

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

PhD, доцент, **Нормуродов Шахбоз Улугбекович**

normurodovsh25@mail.ru

Ташкентский государственный транспортный университет

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные требования и общие проблемы обеспечения сейсмостойкости конструкций станции метрополитена мелкого заложения. Описаны события, которые могут произойти в эксплуатационные тоннель, и их последствия.

Ключевые слова: станций метрополитена мелкого заложения, сейсмостойкость, грунт, осадка, сейсмические колебания, тоннель.

Abstract. This article discusses the basic requirements and general problems of ensuring the seismic resistance of the structures of a shallow-laid metro station. The events that may occur in the operational tunnel and their consequences are described.

Keywords: metro stations of shallow laying, earthquake resistance, soil, precipitate, seismic fluctuations, tunnel.

Введение. Известно, что подземные сооружения как в период строительства, так и в эксплуатационный период являются объектами повышенной опасности для работающего в них персонала. Вызвано это объективным наличием природных и техногенных факторов, опасное сочетание которых предусмотреть, а, следовательно, и ликвидировать заранее часто бывает затруднительно. В большинстве случаев прогнозирование возможных нежелательных ситуаций и эффективных мер по их предотвращению или ликвидации должны в максимальной степени учитывать опыт, накопленный мировой практикой [1,2].

Известно, что транспортные тоннели рассматриваются как капитальные сооружения, рассчитанные на длительный срок эксплуатации (более 100-150 лет). В течении этого срока они должны удовлетворять требованиям



эксплуатационной надежности, обеспечивая безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность сооружения в целом и его составных частей, т. е. способность сооружения выполнять заданные функции [3,4].

Материалы и методы. Практика показывает, что в первые 5-10 лет эксплуатации тоннелей обычно никаких серьезных повреждений конструкций и эксплуатационного оборудования не возникает. Через 15-25 лет наблюдаются некоторые дефекты. По прошествии 50-70 лет отмечаются повреждения, являющиеся следствием неудачного проектирования и строительства, нарастает старение материалов конструкций тоннеля, изменения в окружающем его грунте. Однако серьезные нарушения эксплуатационной надежности тоннелей могут произойти практически в любое время вследствие стихийных природных явлений, несоблюдения условий безопасной эксплуатации, дефектов конструкций и эксплуатационного оборудования, а также несвоевременного проведения осмотров и ремонтов сооружения.

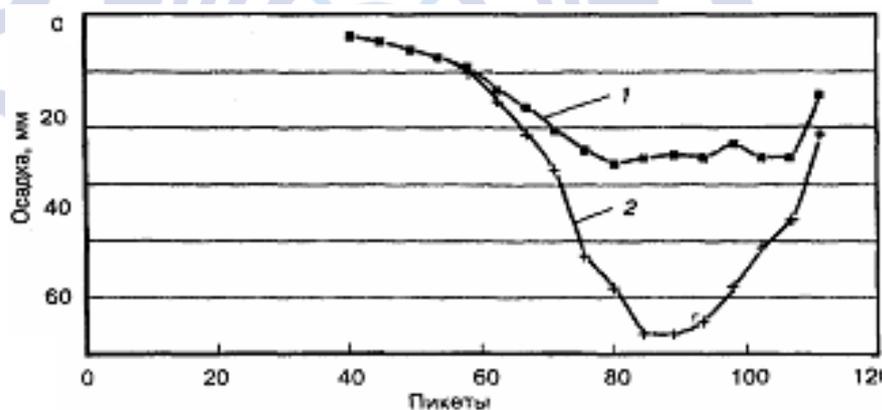


Рис. 1. Осадка тоннеля в зоне “размыва”:

— (1 - за год до закрытия движения; 2 - на момент закрытия движения)

Аварии в эксплуатируемых тоннелях, вызванные внезапным общим или частичным повреждением конструкций и оборудования, часто приводят к длительному прекращению функционирования тоннеля, вызывают экономические убытки, а в некоторых случаях травматизм и гибель людей.

