

## ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СООРУЖЕНИИ БЕСКИДСКОГО ТОННЕЛЯ ГОРНЫМ СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ ФЛИШЕВОГО СЛОЖЕНИЯ ГЕОМАССИВА

**В** ноябре 2013 года на Восточном портале Бескидского тоннеля в торжественной обстановке был дан старт началу проходки двухпутного железнодорожного тоннеля на перегоне между ст. Бескид и ст. Скотарское.

Генеральный подрядчик масштабного транспортно-строительного сооружения – «Строительная ассоциация «Интербудмонтаж», генеральный проектировщик – проектный институт «Укрспецтоннельпроект».

На железнодорожном участке ст. Львов – ст. Ужгород расположено восемь двухпутных и один однопутный Бескидский железнодорожный тоннель длиной 1750 м, построенный в 1886 г. Его поперечное сечение не отвечает требованиям по габаритам приближения строения и контактного провода, в связи с чем скорость поездов в тоннеле ограничена.

С целью улучшения железнодорожного движения между Восточной и Западной Европой через существующий Бескидский железнодорожный тоннель, являющийся частью V Критского международного транспортного коридора, в настоящее время осуществляется строительство нового двухпутного железнодорожного тоннеля длиной 1764,5 м. В плане он запроектирован на расстоянии 30 м (в осях) от существующего однопутного. Поперечное сечение тоннеля удовлетворяет габариты приближения строения для электрифицированных железных дорог с учетом конструкции пути и водоотвода. Продольный профиль пути в тоннеле – односкатный с уклоном 3‰ и 12‰. Железнодорожный тоннель запроектирован в обделке из монолитного железобетона подковообразного очертания с обратным сводом. Армирование обделки тоннеля и эвакуационных сбоек предусмотрено плоскими сварными каркасами, объединенными в пространственную конструкцию (в пределах отсека между антисейсмическими деформационными швами) при помощи стержней продольной (распределительной) арматуры.

С учетом гидрогеологических условий участка строительства, а также прогнозируемых водопритоков, для исключения проникновения в тоннель грунтовых вод по всей его длине предусмотрена замкнутая гидроизоляция из водонепроницаемой поливинилхлоридной мембра-



**С.Н. Стовпник**

заведующий кафедрой геоинженерии Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», к.т.н.



**Н.В. Зуевская**

профессор кафедры геоинженерии Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», д.т.н., профессор



**А.С. Осипов**

инженер проектного института «Укрспецтоннельпроект», аспирант кафедры геоинженерии Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ны толщиной 2 мм с заобделочным дренажем из геотекстиля толщиной 4 мм.

Предусмотрено сооружение ниш и камер, расположенных соответственно через 60 м и 300 м в шахматном порядке с каждой стороны по всей длине тоннеля, а также трех соединительных сбоек между строящимся и существующим тоннелями для его обслуживания во время эксплуатации и возможной эвакуации людей.

Существующий однопутный железнодорожный тоннель после введения в эксплуатацию нового двухпутного тоннеля будет служить эвакуационным тоннелем.

Участок строительства географически представляет часть Восточных (Украинских) Карпат на границе между Львовской и Закарпатской областями. Территория участка строительства горная, высоты находятся в диапазоне от 718 м до 1014 м над уровнем моря. Строящийся тоннель расположен в районе Главного Карпатского хребта. Горы сложены флишевой толщей мелового и третичного возраста. Флишевая толща характеризуется типичными равномерными наслоениями из толстоплитчатых песчаников и аргиллитов. Мощность аргиллитовых толщ

варіюється від декількох сантиметрів до декількох метрів. Угол падіння порід в середньому становить  $45^\circ$  в юго-западному напрямку. Коефіцієнт крепости порід по Протодьяконову коливається від  $f_{кр} = 2$  до  $f_{кр} = 8$ .

Сейсмічність території будівництва становить по шкалі MSK-64 (Додаток Б к ДБН В.1.1-12:2006 «Будівництво у сейсмічних районах України») згідно карти ОСР-2004-С – 8 баллів з періодом повторюваності сотрясеній один раз в 5000 років (вероятність перевищення сейсмічної інтенсивності в течение 50 років – 1 %).

Для врезки туннелю, організації будівельної площадки на період спорудження і устроєння залізничних шляхів на проектних відмітках на період експлуатації на Східному і Західному порталах Бескидського туннелю були виконані підпорні стіни з буронабивних залізобетонних свай  $\varnothing 800$  мм. Шаг, довжина свай і відсоток армування призначені відповідно до розрахунку.

Протяженість припортальних підпорних стін у Східному порталі становить 73,8 м. Висота торцевої стіни – 13,6 м. Загальна довжина стін Західного порталі – 195,4 м.

