

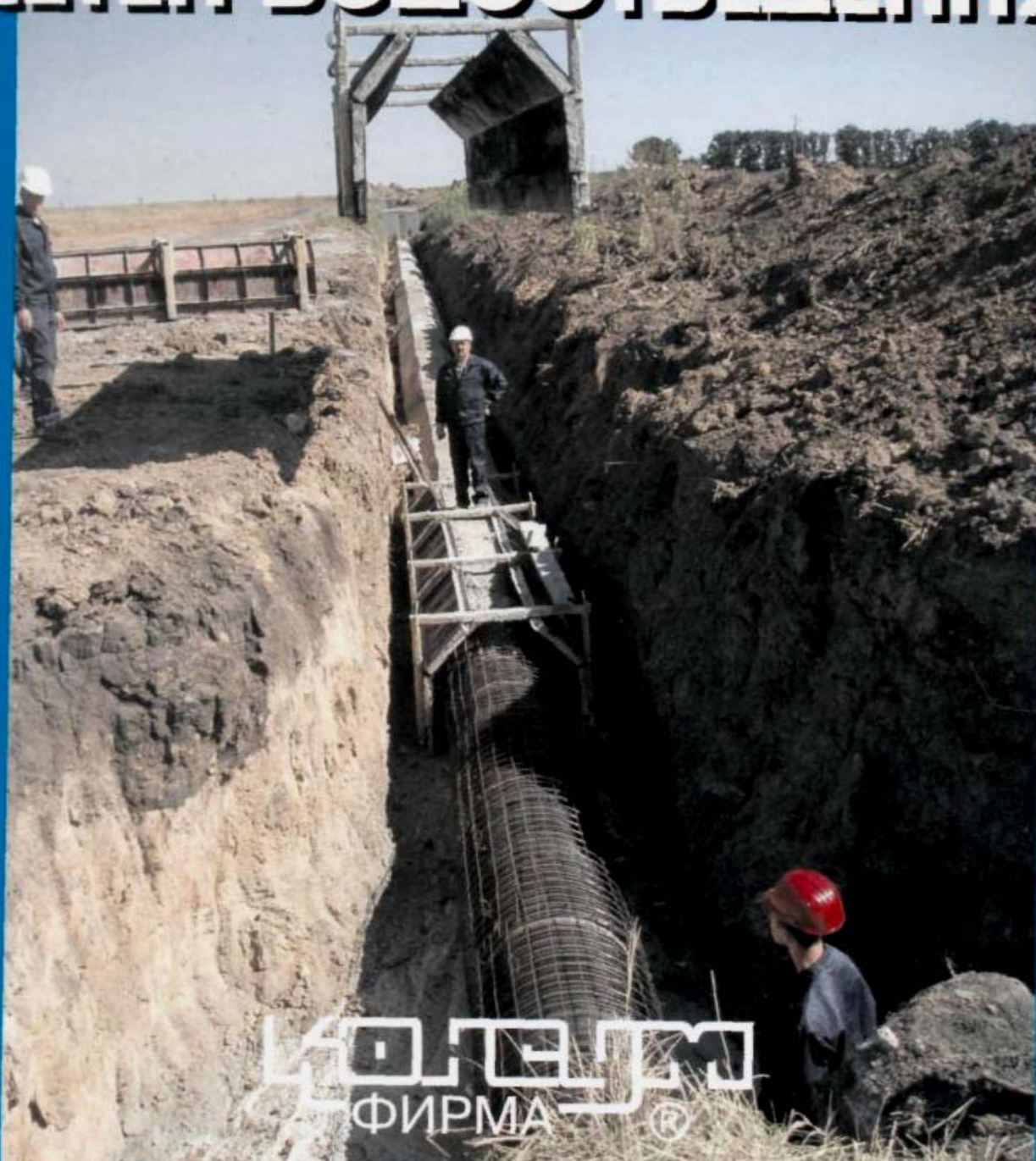
Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Д.Ф. ГОНЧАРЕНКО
ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ
И ВОССТАНОВЛЕНИЕ
СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ



КОЛТЕС
ФИРМА®

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	
ГЛАВА 1. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ	
1.1 Из истории развития канализационных сооружений	
1.2 Конструктивные решения эксплуатируемых коллекторов трубопроводов	
1.3 Конструкции смотровых колодцев и шахтных стволов на сетях водоотведения.....	
ГЛАВА 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	
2.1 Общие требования к эксплуатируемой сети и сооружениям	
2.2 Основные определения характеризующие работы по устранению повреждений на сетях водоотведения	
2.3 Условия эксплуатации канализационных сетей	
ГЛАВА 3. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ	
3.1 Методы, машины и оборудование для диагностики состояния сетей водоотведения	
3.2 Состояние сетей водоотведения.....	
3.3 Примеры аварийных ситуаций на сетях водоотведения	
ГЛАВА 4. ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ	
4.1 Причины разрушения конструкций сетей водоотведения	
4.2 Исследование процесса коррозии как одного из основных факторов разрушения трубопроводов.....	
4.3 Эксплуатационные проблемы, связанные с наличием газов в смотровых шахтах и колодцах.....	

ГЛАВА 5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СЕТЕЙ И ВЫБОРА МЕТОДОВ ИХ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ.....

- 5.1 Существующие подходы к определению состояния
конструкций сетей водоотведения
- 5.2 Научное обоснование разработки методики определения
состояния сетей водоотведения и выбора стратегии их ремонта...
- 5.3 Методологические основы моделирования визуализации сетей
водоотведения.....
- 5.4 Рекомендации по выбору методов ремонта и восстановления
сетей

ГЛАВА 6. РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДООТВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

- 6.1 Особенности ремонта и восстановления трубопроводов
открытым способом.....
- 6.2 Выбор материалов для ремонтно-восстановительных работ
открытым способом.....
- 6.3 Восстановление канализационной сети путем устройства
монолитной железобетонной трубы футерованной ребристым
полиэтиленом.....
- 6.4 Технология восстановления трубопроводов с применением труб,
футерованных шлаковым литьем.....

ГЛАВА 7. ЗАКРЫТЫЙ СПОСОБ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

- 7.1 Особенности закрытого способа ремонтно-восстановительных
работ.....
- 7.2 Ремонт и восстановление трубопроводов и коллекторов путем
нанесения противокоррозионных покрытий.....
- 7.3 Метод вставок для ремонта поврежденных трубопроводов.....

7.4	Разработка технологии ликвидации локального обрушения канализационного тоннеля.....
ГЛАВА 8. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ ЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ.....	
8.1	Технология восстановления поврежденных коррозией трубопроводов диаметром 500...1000 мм.....
8.2	Технология восстановления абразивно изношенных трубопроводов диаметром 600...1000 мм.....
8.3	Технология восстановления непроходных трубопроводов.....
8.4	Технология восстановления высоконапорных трубопроводов-водоводов диаметром 600...2000 мм.....
ГЛАВА 9. РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СМОТРОВЫХ КОЛОДЦЕВ И ШАХТНЫХ СТОЛОВ НА СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ	
9.1	Существующие технологии ремонта и восстановления.....
9.2	Адгезионная прочность шлаколитых панелей к бетону.....
9.3	Методика расчета крепления армированных шлаколитых панелей.....
9.4	Технологическая последовательность ремонтно-восстановительных работ с использованием шлаколитых панелей.....
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологии водоотведения свидетельствует о том, что централизованное отведение сточных вод в больших и средних городах Европы на протяжении последних ста лет является одним из главных факторов охраны окружающей среды.

Уже в начале XX столетия, и особенно после Первой мировой войны, началось интенсивное развитие технологии транспортирования и очистки сточных вод. Сначала ограничились простыми методами, позже начали развиваться современные химические, биологические и другие способы очистки.

Развитие промышленности и процессы урбанизации вызвали увеличение объемов сточных вод и нагрузку на транспортные магистрали.

В Украине, как в ряде других стран СНГ, в настоящее время особенно остро стоят вопросы состояния окружающей среды, и в первую очередь защиты грунта и грунтовых вод от загрязнения.

Поскольку сети водоотведения относятся к системам жизнеобеспечения, нормальное функционирование их – задача государственной важности. Проблема сохранения и восстановления действующих подземных коммуникаций приобретает особую актуальность в связи с возросшими требованиями экологии. Чтобы защитить грунтовые воды от попадания в них различных агрессивных реагентов, необходимо знать причины разрушений конструкций подземных коммуникаций и методы устранения повреждений.

Отметим, что большая часть канализационных трубопроводов и тоннельных коллекторов в промышленных центрах Украины построена в последние 30-40 лет из бетона и железобетона.

Согласно проведенным исследованиям, надежность конструкций канализационных трубопроводов определяется многими факторами или их сочетаниями. Но в первую очередь на нее влияют факторы, провоцирующие

развитие коррозии.

Установлено, что механизм разрушения конструкций обуславливает общекислотная агрессия, которой сопутствуют микробиологические процессы, связанные со сложными биологическими и химическими реакциями, так как конечным продуктом жизнедеятельности бактерий являются различные кислоты и сульфатсодержащие соединения.

Известно, что до 74% аварий железобетонных трубопроводов вызывают коррозионные процессы. Ликвидация последствий аварий трубопроводов влечет за собой значительные трудовые и материальные затраты.

При этом в действующих в настоящее время нормативных документах Украины не предусмотрена антикоррозийная защита строительных конструкций канализационных сетей от коррозии. Более того, имея большой опыт ликвидации аварий, вызванных разрушением сводовой части коррозией, строители продолжают вводить, а эксплуатационники принимать в эксплуатацию сети, конструкции которых не защищены от воздействия агрессивной среды.

Актуальной в этой связи является проблема выбора материалов, технологии и организации работ по восстановлению поврежденных конструкций трубопроводов и тоннельных коллекторов.

Из-за отсутствия в Украине соответствующего оборудования и материалов, а также средств для их приобретения восстановление и прокладка коммуникаций во многих городах производится преимущественно открытым способом, что приводит к резкому увеличению стоимости работ и сроков строительства объектов, создает автомобильные пробки, причиняя неудобства пассажирам, пешеходам, и, кроме того, ухудшает экологическую обстановку в городах.

В обозримом будущем решение проблемы восстановления и прокладки трубопроводов видится в широком использовании бестраншейных технологий, с применением специального оборудования. В передовой зарубежной практике

95% всех работ, связанных с прокладкой подземных коммуникаций, производится бестраншейными способами. Во многих крупных зарубежных городах прокладка инженерных коммуникаций открытым способом запрещена. Необходимо отметить, что в Европе постоянно растет число объектов, где находят применение различные методы бестраншейной технологии ремонта и прокладки коммуникаций, причем этот рост более стремительный, чем в США, так как большинство крупнейших городов было построено несколько столетий назад.

Разработка технологических и организационных решений позволяющих повысить долговечность конструкций канализационных трубопроводов, тоннельных коллекторов и сооружений из них, а значит обеспечить безаварийность их эксплуатации, продлить межремонтные периоды, - важнейшее условие повышения эффективности эксплуатации сетей водоотведения. Нормальное функционирование сетей связано с комплексом проблем, чтобы решить их, необходим многоплановый подход, он предполагает теоретические исследования, инженерно-технические проработки, а также всесторонний анализ и обобщение опыта эксплуатации канализационных сетей.

Исследованию факторов, влияющих на разрушение конструкций сетей водоотведения, посвящены работы В.И.Бабушкина, Г.Я.Дрозда, Г.И.Каравайко, Л.П.Мокрицкой, В.А.Юрченко, Н.Байга, Е.Греннинга, Т.Г.Читошвили и других.

Технологии и организации работ по восстановлению конструкций трубопроводов и тоннельных коллекторов а также выбору эффективных строительных материалов и конструкций достаточно внимания уделено в научных трудах И.А.Абрамовича, В.Н.Батаева, В.А.Воблых, В.А.Вороненко, Г.Я.Дрозда, В.Н.Кирюшина, В.Н.Кися, А.В.Коваленко, А.Н.Коваленко, И.В.Коринько, В.А.Орлова, А.А.Плугина, Г.А.Санкова, Г.М.Семчука, Д.А.Соловья, С.В.Храменкова, В.И.Шматченко, В.С.Шмуклера, Г.Вернера Д.Штайна, и других.

Рассмотрению технологии ремонтно-восстановительных работ на сетях

водоотведения расположенных в водонасыщенных грунтах свои работы посвятили Н.С.Болотских, Е.Б.Клейн, Б.Д.Тиховидов, В.П.Иванов и другие.

Однако многие исследования носят периодический характер и вопросы, требующие комплексного решения, изучены не в полной мере. В монографии систематизированы факторы влияющие на долговечность конструкций сетей водоотведения, классифицированы существующие методы диагностики состояния сетей и сооружений на них, сделана попытка комплексного решения проблем, связанных с проведением ремонтно-строительных работ в специфических условиях подземного строительства и выбором материалов и конструкций, пригодных для эксплуатации в агрессивных средах.

Особое внимание уделено защите от коррозии эксплуатируемых частей трубопроводов, тоннельных коллекторов, смотровых колодцев и шахтных стволов. Приведены, технические, технологические и организационные решения ремонта и восстановления сетей водоотведения в г.Харькове.

Автор выражает глубокую благодарность своим коллегам и ученикам без тесного многолетнего и плодотворного сотрудничества с которыми, было бы невозможным провести такую многогранную и масштабную работу, результаты которой положены в основу предлагаемой монографии.

ГЛАВА 1

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

1.1 Из истории развития канализационных сооружений

Во все периоды развития цивилизации вопросам гигиены уделялось большое внимание.

В Ветхом завете в 23-й главе пятой книги Моисея сказано: «Место должно быть у тебя вне стана, куда бы тебе выходить. Кроме оружия твоего, должна быть у тебя лопатка; и когда будешь садиться вне стана, выкопай ею яму, и опять зарой ею испражнение свое».

Этим словам уже более трех тысяч лет.

В высокоразвитых городах изобретали различные отводы сточных вод. Так, в Мохенджо-Даро – городе, который существовал в Индии четыре тысячи лет назад и в годы своего расцвета имел сорок тысяч жителей, была раскопана отличная система сбросовых шахт и каналов.

М. Штрелл в своей книге «Вопрос сточных вод» сообщает об отводе сточной воды от одной пирамиды, которая была построена в 2600 г. до н.э. для египетской царицы За-ху-ре (рис. 1.1). Это сооружение обезвоживалось через дренажную линию, изготовленную из медных листов с толщиной стен 1,4 мм, с наружным диаметром 47 мм и длиной 1020 мм. Не было заклепок и мест спайки, работали только с простым перекрытием из листового металла.