Серьезные повреждения, связанные с затоплением тоннельных выработок, происходили в процессе строительства и эксплуатации перегонных тоннелей между станциями “Лесная” и “Площадь Мужества” Кировско-



Выборгской линии Санкт-Петербургского метрополитена. На участке пересечения тоннелями зоны мелкого размыва шириной около 450 м. во время проходки в 1974 и 1975 гг. наблюдались прорывы плавучих грунтов объемом до 40 тыс. м³. Для ликвидации повреждений применили замораживание грунтов жидким азотом. С 1975 по 1994 г. эксплуатация тоннелей осуществлялась без особых осложнений, однако в 1994 г. были отмечены нарастание осадок тоннелей и выносы песка. В 1995 г. осадки превзошли допустимые пределы, в связи с чем эксплуатация тоннелей была прекращена (рис.1) [5]. Предполагаемыми причинами повреждений следует считать повышенную подвижность оттаявшего неустойчивого грунта под динамическим воздействием движущихся поездов метрополитена.

Результаты и их обсуждение. Особую опасность для эксплуатируемых транспортных тоннелей представляют пожары (Лондонский метрополитен, 1987 г. - 30 погибших и уничтоженные помещения станции “Кинг Кросс”; подводные тоннели под заливом в Сан-Франциско, 1979 г. - 1 погибший и 23 раненых; автодорожный тоннель Ниходзака в Японии - 7 погибших и 2 раненых). За 13 лет эксплуатации тоннеля под р. Эльбой в Гамбурге произошло 36 пожаров. Самая крупная катастрофа, связанная с пожаром, произошла в Бакинском метрополитене в октябре 1995 г. Из-за короткого замыкания, вызванного неисправностью тягового двигателя, загорелся состав. Погибли 289 человек, а более 500 получили ожоги и травмы, строящихся тоннелях возможны внезапные обрушения породы в забое, разрушения и деформации крепи (рис.2), прорывы подземных вод и плавучих грунтов, выбросы газов и пр. Каждая авария является неконтролируемой ситуацией и может привести к тяжелым последствиям (тоннель Лечберг, Швейцария, где из-за обрушения породы погибли 25 человек; в подходе тоннеле в Великобритании из-за взрыва метана 16 человек погибли и 30 ранены; в 1979 г. 5 человек погибли в Северо-Муйском тоннеле из-за внезапного выброса водогрунтовой массы, 3 человека – в Рикотском тоннеле из-за обрушения кровли и т.д.). Аварийные ситуации неоднократно возникали при строительстве тоннелей на БАМе. Так, при проходке мысовых двухпутных тоннелей в сильноотрепещиноватых скальных породах буровзрывным способом были зафиксированы значительные вывалы породы (с высотой купола до 6 м.) в забое. В дальнейшем во избежание возможных вывалов работы велись с

применением опережающих экранов из труб. Проходка Северо-Муйского тоннеля в сложной тектонической и гидрогеологической обстановке сопровождалась рядом прорывов подземных вод с выносом дезинтегрированных масс, объем которых достигал нескольких тысяч кубических метров в час. Прорывы происходили как в момент вскрытия забоем зон разломов, так и после их проходки, а также во время прохождения таких зон.

Причиной аварийных ситуаций на начальном этапе строительства Северо-Муйского тоннеля явились отсутствие опыта и оборудования для проведения специальных работ, а также воздействие землетрясений на обводненный дезинтегрированный до песка и глины массив. Отдельные разрушения, связанные с обрушением породы и разрушением крепи, имели место при проходке Лесогорского железнодорожного тоннеля на линии Краснодар - Туапсе, Дилижанского железнодорожного тоннеля на линии Иджеван - Роздан, перегонных тоннелей Санкт-Петербургского, Минского и Днепропетровского метрополитенов, котлованов станций мелкого заложения метрополитенов в Нижнем Новгороде и Екатеринбурге. Тяжелые повреждения, вызванные затоплением выработок и значительно удлинившиеся сроки строительства, произошли при сооружении крупных подводных тоннелей “Сейкон” в Японии и под проливом Большой Бельт в Дании [6]. Частота разрушений в тоннелестроении и тяжесть несчастных случаев выше, чем в других отраслях строительства, что обусловлено спецификой подземных работ.

