

N2,2000

Геотехнические проблемы реконструкции инженерных сетей (в рамках программы "Центр Санкт-Петербурга")

С.И.Алексеев, С.В.Ломбас, А.П.Насонов

Реализация комплексной программы "Центр С.-Петербурга" включает в себя решение геотехнических задач по ремонту и прокладке новых инженерных коммуникаций в сложных инженерно-геологических условиях тесной городской застройки. Программой предусматривается строительство глубоких магистральных канализационных коллекторов, позволяющих перехватывать сточные воды, уходящие в реки С.-Петербурга и направлять их на очистные сооружения. В последние годы при строительстве подобных линейных инженерных сетей, как в нашей стране, так и за рубежом широко практикуется методика проходки коллектора закрытым способом или микротоннелированием (рис. 1).

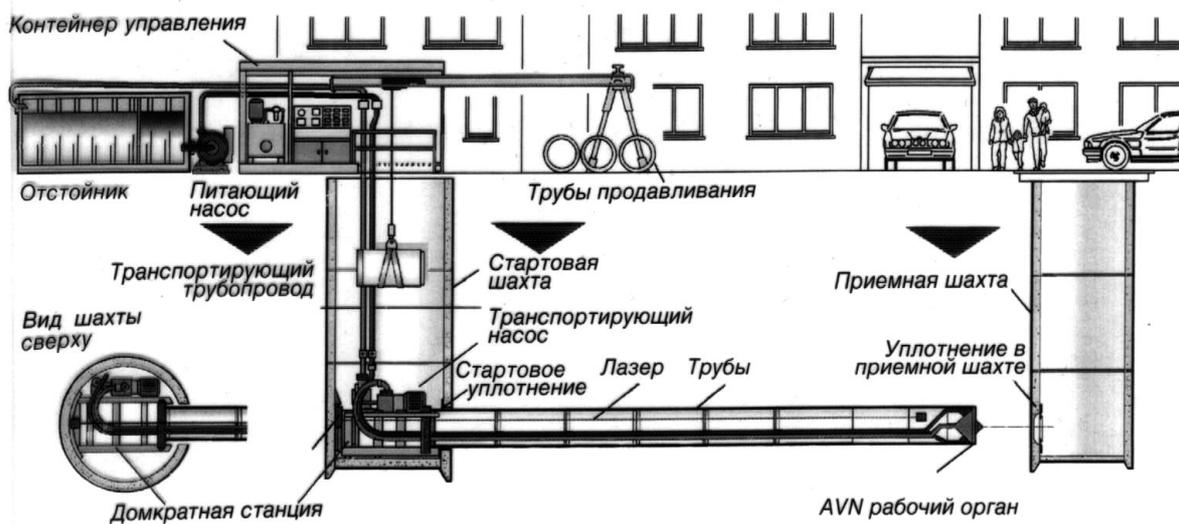


Рис.1. Принципиальная схема микротоннелирования

Наряду с явным преимуществом данного способа прокладки инженерных коммуникаций по сравнению с традиционной методикой строительства в открытых траншеях, устройство микротоннеля в условиях тесной городской застройки вызывает необходимость решения ряда геотехнических проблем.

К одной из главных проблем относится возведение стартовых и приёмных шахт коллектора. Шахты коллектора обычно имеют размеры в плане 4´ 4 м (5´ 5 м) и глубину 8...12 м. В условиях С.-Петербурга такие шахты-камеры строятся с использованием шпунтового ограждения, пересекающего многочисленные слои слабых водонасыщенных грунтов. Следует учесть, что в центральной части С.-Петербурга кровля относительно плотных (моренных) отложений залегает на глубинах порядка 14...20 м и более. В этих условиях строители стремятся использовать длинный шпунт, длиной 14...16 м, с тем чтобы создать условия возможности производства работ в проектируемых шахтах-камерах практически без водоотлива. Однако в условиях интенсивной городской застройки, когда шахты-камеры приходится выполнять вблизи с существующими жилыми домами, являющимися памятниками архитектуры, вибропогружение длинного шпунта и особенно последующее затем извлечение, вызывает, как показывает опыт строительства, негативное воздействие на

окружающие здания. В этих условиях при производстве строительных работ необходим комплексный мониторинг за сохранением состояния существующих зданий, который, как минимум, должен включать в себя следующие измерения:

- динамический контроль за колебаниями грунтов основания, а также несущих и ограждающих конструкций здания, проводимый в момент погружения и извлечения шпунтового ограждения;
- геодезический контроль за деформациями несущих конструкций зданий;
- контроль за сохранностью положения уровня подземных вод в период строительства.

