

ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ ПРИ СТРОИТЕЛСТВОТО НА ТРАНСПОРТНИЯ ТУНЕЛ КЕТ 2 / КЕТ 3 НА РУДНИК „ЕЛАЦИТЕ“

Владимир Вутов

Геострой АД, София, e-mail: v.vutov@geostroy.com

РЕЗЮМЕ. В статията е описан проекта по изграждането на тунел за транспортиране на добиваната руда между корпуси за едро трошене КЕТ2 И КЕТ3, посредством гумено-лентова транспортна лента. Приложен е метода Design During Construction, базиран на оценка на геомеханичния риск на системата Вместващ масив/Транспортен тунел.

Дадена е оценка на проектното решение в екологичен аспект.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE CONSTRUCTION OF A TUNNEL FOR TRANSPORTATION OF MINED ORE BETWEEN PRIMARY CRUSHING UNIT 2/ PRIMARY CRUSHING UNIT 3 OF THE "ELATSITE" MINE

Vladimir Vutov

Geostroy AD, Sofia, e-mail: v.vutov@geostroy.com

ABSTRACT. The paper has described the design for construction of a tunnel for transporting the mined ore between the units for coarse crushing – Primary Crushing Unit 2 and Primary Crushing Unit 3 by a belt conveyer. The method Design During Construction has been applied, which is based on an assessment of the geomechanical risk of the host rock/transport tunnel system.

The tunnel design has been assessed from an environmental point of view.

Въведение

С течение на времето във всеки голям открит рудник рудата започва да се добива от все по-големи дълбочини, а това от своя страна води до увеличаване разстоянието за транспортирането ѝ, съответно повече разходи за гориво, повече вредни екологични последици и по-ниска икономическа ефективност. Това са предпоставки за реализиране на транспортен тунел, който да придвижва натрошената руда от новия корпус за едро трошене (КЕТ 3 / PCU 3), намиращ се в контура на рудника, до съществуващ корпус за едро трошене (КЕТ 2 / PCU 2) - извън рудника.

Проекта за изместване на съществуващия Корпус за едро трошене и оптимизация на маршрута на рудата, чрез заместване на автомобилния транспорт с лентов транспортър, разположен в тунела, осигурява подземната транспортна връзка между двата корпуса за едро трошене. С решението се постига повишаване на производителността и оптимизиране на транспорта на рудата. Това от своя страна води до икономии на гориво и резервни части и намаляване на емисиите вредни газове. По този начин се спазват изискванията за ограничаване на неблагоприятните последици на промишлените дейности върху околната среда.

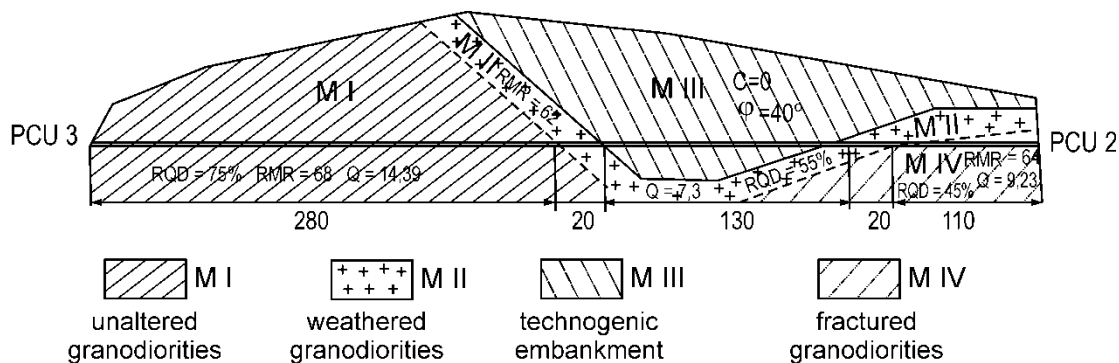
Съгласно идейния проект [2], дължината на тунела е 560 м, формата – подковообразна, със светло сечение 10,6 м². Тунелът е праволинеен, ситуиран е в СИ част на рудника с ос, ориентирана на север (357°) и има наклон 9° по направлението Ю - С. Трасето на тунела от 0 – 280^я м и от 440^я – 560^я м преминава през естествен скален масив, с максимална дълбочина от 90 м. В средната част (около 130 м), трасето на тунела преминава през техногенен насип от силно уплътнени късове скали, с максимална дебелина 60 м.