Для відводу річки Веча на Західному порталі над ростверком підпорної стіни передбачено швидкохід (монолітне залізобетонне русло сеченням  $3,6 \text{ м} \times 3,0 \text{ м}$ ) з наступним пропуском води під залізничними шляхами двошляховою трубою сеченням  $4 \text{ м} \times 2 \text{ м}$ .

В зв'язі з віддаленістю ділянки будівництва від об'єктів будівельної індустрії створено основну тимчасову будівельну площадку на Східному порталі, яка має комплекс споруджень і будівель, що забезпечують нормальний процес будівельного виробництва в забої і на поверхні (рис. 1).

Через велику різницю висот в районі будівельної площадки (~до 30 м) для загальної організації рельєфу на будівельній площадці була виконана відсыпка ґрунту в об'ємі  $135000 \text{ м}^3$ . Площа будівельної площадки –  $29130 \text{ м}^2$  (~3 Га).

В процесі відсыпки будівельної площадки були споруджені водопропускні труби сеченням  $2 \text{ м} \times 2 \text{ м}$  загальною довжиною 259 м, виконано: устроєння русла річки Опорець з матрасів «Рено» сеченням  $6 \text{ м} \times 2 \text{ м} \times 0,3 \text{ м}$  довжиною 78 м, а також огорожуючих стін з габионів висотою до 6 м загальною довжиною 311 м.

Будівництво тимчасових будівель і споруджень виконано з урахуванням їх технологічного призначення, протипожежних і санітарних норм.



Рис. 1. Будівельна площадка Східного порталі

Для транспортування матеріалів на будівельну площадку прокладено тимчасові залізничні шляхи як на Східному, так і на Західному порталах, а також під'їзна автомобільна дорога до будівельної площадки на Східному порталі довжиною 0,9 км, а на Західному – 2,2 км.

Для забезпечення директивних термінів будівництва, що вимагають завантаження великих об'ємів бетону в певні терміни, забезпечується безперебійна поставка бетону з БСУ (бетоносмісильного вузла), розташованого на будівельній площадці Східного порталі.

Розроблений ґрунт при проходці туннелю транспортується автотранспортом в район відвалу ґрунту на Східному порталі, об'єм якого становить  $242 \text{ тис. м}^3$ .

Проходка двошляхового залізничного туннелю сеченням  $120 \text{ м}^2$  передбачено способом нижнього уступу зі сторони Східного порталі. В січні 2016 року з опереженням графіка була виконана проходка калотти, і відбувся вихід забою на Західний портал. Проходка калотти виконувалась за технологією NATM з розробкою ґрунту бурозривним способом на повне сечення. Креплення калотти здійснювалось решітчастими арматурними арками, монолітними набрызбетоном товщиною 300 мм в комплексі з самозабуриваючими анкерами SDA R32S довжиною 4 м одразу після розкриття





Рис. 2. Проходка калотты.  
Выполнение буровзрывных работ. Бурение шпуров



Рис. 3. Проходка калотты.  
Установка арок временной крепи

тия выработки. Проходка нижнего уступа осуществлялась на полное сечение заходками 3 м с разработкой грунта буровзрывным способом, с оставлением берм под пятами временной крепи калотты. Бермы дорабатывались гидромолотом с установкой временной набрызгбетонной крепи в сочетании с анкерным креплением стен выработки (рис. 2, 3, 4).

Мощное мобильное оборудование, контурная крепь из набрызгбетона в сочетании с анкерами, четкая организация труда в забое обеспечили следующие темпы проходки: калотты – до 90 м/месяц; нижнего уступа – до 200 м/месяц.

Постоянная тоннельная обделка возводилась с применением передвижной металлической опалубки «CIFA» заходками по 12 м с устройством деформационных швов (рис. 5). Предварительно перед бетонированием обделки выполнялась пленочная гидроизоляция из ПВХ мембраны Sikarplan WP 1100-20HL. Монтаж арматуры постоянной обделки производился со специальной тележки. Работы выполнялись согласно утвержденному графику строительства.

#### Выводы.

Технологическая схема проходки и сооружения постоянной обделки, разработанная коллективом инженеров «Укрспецтоннельпроект» для данных инженерно-геологических условий, включает в себя не только все технические процессы от проектирования до сооружения постоянной обделки тоннеля, но и решает транспортные проблемы по вывозу, складированию породы и доставке материалов на объект.

Внедрение прогрессивных технологий позволило:

- максимально механизировать и автоматизировать большую часть элементов проходческого цикла;



Рис. 4. Проходка калотты. Нанесение набрызгбетона на контур выработки и лоб забоя



Рис. 5. Смонтированная передвижная опалубка на Восточном портале

- достичь высоких темпов при высоком качестве строительных работ;
- обеспечить технологическую безопасность;
- снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Надійшла 10.10.2018 р.