Египтяне считали все экскременты, особенно урину, лечебными. Урина применялась при лечении глазных болезней. Как пишет историк Геродот, слепой царь Терон был вылечен уриной женщины, на которой он позже женился. Этим можно объяснить тот факт, что египтяне считали навозных жуков божествами. Насекомое, которое живет в навозе и из него катает шарики, для египтян было отражением мира, солнцем, богиней

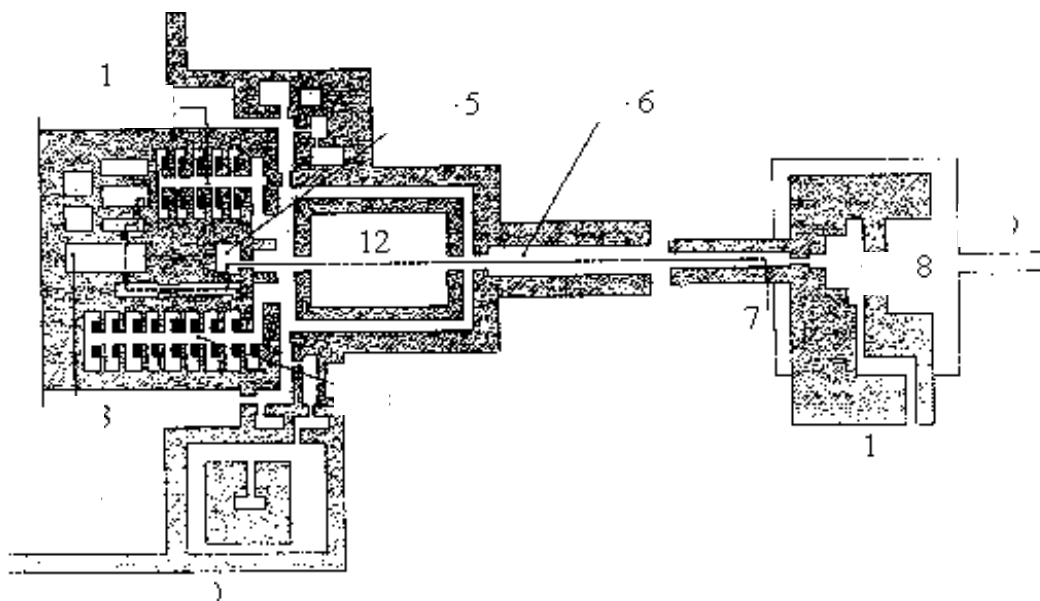


Рис. 1.1. Отвод сточной воды от пирамиды египетской царицы За-хуре:

1 – двор пирамиды; 2 – камера сокровищ; 3 – святое место; 4 – жертвенник (алтарь); 5 – бассейн; 6 – дренажный канализационный канал; 7 – выход канала; 8 – портик; 9 – рампа; 10 – пирамида царицы; 11 – строительство ворот; 12 – двор с колоннами.



Рис. 1.2. Акведуки (мосты-водоводы) в Риме.

Изидой и богом плодородия и подземного царства Осирисом.

Римляне имели познания в водоснабжении и утилизации отходов.

Тратя большие средства, они строили известные акведуки (мосты-водоводы), чтобы отводить чистую воду из гор в город (рис. 1.2). При благоприятных условиях сточные воды отводились по каналам. В общественных сооружениях для отправления естественной надобности предусматривалась постоянная промывка водой (рис. 1.3). Римляне и греки использовали также переносные вазы, содержимое которых выливалось в канализацию. Сообщается, что каналы Рима были так велики, что под улицами города можно было плавать на лодке, по этим каналам мог бы проехать даже воз с сеном. Напор воды был часто очень плохим, из-за чего образовывался осадок. В 1332 г. до н.э. римский полководец Агриппа повелел за его собственные деньги почистить клоаки Рима. Для этой цели он открыл семь шлюзов, которые накапливали доставленную в Рим воду, и приказал, чтобы эту воду семью одинаковыми ручьями направили в подземные своды. После этой акции Агриппа проплыл на лодке по очищенным каналам до самого впадения их в Тибр.

Каналы затем много раз перестраивались. В последующие столетия они расширялись, реконструировались и изменялись. Во времена императоров инспекцию каналов проводили на лодке: размеры «Клоаса Махима» достигали 3 м в ширину и до 4 м в высоту (рис. 1.4). В первые столетия римляне использовали при строительстве природные камни (туф, известняк, вулканическую лаву), в более поздние времена – римский бетон. Сегодня «Клоаса Махима» не функционирует, но хорошо сохранилась. Она свидетельствует о высоком уровне инженерного строительства, о достижениях древних римлян в области гигиены и санитарии.

Существовали также районы города, не имевшие каналов, где содержимое отхожих мест (выгребных ям) выпускалось в канавы. Кроме денег за



Рис. 1.3. Общественные сооружения для отправления естественной надобности в Риме.

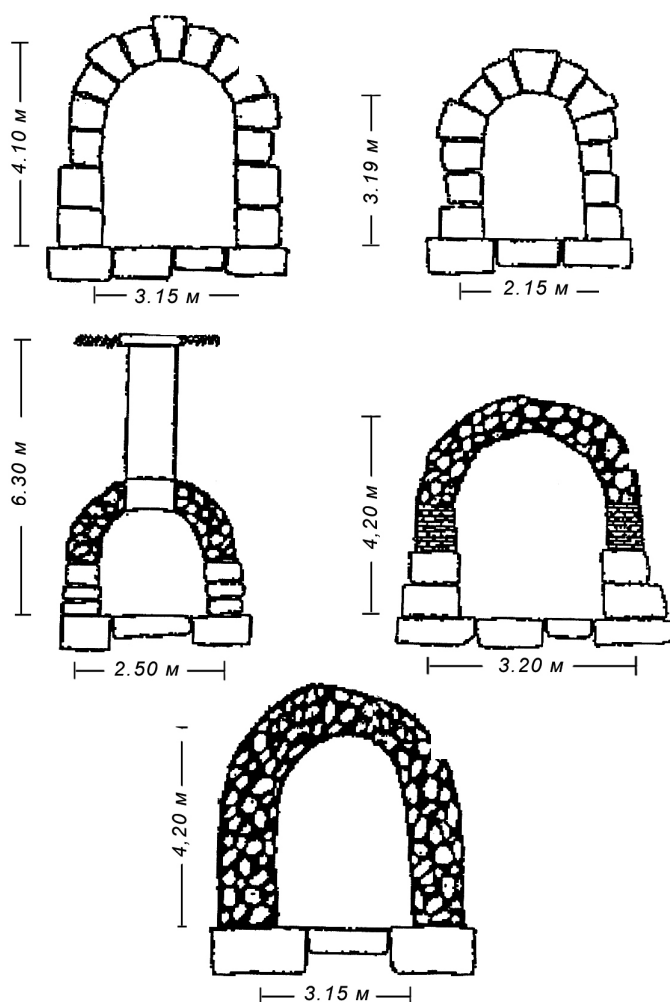


Рис. 1.4. Конструктивные решения канализационной сети «Слоаса Махіма» Древнего Рима: *а* – вблизи форума Августа; *б*, *в* – около Виа дель Велабро; *г*, *д* – вблизи форума Романула.

пользование отхожими местами, владельцы получали также прибыль благодаря продаже собранных экскрементов садовникам окрестностей Рима.

Это ремесло дало развитие отрасли торговли, которая при Веспасиане облагалась большим налогом. Поговорка «Деньги не пахнут» (*Pecunīd non olet*) дожила до наших дней.

Кроме применения в качестве удобрения, моча с древних времен использовалась как сырье для дубления кож и стирки одежды из шерстяных тканей. В Помпеях повсюду находили изображения и сохранившиеся остатки уриновой прачечной (рис 1.5). Прачки (*Fullonēn*) организовали даже свой профессиональный союз. Их богиней-покровительницей была Миневра, праздник которой ежегодно праздновался 19 марта. Моча была важной добавкой для получения пурпура, о чем сообщал Плиний Старший в I в. н. э.

В Средние века опыт римлян был утрачен. Кал, урина и отходы часто сбрасывали на улицу. Следствием этого стали опустошительные эпидемии. Вот как выглядел Париж в XII в.: немощенные улицы, земля утрамбована и постоянно покрыта грязью и нечистотами. Для бытовых сточных вод не было стоков. Летом все это было окутано густым и отвратительным облаком испарений. Гуси, голуби, птицы, кролики и свиньи плескались в грязной воде на улицах и мешали пешеходам. В 1131 г. свинья пробежала между ног лошади, на которой ехал 15-летний сын Людовика Толстого. Принц был сброшен лошадью и умер. После этого было запрещено свиньям бегать по улицам.

Здания, которые стояли рядом с ручьями или реками, имели в Средние века маленькие эркеры, через которые фекалии выбрасывали непосредственно в канавы со сточной водой. Подобные канавы были расположены и между зданиями.

Для сбрасывания экскрементов служили также водоотводные

канавы, которые были построены как инфильтрационные. В богатых домах выгребные ямы вычищались каждые семь лет. Имелись случаи с сорокалетним циклом. Большинство ям просто закладывали камнем (замуровывали), а потом заново открывали и использовали. Чистка выгребных ям проходила с большими трудностями, и нередко рабочие умирали от отравления сероводородом. Это побудило французское правительство в конце XVIII в. проводить исследования природы газов и прийти к выводу о необходимости вентиляции.

Большая чистка таких отхожих мест при отсутствии строительной безопасности часто приводила к ужасным последствиям. Когда кайзер Фридрих Первый в 1183 г. проводил заседание во дворе эрфуртского рейхстага, подгнившие балки роскошного зала обрушились, и члены рейхстага упали в полную нечистот выгребную яму, которая располагалась под этим залом. Там нашли свою смерть три князя, пять графов, многочисленные представители высшего сословия и более ста рыцарей. Кайзер смог спастись только благодаря тому, что выпрыгнул из окна.

Позже во многих европейских городах разработали систему бочек (бочковую систему): экскременты содержались в резервуарах, которые ночью увозили и опорожняли (рис. 1.6).

Устройство канализации в населенных местах качественно изменило ситуацию в градостроительстве, вызвало новый подход к вопросам планировки и застройки городов.

После длительного периода застоя в Средневековье интенсивное строительство канализации началось в Европе лишь в XIX веке. Наибольший размах оно получило в Англии, которая одной из первых встала на путь промышленного развития, сопровождавшегося быстрым ростом городов. Канализационные системы, хотя и малосовершенные, в 1833 г. существовали более чем в пятидесяти городах (рис. 1.7). Значительно позже началось строительство канализации в Германии (в



Рис. 1.5. Уриновая прачечная в Помпеях.

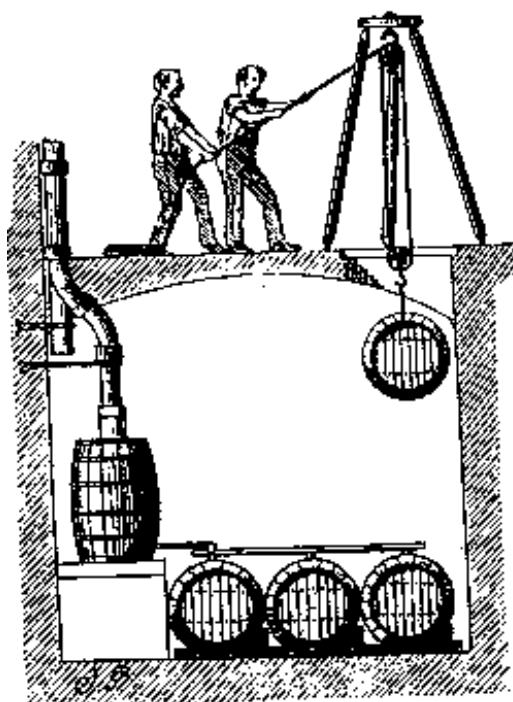


Рис. 1.6. Система бочек (бочковая система) для хранения экскрементов.

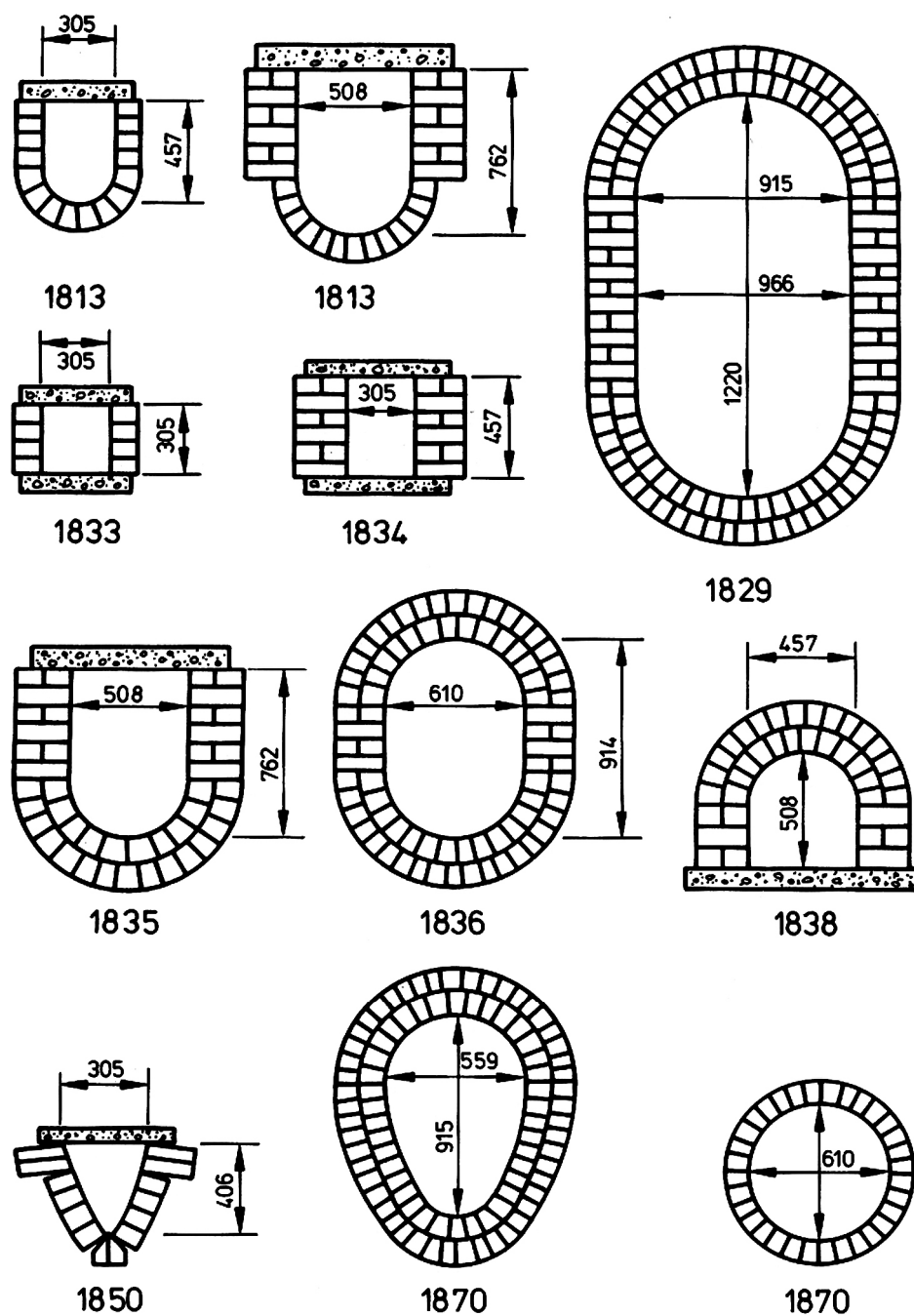


Рис. 1.7. Профили эксплуатируемых кирпичных каналов Манчестера, построенных в 1813–1870 гг. (размеры в миллиметрах).

Гамбурге – 1843 г., Штеттине – 1862 г., во Франкфурте-на-Майне – 1867 г., в Данциге – 1870 г., Берлине – 1873 г. и т.д.). К началу XX столетия в Германии насчитывалось более пятидесяти крупных городов, имеющих канализацию (рис. 1.8, 1.9). Медленно развивалось строительство канализации в городах Франции, хотя в Париже начало этому процессу было положено еще во второй половине XIV столетия. Более быстрыми темпами шло строительство канализации в городах США — к 1902 г. она функционировала почти в тысяче городов.