Проектиране и строителство

В рудничен комплекс „Елаците“ е планирано изграждането на тунел за транспортиране на издетата руда между корпуси за едро трошене КЕТ 2 и КЕТ 3. Съоръжението, в което е инсталирана гумено-транспортна лента, е с обща дължина 730 м и светло сечение 10,6 м².

Геомеханична оценка на НДС и свойствата на масива

За нуждите на проекта е извършена комплексна геомеханична оценка на основните фактори, определящи състоянието на системата „Вместващ масив“/“Транспортен тунел“ (ВМ/ТТ)[3]. В нея схематизирано са отразени геотехническите и структурни характеристики, необходими за анализ и инженерните разчети на проекта. Моделът е показан на фигура 1.



Фиг. 1

Вместващият тунела, естествен масив практически е изграден от един литоложки тип скали, които по геоложки и геомеханични параметри на състоянието са обособени в отчетливо разграничими участъци, означени с M I, M II, M IV и техногенен участък M III.

След изучаване и оценка на физико-механическите свойства, нарушеността от условия и структурните характеристики на масива са приложени геомеханичните класификации за оценка на „качеството“ на масива – Rock Mass Rating (RMR) [5] и Tunnelling Quality Index (Q)[6] и в резултат са дадени следните емпирични указания, прилагани в процеса на изпълнение.

Участък M I, естествен масив обхващащ трасето от входа на тунела до 280 м е изграден от непроменените гранодиорити. Тези скали са с най-висока якост на едноосов натиск ($\sigma_{ucs}^{cp} = 110 \pm 10 \text{ MPa}$), най-плътни и с най-малка порестост – категория R5. Масивът е нарушен от две системи пукнатини ($RQD = 70 \div 80 \%$), които са благоприятно разпространени относно направлението на прокарване на тунела. В този участък, обаче, се съдържат почти всички разломни нарушения на проектната зона, по част от които изтича вода. Качеството на масива в участък M I е както следва: RMR = 68, съответно клас II или добри скали или клас C за Q = 14.39. Препоръките за прокарване на участъка са, чрез пробивно взривни работи /ПВР/ по цялото сечение. Крепенето се изпълнява локално с анкери на необходимите места, мрежа и торкретиране за разломите, който са основно в този участък.

Строителните работи стартират с оформянето на временен портал, укрепен с 8 арки пред тунела и 15 арки в тунелната част. Първите 250 м от тунела са прокарани през здрави гранодиорити чрез пробивно-взривни работи. Съгласно първоначалния план е направено укрепване с анкери и мрежа само в участъка между км 0+032 и км 0+052. С напредването на взривните работи за оформяне на площадката за КЕТ-3 над тунела, се наложи обезопасяване на ската и изграждане на нов портал за достъп, както и допълнително заздравяване с метални арки на тунелния интервал от км 0+016 до км 0+096.

За изграждането на обекта са въведени в експлоатация проходческа карета Boomer 281 B1 и челен товарач Schopf. Взривните работи се извършват с взривно вещество „Анфо-Е“ и неелектрически детонатори „Нонел“,

производство на взривна фабрика „Елаците“. Така значително се повишава скоростта на прокарване на тунела.

Участък M II Зона изградена от по слаби, вторично променени и нарушени скали, околтурващи насипа с RMR = 62 – 60, Q = 7,3 или клас C, задоволителни скали. Изветрелите гранодиорити, които са с по-ниска якост - $\sigma_{ucs}^{cp} = 40 \text{ MPa}$ (категория R3/R4), по-малко плътни, по-порести и нарушени – RQD в диапазона 50÷55 %. Зоните на изветрелия гранодиорит са с дебелина 20 – 30 м и тунелът ги пресича два пъти – от 280 м – 300 м и от 420 м - 440 м. Системите пукнатини, които го нарушават са четири – три системни и една несистемна. Скалите са слабо оводнени – $1 \div 1,5 \text{ l/s}$. Зоната изисква прокарване с пробивно взривни работи /ПВР/ по цялото сечение, с напредък 1 – 1,5 м, със системен крепеж, при необходимост мрежа, торкрет.

Характерно за този проект е прокарването на част от тунела през сложен техногенен насип. За да се гарантира устойчивостта на прехода между здравите гранодиорити и насипния участък, се предприемат допълнителни дейности като укрепване с арки, прокарване на проучвателен скреперен щрек с дължина 11 м и проширяване до 25 м² на участъка от км 0+292 до км 0+297.