Для снижения негативного воздействия при строительстве шахт на окружающую застройку устраивать шахты-камеры в коротком шпунтовом ограждении (длиной 8...9 м) и без его извлечения. При этом требуются дополнительные мероприятия по закреплению днища (изменению фильтрационных свойств основания), для того чтобы избежать проникновения грунтовых вод в шахту. Эти задачи вполне решаемы с использованием современных высоконапорных технологий. Однако эти "высокие" технологии требуют тщательного геотехнического обоснования и сопровождающего мониторинга, как за качеством работ, так и за сохранностью окружающей среды.

В качестве примера на рис.2 приведена расчётная схема и результаты определения напряжённо-деформированного состояния массива грунта, выполненного методом конечных элементов в упруго-пластической постановке, описываемой критерием Мора-Кулона. Для расчёта использовался программный комплекс "Геохеханика" [1]. Расчёты по определению предельного состояния грунта в основании камеры-шахты глубиной 8 м в 10 м шпунтовом ограждении выполнялись в следующих грунтовых напластованиях: инженерно-геологический элемент (**ИГЭ №1**) - суглинок тяжёлый пылеватый ленточный мягкопластичный мощностью до 6,3 м с $g = 19 \text{ кН/м}^3$; $j = 7^\circ$; $c = 8,0 \text{ КПа}$; $e = 0,93$; $E = 7,0 \text{ МПа}$; **ИГЭ №2** - супесь пылеватая серая мягкопластичная мощностью до 2 м с $g = 20,5 \text{ кН/м}^3$; $j = 16^\circ$; $c = 11 \text{ КПа}$; $e = 0,61$; $E = 10 \text{ МПа}$; **ИГЭ №3** - песок крупный коричневый средней плотности с $g = 20,7 \text{ кН/м}^3$; $j = 40^\circ$; $c = 1 \text{ КПа}$; $e = 0,55$; $E = 40 \text{ МПа}$. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 1,5 м от поверхности.

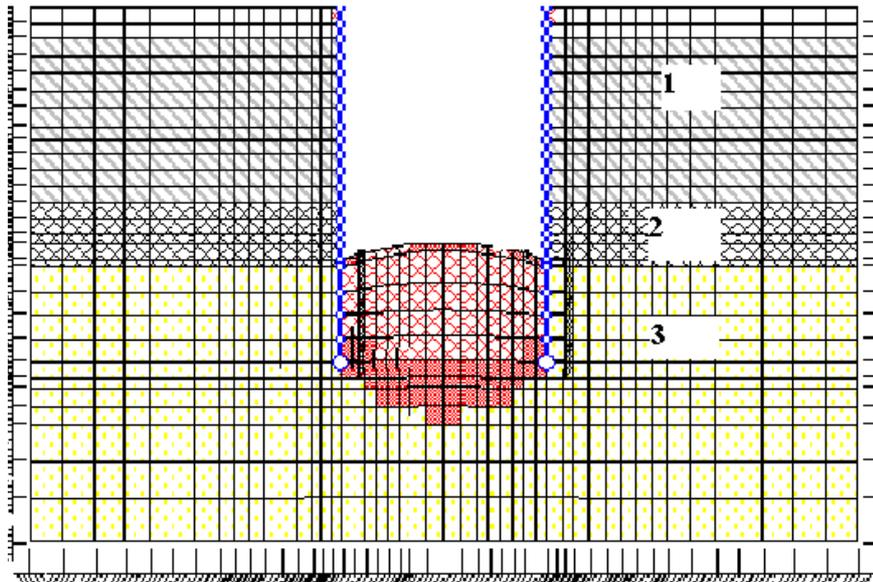


Рис.2. Области предельного состояния грунта в основании дна шахты без закрепления грунта (затенены области предельного состояния по Кулону, заштрихованы - области разрывов), 1,2,3 - номера ИГЭ

Как видно из результатов представленного решения (рис.2) грунты дна проектируемой шахты, воспринимая гидростатическое давление воды, будут находиться в предельном состоянии, испытывая деформации разрыва по глубине, соответствующей глубине погружения шпунта. В результате будет происходить выпор грунтов дна и грунтовая вода будет поступать в котлован. Безусловно, что такое решение не может быть приемлемым. Для создания противофильтрационного экрана с помощью струйной технологии, рассмотрены несколько расчётных вариантов при различной толщине массива закреплённого грунта.