Строительство в городах Европы и Америки канализации, которая позволяла только отводить загрязненные сточные воды, не очищая их перед выпуском в водоемы, очень скоро привело к резкому загрязнению последних.

Первой это ощутила Англия – как в связи со значительным развитием городов, так и вследствие маловодности рек, не обеспечивающей необходимого разбавления сточных вод и самоочищения водоемов. Поэтому еще в 1861 г. в Англии был издан закон об очистке сточных вод и освобождении их перед выпуском в реки от фекальных масс и гниющих веществ. Затем на основании работы специальных комиссий в 1870 и 1876 гг. были установлены нормы очистки сточных вод при выпуске их в реки в зависимости от степени разбавления.

Потребовались большие усилия и современные научные методы, чтобы выявить причины неправильного развития систем канализации и планомерно устранить недостатки. Основы гигиены были созданы в середине XIX века Максом фон Петтенкофером. Он решительно выступил против выгребных ям, которые в 1874 г. в Мюнхене часто находились в непосредственной близости от колодцев. Фон Петтенкофер провозгласил тезис: «Грехи против гигиены могут быть оплачены смертью». В трех эпидемиях холеры и четырех эпидемиях тифа, которые случились при его жизни в Мюнхене, умерли тысячи людей. Он был уверен, что продукты разложения сточных вод отравляют воздух, который, попадая в дома,

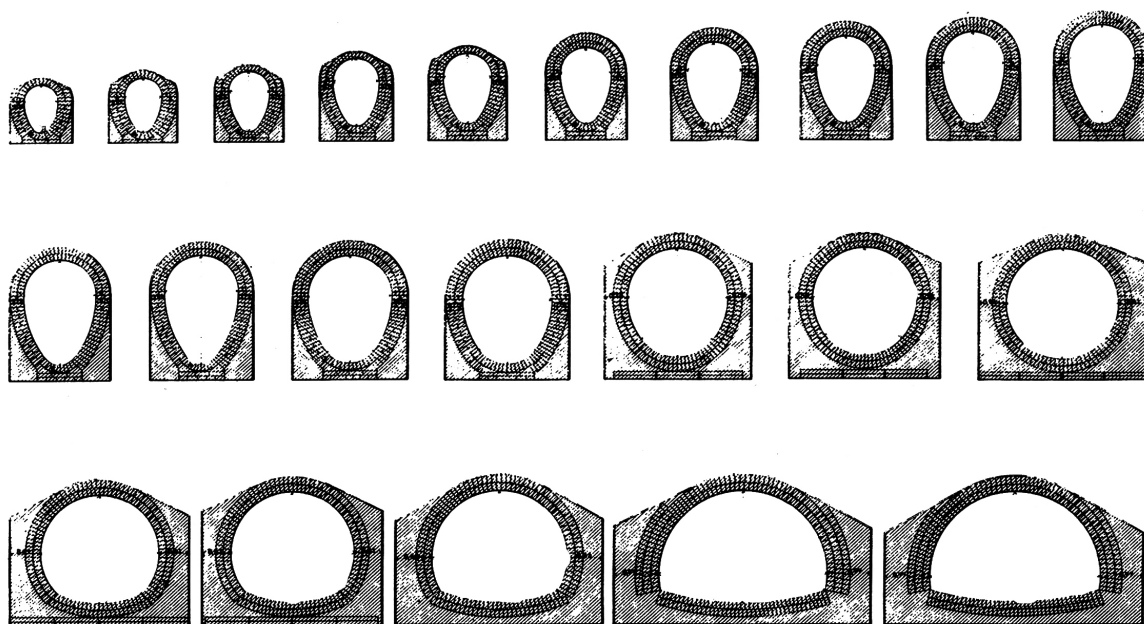


Рис. 1.8. Профили канализационных сетей Берлина (1890 г.)

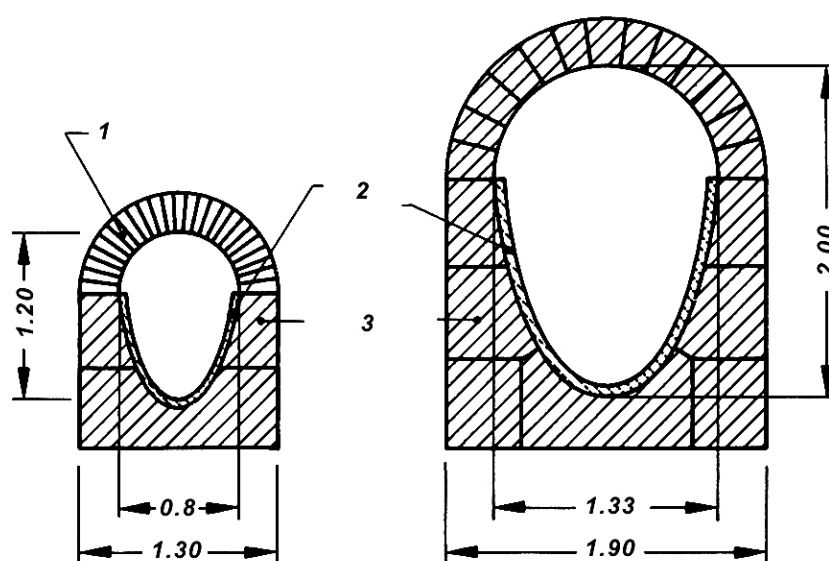


Рис. 1.9. Канализационные каналы Дрездена из песчаника (1900 г.):
1 – кирпич; 2 – цементная штукатурка; 3 – песчаник.

становится причиной болезни людей. По его расчетам, человек вдыхал в день девять тысяч литров воздуха, в то время как употреблял воды только три литра. Поэтому фон Петтенкофер был убежден, что болезни переносятся по воздуху. Он также требовал разделить питьевую воду от сточных вод. Но его научное обоснование проблемы было неправильным.

В 1876 г. Роберт Кох впервые обнаружил в бациллах сибирской язвы живой организм, который являлся причиной инфекционного заболевания. В 1882 г. он открыл возбудитель туберкулеза, а через год возбудитель холеры, который передается через питьевую воду. За свои открытия в 1905 г. Роберт Кох получил Нобелевскую премию.

В середине XIX века необходимость создания системы канализации стала ощущаться особенно остро. Спор шел о том, какие при этом должны использоваться способы. Так, голландский инженер Лирнур предложил путь отсасывания сточных вод. Такой способ осуществили в Амстердаме, Лейдене и Дортрехте. Но в основном применялась промывная канализация.

В 1840–1843 гг. было исследовано состояние канализации в пятидесяти городах Англии. Только в единственном случае канализационные сооружения были удовлетворительными, в семи – сносными и в 42 случаях – ужасными. Статистический отчет заканчивался выводом о том, что общая смертность пропорциональна плотности населения, но не в последнюю очередь зависит от циркуляции воздуха в домах и от средств гигиены. Согласно статистике, из-за нехватки гигиенических средств ежегодно должно было умирать 160 тысяч человек.

Создание системы канализации повлекло за собой проблему, связанную с питьевой водой. Вильям Филипс Дунбар, директор Государственного института гигиены в Гамбурге, в своей книге так описывает состояние рек в Англии: «Дети получают удовольствие от того, что поджигают пузырьки газа, которые появляются в течении реки по судоходным участкам пути каналов. И вот вспыхивает высокое пламя,

которое тянется на 100 метров по поверхности воды. В большом количестве на реках плавают трупы животных. То здесь, то там их выбрасывает на берег. И никто не несет ответственности за то, что их не убирают».

Для проверки состояния воды в реках Англии были созданы три комиссии, которые работали в 1866, 1870 и 1871 гг. и представили свои отчеты.

Дунбар пишет: «Научную оценку методов очистки сточных вод мы получаем благодаря работе английской комиссии, созданной в 1868 году». Ее председателем был сэр Эдвард Франкланд, ученик Либига и Бунзена. Год 1868 сегодня можно назвать годом начала исследований систем водоотведения. Благодаря усилиям Макса фон Петтенкофера начал издаваться специальный журнал «Инженер здоровья», где существовали разделы «Газ» и «Вода».

В России первые подземные каналы для отвода сточных вод были устроены еще в XIV в. (Новгород, Кремль в Москве). Однако в последующем в области канализационного строительства Россия отставала от других стран. В XVIII в. в Петербурге были сооружены каналы, в том числе крупные (3,8 x 3,6 м), для отвода атмосферных вод. В эти каналы поступали и бытовые воды. В 1832 г. протяженность водостоков Петербурга составляла уже 95 км и превышала протяженность сетей Парижа.

В Москве к 1825 г. построены крупные Самоотечный и Неглинный каналы для отвода атмосферных и сточных. В 1829 г. начато строительство канализации в г. Старая Русса. Затем канализация была сооружена в других городах Российской империи: Феодосии (1840 г.), Одессе и Тифлисе (1874 г.), Царском Селе (1880 г.), Гатчине (1882 г.), Ростове-на-Дону и Киеве (1893 г.) (рис. 1.10), Москве (1898 г.), Саратове и Севастополе (1910 г.), Харькове (1914 г.); (рис. 1.11), в Нижнем Новгороде (1916 г.). Уже в то время некоторые города (Москва, Одесса, Киев) имели



Рис. 1.10. Эксплуатируемый до наших дней канализационный коллектор в г. Киеве построенный во время губернаторства генерала Прозорова (1904 г.).



Рис. 1.11. Канализационный коллектор в Харькове в процессе строительства (1914 г.).

достаточно совершенные очистные сооружения в виде полей орошения.

В период индустриализации вместе с ростом городов началось более быстрое строительство систем канализации. Были сооружены очистные станции во многих городах и поселках: Сочи, Харькове, Кисловодске, Магнитогорске, Кунцево и др., построен ряд новых станций аэрации в Москве, в том числе крупнейшие Курьяновская и Ново-Курьяновская с пропускной способностью около 2 млн. м³/сут, и Люберецкая, с пропускной способностью около 1,5 млн. м³/сут.

В последующие годы при строительстве канализационных сооружений большое распространение получили индустриальные методы, в частности щитовая проходка при прокладке коллекторов, применение сборных конструкций коллекторов и сооружений; были разработаны и применялись типовые проекты.

Это позволило намного ускорить проектирование, снизить затраты труда, использовать прогрессивные методы проведения работ, более совершенные строительные конструкции. Возведено много сооружений для очистки отработанных производственных сточных вод от предприятий различных отраслей промышленности.

Для обслуживания непрерывно растущего городского населения (при повышающихся нормах водопотребления и водоотведения) потребуется значительно увеличить пропускную способность городских канализаций. В связи с этим в течение ближайших лет необходимо удлинить протяженность канализационных сетей, а также разработать методы их ремонта и восстановления.

1.2 Конструктивные решения эксплуатируемых трубопроводов и коллекторов

На протяжении десятилетий и даже столетий трубы для устройства

канализации изготавливаются из разных материалов, в зависимости от назначения трубопровода, состава сточных и грунтовых вод. Самотечную канализационную сеть устраивают, как правило, из керамических, асбестоцементных и безнапорных железобетонных труб, а коллекторы больших диаметров – из железобетонных труб или сборных железобетонных элементов.

Для транспортирования сточных вод при самотечном режиме применяются закрытые и открытые лотки, каналы различных форм и площади поперечных сечений (рис. 1.12).

При проектировании, строительстве и реновации водоотводящих сетей отдается предпочтение трубам круглого сечения. В таких трубах обеспечиваются благоприятные прочностные условия работы стенок. Действие внешних нагрузок – от окружающего грунта, подземных вод, наземного транспорта, различных подземных и наземных строений, – а также собственного веса приводит лишь к их сжатию (прогибу), при котором удовлетворительно работают многие материалы. При этом прогиб может стабилизироваться после уплотнения грунта и образования грунтового свода. Полностью исключить прогиб или свести его к минимуму, например от давления засыпки, можно, если использовать трубы высокой жёсткости (с толстой стенкой или высоким модулем упругости).

Траншейная прокладка трубопроводов из круглых труб нормальной прочности допускается на глубину до 3–6 м, а усиленных – до 5–6 м (над верхом трубопровода), труб с плоской подошвой нормальной прочности до 4–6 м, а усиленных – до 6–8 м с учетом степени уплотнения грунта, временной нагрузки на поверхности земли и типа основания.

Такие трубы изготавливают из бетона класса не ниже Б 25, испытание труб на прочность проводят по ГОСТ 10180–67, а испытания на водонепроницаемость – при давлении 50 кПа.

Если транспортируемая жидкость является агрессивной по

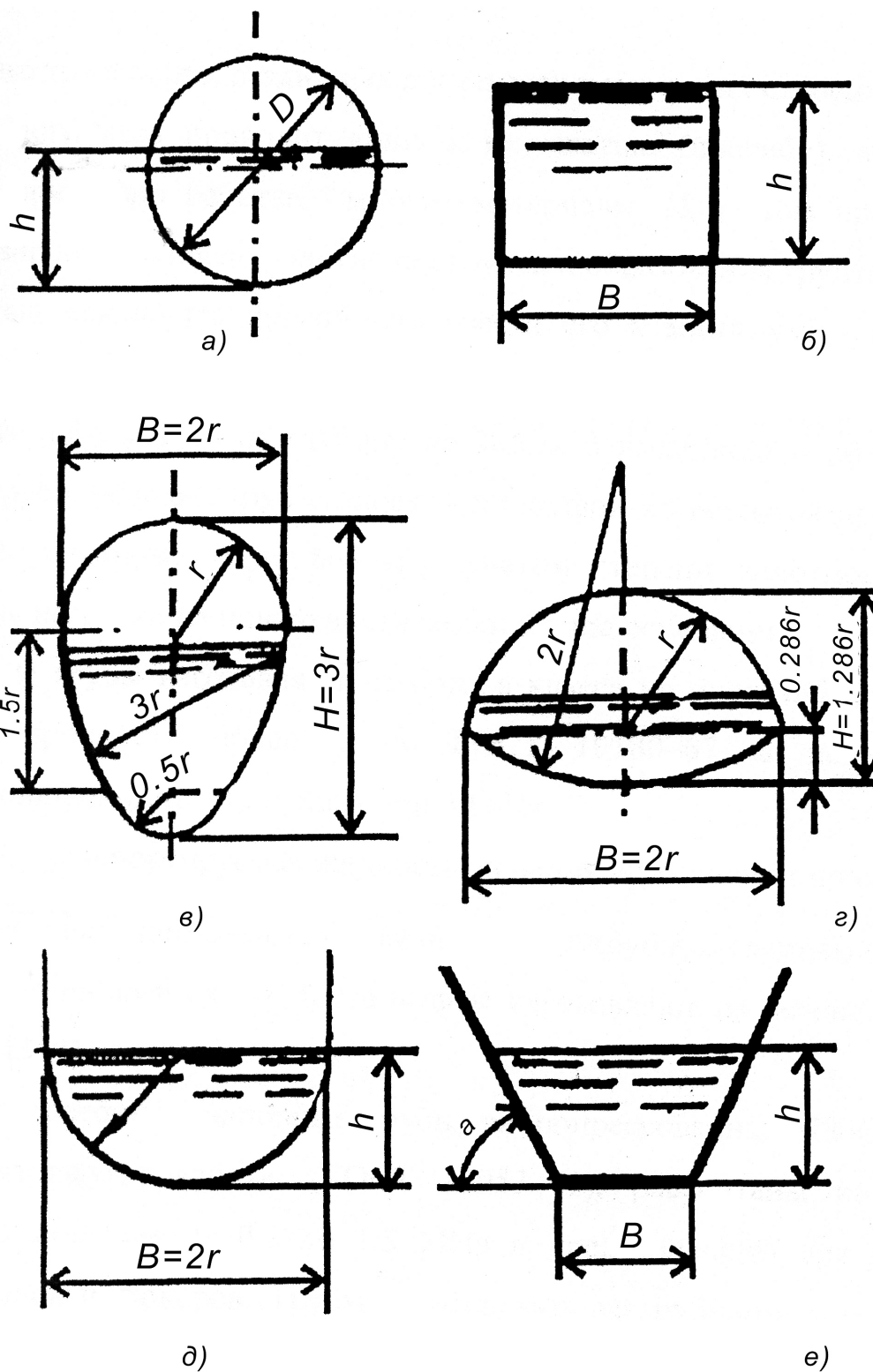


Рис. 1.12. Площадь поперечного сечения канализационных трубопроводов и коллекторов:

a – круглое; $б$ – прямоугольное; $в$ – яйцевидное или овальное; $г$ – лотковое; $д$ – полукруглое; $е$ – трапецидальное.

