

УДК 624.19

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК ДОНЕЦКОГО МЕТРО В СЛОЖНЫХ ГОРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Щенников В.В., Шаталов В.Ф., Тарасов В.В.

(Донецкметрострой, Донецк, Украина)

Пиляева Н.В., Назимко В.В. (ДонНТУ, Донецк, Украина)

*На основе натурных инструментальных наблюдений дана оценка устойчивости подземных выработок Донецкого метро на участке перехода геологического нарушения*

*Actual measurements in situ have been fulfilled to prove Donetsk subway tunnel stability in severe geologic environment*

Подземные выработки строящегося Донецкого метрополитена сооружаются в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях. Так участок перегонного тоннеля станции “Красный Городок” – “Мушкетовская” пересекает Мушкетовский надвиг, который является одним из крупнейших тектонических нарушений Донецко - Макеевского района, причем мощность зоны интенсивного изменения пород составляет по трассе 63 м. Выработка располагается на глубине 20-50м, что обуславливает высокий уровень горного давления.

В геологическом строении толщи принимают участие породы среднего карбона, перекрытые отложениями палеоген-неогенового и четвертичного возрастов. Все породы выветрелой зоны карбона характеризуются значительной трещиноватостью, поскольку из общего объема массива в зоне заложения тоннелей породы со слабой трещиноватостью составляют 18%, средней – 15%, и сильной – 67%.

На рис. 1 приведена структурная колонка толщи горных пород в районе разведочной скважины №574, которая пробурена в районе выхода Мушкетовского надвига на земную поверхность.



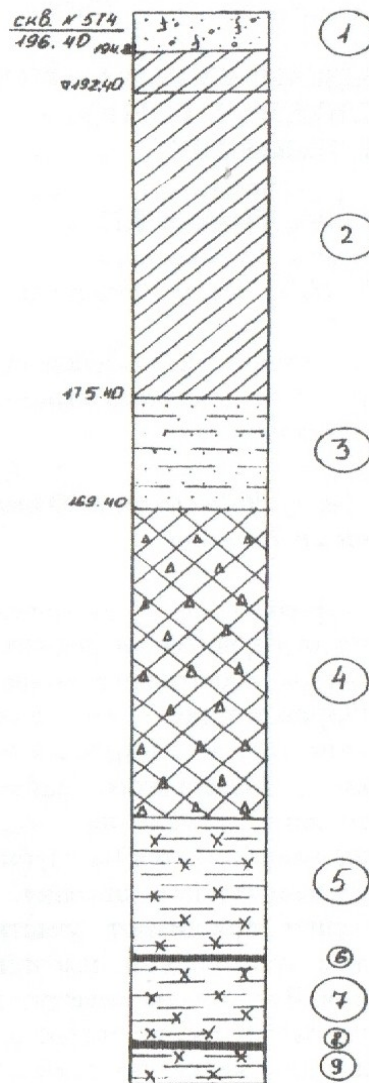


Рис. 1. Структурная колонка по скв. №574

Вмещающие грунты и породы представлены следующими видами.

1- Насыпной грунт: суглинки, щебень песчаников и аргиллитов с включением строительного мусора, битого кирпича, шахтной породы.

2-Суглинки желто-коричневые и красно-бурые с включением стяжений карбонатов, твердые, туго-, мягко-, и текучепластичные.

3- Пески светло-серые пылеватые и мелкие, с включением песков средней крупности, плотные с прослоями опесчаной глины, водоносные.

4 – зона тектонических нарушений – аргиллиты, алевролиты, реже песчаники, раздробленные и разрушенные до состояния глинистых грунтов, с многочисленными зеркалами скольжения, водонасыщенные.

5, 7, 9 - Аргиллиты и алевролиты.

6, 8 – Уголь.

Физико-механические характеристики и расчетные параметры грунтов приведены на основании

лабораторных анализов всех литологических разновидностей грунтов произведенных геотехническими лабораториями «Укргидроводхоза» и Днепропетровского института инженеров транспорта.

