

Е.Ю. КУЛИКОВА

**ФИЛЬТРАЦИОННАЯ
НАДЕЖНОСТЬ
КОНСТРУКЦИЙ
ГОРОДСКИХ
ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ**



**МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР ГОРНОЙ КНИГИ»
2007**

ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.191.9

ББК 38.78

К 90

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Куликова Е.Ю.

К 90

Фильтрационная надежность конструкций городских подземных сооружений. — М.: Издательство «Мир горной книги», 2007. — 316 с.: ил.

ISBN 978-5-91003-017-0 (в пер.)

Дан анализ характера и причин образования дефектов в несущих конструкциях городских подземных сооружений. Приведены результаты исследований фильтрационной надежности существующих сборных и монолитных обделок подземных сооружений и сделан вывод об их несоответствии устанавливаемым в нормативных документах требованиям. Среди факторов, влияющих на снижение водонепроницаемости несущих конструкций подземных сооружений, выделены наиболее значимые: термовлажностные режимы внутри подземного сооружения, материал технологических швов, плотность пород, вмещающих данные объекты. Приведен топографический план развертки участка бетонной обделки для ряда тоннелей, который позволил обнаружить закономерности распределения прочностных и фильтрационных показателей вторичной бетонной обделки. Детально рассмотрены технологические аспекты достижения заданной степени плотности вмещающих подземное сооружение пород при применении их химического укрепления.

Для специалистов, работающих в области освоения подземного пространства городов, занятых вопросами обеспечения необходимой водонепроницаемости, надежности и долговечности конструкций подземных сооружений. Может быть полезна студентам горных вузов и факультетов.

УДК 624.191.9

ББК 38.78

ISBN 978-5-91003-017-0

© Е.Ю. Куликова, 2007

© Издательство

«Мир горной книги», 2007

© Дизайн книги.

Издательство МГГУ, 2007

ВВЕДЕНИЕ

Освоение подземного пространства крупных городов приобретает огромное значение из-за дефицита городских территорий, постоянного роста населения, резкого увеличения загазованности, транспортных потоков и недостаточного развития городской инфраструктуры.

Почти во всех крупных городах мира идет процесс активного освоения подземного пространства для размещения транспортных и инженерных систем, объектов торговли и бытового обслуживания, складов и автостоянок, многофункциональных подземных комплексов. Общий объем проведения только подземных коммуникаций в РФ составляет порядка 200 — 250 км/год, из которых не менее 75 — 80 км/год приходится на Москву.

Образуется новая подземная инфраструктура мегаполисов, которая требует корректного учета влияния техногенных процессов на экологию подземного пространства, на состояние гидрогеологической среды, а также архитектурно-художественное оформление сооружаемых функциональных подземных центров и объектов.

При освоении подземного пространства используются практически все направления современного подземного строительства. Комплексное освоение подземного пространства является одним из наиболее эффективных путей решения территориальных, транспортных и экологических проблем крупных городов, развивающихся как культурно-исторические и торгово-промышленные центры. При этом наиболее полно сохраняется окружающая среда для размещения парков и рекреационных зон и значительно уменьшается загрязнение от автомобильного движения.

Одним из факторов, тормозящих широкое освоение подземного пространства городов, является недостаточная надежность несущих конструкций подземных сооружений. Несмотря на большие достижения в проектировании и технологии строительства этих объектов, последние не всегда в полной мере удовлетворяют требованиям долговечности.

Так, по различным оценкам от 60 до 80 % инженерных коммуникаций городов и поселков городского типа на территории СНГ отслужили нормативный срок, порядка 25 — 30 % из этого числа находится в аварийном состоянии. Если рассматривать только подземные инженерные коммуникации России, то их общая протяженность в настоящее время составляет 373,5 тыс. км (на долю канализации приходится порядка 115,2 тыс. км). Из них отслужили нормативный срок и требуют замены 109,7 тыс. км.

Протечки из коммуникаций загрязняют подземное пространство населенных пунктов. По оценке специалистов, на территории Российской Федерации подтоплено 809 городов и 478 поселков городского типа, причем весьма значимой составляющей этого процесса являются утечки из канализационных и водопроводных коммуникаций. Только замена более 1500 км коммуникаций в год в течение 10 лет может способствовать улучшению сложившегося положения.