отношению к бетону труб, а также если трубы проложены в агрессивных грунтах, то используют трубы из бетонов, стойких к данному виду агрессии.

В практике применяются и безнапорные трубы с гладкими концами, соединяемые на муфтах. Трубы и муфты изготавливают из бетона класса не ниже Б 25.

Железобетонные напорные трубы, вибропрессованные (ГОСТ 12586–67) и центрифугированные (ГОСТ 16953–71), рассчитаны на высокое внутреннее давление от 0,2 до 1,5 МПа и предназначены для напорных трубопроводов и дюкеров. Трубы изготавливают раструбными и с гладкими концами, с предварительно напряженной арматурой и со стальным сердечником длиной до 5 м на рабочее давление до 1 МПа.

Керамические трубы (рис. 1.13) изготавливают из глины, сланца или их комбинаций при измельчении и смешивании компонентов с небольшим количеством воды.

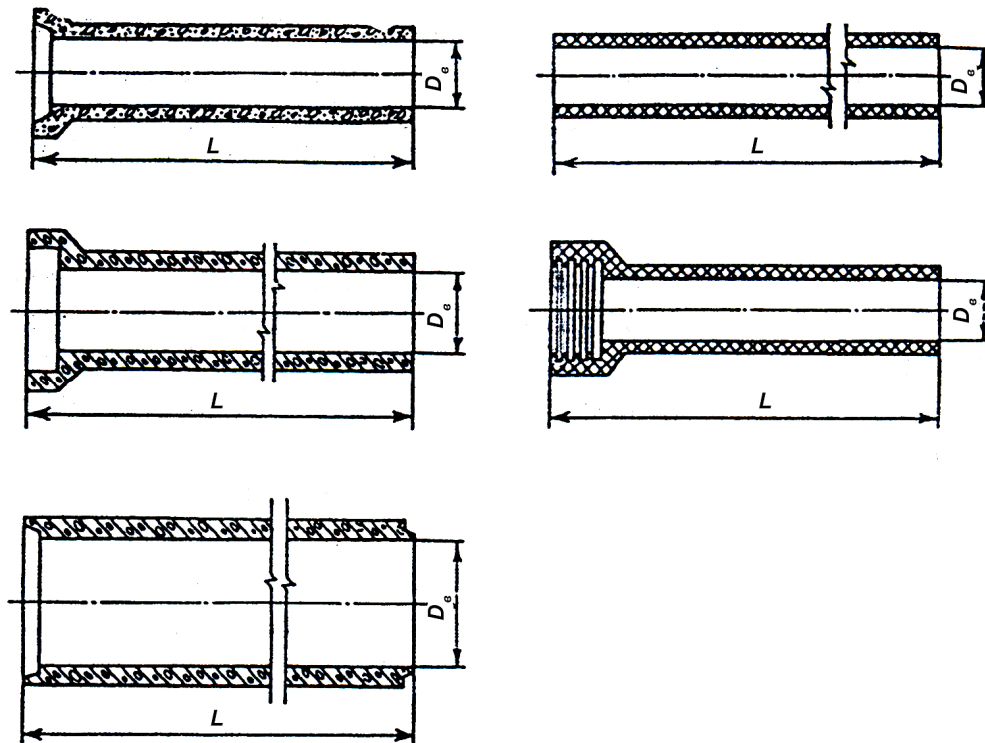


Рис. 1.13. Типы безнапорных труб для дождевых сетей: *а* - бетонная; *б* - железобетонная раструбная; *в* - то же, фальцевая; *г* - асбесто-цементная; *д* - керамическая.

Увлажненная глина прессуется под большим давлением, в результате чего образуются трубы требуемого очертания, которые сначала высушивают, а затем обжигают в печи. Керамические трубы могут иметь как стандартную, так и повышенную прочность.

Кислотостойкость их выше 90 %. В соответствии с ГОСТом трубы должны выдерживать внутреннее давление 2 атм. и внешнюю вертикальную нагрузку на 1 пог. м шельги трубы — 200 кг/м для труб диаметром до 300 мм, при диаметре до 500 мм — 2500 кг/м, для 500 мм и выше — 3000 кг/м. Ориентировочный вес и основные размеры керамических труб приведены в табл. 1.1, длина труб — 800 или 1000 мм.

Таблица 1.1

Характеристика керамических труб

Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр раструба, мм	Внутренний диаметр раструба, мм	Вес трубы длиной 1,0 м, кг
125	18	231	195	25
150	19	262	224	32
200	20	322	282	41
250	22	384	340	55
300	25	448	398	65
250	28	512	456	79
400	30	570	510	115
450	34	636	568	140
500	36	694	622	156
550	39	756	678	180
600	41	816	734	210

Применение керамических труб не рекомендуется при макропористых просадочных грунтах III категории просадочности и при сейсмичности выше 9 баллов. Для грунтов I и II категории просадочности применяют

трубы диаметром до 250 мм. Керамические трубы плохо воспринимают динамические нагрузки, поэтому не употребляются при малом заложении на проездах с интенсивным движением. При агрессивных (кислых) сточных водах нужно применять керамические трубы.

Асбестоцементные трубы используют для строительства самотечных и напорных трубопроводов. Исходные материалы для изготовления труб — цемент, кремнезем и асбестовое волокно. Трубы прессуют под высоким давлением и подвергают тепловой обработке для достижения нужной прочности. Асбестоцементные трубы отличаются долговечностью, имеют гладкую внутреннюю поверхность, не нуждающуюся в защитном покрытии. Стыковые соединения состоят из наружных муфт и гибких резиновых колец. Асбестоцементные безнапорные канализационные трубы выпускают диаметром от 100 до 1050 мм и длиной 4 м.

Чугунные литые трубы или трубы из ковкого чугуна применяют в напорных магистралях, обратных сифонах, на насосных станциях и очистных сооружениях, а также там, где трудно выдерживать минимально допустимые расстояния между канализационными и водопроводными магистралями и имеются плохие грунтовые условия.

Мероприятия по совершенствованию структуры трубопроводов прежде всего направлены на повышение их качественных показателей, таких, как надежность и долговечность. Поэтому во всех странах при новом строительстве, ремонте и восстановлении систем водоснабжения и водоотведения вместо традиционных стальных, чугунных и других труб широко применяют неметаллические трубы, в том числе железобетонные и керамические, а начиная с середины 1960-х годов - трубы из полимерных материалов.

Промышленное производство труб из полиэтилена низкого давления (высокой плотности) началось в 1950-х годах. С тех пор благодаря высоким физическим и механическим характеристикам трубы из полиэтилена заняли ведущее место во всем мире, обеспечивая потребности

многих отраслей промышленности, сельского и жилищно-коммунального хозяйства. Особенность и привлекательность труб состоит еще и в том, что с развитием нефтехимии, совершенствованием технологии производства появляются все новые разработки труб, полученных из того же сырья, но с существенно улучшенными свойствами. В начале промышленного производства (1950-1960 гг.) трубы из полиэтилена марок ПЭ-32 и ПЭ-63 по своим показателям были отнесены к трубам первого поколения. В 1970-х годах были предложены трубы второго поколения из ПЭ-80, а в настоящее время потребители все больше ориентируются на трубы третьего поколения ПЭ-100. По некоторым данным, во всем мире их уже использовано около 150 тыс.т, а ежегодный прирост производства составляет в среднем 20%.

Важным преимуществом труб из полиэтилена является их повышенная сопротивляемость агрессивным средам, растрескиванию при высоких температурах и механическим повреждениям, которые часто имеют место при восстановлении трубопроводов способом бестраншейного ремонта.

Полиэтиленовые трубы выпускаются по ГОСТ 18599-83.

Трубы из стеклопластиков или на их основе получили распространение благодаря своей прочности и устойчивости к действию агрессивных сред. Небольшая масса стеклопластиковых труб (в 5 раз легче стальных) позволяет значительно снизить трудовые затраты при выполнении монтажных работ.

Высокие диэлектрические свойства и малая теплопроводность труб из стеклопластика позволили расширить границы их применения в строительстве трубопроводов. Гладкая внутренняя поверхность трубы обеспечивает невысокий коэффициент трения жидкости и препятствует отложению твердых веществ, что способствует повышению пропускной способности труб и уменьшению мощности насосных станций. Повышенная коррозионная стойкость трубопроводов из стеклопластика

дает возможность применять их в грунтах с агрессивной средой.

При производстве труб из стеклопластиков в качестве исходных материалов используют полиэфирные, фенольные, эпоксидные, фурановые и другие смолы и стеклонаполнитель - ровинг, нити, ткань, тканые ленты, стеклошпон др.

Испытания стеклопластикового покрытия на прочность, солестойкость, влагостойкость, сплошность покрытия и др. показали его высокую эффективность.

Полимерные связующие определяют многие свойства стеклопластикового покрытия. Из большого числа связующих можно назвать эпоксидные, полиэфирные, фенолоформальдегидные, фурановые, акриловые и др., а также композиции на их основе. Выбор связующего зависит от конкретных технико-экономических факторов: назначения и условий эксплуатации трубопроводов, вида стекловолокна и др. Участки трубопроводов с внешним стеклопластиковым покрытием успешно эксплуатируются во многих водо- и газопроводах Украины и России.

Стеклопластиковые трубы диаметром 1000 мм и более используют в качестве безнапорных в Швеции, Канаде. В Англии имеется опыт применения труб из стеклопластиков для отвода горючих газов. Долговечность таких труб значительно выше, чем металлических. При толщине стенки 10 мм и диаметре 1200 мм монтаж труб ведут отдельными секциями, которые соединяют на фланцах.

В США были изучены напряженно-деформативные свойства труб из стеклопластика в 380 типичных агрессивных средах. Оказалось, что при температуре 126°C эти трубы могут устойчиво эксплуатироваться в 216 из названных сред.

Английская фирма «Бристол аэроплан пластик» наладила производство фасонных изделий из армированных пластиков для трубопроводов диаметром 100, 150, 200, 300 и 400 мм, работающих под давлением до 1 МПа при температурах до 60 °C. Фитинги из

стеклопластиков изготавливают на основе эпоксидной смолы. Контактные поверхности фитингов для присоединения трубопровода сделаны конусными или резьбовыми, кроме того, предусмотрено склеивание. Применяется стыкование стеклопластиковых труб с помощью накладных муфт.

В зависимости от разновидности армирующего материала и связующего, используемых для изготовления труб, а также от нагрузок их можно эксплуатировать при транспортировании агрессивных сред, к действию которых устойчив материал облицовочного слоя, при температурах от -200 до 110 °С.

Трубопроводы не чувствительны к термическим ударам. Однако при возникновении кристаллических наслоений в трубопроводах разогревать их с помощью открытого огня не разрешается. Трубопроводы, которые расположены в неотапливаемых помещениях или на открытом воздухе и в которых транспортируют в зимнее время замерзающие жидкости, при остановке производства должны быть освобождены от них полностью. Поскольку теплопроводность стеклопластиков низкая, во многих случаях допускается применение их без теплоизоляции. При транспортировании по стеклопластиковым трубопроводам жидкостей на стенках труб накапливается статическое электричество. Отводить его в этом случае нужно через токопроводящий слой лака или краски.

Смонтированные трубопроводы из стеклопластиков подвергают испытанию гидравлическим давлением, в 1,5 раза превышающим рабочее. Эксплуатация трубопровода без такого испытания не разрешается. В целях безопасности воздух из трубопроводов выпускают через вентиль в заглушке, устанавливаемой в наивысшей точке трубопровода. Испытание трубопроводов, имеющих большую протяженность, рекомендуется проводить участками длиной до 500 м.

Стеклопластиковые трубопроводы можно укладывать в незасыпных траншеях. Крепят их металлическими скобами, вмонтированными в стенки

или основание траншей. Сверху такие траншеи перекрывают бетонными плитами. Для наблюдения за состоянием трубопроводов в период эксплуатации через каждые 5-6 м и в местах установки арматуры устраивают смотровые колодцы.

Во ВНИИК (г.Москва) и ПО «Техэнергохимпром» (Минский филиал) разработаны армированные стеклопластиком стеклянные трубы и фасонные части к ним. Труба состоит из стандартной стеклянной заготовки (сердечника), армированной снаружи комбинированным покрытием, включающим эластичный демпфирующий подслои из эластичного полимера и упрочняющий слой из стеклопластика.

Особенностями армированных стеклянных труб являются в 15 и более раз повышенная по сравнению с обычными стеклянными трубами ударная прочность, возможность использования стандартных деталей во фланцевых соединениях.

Армированные стеклянные трубы предназначены для производства напорных, безнапорных и вакуумных трубопроводов, транспортирующих различные высокоагрессивные среды при температурах от -50 до 100 °С с температурным перепадом 80 °С.

Стеклопластиковые трубы (канализационные) изготавливаются диаметром от 400 до 2400 мм, с гладкими концами, а диаметром 2400 мм - с раструбом. Номинальная длина труб 5,5 и 11 м. Эти трубы рекомендуется применять для транспортирования агрессивных сточных вод. Выпуск их в Украине производил Северодонецкое ПО «Стеклопластик» по ТУ 6.11.10.67-82.

Стоимость одного погонного метра диаметром 800 мм примерно 1000 грн.

В последние десятилетия для сетей водоотведения получили распространение трубы из поливинилхлорида. Широкое исследование труб из этого материала проведено датской фирмой «Вавин».

В течение пяти лет фирма «Вавин» проводила выкапывание участков

старых, но нормально функционирующих трубопроводов, чтобы определить их состояние и возможность дальнейшей эксплуатации.

Результаты исследований показали, что наиболее деформированные трубы, эксплуатировавшиеся в течение 30 лет под воздействием повышенных (по сравнению с нормальными) нагрузок, находятся в хорошем состоянии.

Структура материала не претерпела каких-либо изменений. На практике это означает, что трубопровод полностью отвечает необходимым требованиям, причем не было никаких признаков, указывающих на возможность каких-либо изменений в ближайшие 100 лет.