Аргиллиты и алевролиты, в пределах которых располагаются выработки метрополитена имеют низкую прочность, высокую степень водонасыщенности, что позволяет предположить их низкую степень устойчивости на обнажениях подземных выработок. Так природная влажность указанных пород составляет 10-14%, причем степень водонасыщения составляет 0,77-1,0. Временное сопротивление одноосному сжатию сухого образца составляет 1,6 МПа, а водонасыщенного 0,5-0,6 МПа. Коэффициент крепости по Протодьяконову  $f_{кр.} = 1,5$ .

Форма тоннеля принята кольцевой с диаметром в свету 6м. При проходке выработка крепится специальными железобетонными тубингами (рис. 2). При этом в почве выработки укладывается специальный лотковый сегмент, имеющий горизонтальную полку, в боковых стенках устанавливаются по три линейных тубинга, а в сводовой части устанавливается замковый элемент, заклинивающий линейные тубинги и позволяющий создать первоначальный распор крепи. Закрепное пространство вначале заполняется бетонной смесью, а затем после схватывания через кондуктор, установленный в сводовой части кольца, нагнетается цементная смесь для окончательного тампонирувания закрепного пространства. На участке перехода нарушения предусматриваются швы податливости между секциями тубинговых колец, причем тубинги устанавливаются в перевязку со смещением вдоль обнажения выработки.

Рассматриваемый участок строительства располагается над старыми горными работами, в основном, шахты «Мушкетовская», которая закрыта с применением «мокрой» консервации в 1997 г. Имеются предположения, что затопление горных выработок может вызвать активизацию геомеханических процессов, а, следовательно, и активизацию процессов сдвижения, особенно в зоне выхода Мушкетовского надвига,



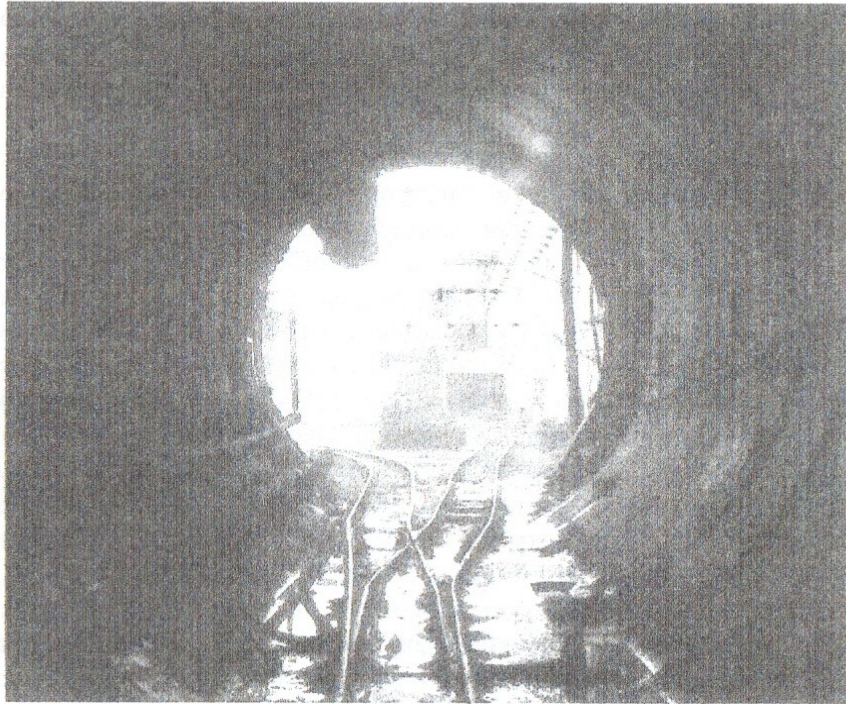


Рис. 2. Внешний вид тоннеля

который активно проявлялся при подработке очистными горными работами. При подъеме уровня подземных вод возможна активизация процесса сдвижений земной поверхности, которая может выражаться в концентрации деформаций и, в первую очередь, горизонтальных деформаций сжатия и растяжения на участке выхода нарушенных зон.