Появление дефектов в обделках снижает срок службы подземных сооружений от 4 до 20 лет и требует дополнительных капиталовложений. Значительная часть финансовых средств уходит на борьбу с отказами, среди которых основное место занимают нарушения гидроизоляционных свойств несущих конструкций подземных объектов. Например, на ликвидацию течей, устройство дренажей и подобные мероприятия на метрополитене в среднем затрачивается для перегонных тоннелей 0,005 %, станционных — 0,018 % на единицу стоимости основных фондов, что в конечном итоге составляет значительную сумму. Ремонты коммунальных тоннелей, обусловленные необходимостью ликвидации нарушений плотности и разрыва обделки, составляют 2 — 30 % стоимости строительства каждого кубометра сооружения на один год эксплуатации.

Размеры инвестиций в поддержание подземных сооружений в процессе их эксплуатации в развитых странах достигают до 50 % общей величины вложений в строительство. Затраты только на ремонт железобетона, из которого выполнено большинство промышленных сооружений, составляют 4 — 5 % валового продукта развитых стран мира.

В 2004 г. уровень аварийных фондов тоннелей инженерных коммуникаций в Москве составлял 28 %. В других городах России эта величина еще больше и доходит до 40 % и более. Недовложение средств и неправомерное их расходование на объектах, которые не нуждаются сегодня в ремонтных работах, приводят к росту аварийного фонда примерно до 1% в год.

Свыше 90 % всех подземных сооружений в городах выходят из строя ранее проектных сроков, то есть не соответствуют проектному уровню долговечности [120]. Преждевременный износ приводит к их отказу и необходимости выполнения ремонтных работ. Однако конструкции подземных сооружений отличаются плохой ремонтпригодностью. Их трудно и дорого ремонтировать, чаще всего невозможно вскрыть. Таким образом, можно утверждать, что сегодня показатели надежности конструкций подземных сооружений находятся на низком уровне.

Заложенная еще на стадии проектирования недостаточная фильтрационная надежность несущих конструкций городских подземных сооружений связана с нерешенностью ряда вопросов их фильтрационного взаимодействия с массивом вмещающих пород.

Водопритоки через обделку подземного сооружения разрушают несущие конструкции и создают неприемлемые микроклиматические условия для пребывания человека. Возникает вопрос не только о допустимой степени проницаемости этих конструкций, о влиянии процессов фильтрации на свойства материалов обделки и их устойчивость, но и о связи водопроницаемости несущих элементов со свойствами массива горных пород. Поэтому обеспечение фильтрационной надежности городского подземного сооружения должно основываться на комплексе защитных мер, направленных на вовлечение в работу как соответствующих свойств самого подземного объекта, так и породного массива и технологических приемов его строительства, поддержания и эксплуатации. Следовательно, надежность любого объекта подземного строительства подразумевает надежность системы «массив горных пород — подземное сооружение» в комплексе, а не по отдельным ее элементам.

Надежность подземных сооружений нельзя рассматривать в отрыве от массива вмещающих пород и тех процессов, которые происходят как в подземном пространстве, так и на земной поверх-

ности в результате ведения подземных и градостроительных работ. Массив горных пород воспринимает нагрузки и другие воздействия от надземных частей зданий, является проводником тепломассообменных и других процессов к подземному сооружению.

При отсутствии обеспеченной надежности или устойчивости массива горных пород вся система становится также ненадежной. Более того, ненадежность вмещающих горных пород вызывает, как правило, появление таких деформаций и напряжений в конструкциях подземного объекта, при которых они становятся ненадежными даже в тех случаях, если их надежность сама по себе (без учета влияния массива горных пород) и была обеспечена.

В то же время отсутствие достаточной технологической надежности и надежности несущих элементов подземного сооружения вызывает нарушение равновесно-напряженного состояния вмещающего массива и активизацию нежелательных естественных процессов в породах. Поэтому фильтрационная надежность подземных сооружений не может существовать сама по себе, а должна быть четко увязана с технологической надежностью и надежностью строительных конструкций городского подземного объекта.