В отношении стойкости трубопроводов к кислотам и к агрессивным средствам необходимо отметить следующее. Наружная поверхность труб была черного цвета вследствие высокой агрессивности почвы. Внутренняя поверхность также изменила цвет, но уже только в местах контакта с транспортируемыми агрессивными стоками. Между тем изменение цвета произошло только по поверхности материала. Каких-либо признаков износа поверхности или внутренних отложений не было.

Исследования состояния трубопроводов с точки зрения коррозионного износа показали, что признаков износа или отложений у труб, использовавшихся для транспортировки сточных и дождевых вод, нет. Кроме того, были проведены микроскопические исследования внутренней поверхности труб и измерения толщины стенок, чтобы выяснить, существуют ли внутренние отложения. Толщина стенки в «омываемой» зоне (контактировавшей с транспортируемыми по трубе отходами) и в «сухой» зоне практически одинакова.

В настоящее время в Украине освоен выпуск труб из поливинилхлорида, максимальный радиус которых составляет 315 мм.

В последние годы в Украине получил распространение опыт использования для ремонтно-восстановительных работ полиэтиленовых рукавов и листов с анкерными ребрами. Этот полимерный материал,

называемый также профилированным полиэтиленом, предназначен для гидроизоляции железобетонных напорных труб и водоводов, химической защиты железобетонных емкостей, подземных сооружений, безнапорных труб и лотков, стеновых панелей и других строительных конструкций.

Важную роль при строительстве и эксплуатации трубопроводов играют стыковые соединения.

Представляет интерес обзор стыковых соединений труб, выполненный в одной из работ профессора Дитриха Штайна (ФРГ).

Одним из традиционных решений соединения керамических труб является использование муфт, глубина которых составляет 70 мм и с номинальным внутренним диаметром, который может увеличиваться до 105 мм. Для размещения уплотняющего материала служит межтрубное пространство шириной 10 - 20 мм между муфтой и другой трубой.

До 1925 г. в качестве уплотнительного материала применялись пластичная глина, цементный раствор или гидравлическая известь. Для того чтобы уплотняющий материал не проникал во внутрь трубы, межтрубное пространство предварительно зачеканивалось прочной 2- 3-х см просмоленной пеньковой прядью. После зачеканивания стыка муфта уплотнялась глиняным или цементным вульстом (рис. 1.14).

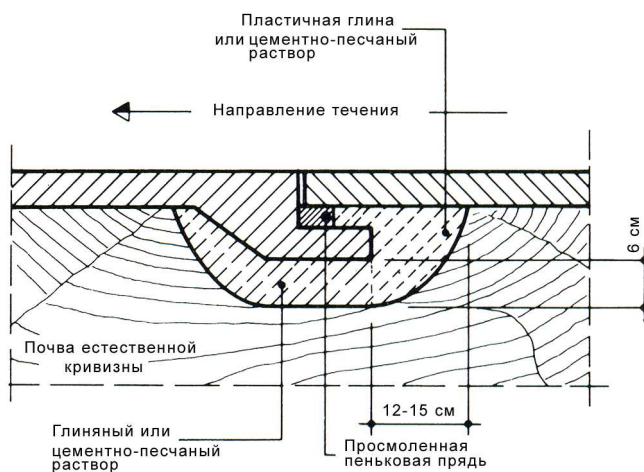


Рис. 1.14 Соединение керамических труб до начала 20-го столетия

Высокая трудоемкость работ с этим уплотнительным материалом, высокая стоимость и нехватка специалистов привело позже к тому, что возникла необходимость в разработке новых уплотнительных материалов, которые давали возможность осуществить соединение, при котором уплотнительные элементы могли прочно крепиться к трубе (рис. 1.15). Здесь речь идёт о появившихся в 1965 г. сменных муфтах для труб диаметром 100...200 мм (рис. 1.16) и сменных муфтах для диаметра 200 мм и выше (рис. 1.17). При сменной муфте образуется кольцевое уплотнение S-образного профиля из каучука-эластомера, который прочно соединён с муфтой уплотнительным элементом. Сменная муфта включает литые полиуретановые и полиэстерные уплотнительные элементы. Для керамической трубы длиной 2,5 м была создана сменная муфта (рис. 1.18). Для соединения труб часть муфты обтачивается таким образом, что присоединённое полимерное выравнивающее кольцо может отделяться. На отшлифованный заострённый конец предварительно монтируется уплотнительное кольцо из каучука и эластомера, которое для предотвращения непредвиденного смещения снабжено стальным кольцом.

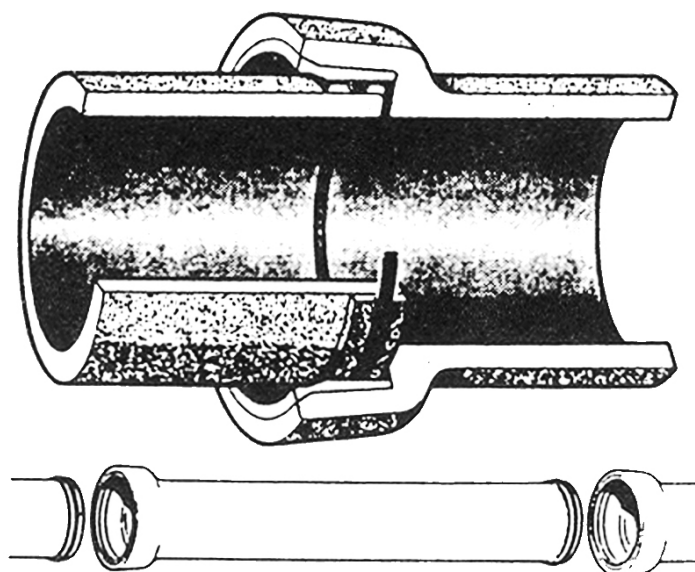


Рис. 1.15. Конусообразное уплотнение керамических труб.

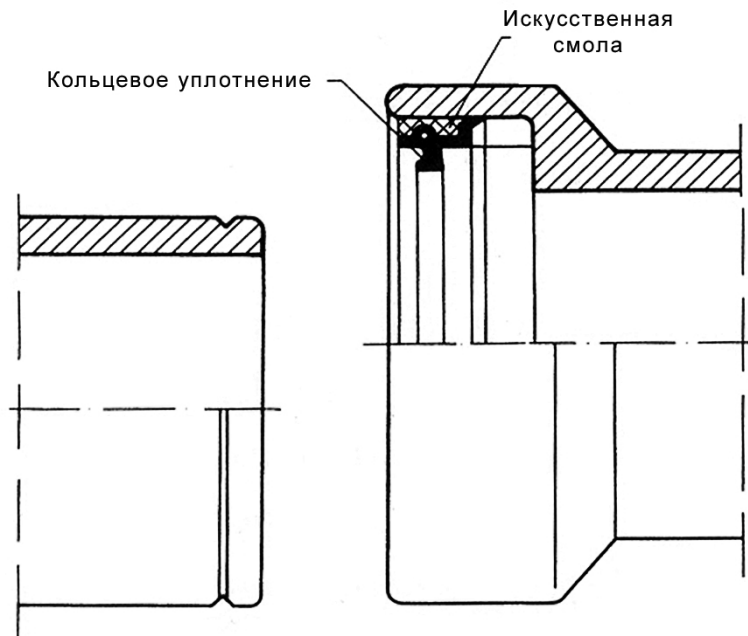


Рис. 1.16. Керамическая труба со сменной муфтой.

Следующим шагом развития стыковых соединений стало соединение труб диаметра 100...300 мм с гладкими концами (без муфты) и с подвижным соединением, состоящим из полипропиленового манжета с двумя уплотнительными профилями из резинового эластомера. Неглазурованные безмуфтовые трубы производятся длиной до 2 м.

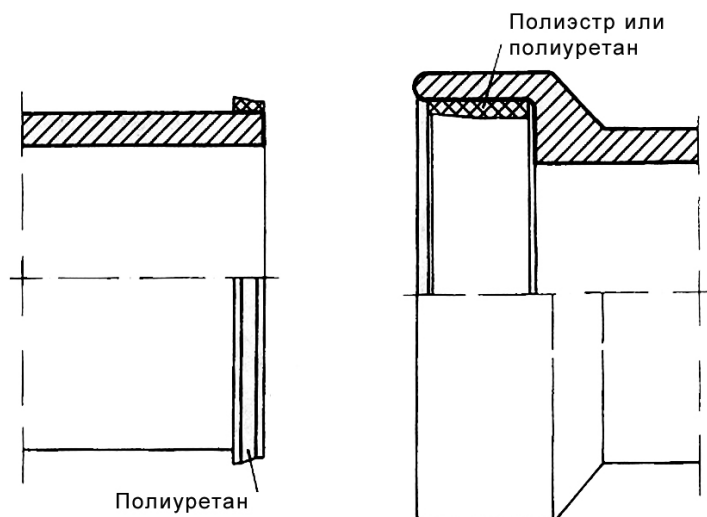


Рис. 1.17. Керамическая труба со сменной муфтой.

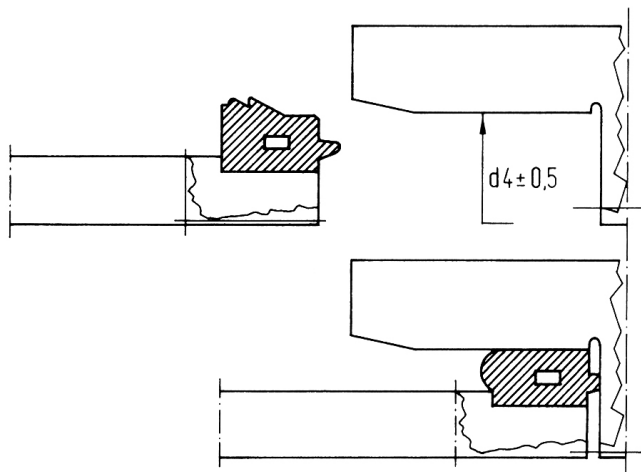
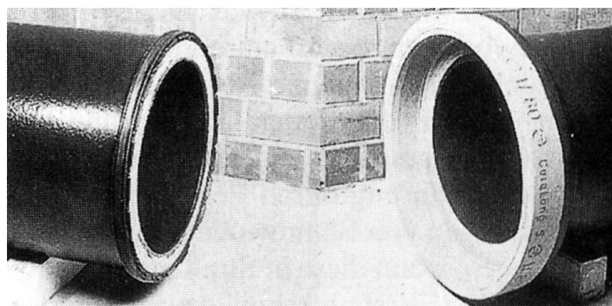


Рис. 1.18. Керамическая труба со сменной муфтой.

В качестве муфтового соединения для труб из чугуна в ФРГ в 1957 г. было разработано титановое соединение (рис. 1.19 а,б). Оно имеет плотно установленный центрирующий узел для предотвращения децентрированного движения.

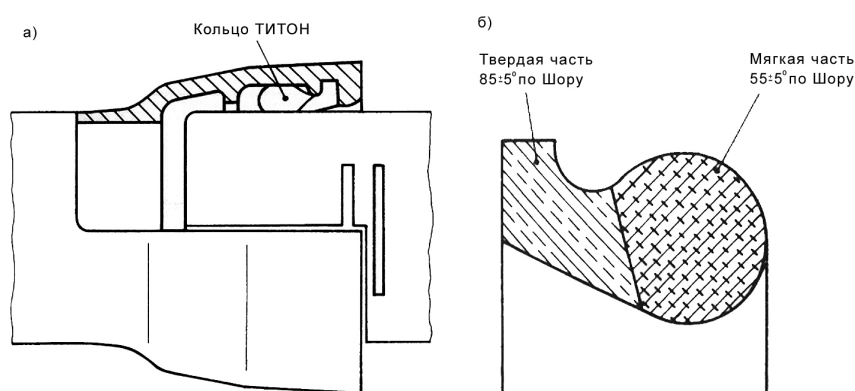


Рис.1.19. Соединение чугунных труб сменной муфтой системы ТИТОН

а) поперечный разрез системы; б) поперечный разрез уплотнительного кольца ТИТОН.

Титоновое соединение может также образовываться как продольное ключевое соединение. Для этого на заострённые концы наносится сварочный вульст. Это происходит обычно в заводских условиях путем сваривания с использованием защитного газа, но может также осуществляться на стойплощадке при обрезных трубах путём электросварки. После соединения труб наносится и закручивается фиксирующий элемент при помощи выполненного в заводских условиях гнезда в зазоре сменной муфты (рис. 1.20).

Наиболее распространённым для бетонных труб является соединение в фальц. При разработке этого соединения выполнялось требование, чтобы один и тот же производитель для определённого размера трубы выполнял всегда одинаковое соединение в фальц, где глубина пазов составляла от 15мм до 60мм в зависимости от ширины трубы (рис. 1.21).

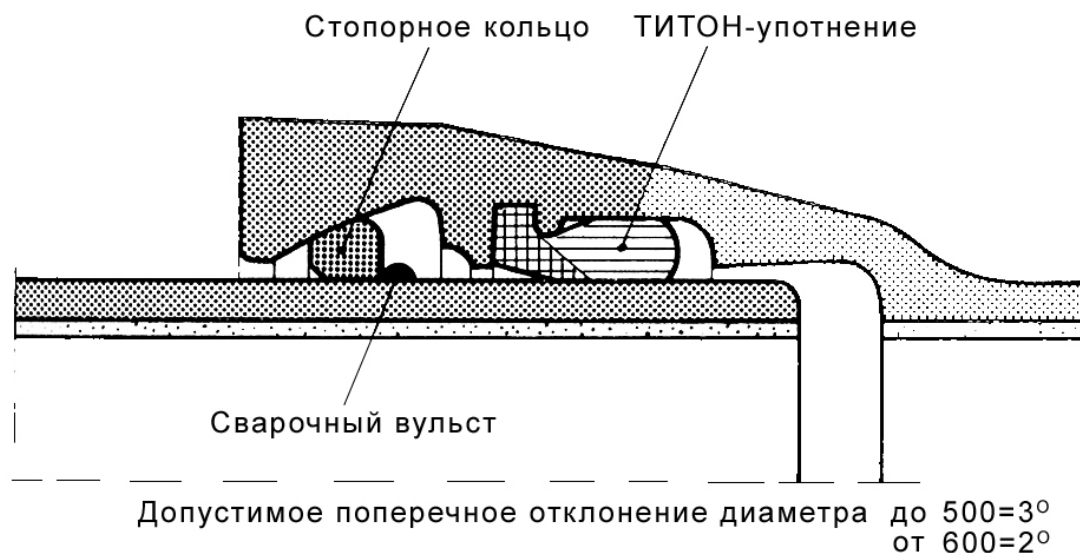


Рис. 1.20. Соединение ТИТОН, имеющее повышенную сопротивляемость разрыву.

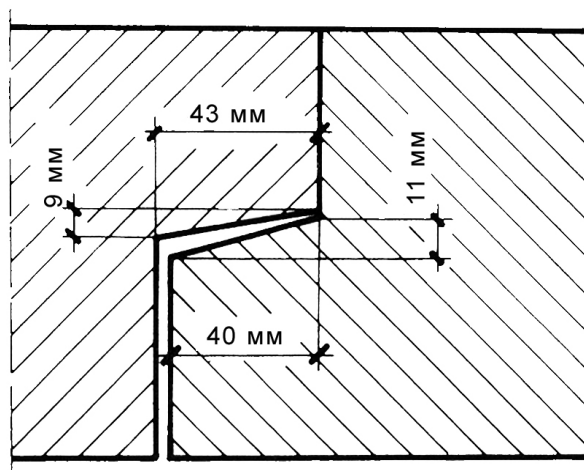


Рис. 1.21. Соединение в фальц бетонных труб фирмы Dyckerhoff & Widmann с 40 мм глубиной фальца.

