

Полученные результаты позволили рекомендовать эжекторный земснаряд ЗНС 630-90 к производству и уже в 2010–2011 гг. были изготовлены две такие машины. В настоящее время земснаряды ЗНС 630-90 успешно эксплуатируются при разработке речного гравия (рис. 3, Украина) и месторождения алмазов, вмещающая порода – гравий (Либерия).

**Вывод.** Опытные-промышленные испытания струйного грунтозаборного устройства СГЗ 630-90 как основного элемента землесосного снаряда ЗНС 630-90 показали практическую реализуемость, технологическую и экономическую эффективность его применения при освоении обводненных и подводных песчано-гравийных месторождений со значительным содержанием крупного гравия.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Франчук В. П.  
Надійшла до редакції 17.04.2013*

УДК 624.127+624.19

© Н.В.Зуєвська

## **КОМПЛЕКСНИЙ МОНІТОРИНГ ВИРОБКИ В УМОВАХ ЗОВНІШНІХ ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВІВ**

Виконання гірничопрохідницьких робіт буровибуховим методом впливає на існуючі оточуючі споруди, що може погіршити їх експлуатацію. Розглянуто проблему комплексного моніторингу виробки в умовах зовнішніх впливів з метою попередження виникнення аварійних ситуацій.

Выполнение горнопроходческих работ буровзрывным методом влияет на существующие соседние сооружения, что может ухудшить их эксплуатацию. Рассмотрена проблема комплексного мониторинга выработки в условиях внешних воздействий с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций.

Performing underground construction works by drilling-and-blasting methods influence on close engineering structures, that impairment their exploitation. This matter is dealt with in problem of complex monitoring the tunnel underground under blasting influence.

**Вступ.** Поширення транспортної інфраструктури є одним з пріоритетних напрямів в розвитку економіки України. Тунелі потребують підвищення пропускної здатності, що вирішується шляхом проведенням нових та реконструкції існуючих сполучень. Виконання гірничопрохідницьких робіт впливає на існуючі споруди, що може погіршити їх експлуатацію. Сучасні методи прогнозування процесів деформування обробки тунелів не враховують усіх факторів, що впливають на технічний стан інженерних споруд. В нормативних документах питання впливу сусідніх споруд розглянуто недостатньо.

Проблема комплексного моніторингу виробки в умовах зовнішніх впливів з метою попередження виникнення аварійних ситуацій визначає **задачі до-**

**сліджень.** При цьому очевидно, що контроль технічного стану виробки повинен носити систематичний підхід і дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються на основі вироблених критеріїв.

На всіх етапах будівництва залізничних тунелів основною технологією руйнування масиву гірських порід є вибухова технологія. Під час будівництва та реконструкції практично всіх тунелів одним з основних завдань модернізації є збереження діючих тунелів, які потрапляють в ближню сейсмічну зону під час проведення підривних робіт при проходці нових виробок.

**Об'єктом дослідження** є комплекс робіт по спорудженню нового тунелю великого перерізу на перегоні Бескид – Скотарське, Україна. Так, під час будівництва Бескидського двоколійного тунелю з діаметром перерізу  $120 \text{ м}^2$  та протяжністю 1822 м, прохідницькі роботи планується проводити в 25-ти м від паралельно існуючого першого тунелю.

**Викладення основного матеріалу.** Будівництво нового тунелю буде здійснювалась в породах з  $f = 1.5-4.0$ , що представлені в основному піщаниками, глинистими сланцями та аргілітами, за допомогою буровибухової технології (рис. 1).



Рис. 1. Геологічний розріз: 1 – піщаники; 2 – глинисті сланці із зоною тріщинуватості; 3 – сланці; 4 – аргіліти.

Будівництво великопролітних виробок суцільним забоєм значно впливає на напружено-деформований стан порід і ефективність робіт. Тому в цьому випадку важливо вибрати оптимальну схему розкриття забою для збільшення стійкості масиву навколо виробки і швидкості проходки. Знаючи напружено-деформований стан порід, можна визначити конструкцію кріплення, величину навантаження на кріплення підземної споруди, оптимальну схему проходки, а також кількість уступів забою. Зокрема, проходку Бескидського тунелю планується здійснювати двома уступами за новоавстрійською технологією (рис. 2). Це в свою чергу дозволить поетапно проводити буровибухові роботи та зменшить сейсмічний ефект на експлуатований тунель.

Розробка технології робіт зі спорудження тунелю новоавстрійським методом виходить з наступних основних положень. Після проходки гірничої виробки порода в природному масиві поступово переходить з пружного стану в стан втрати стійкості і далі в нестійкий стан. Установка тимчасового кріплення під час проходки повинно забезпечити стійкість масиву. При цьому кріплення може працювати як жорстка опора для навколишнього масиву, або як піддатлива конструкція, що допускає деформації спільно з масивом. Новоавстрійський метод дає можливість швидкісного і економічного спорудження тунелів, оскільки

застосування піддатливого кріплення і оптимальне використання природної стійкості масиву дозволяють зменшити металоємність тимчасового кріплення і товщину постійної обробки, яку розраховують з урахуванням сприйняття гірського тиску тимчасовим піддатливим кріпленням.