В связи с этим в общей проблеме освоения подземного пространства возникает актуальная задача, заключающаяся в следующем:

- определение допустимой степени проницаемости несущих конструкций подземных сооружений, обусловленной санитарно-гигиеническими условиями пребывания людей в подземных помещениях;
- установление характера взаимодействия несущих конструкций со свойствами грунтового массива, вмещающего данный объект;
- изыскание возможностей управления фильтрационными свойствами массива с использованием наиболее приемлемых средств его упрочнения.

В настоящее время номенклатура и срок службы действующих городских подземных объектов невелики, поэтому в данной работе круг их рассмотрения ограничен сооружениями транспортного назначения и тоннельных канализационных сетей, длительно и в большом количестве используемых в любом крупном городе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
---------------	---

Глава 1

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ	9
--	----------

1.1. Назначение и классификация городских подземных сооружений.....	11
1.2. Дефекты несущих конструкций городских подземных сооружений	21
1.3. Причины возникновения дефектов в обделках городских подземных сооружений	34
1.4. Факторы агрессивного воздействия и коррозия конструкций подземных сооружений	39
1.5. Образование течей в несущих конструкциях подземных сооружений	59
1.6. Условия выноса грунтов	69
1.7. Нормативные остаточные притоки и надежность несущих конструкций подземных сооружений	77
1.8. Тепломассоперенос в подземных сооружениях	83
1.9. Цели и задачи исследования	92

Глава 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ОБДЕЛОК ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ	95
---	-----------

2.1. Влияние термовлажностных режимов подземных сооружений на степень проницаемости бетона их несущих конструкций	97
2.2. Предельные параметры практической водонепроницаемости несущих конструкций подземных сооружений	106
2.3. Фильтрационная надежность обделок действующих городских подземных сооружений	114
2.4. Влияние плотности материала швов сборной обделки на ее водонепроницаемость	124
2.5. Влияние плотности пород, вмещающих подземное сооружение, на водонепроницаемость его несущих конструкций	128

Глава 3

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОБДЕЛКАМ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ

.....	139
3.1. Условия работы бетонных обделок канализационных коллекторных тоннелей	141
3.2. Общие требования	151
3.3. Гидроабразивное изнашивание бетонных обделок канализационных коллекторов	159
3.4. Современные материалы для обеспечения гидроизоляции подземных сооружений	166
3.5. Требования к полимерной футеровке	176
3.5.1. Методики испытаний	176
3.5.2. Адгезия покрытия к бетонной поверхности	177
3.5.3. Стойкость покрытий к агрессивным средам	180
3.6. Системные требования к обделкам канализационных коллекторов	181

Глава 4

ПРОЧНОСТНЫЕ И ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОНОЛИТНОЙ БЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

.....	185
4.1. Современные методы обследования монолитных обделок	187
4.2. Методика обработки результатов обследования прочно- стных и фильтрационных свойств вторичных обделок	191
4.3. Распределение характеристик прочности и водонепро- ницаемости во вторичной обделке	193
4.4. Формирование физико-механических свойств вторич- ных бетонных обделок	211
4.5. Определение уровня прочности и водонепроницаемо- сти в различных частях вторичных бетонных обделок	217

Глава 5

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОМАСООБМЕНА НА ЗАЩИТУ ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ ОТ ВЛАГИ

.....	223
5.1. К постановке задачи	225
5.2. Приближенное решение плоской осесимметричной задачи	229
5.3. Численное решение плоской осесимметричной задачи	235

5.4. Формирование зоны иссушения вокруг подземного сооружения	239
5.5. Сопряженная задача	249
5.6. Двухмерная задача	251

Глава 6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОЙ СТЕПЕНИ ПЛОТНОСТИ ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

6.1. Постановка задачи	267
6.2. Методика исследования	269
6.3. Результаты испытаний	272
6.4. Условия формирования коэффициента фильтрации	277
6.5. Требования к укрепляющим растворам при тепломас- сопереносе фильтрата	281
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	286
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	290
ПРИЛОЖЕНИЯ	299