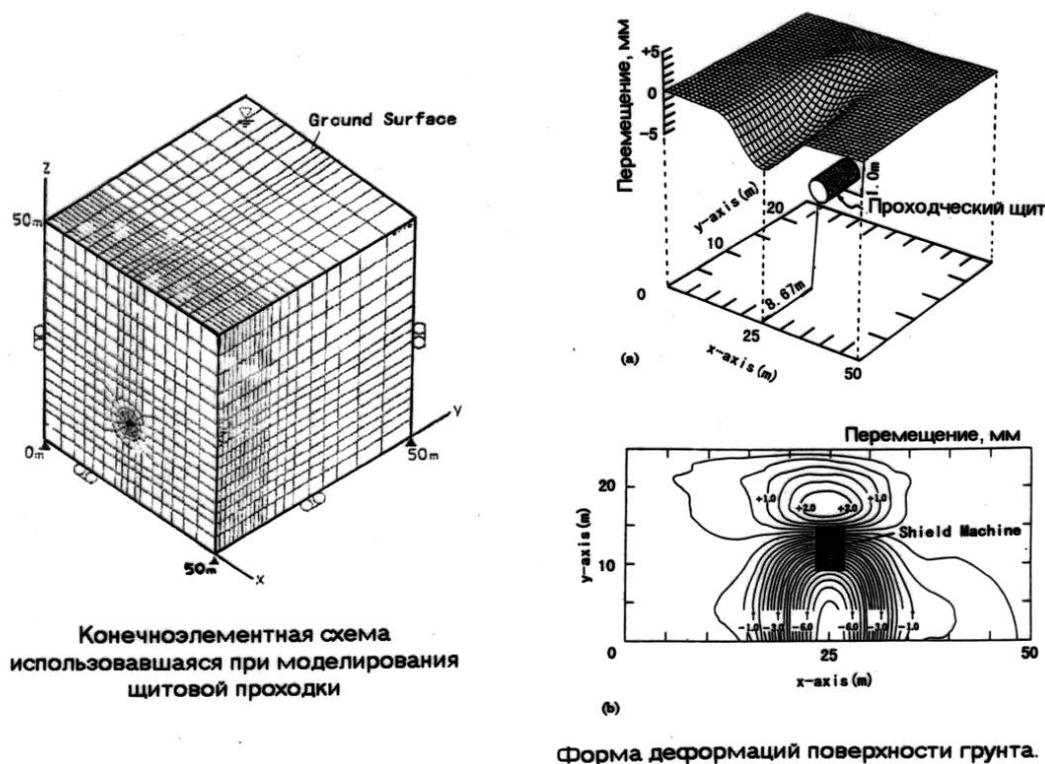


Рис.3. Схема деформации поверхности грунта по данным математического моделирования,