При проходке 120 км. железнодорожных тоннелей в Германии на каждые 10 км. приходилась одна авария, связанная с обрушением породы из-за сложных инженерно-геологических условий, на ликвидацию последствий каждой из которых расходовалось около 1 % стоимости тоннеля. В последние десятилетия наблюдается некоторое уменьшение количества несчастных случаев, что объясняется усовершенствованием нормативной базы, техники и технологии проектирования и строительства, ужесточением требований охраны труда, более тщательным проведением геотехнических изысканий. Однако, несмотря на значительный прогресс, современная техника не располагает абсолютно безопасными способами строительства тоннелей, методами и средствами прогнозирования возможных аварий, обусловленных



многочисленными и разнообразными факторами, в том числе стихийными.

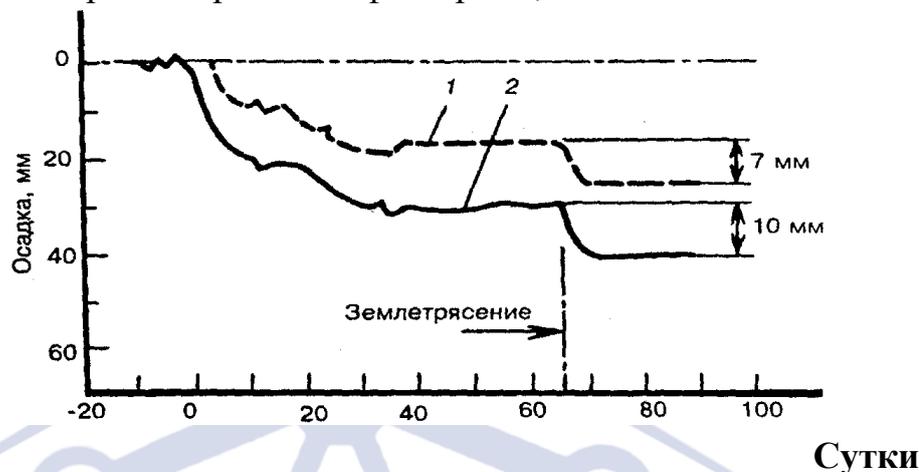


Рис. 2. Изменения осадок во времени при землетрясениях:

1 - в кровле тоннеля; 2 - на поверхности земли.

Такие аварии развиваются столь стремительно, что не всегда возможно принять быстрые и адекватные меры по их предотвращению и ликвидации последствий (рис.2) [7]. Влияние землетрясений на подземные сооружения свидетельствуют о том, что практически при каждом землетрясении сооружения получают различного рода разрушения и повреждения (рис.3). Транспортные тоннели, которые попадали в район эпицентра сильного землетрясения, всегда получали повреждения различной степени [8]. В США число несчастных случаев в результате аварий в тоннелестроении в 1,5 раза выше, а в Японии в 2 раза выше, чем в наземном строительстве. При строительстве тоннелей в Японии за период с 1973 по 1982г. зарегистрирован 531 несчастный случай с человеческими жертвами. Исследования причин аварий в процессе строительства 75 тоннелей общей протяженностью 158 км. по трассе железнодорожной линии Нью-Сане показали, что число несчастных случаев возрастает с увеличением объемов тоннелестроительных работ, а частота их определяется главным образом инженерно-геологическими условиями.