В связи со слабой изученностью влияния затопления шахт на сдвигение земной поверхности целесообразно в зоне Мушкетовского надвига заложить наблюдательную станцию вдоль трассы метрополитена и выполнять периодические наблюдения.

Учитывая специфику условий строительства Донецкого метрополитена следует, считать целесообразным уже в

настоящее время начать планомерные исследования сдвижения земной поверхности над сооружениями с тем, чтобы при проходке в центральной части города иметь достаточно надежную методику прогнозирования повреждений объектов строительства на поверхности.

В настоящее время заложены две наблюдательные станции в левом перегонном тоннеле в зоне влияния Мушкетовского надвига на кольцах №621, 622, 623 – наблюдательная станция №1 и на кольцах № 640, 641, 642 – наблюдательная станция №2. (рис. 3). На каждом кольце были установлены металлические реперы в виде болтов марки 10 по косым диаметрам колец в соответствии с инструкцией ВСН 160-69. Схема измерений расстояний между подземными реперами приведена в примечании таблицы 1. Расстояния между диаметрально расположенными парами подземных реперов измеряются ежемесячно металлической рулеткой. Погрешность измерений не превышает 2мм. Кроме этого осуществляется нивелировка сводов колец, то есть репера 3 для определения абсолютного смещения кольца в вертикальной направлении.

На земной поверхности были заложены реперы соответственно над наблюдательными станциями по улице Краснооктябрьской, как показано на схеме в таблице 1. Заложённые реперы №1, 2, 3, 4 представляют собой железные стержни размерами 20 x 20 x 600 мм. Нивелирование реперов на земной поверхности производится один раз в месяц.

Таким образом сдвигение массива горных пород и примыкающей к нему земной поверхности в районе расположения наблюдательных станций контролируется с помощью комплексных наблюдений, по которым можно судить об абсолютных смещениях точек на контуре тоннеля, земной поверхности, а также деформации колец в результате активизации сдвижений массива горных пород под действием изменения свойств вмещающих пород или активизации сдвижений массива в результате затопления шахты Мушкетовская-Вертикальная. Указанные наблюдения дают возможность оценивать длительную устойчивость тоннеля и



