



УДК 656.342

В.С. Нигматуллин – кандидат технических наук, доцент

И.В. Нигматуллин – инженер

И.Х. Галиев – аспирант

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ГОРОДСКОМУ ПОДЗЕМНОМУ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НЕТ АЛЬТЕРНАТИВЫ

АННОТАЦИЯ

Одним из сложных социальных вопросов большинства крупных городов является работа общественного транспорта, от работы которого значительно зависит настроение и здоровье людей, а, следовательно, их работоспособность. По нашему мнению, городской наземный транспорт является одним из главных, скрытых, катализаторов роста легковых автомобилей и, как следствие, ухудшения экологической обстановки в городе. Сдерживающим фактором роста негативных последствий может служить переход наземного городского транспорта на экологически чистые приводы. Но городская среда, её ритм движения, наличие переходов, светофоров, плотность транспортного потока, ограничение его режима движения, не позволяют повысить его среднюю скорость. Не случайно, ещё полтора века назад градостроители пришли к выводу, что наилучшим способом решения транспортной проблемы является использование внеуличного подземного скоростного электротранспорта. Тормозом его развития остаётся высокая стоимость сооружения. Решение ряда технических и технологических проблем позволит снизить расходы и увеличить приток инвестиций в его строительство.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Метро, строительство, проблемы, решение, инвестиции.

V.S. Nigmatullin V.S. – candidate of technical sciences, associate professor

I.V. Nigmatullin – engineer

I.Kh. Galiyev – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

CITY UNDERGROUND ELECTRIC TRANSPORT DOES NOT HAS AN ALTERNATIVE

ABSTRACT

One of the difficult social questions of majority of large cities is public transportation's work, which mood and health of people, and, hence, their work abilities considerably depend on. In our opinion, city ground transport is one of the main, hidden, catalysts of car growth and, as a consequence, environmental setting deterioration in a city. As the deterrent of growth of negative consequences the transition of a land municipal transportation to ecologically pure drives can be helpful. But the city environment, its rhythm of movement, presence of transitions, traffic signals, traffic stream density, restriction of its mode of movement, do not allow to raise its average speed. Not casually, but one and a half centuries ago the town-planners have come to conclusion that the best way of transport problem decision is to use of offstreet high-speed electric transport. The brake of its development is a high cost of the construction. The decision of some technical and technological problems will allow to cut expenses and to increase inflow of investments to its building.

KEYWORDS: Metro, building, problems, the decision, investments.

Несмотря на то, что рост автомобильного транспорта способствует накоплению таких негативных последствий, как, например:

- снижение скорости движения автотранспорта;
- расширение проезжей части за счет ликвидации газонов и зеленых насаждений;
- повышение уровня шума и концентрации вредных веществ;

– ухудшение экологической обстановки и здоровья населения;

– рост дорожно-транспортного травматизма – он по-прежнему остаётся доминирующим в крупных городах. Основанием такого положения, на наш взгляд, являются две взаимосвязанные причины: высокая стоимость сооружения подземного скоростного электротранспорта и нерешительность



инвесторов, опасаящихся вкладывать свои средства в долгосрочные, кажущиеся рискованными, мероприятия.

Известно, что общая стоимость строительства метрополитена складывается из затрат на его сооружение и расходов на ликвидацию аварий и других непредвиденных негативных явлений, возникающих в процессе строительства. Вопросы совершенствования тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) постоянно уделяется внимание специалистами стран, имеющих скоростной подземный электротранспорт. В настоящее время всемирно известные фирмы: Herrenknecht, Lovat, Robbins, Kawozaki, Mizubisi – выпускают тоннелепроходческие механизированные комплексы (ТПМК), способные с высоким уровнем безопасности для работающего персонала проходить тоннели практически в любых гидро- и горногеологических условиях, как для сооружения метро глубокого, так и мелкого заложения, а также различного диаметра (от микрощитов 100 мм до 14000 и более). Однако практика работы с использованием вышеупомянутых проходческих комплексов с различными активными пригрузами показывает, что вопросы совершенствования тоннелепроходческой техники и технологии производства работ еще существуют и требуют своего решения [1].

Специалисты утверждают, что при строительстве метро мелкого заложения его стоимость в 2- 2,5 раза дешевле глубокого заложения. При этом известно, что при строительстве метро глубокого заложения, при определенных условиях (значительная глубина заложения, высокий коэффициент разрыхления пород, отсутствие способности их к сводообразованию и т.п.) может проявляться эффект самозабучивания и ослабление проявления деформации грунтов к поверхности. В то время как при строительстве метро мелкого заложения более рельефно ощущается влияние деформации грунтов, окружающих ТПМК, на близрасположенные на поверхности здания, сооружения и подземные инженерные сети. Деформация вмещающих грунтов при работе ТПМК возникает вследствие разности внешнего и внутреннего давления на ротор щита, а также из-за несвоевременного и некачественного тампонажа закрепного пространства, поэтому важным условием безаварийной проходки тоннелей с помощью (ТПМК) является выравнивание внутреннего давления на ротор и забой с внешним. Это достигается при помощи активного пригруза (пневмопригруз, гидропригруз, грунтопригруз). Однако с помощью пригруза не всегда удается создать в роторной камере давление, эквивалентное фактическому внешнему, действующему на ротор щита комбайна.