Innovation House



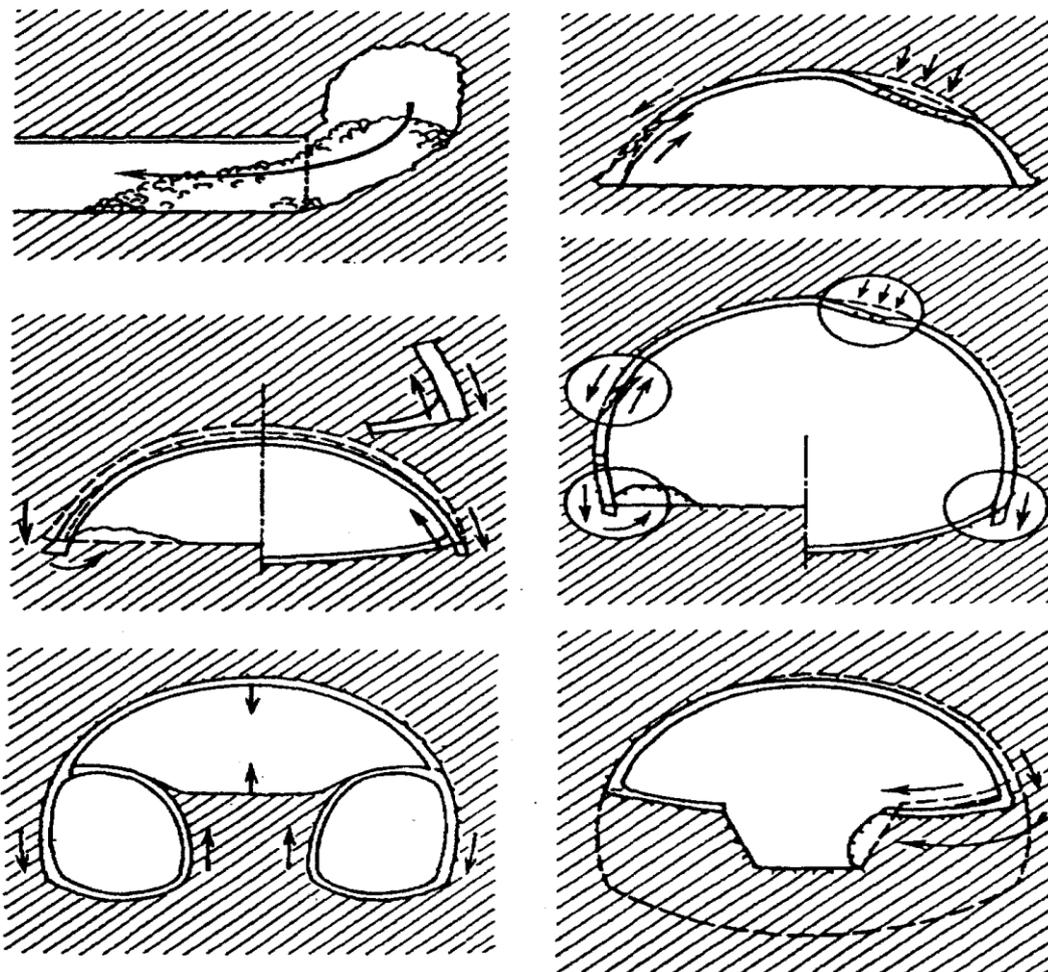


Рис. 3. Виды разрушения и повреждения станций метрополитена мелкого заложения во время землетрясений

В сложных условиях при повышенном риске аварии целесообразно увеличением объемов изыскательных работ до 4 - 5 % общей стоимости строительства тоннеля.

Заключение. Научный анализ геотехнической ситуации в районе строительства тоннеля дает возможность с высокой степенью точности прогнозировать появление зон повышенной опасности и принять своевременные меры по предупреждению аварий:

- полномасштабные и тщательные геотехнические изыскания и исследования как до, так и во время строительства тоннеля с выявлением гравитационных, сеймотектонических, гидро и газодинамических, геотермических, внутрикристаллических, криогенных условий.



- оптимальное проектирование в строгом соответствии с действующими нормативными документами и с учетом конкретных природно климатических, топографических, инженерно-геологических и градостроительных условий.

- проведение комплексных антисейсмических мероприятий. Устройство специально сконструированных антисейсмических швов, которые способствуют продольному и поперечному перемещению тоннелей на резко различающихся по грунтовым условиям участках; усиление конструкции тоннелей и притоннельных сооружений с применением сборно-монолитных конструкций, обеспечение самостоятельной работы во время землетрясений как тоннелей и станций, так и притоннельных сооружений различного назначения; по возможности избежания резкого изменения отметки подошвы тоннелей по трассе, резких поворотов в плане и профиле;

- безопасное строительство с применением эффективных технологий, высококачественных материалов и изделий, надежного тоннелепроходческого оборудования при строгом соблюдении правил охраны труда. В строящемся тоннеле должен быть организован строгий операционный лабораторный и геодезический контроль за технологическими процессами и качеством строительных материалов и изделий, а также мониторинг напряженно деформированного состояния породного массива, конструкций временной и постоянной крепи.

- при выборе трассы тоннеля метрополитена, назначении глубины его заложения, разработке конструктивных и технологических решений, эксплуатационного оборудования необходимо прогнозировать вероятность и характер проявления разрушений и намечать меры по их предупреждению и ликвидации последствий.