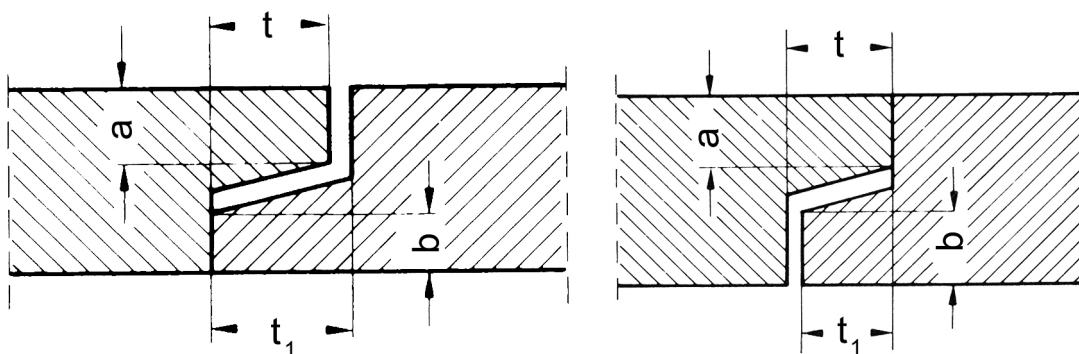


Рис. 1.22. Соединение в фальц.

Уплотнение соединения труб производилось с помощью цементного раствора, в соотношении 1 часть цемента к 1 части мелкого песка, который наносился в паз трубы до соединения её с другой трубой. После этого замазывались наружные стыки и по возможности внутри и вокруг стыка накладывалось утолщение из цементного раствора. Первое определение массы для соединения в фальц содержится в нормативных документах, разработанных в 1939 г. Оно определяло минимальную глубину фальца 25 мм при использовании труб диаметра до 500 мм или 400/600 мм. При этом фальц должен был быть длиннее, чем паз; а при большем диаметре короче (рис. 1.22).

С 1951 г. появились пластиковые, обработанные холодным методом уплотнительные материалы в форме лент (поясов) для соединения в фальц (рис. 1.23), а так же замазки и шпатлёвки для труб с фальцем, а также с муфтой. При использовании обоих уплотнительных материалов свободный зазор между трубами должен быть полностью заполнен.

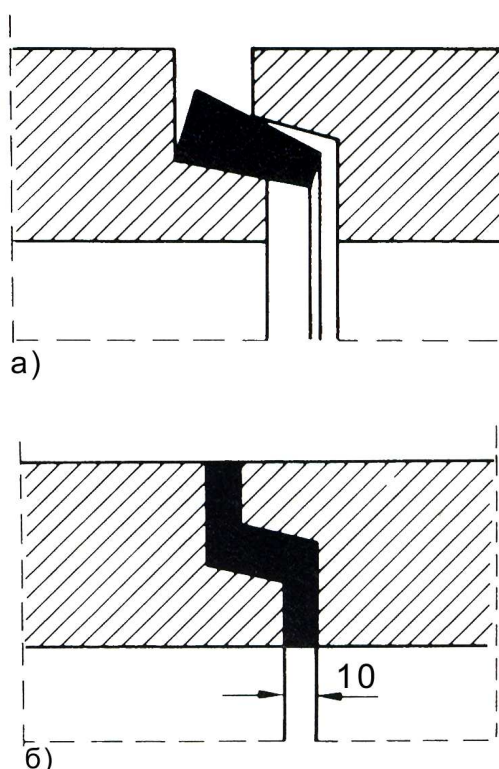


Рис. 1.23. Уплотнительная лента из пластика в трубах с фальцем:

а) до соединения труб; б) после соединения труб.

Для бетонных труб, изготовленных с применением стальной фибры диаметром меньше или равным 1200 мм в качестве соединительного элемента, допускается плотно вмонтированное в муфту контактное уплотнительное кольцо (рис. 1.24, 1.25, 1.26). Для стале-фибро-бетонных труб с диаметром больше, чем 1200 мм также допускается плотно вмонтированное в муфту контактное уплотнительное кольцо (рис. 1.24, 1.25).

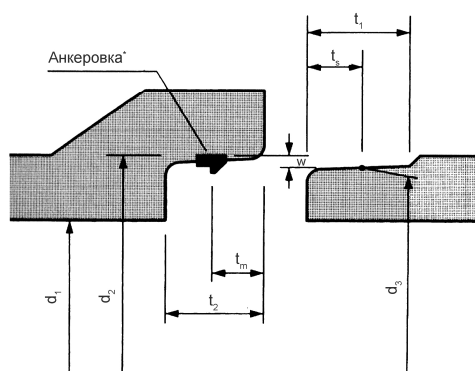


Рис. 1.24. Стале-фибро-бетонные и железобетонные трубы: контактное уплотнительное кольцо с прочно вмонтированным в муфту уплотнительным материалом.

(*) Анкеровка уплотнительного материала согласно данным производителя.

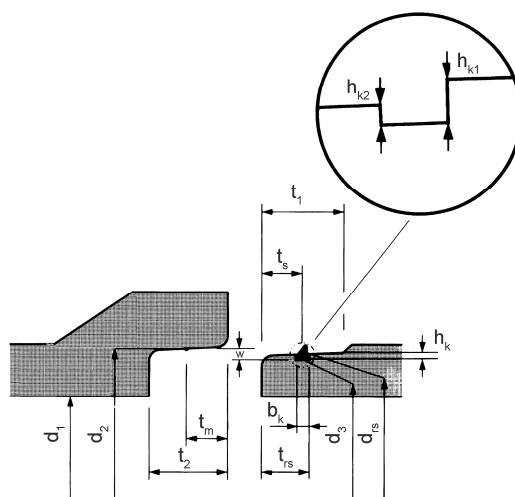


Рис. 1.25. Стале-фибро-бетонные и железобетонные трубы: контактное уплотнительное кольцо с камерным образованием.

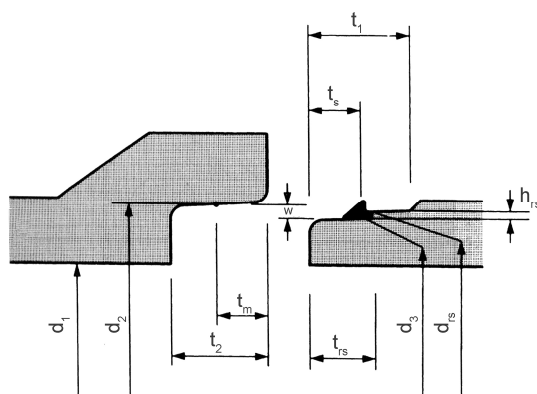


Рис. 1.26. Стале-фибро-бетонные и железобетонные трубы: контактное уплотнительное кольцо со ступенчатым образованием.

В железобетонных трубах диаметром до 600 мм зачеканка швов выполняется с использованием цементно-песчаного раствора или асфальтобетона на мелком заполнителе (рис. 1.27).

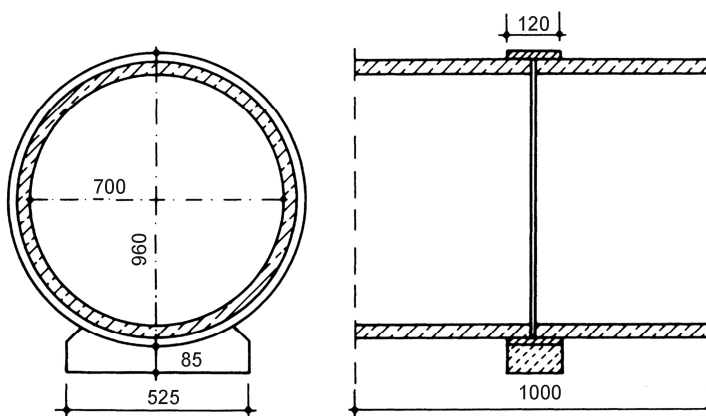


Рис. 1.27. Железобетонные трубы с подвижным (сгонным) кольцом.

Самым распространённым видом эластомерного уплотнения является уплотнение с помощью вращающегося кольца (рис. 1.28, 1.29, 1.30). Кольцо из эластомера одевается с предварительной деформацией на конец трубы и путём вращения, при одновременной деформации во время надвигания муфты соседней трубы, возвращается в своё конечное положение.

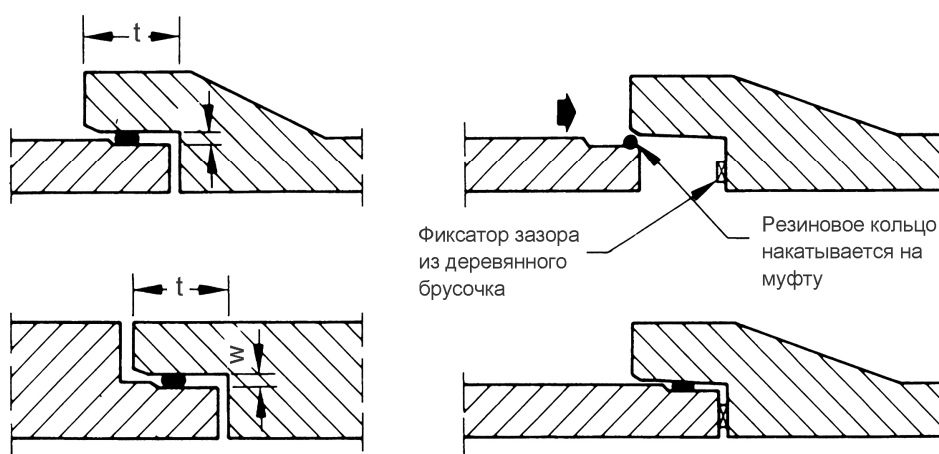


Рис. 1.28. Уплотнение с помощью вращающегося кольца.

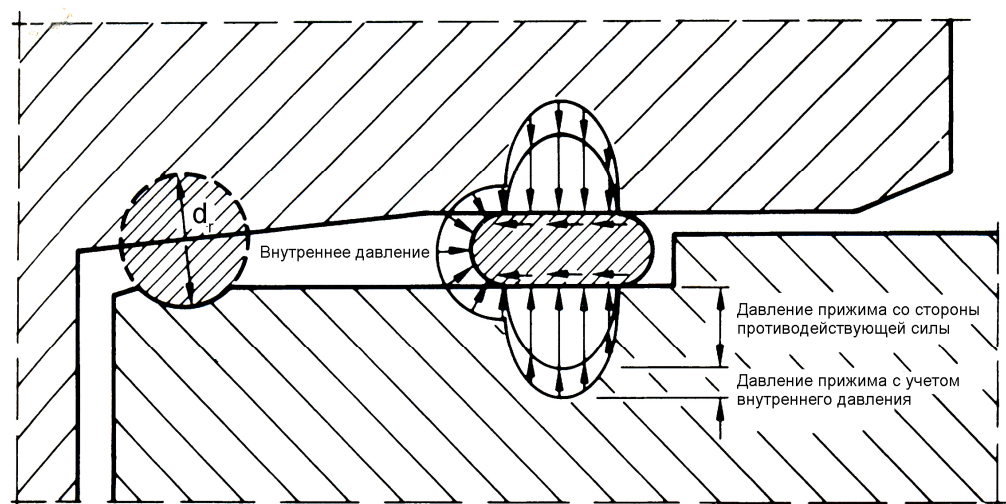


Рис. 1.29. Принцип устройства эластомерного уплотнения.

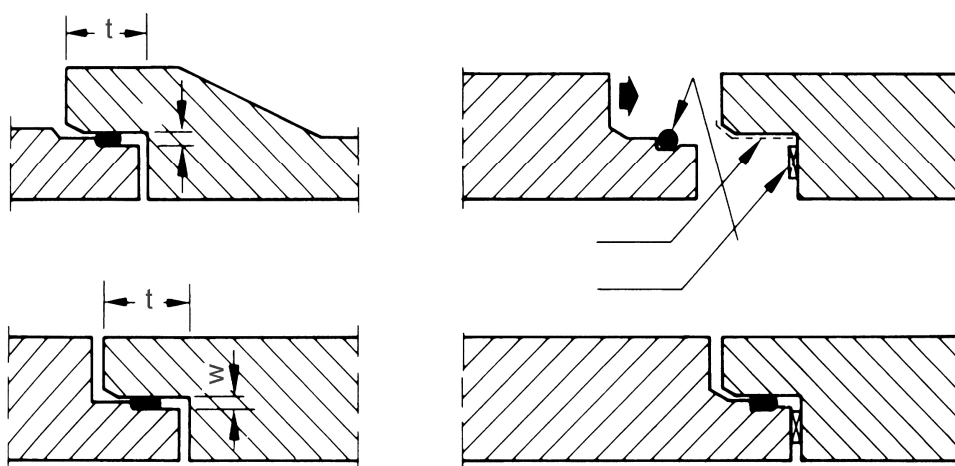


Рис. 1.30. Уплотнение с помощью контактного уплотнительного кольца.

Кольцевое уплотнение S-образного профиля (рис. 1.31 а) крепится в муфте при изготовлении трубы. Перед соединением труб защитное кольцо из пенопласта удаляется и на конец трубы наносится смазка. Уплотнение при соединении труб производится с помощью скоса, который осуществляет закрепление при введении заострённого конца в муфту.

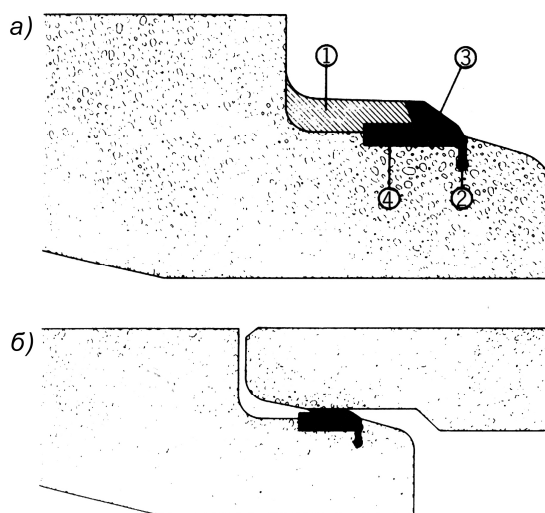


Рис. 1.31. Кольцевое уплотнение S-образного профиля.

а) профиль интегрированного уплотнения: 1 - защитное кольцо из пенопласта; 2 - поддерживающая часть; 3 - уплотнительная часть; 4 - несущая часть; б) уплотнительная функция интегрированного уплотнения при соединении труб.

Следующий примером интегрированного уплотнения может служить предварительно смазанное уплотнение (рис. 1.32). Манжет смазанный высококачественной смазкой одевается на конец трубы на стойплощадке. Таким образом предотвращается применение непригодного смазочного материала, а также повреждение уплотнения при укладке труб. Благодаря этому мероприятию предотвращается повреждение уплотнения при укладке труб при помощи плавающей скользящей оболочки.