Участък M III – техногенен масив, изграден от късове интрузивни скали с размери 0,3–0,6 м и обемна маса 0,029 MN/m³. По геофизични данни за строежа на насипа, в дълбочина едрината на късовете нараства. Ъгълът му на естествен откос в сухо състояние е 45°, а ъгълът на вътрешно триене 40°. Между късовете има чакъл, пясък и собствени продукти на изветряне. Насипът съдържа празнини, които до 20 м от повърхността са ~15 %, а за дълбочина над 20 м – 21 %. Насипът се оводнява от валежи и се отцежда гравитационно. Дължината на участъка, в обхвата на тунела, е ~130 м. Характеристиката на несвързаната среда изисква специални методи за прокарване на крепеж за осигуряване на устойчивостта на масива.

През май 2006 г. започва същинската работа по преминаването през техногенния насип по системата Symmetrix на Atlas Copco. За предварително укрепване на масива са прокарани 26 броя сондажи (с дължина 15,2 м)

на цикъл с ъгъл +2,5 градуса над наклона на тунела. Едновременно със сондирането се монтират и обсадни тръби с двойка отвори през 1 м. През тях с двоен пакер се инжектира циментов разтвор в масива. Изкопаването на минната маса се осъществява с челен товарач и багер обратна лопата. В определени участъци с висока концентрация на цимент или едри скални блокове по контура на изработката се прилагат специални взривни работи. Укрепването на тунела е осъществено с армоферми с нарастващ размер, двойна армировъчна мрежа и пръскан бетон.

За преминаване през насипа от км 0+360 до км 0+466 е предприето допълнително укрепване чрез прокарване при всеки тръбен чадър на допълнително 4 броя сондажи с ъгъл +10 градуса над наклона на тунела. През тези сондажи се извършва обливане на тръбите от основния чадър с циментов разтвор. Постигната е месечна скорост от два цикъла или 24 м.

След излизане от насипа е прокаран интервал от 5 м, който е укрепен с метални арки в изветрялата зона на масива. Трасето на тунела до връзката с КЕТ-2 преминава през здрави гранодиорити, поради което не се налага укрепване в тази част. Непосредствено преди достигане на бетонната стена на КЕТ-2 са прокарани ограничен брой къси сондажи по системата Symmetrix, за да се избегне изтичането на материал от обратната засипка на КЕТ-2.

Участък IV е изграден от напукан гранодиорит и е с дължина около 120 м – от насипа до изхода на транспортния тунел. Изграждащите гранодиорити са с натискова якост $\sigma_{ucs}^{cp} = 49 \text{ MPa}$ - категория R3. Нарушени са от пет системи пукнатини - $RQD = 43 \div 50 \%$. Трасето на тунела пресича участъка от 440^я до 560^я метър, където е изхода - при корпус едро трошене 2 (PCU2). Специфичното за участъка е, че оста на тунела изцяло е в преходната зона, между силно изветрелите и променени (най-слаби в зоната), и натрупаните (в дълбочина) по-здрави гранодиорити. Масива спада към клас С при $Q = 9,23$ или задоволителен до добър масив и $RMR = 64$ или почти добри скали. Следователно ПБР предполага напредък от 1 – 1,5 м с пилотираща изработка, систематично закрепване с временен крепеж след всяко взривяване и съответно постоянен крепеж заедно с прокарването.

Част от проекта е и прокарването на вентилационна галерия от повърхността до транспортния тунел. Порталът на галерията е укрепен чрез прокарване на тръбен чадър по системата Symmetrix, но без инжектиране на циментов разтвор.

След прокарване на всички изработки се извърши вторичната /окончателната/ облицовка на тунела. Участъците, временно укрепени с арки, са облицовани с армиран пръскан бетон. Интервалите, укрепени с анкери или оставени неукрепени, са облицовани с пръскан бетон с дебелина 3 см. Участъкът през техногенния насип е изпълнен с постоянна облицовка още с прокарването на изработката. По дъното на тунела, освен стоманобетонова

настилка за монтаж на гумено-транспортната лента, се изпълни отводнителна канавка и пешеходна зона.

С изграждането на двете съоръжения – КЕТ-3 и транспортен тунел – се постига повишаване на производителността и оптимизиране на транспорта на рудата. Това от своя страна води до икономии на гориво и резервни части и намаляване на емисиите вредни газове. По този начин се спазват изискванията на ЕС и Протокола от Киото за ограничаване на неблагоприятните последици на промишлените дейности върху околната среда.