Список литературы

1. Абрамсон В.М., Закиров А.З., Муравин П.И. Автодорожный тоннель на трассе Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова // Метро и тоннели. - 2003. - № 3. - С. 22-25.

2. Никольский Б.В. Тоннели третьего кольца - крупнейшие подземные сооружения Москвы // Метро и тоннели. - 2001. - № 2. - С. 2-5.

3. Черняков А.В. Опыт строительства обхода Лефортово по тоннельно-эстакадному варианту // Метро и тоннели. - 2003. - № 5. - С. 10-15.

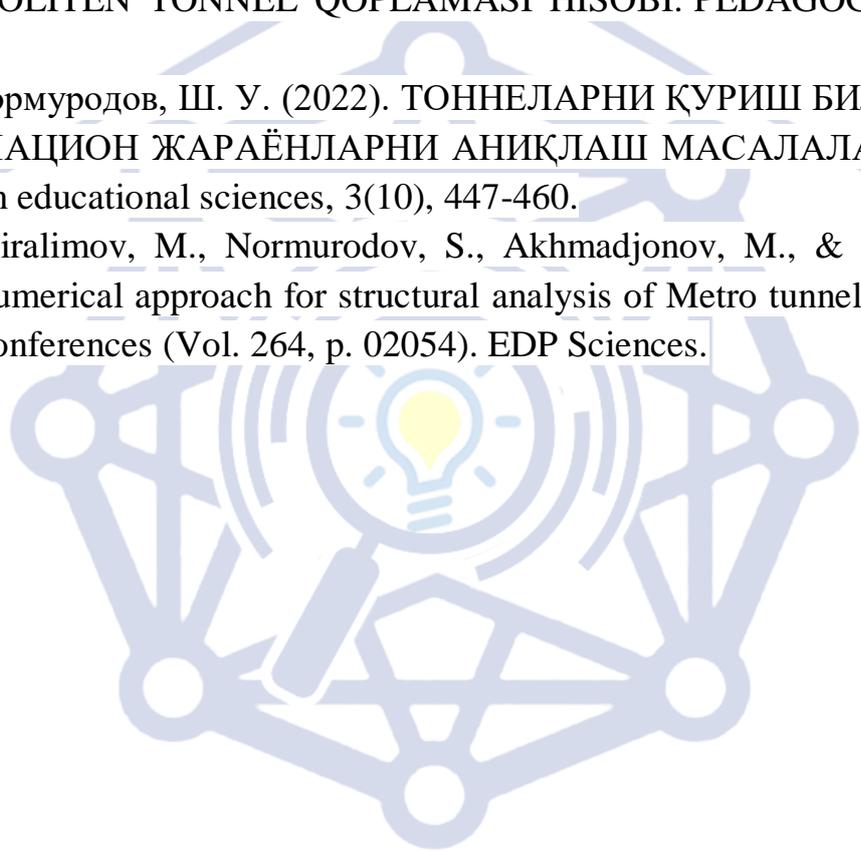
4. Быкова, Н.М. Протяженные транспортные сооружения на активных геоструктурах. Технология системного подхода / Н.М. Быкова. – Новосибирск: Наука, 2008. – 212 с.

5. Miralimov, M. X., & Normurodov, S. U. (2019). CONSTRUCTION FEATURES OF TRANSPORT TUNNELS IN THE MOUNTAIN AREAS OF UZBEKISTAN. Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 15(3), 26-35.

6. Miralimov, M. X., & Normurodov, S. U. (2022). BIR IZLI METROPOLITEN TONNEL QOPLAMASI HISOBI. PEDAGOGS jurnali, 2(2), 92-94.

7. Нормуродов, Ш. У. (2022). ТОННЕЛАРНИ ҚУРИШ БИЛАН БОҒЛИҚ ДЕФОРМАЦИОН ЖАРАЁНЛАРНИ АНИҚЛАШ МАСАЛАЛАРИ. Academic research in educational sciences, 3(10), 447-460.

8. Miralimov, M., Normurodov, S., Akhmadjonov, M., & Karshiboev, A. (2021). Numerical approach for structural analysis of Metro tunnel station. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 02054). EDP Sciences.



Research Science and
Innovation House