выполненного Н.Аkagi, К.Кomiya

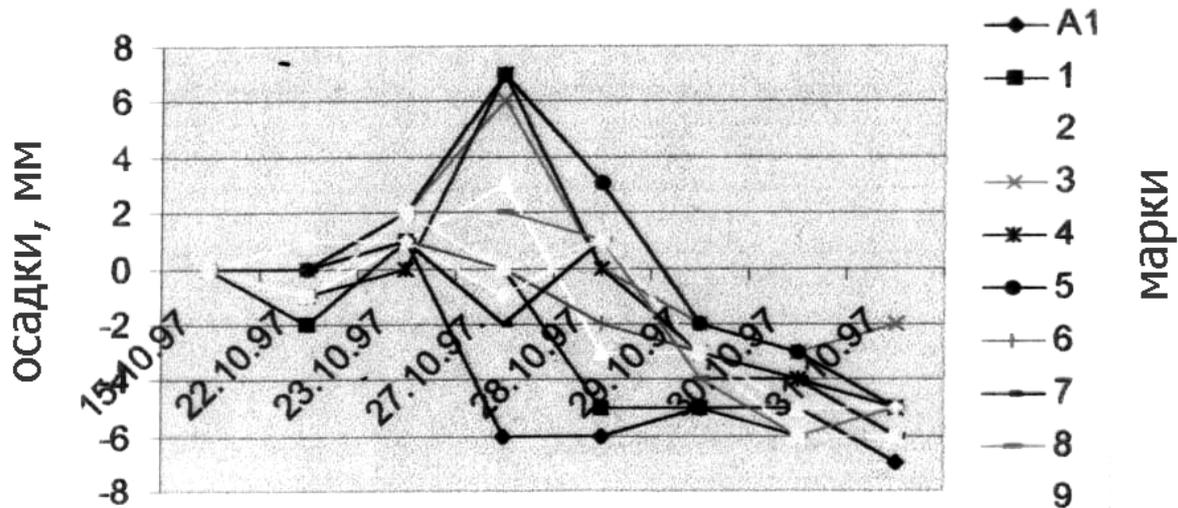


Рис.4. График замеренных перемещений марок вдоль оси проходки микротоннеля

Анализ результатов решений показал, что с увеличением толщи закреплённого грунта в днище шахты области развития предельного состояния грунта уменьшаются и при толще закреплённого грунта в 3 м - полностью исчезают. Следовательно, последнее решение с закреплением толщи грунта основания шахты в 2,5...3 м следует считать надёжным с точки зрения создания противодиффузионных свойств основания.

Другой ряд геотехнических проблем относится к периоду строительства (безтраншейной проходки) железобетонного канализационного коллектора с помощью микрощита немецкой фирмы "Херренкнехт" наружным диаметром 1,5 м. Как показывают результаты математического моделирования, а также зарубежный и отечественный опыт строительства коллектора, при проходке щита на глубине 6...7 м вначале деформируется поверхность перед ним - в виде подъёма грунта до 2...6 мм, а затем - осадка грунта на величину до 5...6 мм (см.рис.3). Характерны в этом отношении результаты опытных измерений деформации поверхности грунта по оси проходимого коллектора, полученные в 1997 г. при проходке щита по Поклоногорской улице - Песочной набережной (рис.4). Вначале по результатам измерений отмечен подъём поверхности грунта до 6 мм, а затем его осадка до 7 мм с разницей во времени в течение недели.

Отмеченный характер деформации грунтовой поверхности вдоль оси проходки микрощита объясняется технологическими условиями работы данного механизма. В забое создаётся избыточное давление, которое противодействует внешнему природному давлению грунта и грунтовой воды на глубине проходки (рис.5). В результате, как показывают расчёты [2], перед трубой и в направлении дневной поверхности появляются траектории преимущественного движения частиц грунта вверх, объясняющие возникающий подъём грунтовой поверхности (см. рис.6^а). При дальнейшей разработке грунта и небольшом его переборе траектории движения частиц грунта возле щита приобретают противоположное направление по сравнению с первоначальным и в результате на поверхности грунта появляются области с развитием осадочных явлений (рис.6^б).