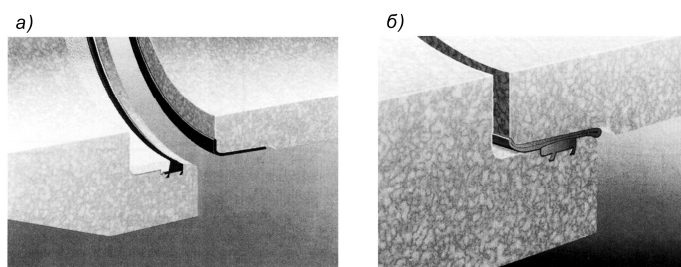


Рис. 1.32. Изготовленное в заводских условиях и предварительно смазанное уплотнение «Betoplus» фирмы Forsheda Stefa: а) разрез; б) уплотнение.

На рис. 1.33 представлено принципиальное устройство трубных уплотнений железобетонных обсадных труб согласно требований ATV-A 125. В соответствии с этим делают различие между трубными соединениями с односторонне закрепленным направляющими стальным кольцом и незакрепленным направляющим кольцом.

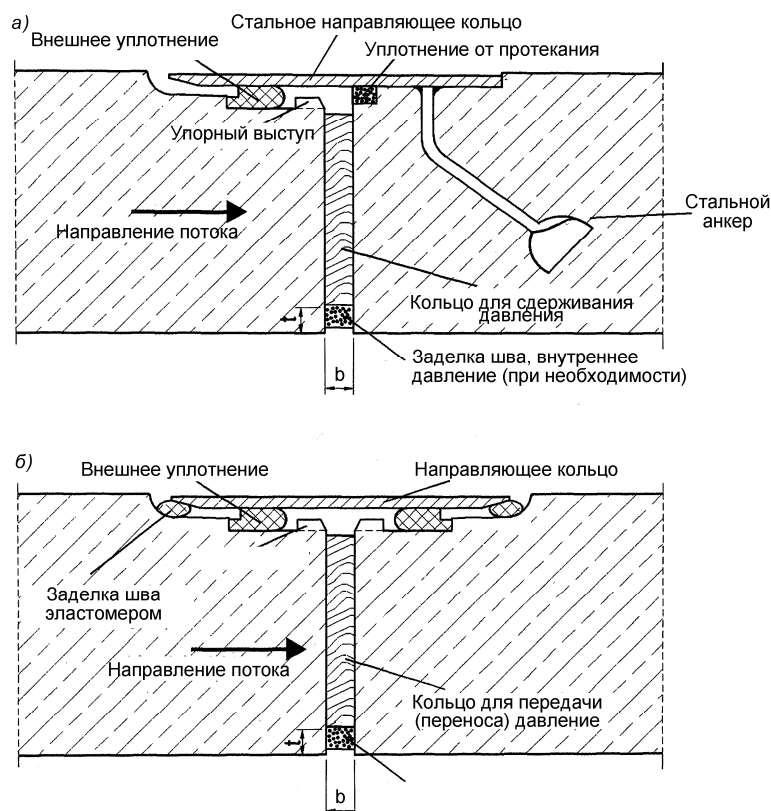


Рис. 1.33. Соединение обсадных труб согласно требований ATV-A 125: а) принципиальная схема трубного соединения с односторонним закрепленным направляющим кольцом в трубах из бетона, сталефибробетона и железобетона; б) принципиальная схема трубного соединения с незакрепленным направляющим кольцом.

Наряду с этими типовыми трубными соединениями также применяются фальцево-муфтовые соединения для обсадных труб (рис. 1.34). Последние также разрешены для сталефибробетонных обсадных труб.

В то время как в в ФРГ в обсадных трубах с фальцево-муфтовым

соединением передача действующей силы производится через площадь контакта трубы (внутри или снаружи) (рис. 1.34), в Великобритании это воздействие передается через обе площади контакта (рис. 1.35).

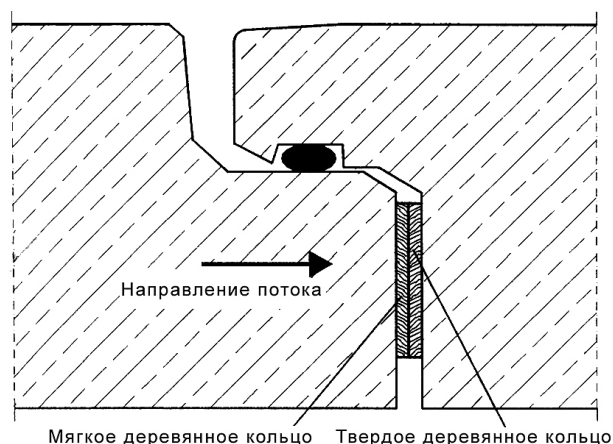


Рис. 1.34. Перенос давления через внутреннюю поверхность контакта при фальцево-муфтовом соединении.

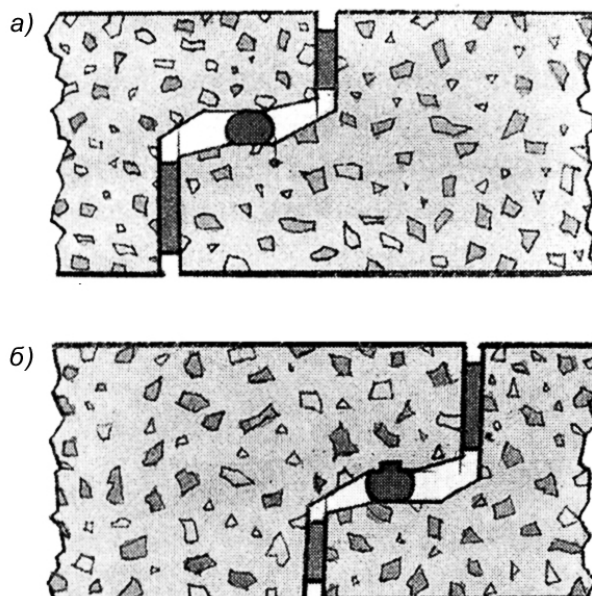


Рис. 1.35. Перенос (передача) давления внутренней или наружной плоскостью контакта при фальцево-муфтовом соединении: а) с круглым кольцом; б) с интегрированным уплотнением.

Решения для доступного контроля и ремонта трубного соединения в проходных бетонных и железобетонных каналах показано на рис. 1.36.

Оно состоит из двух, расположенных с внутренней стороны, уплотнений из эластомерных манжет, которые сжимаются посредством зажимных колец на внутренней стенке трубы. Между обоими уплотнениями находится контрольное пространство, которое для онлайн контроля прикреплено прямо к проводке с оборудованием для измерения давления или могут проверяться снаружи через вентили с водой или воздухом в качестве контрольных средств на плотность (прочность уплотнения).

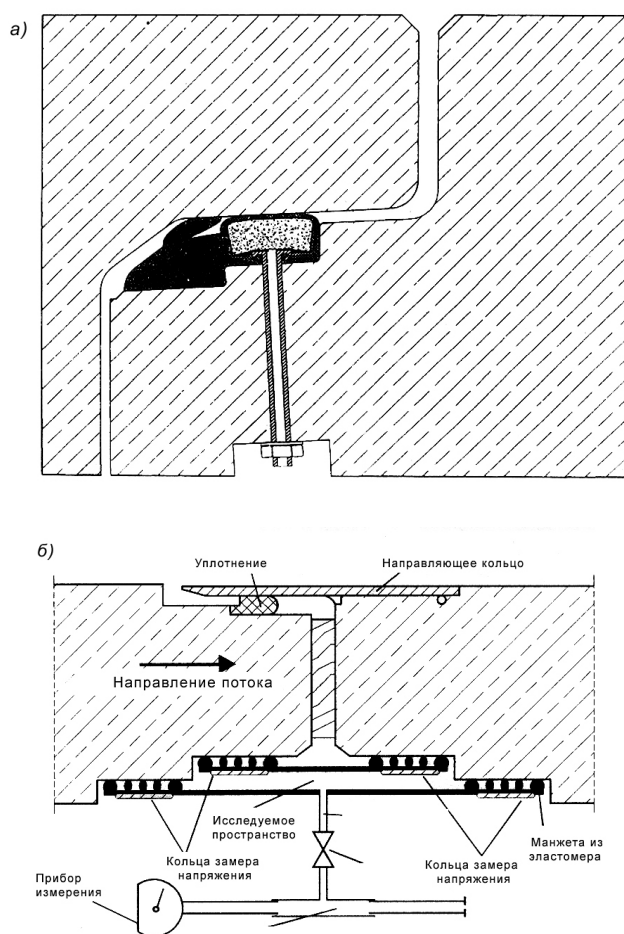


Рис. 1.36. Новые разработки для уплотнения трубных соединений:
а) активируемое уплотнение; б) доступное контролю и ремонту уплотнение для проходных каналов.

Использование внешней бетонной оболочки в керамических трубах известно с 1912 года. Широкое использование она приобретает только с 1964 года под обозначением БК-трубы. Такие трубы объединяют

преимущество коррозионной стойкости керамики с высокой несущей способностью железобетонных труб. Благодаря этому стало возможным сочетание всех статических и динамических нагрузок с одновременной коррозионной стойкостью. Сегодня эти трубы производятся для укладки открытым способом и прокладки подземных трубопроводов диаметром 300-1400 мм и длиной до 2 м (рис. 1.37)

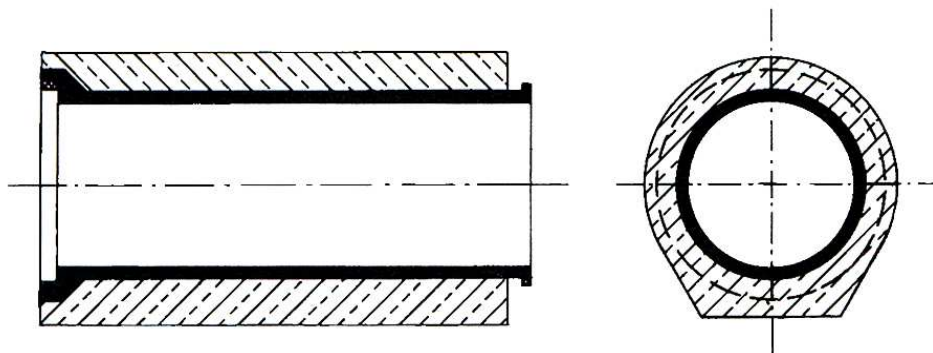


Рис. 1.37. Бетонно-керамическая труба (БК-Rohr - Керамическое общество с ограниченной ответственностью): а) вид трубного соединения; б) продольный разрез по трубному соединению.

К бетонно-пластмассовым или железобетонно-пластмассовым трубам относят:

- бетонные и железобетонные трубы с внутренней облицовкой из мягких поливинилхлоридных или сварных полиэтиленовых высокого давления фиксированных перемычек, фиксированных уплотнений или тканых полосок вытянутыми наружу полиэтиленовыми волокнами;
- бетонные и железобетонные трубы с составными поливинилхлоридными жесткими пластинками или витыми трубами из поливинилхлоридных жестких профилированных полос (рис. 1.38);
- бетонные и железобетонные трубы с внутренней трубой из твердого (жесткого) поливинилхлорида (рис. 1.39, 1.40);
- полиэтилена высокого давления (рис. 1.41).

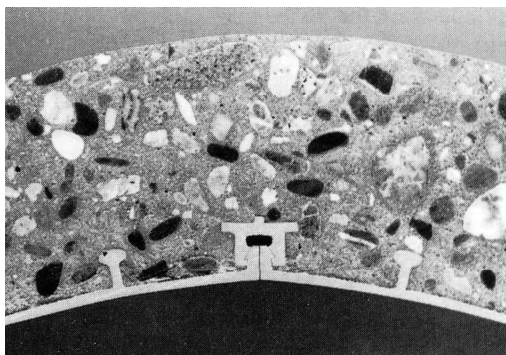


Рис. 1.38. Разрез бетонной трубы с отделкой из жестких ПВХ поперечных ребер (система VKU).

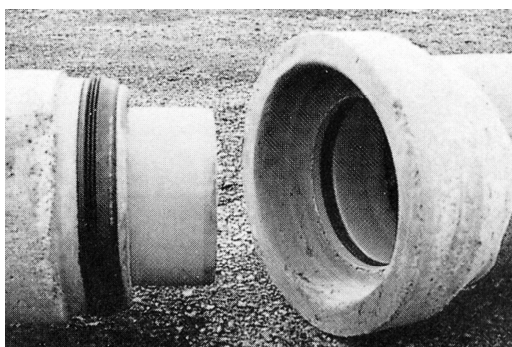


Рис. 1.39. Бетонная труба с внутренней трубой из поливинилхлоридных жестких муфтовых и головных оконцовок (система Фабекун).

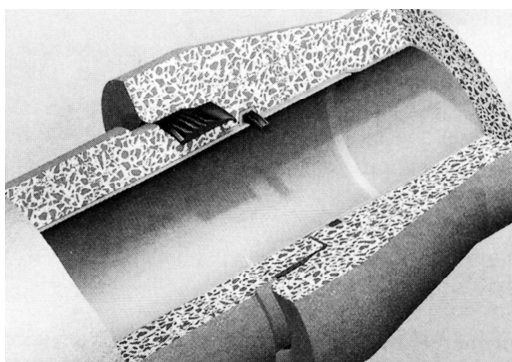


Рис. 1.40. Разрез по соединению бетонной трубы с внутренней трубой из жесткого поливинилхлорида (система Фабекун).

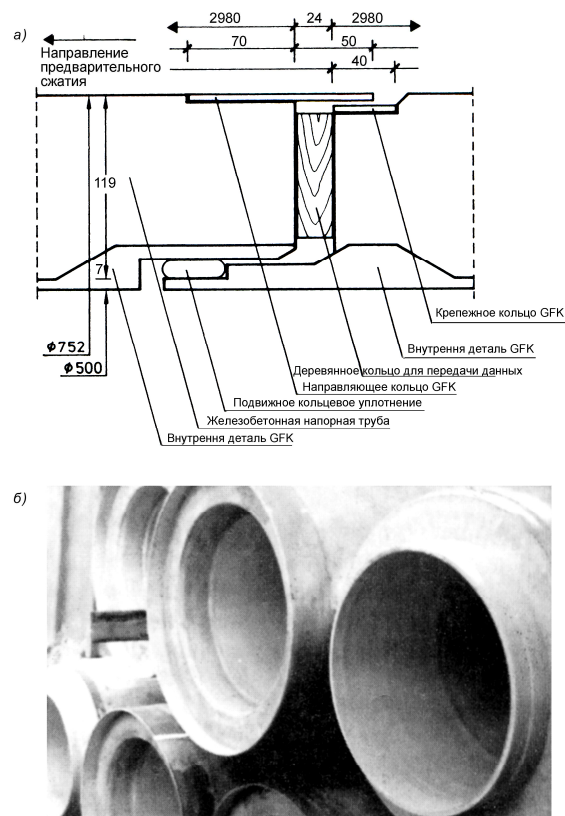


Рис. 1.41. Железобетонная напорная труба с внутренней трубой из полиэтилена высокого давления: а) разрез по соединению; б) общий вид.

Соединение гладких труб осуществляется с помощью штекерных разъемов, смонтированных в качестве двойных муфт в заводских условиях на трубах и частях формы (рис. 1.42).