Это вызвано тем, что внешнее давление на ротор щита зависит от часто меняющихся по трассе метро многих факторов, главными из которых являются:

физико-механические свойства грунтов в зоне работы ТПМК, их обводненность, наличие застройки над сооружаемым тоннелем, возможные пересечения активных геодинамических зон, глубина заложения тоннеля и т.п. При этом последняя величина задавалась, исходя из среднего уровня глубины заложения будущего тоннеля, хотя в реальности трасса проходит под впадинами и высотами, что обуславливает пониженное или повышенное внешнее давление грунтов на ротор щита, по сравнению с принятым расчетным.

Известно, что горизонтальное давление грунтов на ротор щита приблизительно равно вертикальному, умноженному на коэффициент бокового распора этих грунтов, последний может изменяться от 0,19 до 0,43, а при обводнении некоторых грунтов приближается к единице. В таком случае невозможность точного определения аналитическим путем внешнего давления приводит к тому, что вводимое в систему пригруза давление, равное расчетному внешнему, не соответствует фактическому давлению грунта.

При завышении расчетного давления грунта на внешнюю оболочку и ротор щита, по сравнению с фактическим, соответственного, устанавливаются завышенную величину давления грунто- пневмо- или гидропригруза. Но так как давление внутри роторной камеры, согласно расчетным данным, установили завышенным, по сравнению с внешним фактическим, то последнее вызывает вспучивание поверхности (при метро мелкого заложения) и деформацию близрасположенных подземных инженерных сетей; при заниженном расчетном давлении грунта происходят его переборы, проседание, с образованием провалов, трещин и разрушений в зданиях, попадающих в зону влияния проходческих работ. И тот, и другой случай отрицательно влияют на состояние близрасположенных наземных зданий и подземных коммуникаций.

Так, например, при сооружении перегонного тоннеля в г. Казани под улицей Свердлова (ныне Петербургская) на асфальте проезжей части образовались провалы и пустоты (максимальный объем 20-25 м³), что вызвало деформацию зданий старой постройки, а у нового строящегося кирпичного здания (Петербургская, 35) отделился резолит по монолитной кладке на 300-400 мм от основного корпуса. По улице Даурская, 9, в пятиэтажном жилом доме из силикатного кирпича появились трещины при прохождении тоннеля параллельно продольной оси здания.

На деформацию грунта, вмещающего щит ТПМК, в определенной степени, как было указано выше, влияет некачественный и несвоевременный тампонаж закрепного пространства. Это пространство образуется вследствие разности диаметра незакрепленного тоннеля и внешнего диаметра тубинговой обделки, между которым находилась оболочка щита (рис.) ТПМК до её



схода с очередного тьюбингового кольца. После схода щита с очередного тьюбингового кольца пространство вокруг кольца должно быть затампонировано, и чем раньше, тем лучше. Для этого в каждом тьюбинге (железобетонном блоке) в центральной части предусмотрены специальные отверстия для нагнетания тампонажного раствора.

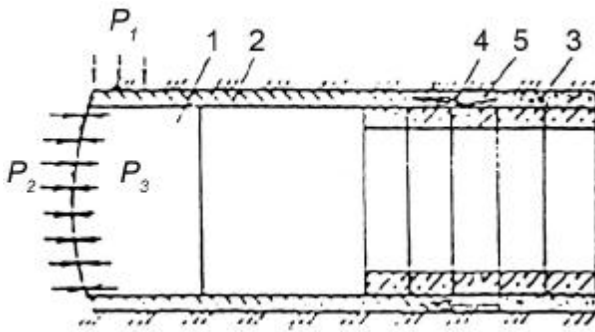


Рис. Схема щита ТПМК: P_1 P_2 – давление внешнее вертикальное и горизонтальное; P_3 – давление внутреннее; 1 – роторная камера; 2 – оболочка щита; 3 – затампонируемый участок; 4 – тампонаж в хвостовой части; 5 – затюбинговое пространство

Недостатком известной схемы тампонажа является то, что нагнетание раствора через центральные отверстия можно производить, когда щит пройдет эти отверстия, т.е. половину длины тьюбингового кольца. Поэтому некоторое время это пространство остается обнаженным.

Из вышеизложенного следует, что для предотвращения деформации грунтов близрасположенных объектов и подземных коммуникаций необходимо разработать способ сооружения тоннелей, в котором бы внешнее и внутреннее давление работающего ротора автоматически уравновешивалось, а тампонаж затюбингового пространства производился вслед за продвижением щита.

Группа авторов Казанского архитектурно-строительного университета разработала способ сооружения тоннелей, получен патент [2], в котором предложены схемы выравнивания внешнего и внутреннего давления на ротор щита. Для практической реализации данного способа необходимо дополнительно разработать устройство, автоматически включающее и выключающее элементы управления пригрузом.

В вышеуказанном разработанном способе предусмотрено заполнение закрепного пространства через хвостовую торцевую часть щита, непосредственно вслед за её продвижением.

