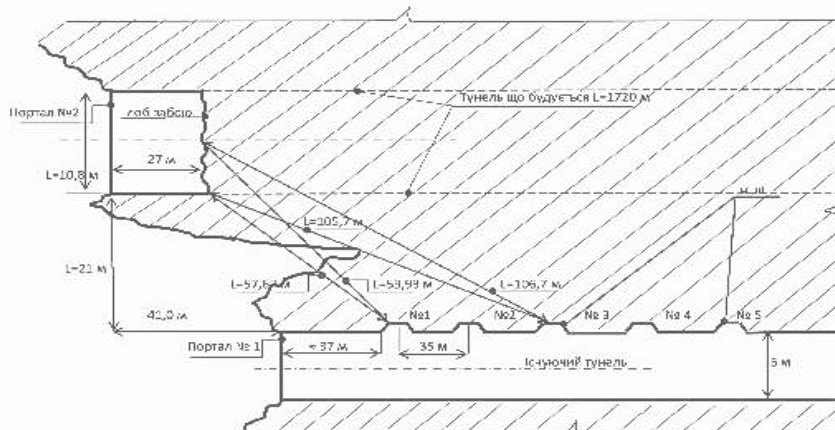


Рис. 1. Відстані від вибуху до об'єкта, що охороняється.

Для вимірювань сейсмічних коливань застосовувався цифровий сейсмограф BlastMate III виробництва компанії *Instantel*.

Виходячи з прогнозованої спрямованості розповсюдження сейсмічних хвиль та розташування об'єктів, що охоронялись, прилади встановлювали в підшві ніш №1 і №3 існуючого тунелю на відстанях 59,93 м та 106,7 м від врубових шпурів у вибої тунелю, який споруджується.

Обробку і інтерпретацію вимірювань виконували з використанням програмного забезпечення BlastWare (фірма *Instantel*).

Заряди підірвалися короткосповільненими і сповільненими способами із застосуванням неелектричних систем ініціювання «Імпульс». Максимальна маса ВР у ступені сповільнення становила 6,75 кг. Загальна маса амоніту 6ЖВ у шпурових зарядах – 32,5 кг.

З метою визначення повного модуля вектору швидкості коливань гірського масиву, який складається з трьох взаємно перпендикулярних компонент, застосовувався багатоканальний метод спостережень.

Для визначення повного вектору швидкості коливань у точці вимірювання виконувалося окреме встановлення трьох сейсмоприймачів, кожен з яких фіксував одну з компонент вектору швидкості:

- вертикальну складову (V_h);
- тангенціальну складову (V_T);
- радіальну складову (V_r).

Для фіксації та подальшої обробки аналогових сигналів дослідники використовували чотириканальний електронний осцилограф виробництва компанії «Tektronix» та аналого-цифровий перетворювач типу E-330. Застосований стандартний АЦП підключався до принтерного порту портативного комп'ютера і функціонував як зовнішній модуль E-330, який підтримує режими EPP або Bidirectional (ці режими підтримуються більшістю сучасних багатофункціональних карт і ноутбуків).

Пропускна здатність порту EPP становить близько 0,600-1 МБ за секунду, що забезпечує можливість введення сигналів широкого спектра частот у режимі реального часу.

Модуль E-330 обладнано власним цифровим процесором ADSP-2105, який відповідає за управління всіма периферійними компонентами (АЦП, ЦАП, цифрові лінії, пам'ять даних) і синхронізацію процесів введення та виведення інформації.

Осцилограф «Tektronix» оснащено функцією автоматичної самодіагностики, що дозволяє здійснювати метрологічний контроль під час зміни умов експлуатації – як зовнішніх (температура, тиск тощо), так і внутрішніх (зокрема, збій у роботі систем). Процедура діагностики активується щоразу під час увімкнення приладу.

Під час проведення промислових вибухів максимальна швидкість коливань облицювання в ніші №1 склала 0,185 см/с при частотах 64-102 Гц, у ніші №3 – 0,0471 см/с при частотах 60-73 Гц.

Результати реєстрації коливань кріплення (обробки) існуючого тунелю у ніші № 1 наведені на рис. 2.

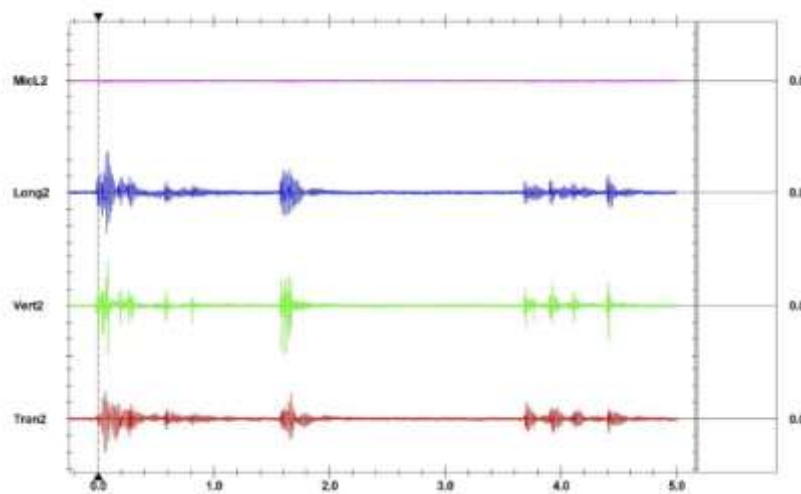


Рис. 2. Результати коливань облаштування існуючого залізничного тунелю у ніші №1

За результатами спостережень встановлено, що інтенсивність коливань, спричинених вибуховими роботами, перевищує природний фон, який фіксується під час руху залізничного транспорту. Водночас ці коливання не перевищують I балу за шкалою MSK-64 на зазначених відстанях до об'єкта, що підлягає охороні. Відповідно до ДБН В.1.1-12:2006 «Будівництво у сейсмічних районах України», сейсмічна активність району досліджень становить 8 балів за шкалою MSK-64 із періодом повторюваності струсів один раз на 5000 років (ймовірність перевищення інтенсивності коливань протягом 50 років – 1%). Відповідно до зазначеного нормативного документа, ґрунти за сейсмічними властивостями віднесені до II категорії.

Встановлено, що зафіксовані коливання у гірському масиві не створюють загрози для конструкцій та стабільності існуючого старого тунелю.

Для більш точного прогнозування впливу сейсмічних коливань на існуючий тунель необхідно одночасно контролювати величину масової швидкості зсуву порід як на мінімальній відстані до вибуху, так і на віддаленій точці, що забезпечить достовірність результатів вимірювань.