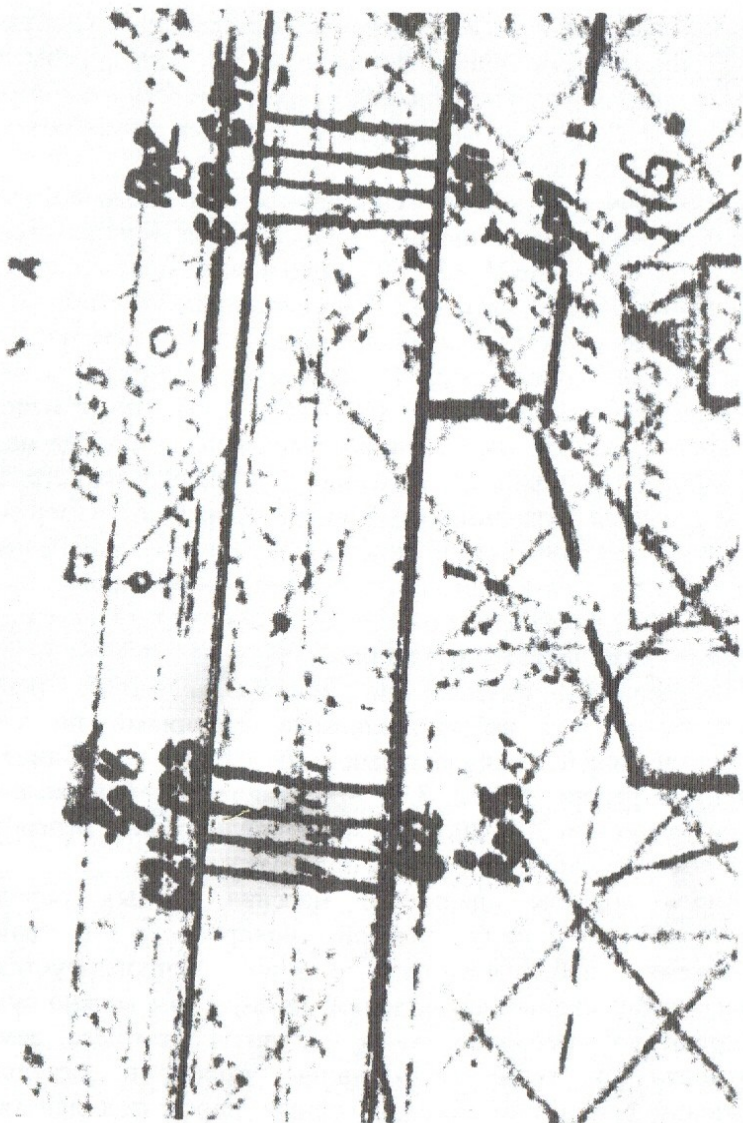


Рис. 3. Схема расположения наблюдательных станций в левом перегонном тоннеле

Таблица 1  
Результаты наблюдения за эллиптичностью колец в ЛТП в районе Мушкетовского надвига по станции №2

Дата наблюдений	Наблюдательная станция № 2									ПРИМЕЧАНИЯ
	К.№640			К.№641			К.№642			
	1-5	2-6	4-8	1-5	2-6	4-8	1-5	2-6	4-8	
29.XI.05	20	1	47	4	3	34	1	8	66	
22.XII.05	30	3	40	1	8	32	0	10	60	
23.I.06	27	3	45	3	6	33	0	10	63	
16.II.06	24	3	44	5	7	34	0	9	64	
21.III.06	21	2	44	7	5	34	1	8	64	
20.IV.06	17	2	42	8	6	35	1	8	65	
16.V.06	16	2	41	9	4	35	1	6	65	
13.XI.06	20	15	40	0	-	25	5	-	60	Rp1, Rp2, Rp3, Rp4 - на поверхности

земной поверхности в процессе эксплуатации подземных выработок Донецкого метрополитена.

Результаты наблюдений, проведенных в течение года свидетельствуют о том, что вертикальные сдвигения сводов колец в пределах наблюдательных станций и реперов, установленных на земной поверхности находятся в пределах точности нивелирования (таблица 2). Величина диаметров тубинговых колец на экспериментальном участке изменяются на  $\pm 5$  мм, причем стандартное отклонение не превышает 2,18 мм, что соизмеримо с точностью измерений рулеткой. Относительные деформации колец вызваны усадкой бетона, швов между тубингами и окружающих пород после проходки выработки. Вариация диаметров колец во времени не противоречит нормальному закону распределения, что свидетельствует о



случайности деформаций во времени. Другими словами вариация

Таблица 2

Наблюдения за вертикальными смещениями сводов колец и реперов на поверхности

Дата наблюдения	НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ №1				
	к№621	к№622	к№623	Рр3	Рр4
29.11.05	149,837	149,805	149,790	196,759	196,638
22.12.05	149,834	149,802	149,782	196,755	196,634
23.01.06	149,836	149,803	149,786	196,758	196,635

Дата наблюдения	НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ №2				
	к№640	к№641	к№642	Рр1	Рр2
29.11.05	149,044	149,028	149,000	196,776	196,786
22.12.05	149,046	149,032	149,000	196,772	196,785
23.01.06	149,044	149,031	149,000	196,775	196,785

диаметров находится в допустимых пределах и обусловлена усадочными явлениями. Такие потенциально опасные факторы, как активизация сдвижений массива в области перехода нарушения пока не проявляется. Это свидетельствует о правильности выбора мероприятий по обеспечению устойчивости подземных выработок.

В дальнейшем предусматривается повысить точность измерения вариации диаметров тоннеля на наблюдательной станции и оборудовать экспериментальные участки дополнительными датчиками для мониторинга динамики горного давления.

*Здано до редакції 14.05.06*

*Рекомендував до друку д.т.н. Садовенко І.О.*

*© Щенников В.В., Шаталов В.Ф., Тарасов В.В.,  
Пиляева Н.В., Назимко В.В., 2006*