Предложенный способ решает ещё одну дополнительную задачу – повышения гидроизоляции тьюбинговой обделки и сокращения расхода на ее ремонт. По заявлению специалистов [3], до 95%

подземных и заглубленных сооружений имеют отказы гидроизоляции на ранней стадии эксплуатации объекта, которые способствуют преждевременному износу железобетонных конструкций.

Гидроизоляция тьюбинговой обделки (крепи) осуществляется в три этапа:

- качественное выполнение на заводе железобетонных конструкций тьюбингов с максимальной их водонепроницаемостью и допустимыми отклонениями от проектных размеров;

- укладка в заводских условиях резиновых прокладок в специально выполненные пазы в каждом тьюбинге для герметизации межтубинговых стыков.

- тампонаж закрепного пространства, который при качественном производстве работ одновременно с выполнением основной функции заполнения пустот выполняет роль дополнительной гидроизоляции железобетонной обделки.

В процессе эксплуатации метрополитена обделка испытывает, кроме давления окружающих пород, дополнительно знакопеременные динамические нагрузки от движения и торможения поездов метрополитена. Железобетонная обделка подвергается действию сжимающих, растягивающих и изгибающих (на криволинейных участках) напряжений. Эти напряжения при сочетании неблагоприятных факторов (выход из строя прорезиненных прокладок, пересечения активных геодинамических зон) могут привести к нарушению гидроизоляции и обделки в целом [4, 5] на данном участке.

Ввиду того, что основные элементы обделки тоннеля (тубинги, затвердевший тампонажный раствор) выполнены из жестких, хрупких материалов, замена жесткого цементно-песчаного тампонажного раствора на прочный, податливый, упругий позволит обделке сохранить гидроизоляционную способность при наличии растягивающих и изгибающих напряжений.

Особую сложность при сооружении подземных объектов и, в частности, тоннелей, представляет пересечение зон разломов земной коры, например, при строительстве Северомуйского тоннеля на БАМе, Лечбергского и Гатворского в Альпах, главного канализационного коллектора в г. Сургуте. Трассы Северомуйского и Лечбергского тоннелей пришлось изменить (с большими затратами средств). Известный по изыскательским исследованиям разлом земной коры протяженностью 25 м, встреченный Гатворским тоннелем, был преодолен со скоростью один метр в сутки, тогда как скорость на обычных участках достигала 30 м. При эксплуатации главного коллектора в Сургуте, под влиянием геодинамических знакопеременных, циклических смещений, породы разломных зон перешли в квазитекстотропное состояние [4, 5] с пониженной несущей способностью, по отношению к их окружающим. Благодаря такому состоянию грунтов, в крепи коллектора образовались



поперечные трещины, через которые устремилась вода в коллектор, так как он находился ниже уровня грунтовых вод, а отсутствие прочной эластичной гидроизоляционной мембраны способствовало суфозным процессам и его разрушению.

К сожалению, подобные разломы не редко встречаются в подземной практике. По заявлению главного технолога Ассоциации «Метро» В.Ф. Иванова, «практически все крупные города мира (в них, как правило, строятся метрополитены) находятся в зонах разлома земной коры» [6]. На современном этапе строительства метрополитенов большинство возникающих проблем могут быть преодолены при качественном инженерном подходе.

Исходя из вышеизложенного, следует, что предупреждение технических и технологических негативных последствий при проведении тоннелей метрополитена; совершенствование технологии уравниванием давления внешнего и внутреннего на ротор щита ТПМК; своевременный тампонаж закрепного пространства вслед за его образованием из материала, обладающего определенной упругостью; заблаговременные, предпроектные геодинамические исследования по трассе будущего метрополитена, сохранение гидроизоляции обделки позволят практически исключить большинство негативных ситуаций, уменьшить затраты на сооружение тоннелей метрополитена и увеличить приток инвестиций в их строительство.

Литература

1. Макаревич Г.В. Щиты с грунто- и гидропригрузом. Преимущества и недостатки работы на ТПМК с различными пригрузами забоя // Метро и тоннели, 2004, № 1. – С. 21-25.
2. Способ сооружения тоннелей: патент № 2259479 Российской Федерации, № 2004107463/03; заявл. 04.03.04; опубликован 27.08.05. Бюл. № 24.
3. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарёв И.А., Липидевская О.Б. Гидроизоляция заглубленных и подземных сооружений при строительстве и ремонте: учебное пособие. – Тверь: Изд-во «Русская торговая марка», 2003. – 400 с.
4. Боликов В.Е. Причины разрушения подземных канализационных и разработка мер по обеспечению их устойчивости // Геомеханика в горном деле: Доклады международной конференции 19-21 ноября 2002 г. – Екатеринбург: ИГД Ур ОРАН, 2002.
5. Сашурин А.Д. Современная геодинамика и техногенные катастрофы // Геомеханика в горном деле: Доклады международной конференции 19-21 ноября 2002 г. – Екатеринбург: ИГД УрОРАН, 2002.
6. Иванов В.Ф. Проблемы проектирования и эксплуатации тоннелей метрополитенов // Метро и тоннели, 2002, № 2. – С. 42-43.