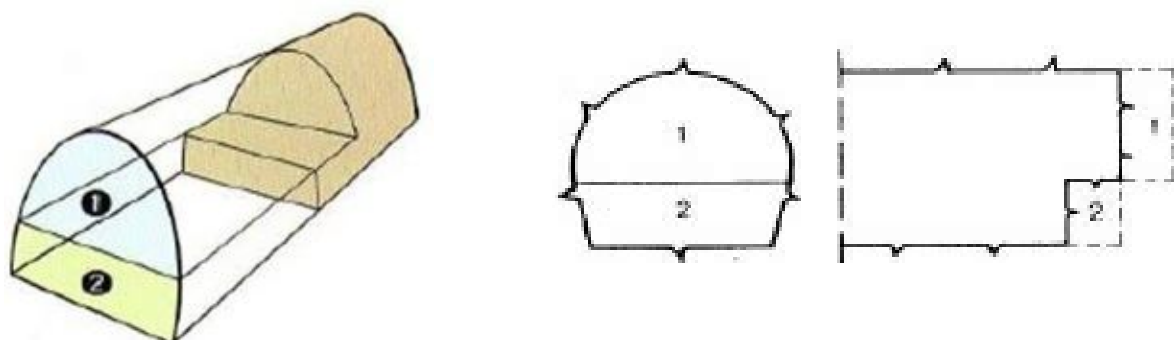


Рис. 2. Новоавстрійський спосіб з розділенням на два уступи.

Важливим елементом при цьому є здійснення моніторингу за станом навколишнього масиву і наблизьбетонного кріплення в процесі спорудження тунелю, на підставі результатів якого в проект будівництва можуть бути внесені оперативні корективи, що включають зміни конструктивних параметрів обробки та технології ведення робіт.

Питання сейсмічної безпеки інженерних споруд в більшості випадків вирішується варіацією лише маси одночасно підірваного заряду ВР, а практично всі рекомендації щодо розрахунку параметрів буровибухових робіт відносяться до дальньої сейсмічної зони. Тоді як відстань між новим і діючим тунелями часто відповідає ближній сейсмічній зоні вибуху, яка оцінюється величиною, що становить 120–150 радіусів заряду, що може перевищити відстань між сусідніми спорудами (30–50 м).

У зв'язку з цим, виникає необхідність забезпечення сейсмічної безпеки чинного тунелю. Критерієм оцінки сейсмічної дії є допустима відносна деформація гірських порід, що встановлюється з класифікації споруд по їх відповідальності і терміну експлуатації. Діючий тунель відноситься до I класу, відповідне значення складає 0,0001 [1]. Інший критерій – допустима швидкість коливань, складає 6,8 см/с [1].

Будівництво та реконструкція тунелів в таких обмежених і складних інженерних і гірничо-геологічних умовах ставлять нові вимоги до проектування та ведення буровибухових робіт.

Для виключення взаємного впливу двох виробок відстань між ними повинна складати не менше 5 діаметрів виробки [2]. Складні умови будівництва не дозволяють значно збільшити відстань між тунелями, тому виникає необхідність проведення комплексного моніторингу з метою збереження дієздатності старого тунелю в період будівництва нового. Контроль технічного стану виробки повинен дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються на основі таких критеріїв як: геометрія перерізу виробки, контроль сейсмічної дії від про-

ведення вибухових робіт в новому тунелі та напружено-деформований стан обробки діючого тунелю і оточуючих порід.

Особливістю моделювання розглянутої системи є та обставина, що при прийнятій схемі проведення робіт вплив на конструкцію існуючого тунелю носить характер поетапних динамічних навантажень.

Рішення такого завдання можливе за допомогою сучасних комп'ютерних програм. Одним з таких розрахункових комплексів є обрана для даних досліджень комп'ютерна програма «Z\_SOIL.PC», розроблена фірмою ZACE Services Ltd. (Швейцарія). Цей програмний продукт дозволяє враховувати властивості оточуючих порід і конструкційних матеріалів, послідовність зведення споруд і т.д. Зокрема, в роботі [3] у результаті проведеного моделювання були визначені можливі переміщення елементів конструкцій об'єкту, що охороняється для всіх основних етапів будівництва.

У роботі [4] зазначено, що за допомогою програмного забезпечення «Z\_SOIL.PC», можна моделювати сейсмічний вплив на інженерні споруди, які охороняються. В умовах будівництва Бескидського тунелю, з метою забезпечення охорони існуючого, використання даного ПЗ було б доцільним.

Інструментом досліджень напружено-деформованого стану гірського масиву і елементів кріплення в умовах комбінованих динамічних навантажень може бути чисельне моделювання в просторовій постановці з використанням сучасної комп'ютерної програми «Z-Soil 3D»[3].