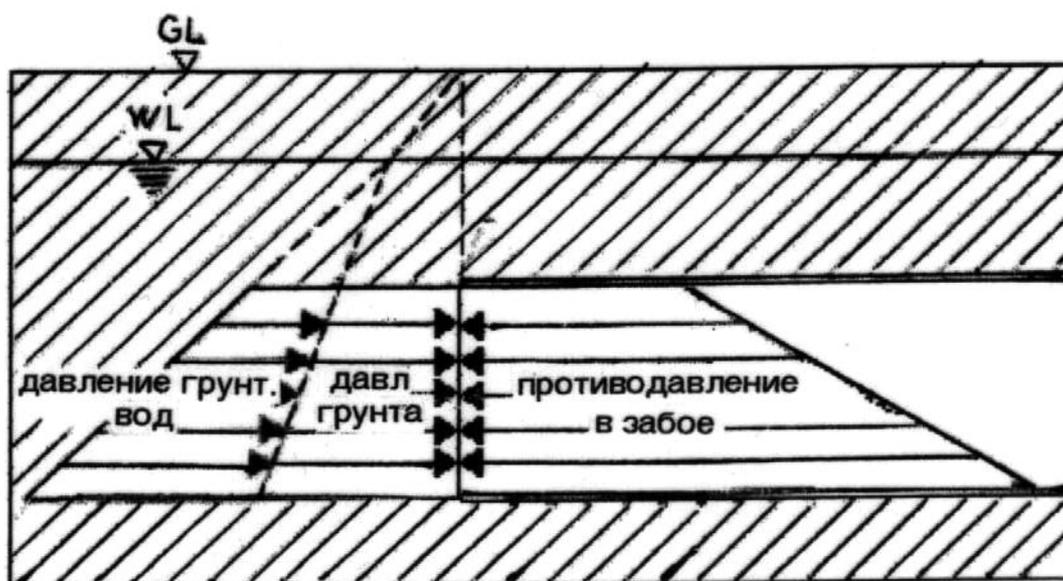


Рис.5. Схема давлений, действующих в забое при работе микрошита

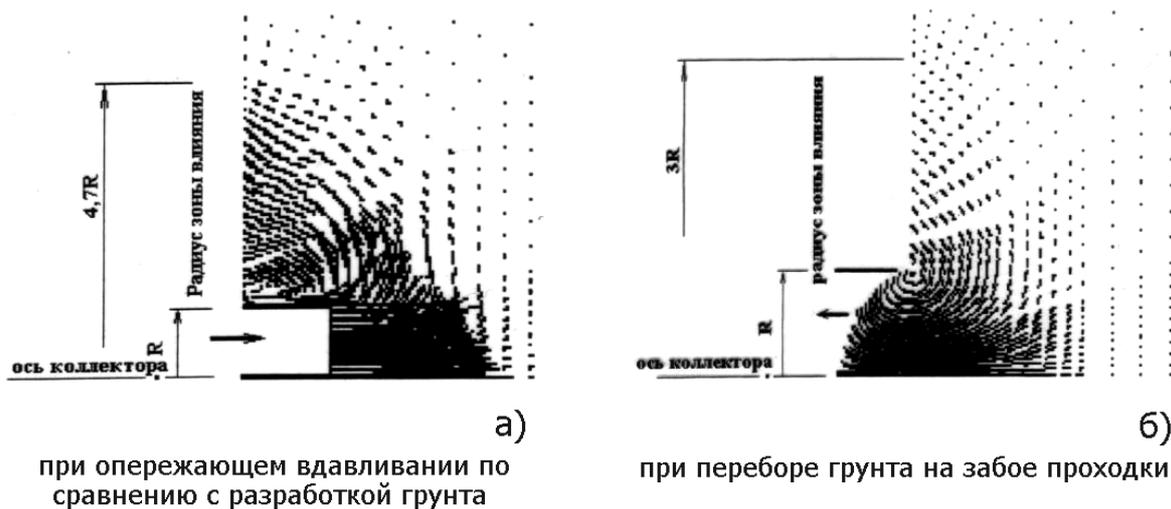


Рис.6. Расчетные траектории движения частиц грунта при проходке коллектора микрошитом

Более сложный процесс деформации грунта возникает в том случае, когда микротоннель проходит в зоне влияния существующих зданий (см. рис.7).