Екологични аспекти

Транспортният тунел е от голямо екологично и икономическо значение, защото чрез него се намаляват количествата емисии на парниковите газове и се съкращават разстоянията за извозване на рудата. Това има освен оптимален в икономически аспект ефект и решаващо влияние за минимизиране неблагоприятните последици за околната среда.

Чрез реализация на връзката /тунел/ между КЕТ 3 и КЕТ 2 се съкращава влиянието върху околната среда като се ограничава механичното третиране на масивите и съответно се намалява въздействието на режима на подводните води и мащабно увреждане на повърхността.

Целта, предназначението и производствените предимства на тунела най-общо казано са свързани с намаляване ~ 30% вредните емисии на въглероден диоксид със скъсяване разстоянието за транспортиране на рудата, изпълнявайки изискванията за съкращаване неблагоприятните последици от вредните емисии газове.

Идеята е да се сведе до възможния минимум отделянето на парникови газове с цел ограничаване неблагоприятните последици, а именно намаляване влиянието върху изменението на климата, респективно околната среда.

Протоколът определя, че Страните включени в приложение 1, поотделно или заедно, осигуряват техните съвкупни антропогенни емисии на парникови газове, изброени в Анекс А, изразени като еквивалент на въглероден диоксид, да не превишават определените обеми, изчислени съгласно техните количествени задължения за ограничаване и намаляване на емисиите, записани в Анекс Б и в съответствие с разпоредбите на член 3, с оглед намаляване на общите емисии на тези газове с поне 5% под нивата от 1990 г. в периода 2008 – 2012 г.

Следвайки принципа за „обща, но диференцирани отговорности“, Протоколът от Киото не налага законово обвързващи ангажименти за намаляване на развиващите се държави. Анекс А към Протокола определя парниковите газове, които включват: въглероден диоксид (CO₂), метан (CH₄), диазотен окис (N₂O), флуоровъглеродороди (HFCs), перфлуоровъглеродороди (PFCs) и серен хексафлуорид (SF₆).[9]

Благодарение на оптимизацията на маршрута само за 2010 г. е осъществена икономия от 8,8 млн. тонкилометра и са спестени 1 316 хил.л. дизелово гориво, икономия спестяваща вредните емисии от евентуалното изгаряне на тези горива.

Заклучение

В хода на строителството прилагането на метода *Design During Construction* осигурява изпреварваща, базова оценка на геомеханичния риск, а това от своя страна позволява корекция на решенията от началото до края на процеса. Геомеханичната база данни непрекъснато се актуализира попълно и се използва за моделиране и реализиране на метода, възможността за обогатяване на информацията в движение осигурява актуализация на инженерните решения. Само такъв подход като най-адекватен и изгоден начин може да осигури строителни, производствени и не на последно място екологични предимства при реализирането на проекта.

С оглед извършената комплексна геомеханична оценка на основните фактори, определящи състоянието на системата „Вместващ масив“/„Транспортен тунел“ (ВМ/ТТ), съобразената посока на тунела и подковообразно сечение са благоприятни, по отношение действията на компонентите. Това от своя страна осигурява по-лесно поддържане и безпроблемно прокарване на тунела в зоните на влияние по протежението на трасето му. С изпълнението на проекта за транспортиране на издетата

руда между корпусите за едро трошене КЕТ 2 и КЕТ 3 се съкращават пътищата, а оптимизирайки процеса се намалява увреждането на повърхността, това води след себе си благотворно понижение на вредното въздействие върху почвата и водите и като цяло върху околната среда.

Литература

- Калайджиев С., Хаджийски Г., Ангелов К. – Структурни условия за локализация на медно-порфирното находище „Елаците“ – списание на БГД, vol. XLV.
Инженерно-геоложки доклад за тунела – архив „Геотехмин“ ЕООД.
Vutov V., Ivanov V. - Geomechanicallogistics of the Construction of a transport tunnel at the „Elatsite“ mine. Bulgaria., Proceedings, ISTI, 11 Zlatibor, Serbia, 2011.
Hoek E., Brown E. T. – Practical estimation of rock mass strength – Jnt. J of Rock Mech Min SciGeomech, Abstr. 1997, 37.
Bienjowski, Z.T. Engineering Rock Mass Classification, NY, Wiley, 1989.
Barton et al, Application of the Q-system in design decisions, NY, Pergamon, 1980.
Hoek E.T. – Rock Engineering AA Balkema, Rotterdam, 2001.
RocLab – Rock mass strength analysis using H – B failure criterion.
http://climate.time-foundation.org/index.php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=66&lang=bg.

Препоръчана за публикуване от Редакционен съвет