Проведення моделювання з урахуванням фактичної етапності будівництва також дозволяє проводити прогнозовану оцінку деформацій і умов роботи елементів конструкції в будь-який період часу. Це, в свою чергу, дає можливість при веденні безперервного моніторингу своєчасно реагувати на можливі несприятливі процеси і вносити зміни в прийняті конструктивно-технологічні рішення. Але математичне моделювання комплексного впливу на технічний стан виробки саме по собі не забезпечить повної безпеки об'єкта. Складні інженерно – геологічні умови проведення робіт вимагають польових досліджень безпосередньо в тунелі, що охороняється.

Моніторинг геометричних зміщень у перерізі виробки успішно здійснювався за допомогою лазерних 3D сканерів [5]. В нашому випадку, в якості технічного обладнання пропонується використати електронний тахеометр TOPCON IS-305 (рис. 3) з програмним забезпеченням Image Master for IS, який дозволяє здійснювати якісний контроль за перерізом виробки та фіксувати геометричні зміщення обробки тунелю, що експлуатується.

За допомогою модуля "Моніторинг" проводиться автоматичне вимірювання раніше зазначених (виміряних) мішеней з певною заданою періодичністю і записом даних у пам'ять приладу. Модуль "Траєкторія" дозволяє проводити автоматичний запис даних у внутрішню пам'ять приладу через вказаний період часу.

Оцінка напружено-деформованого стану конструкції, що охороняється буде здійснюється в період будівництва нового тунелю за допомогою тензометричних і струнних датчиків, з яких зніматимуться дані в різний час в залежності від інтенсивності зміни показань, а також індикаторними приладами високої точності.

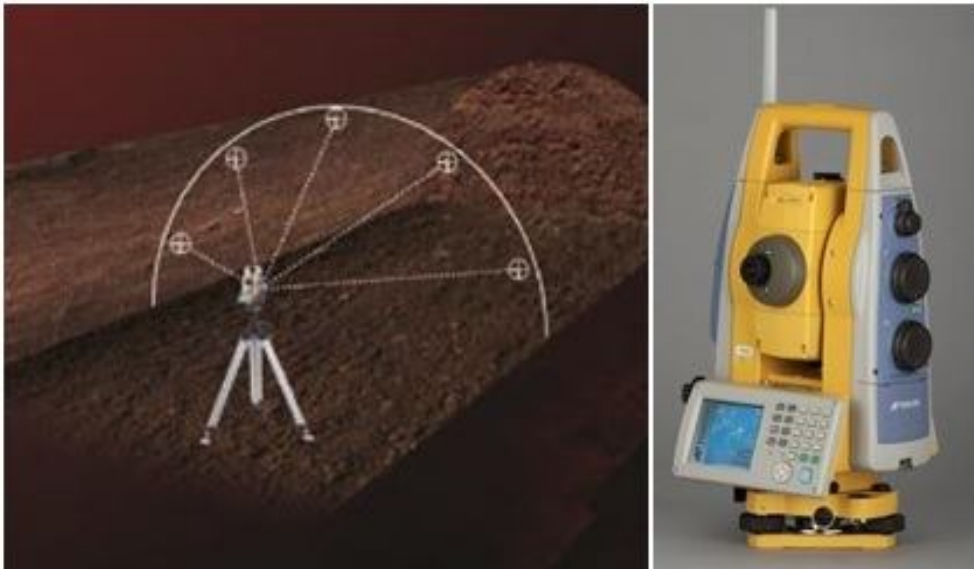


Рис. 3. Електронний тахеометр TOPCON IS-305

Щодо сейсмічного впливу на існуючий тунель, зумовленого проведенням буровибухових робіт під час будівництва нового, - будуть встановлені сейсмічні датчики, що фіксуватимуть значення поетапно, разом з просуванням вибою.

**Висновок.** Розробка методу управління перерізом виробки в умовах комбінованих динамічних навантажень потребує комплексного підходу до визначення критеріїв впливу на технічний стан споруди шляхом поєднання математичного моделювання та польових досліджень. Розробка програми моніторингу експлуатаційних характеристик є необхідною умовою успішного будівництва тунелю. Отже, на сучасному рівні, під час будівництва складних об'єктів необхідно здійснювати комплексний моніторинг, який забезпечить контроль впливів всіх технологічних факторів на саму конструкцію та навколишні об'єкти. В даній роботі було запропоновано шляхи реалізації поставленої задачі.

#### Список літератури

1. Богацкий В.Ф. Пергамент В.Х. Сейсмическая безопасность при взрывных работах. - М.: Недра, 1990.
2. Динник А.Н. Устойчивость упругих систем. – М. 1950.
3. Щекудов Е.В., Реализация современных расчетных методов при совершенствовании конструктивно- технологических решений подземных сооружений транспортного назначения. «Технологии мира», №10 2011.
4. Stéphane Commend, Seismic assessment of existing structures: application of pushover analysis with Z\_SOIL, GeoMod Ing. SA, Lausanne, 2012.
5. Roderik Lindenbergh, Norbert Pfeifer, Tahir Rabbani, Accuracy analysis of the Leica HDS3000 and feasibility of tunnel deformation monitoring, ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop "Laser scanning 2005", Enschede, the Netherlands.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Назаренком В.О.  
Надійшла до редакції 12.05.2013*