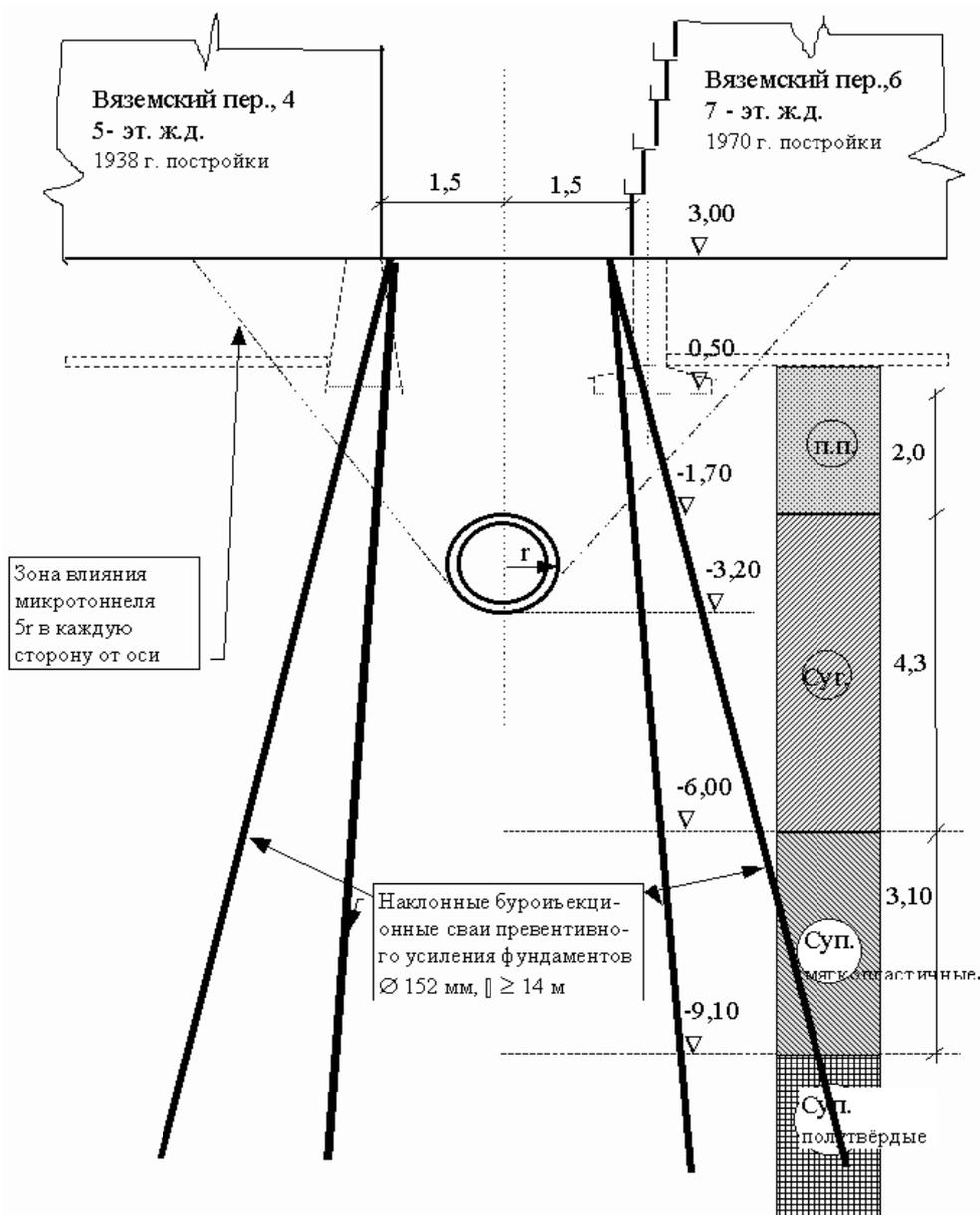


Рис.7. Схема превентивного усиления фундаментов зданий № 4 и 6 по Вяземскому пер.

(при безтраншейной проходке микротоннелем "Херренкнехт")

Пример тому - трасса микротоннеля возле домов №4 и №6 по Вяземскому пер. Численное моделирование технологии прокладки тоннеля показало, что дополнительная осадка фундаментов существующих зданий в зоне влияния тоннеля может составить до 5...6 см. Проявление таких дополнительных осадок протекает неравномерно и для данного класса сооружений (согласно требований региональных ТСН 50-302-96) недопустимо. В целях обеспечения сохранности существующих зданий и предотвращения развития неравномерных осадок вследствие проходки микротоннеля, фундаменты и основания, попадающие в зону риска данных сооружений, должны быть предварительно усилены. Рекомендуемое превентивное усиление - это устройство наклонных бурьинъекционных свай диаметром 152мм и длиной 17м, опирающихся на слой полутвёрдой супеси.

Таким образом, проходка микротоннеля для устройства канализационного коллектора в условиях плотной городской застройки требует специального - индивидуального подхода к решению конкретных инженерных задач. Особое значение данного вида работы приобретают

для условий слабых водонасыщенных грунтов г. С.-Петербурга.

Анализ информации и сопоставление данных расчета с натурными наблюдениями позволят избежать не только негативных воздействий проходки микротоннеля на окружающую среду, но и неоправданных затрат при минимальном строительном риске. Такой взвешенный подход позволяет придать технологии микротоннелирования статус щадящей, безопасной для исторической застройке города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фадеев А.Б., Парамонов В.Н., Репина П.И., Глыбин Л.А., Шашкин К.Г. Применение метода конечных элементов при выполнении курсовых работ по строительным дисциплинам (учебное пособие). СПб, СПбГАСУ, 1997 г.
2. Тазетдинов Г.М., Улицкий В.М., Парамонов В.Н., Шашкин А.Г., Заварзин Л.Г., Тихомирова Л.К. Проходка микротоннелей в условиях плотной городской застройки /Подземный город: геотехнология и архитектура. --Тр.международной конф. СПб, 1998. С.358-363.