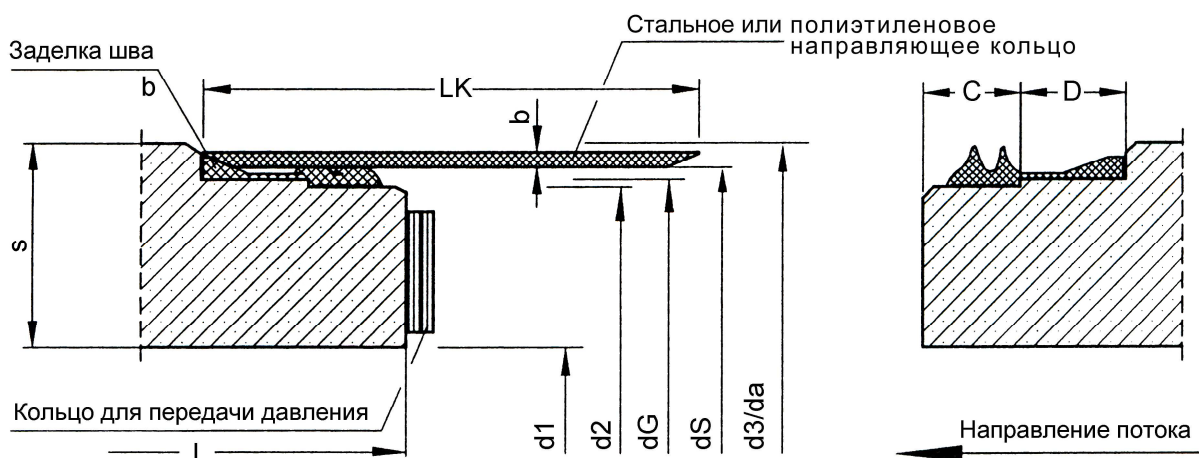


Рис. 1.42. Соединение полимербетонных напорных труб.

Полимербетонные напорные трубы изготавливаются длиной 1 м, 2 м и 3 м диаметром от 150 до 1400 мм. Вид соединения зависит от диаметра (рис. 1.43). При диаметре 150 мм оно состоит из муфтового соединения с полипропиленовым опорным элементом, при диаметре 200 мм – из муфтового соединения со стальной коробкой. Начиная с диаметра 250 мм, трубное соединение выполнено из направляющего стального кольца или кольца из полиэтилена, которое устанавливается с одной стороны в заводских условиях. Для передачи (восприятия, переноса) рабочих нагрузок на площади контакта на заводе монтируются кольца из мягкого дерева.

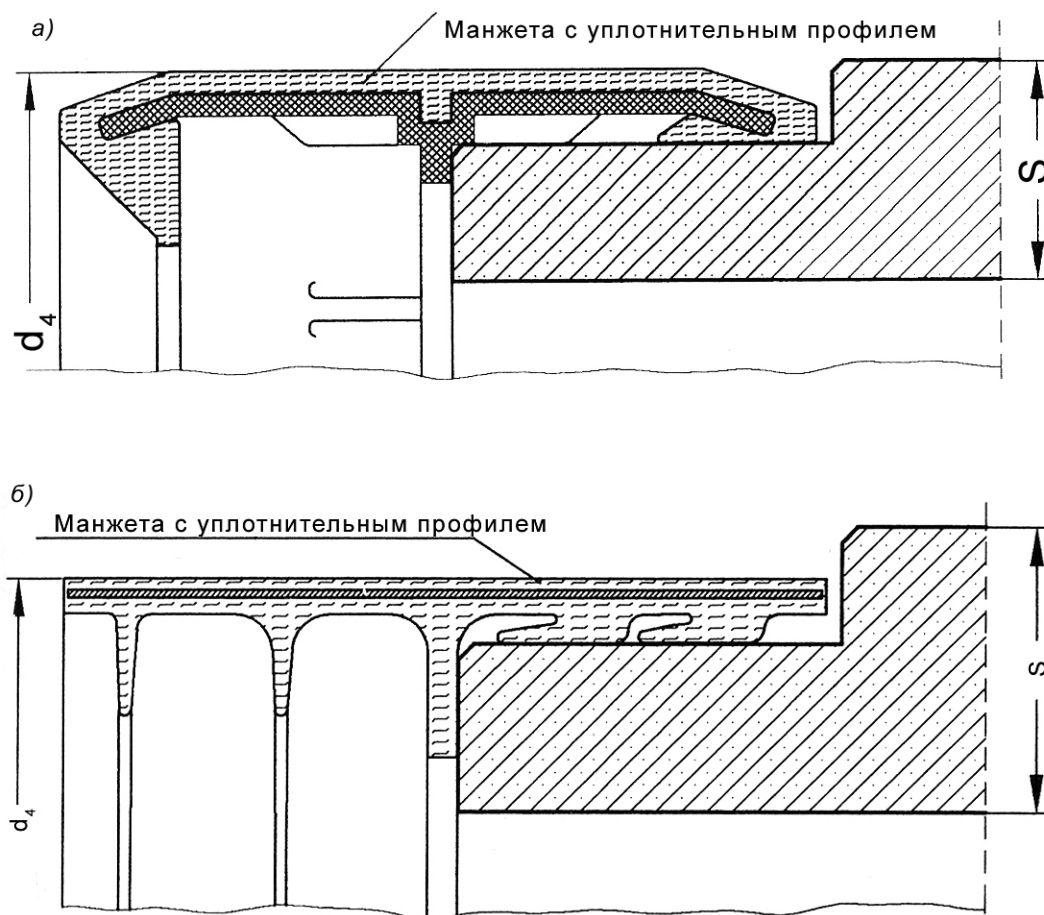


Рис. 1.43. Соединение напорных труб из полимербетона: а) POLYCRETE - напорная труба диаметром 150мм; б) POLYCRETE – напорная труба диаметром 200 мм.

Так называемое трубное соединение Reka (или муфта Reka), объединившее преимущество самоуплотняющегося складчатого профиля с принципом клинчатого уплотнения (рис. 1.44), было разработано в 1916 году в Италии. Так называемая симплекс-муфта (симплекс-соединение) была разработана из асбеста. Это соединение состояло из подвижной асбестоцементной муфты с двумя полостями, в которые вмещались еще и многоскладчатые уплотнительные кольца. В центре муфты находилась еще одна полость с так называемым дистанционным кольцом внутри (резиновое ограничительное кольцо). При насадке муфты это кольцо служило в качестве монтажного упора, а при эксплуатации как эластичный замок контактного шва.

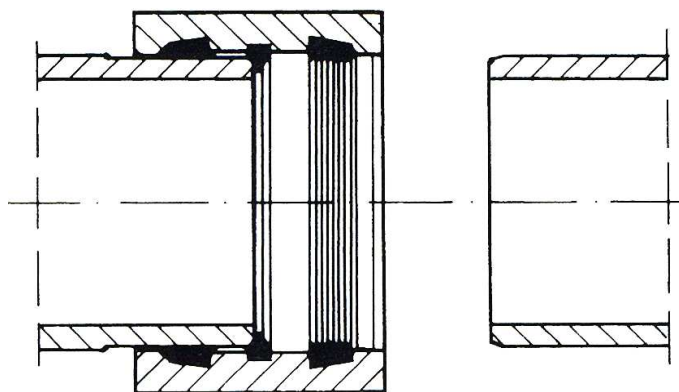


Рис. 1.44. Муфта типа Reka для самотечных и напорных трубопроводов.

Для безнапорных трубопроводов для диаметра труб меньше 350 мм муфта Reka была модифицирована путем более экономной обработки гладкого конца (калибровки). Благодаря более длинным уплотнительным складкам, она может использоваться для различных диаметров в коллекторных трубопроводах (рис. 1.45).

Возможные варианты соединений для труб длиной 1 м и диаметром до 400 мм представлены на рис. 1.46, 1.47 и 1.48.

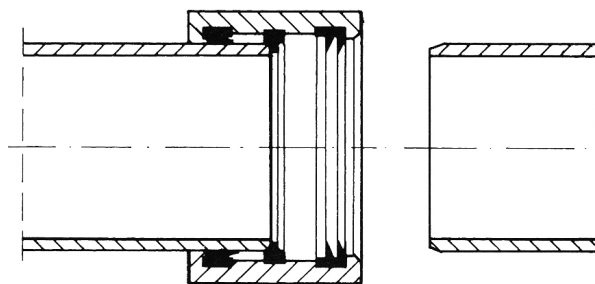


Рис. 1.45. Муфты Reka для безнапорных трубопроводов диаметром меньше 350 мм.

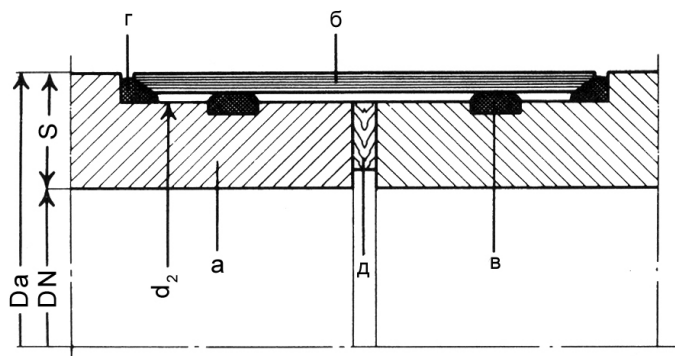
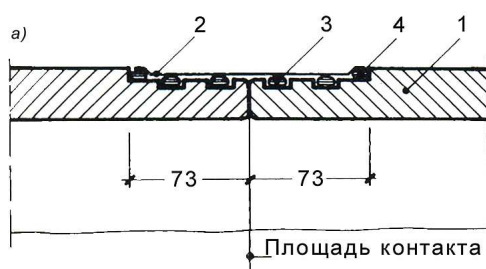
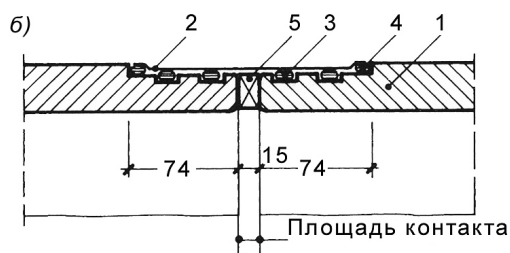


Рис. 1.46. Конструкция соединения (Wanit OOO + Co. KG) для ванитовых напорных труб:

а) ванитовая напорная труба; б) направляющее стальное кольцо; в) уплотнительное кольцо; г) мягкое резиновое кольцо; д) кольцо для передачи давления.



Конструкция 1
1. Труба напорная
2. Направляющее кольцо из стального профиля шириной 140 мм
3. Уплотняющее кольцо
4. Мягкое уплотняющее кольцо



Конструкция 2
1. Напорная труба
2. Направляющее кольцо из стального профиля шириной 155 мм
3. Уплотняющее кольцо
4. Мягкое резиновое кольцо
5. Передаточное кольцо

Рис. 1.47. Трубное соединение с направляющим кольцом из легированной стали для асбестоцементных напорных труб:

а) с направляющим кольцом из стального профиля шириной 140 мм; б) то же шириной 155 мм.

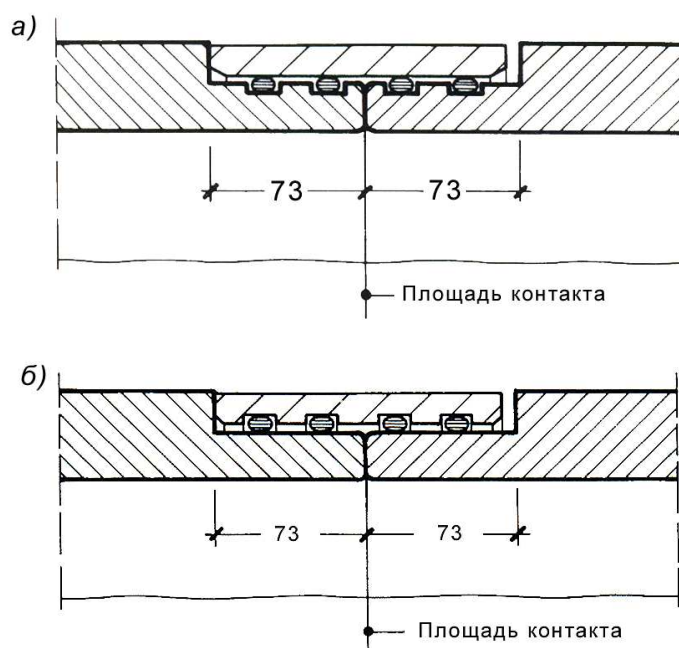


Рис. 1.48. Соединение с асбестоцементной втулкой в качестве направляющего кольца для асбестоцементных напорных труб:

а) с 4-мя уплотняющими кольцами на концах; б) с 4-мя уплотняющими кольцами на концах в пазах.

В общесплавных, раздельных, комбинированных и производственных системах канализации как в Украине, так и за рубежом успешно эксплуатируются кирпичные коллекторы и каналы с большой площадью сечения, построенные в конце XIX – начале XX столетия. Основные элементы кирпичных коллекторов, независимо от площади сечения, идентичны: верхнюю образующую часть называют сводом, нижнюю — лотком. Лотки заделывают в фундамент, который по бокам коллекторов доводят до половины их высоты.

Конструкция фундамента включает подготовку, плиту и стул. Подготовку выполняют из щебня, гравия или бетона; плиту – из бетона или железобетона. Толщину плиты рассчитывают в зависимости от устойчивости грунтов и размеров канала. Выбор марки бетона также зависит от этих факторов. Боковая часть коллектора называется стулом. Ширину его определяют статическим расчетом.

Кирпичные коллекторы круглого сечения (рис. 1.49 а) диаметром 600–1800 мм с обычным или уширенным стулом, а при больших размерах – полуэллиптического (шатрового) сечения, более отвечающего статическим условиям работы, при хорошем качестве кирпича долговечны и устойчивы к агрессивному действию грунтовых и сточных вод. Однако конструкция их массивна, они неиндустриальны и дороги, для их сооружения требуется высококачественный прямой и клинчатый кирпич, а также много цемента (примерно столько же, сколько затрачивается на изготовление железобетонной трубы такого же диаметра). По этой причине, а также из-за невозможности механизации работ строительство их прекращено.

С переходом на индустриальные методы сборного строительства коллекторов из крупноразмерных железобетонных элементов заводского изготовления (блоков, труб, колец и тюбингов) коллекторам придают форму круглого и прямоугольного сечений. Стул, плиту и свод иногда объединяют в одном объемном элементе.

Комбинированный коллектор из сборных железобетонных элементов основания и свода, напоминающий по форме кирпичный коллектор, показан на рис. 1.49 б. Сборные коллекторы на 35–50 % дешевле кирпичных и железобетонных коллекторов, выполняемых на месте.

Круглые коллекторы большого диаметра укладывают открытым способом из стандартных длинномерных железобетонных труб марок РТ, РКТ и ФТ или тех же труб с плоской подошвой; прямоугольные — из сборных железобетонных элементов (рис. 1.49 в, г).

Прямоугольные коллекторы применяют для строительства бытовой и дождевой канализации, а также для прокладки подземных коммуникаций. Для строительства одно- и двухсекционных коллекторов используют четыре элемента: наружные стеновые блоки длиной 1,8 м, плиты перекрытия шириной до 4 м, плиты днища шириной до 2,6 м и средние стеновые блоки. Из таких блоков собирают коллекторы различной

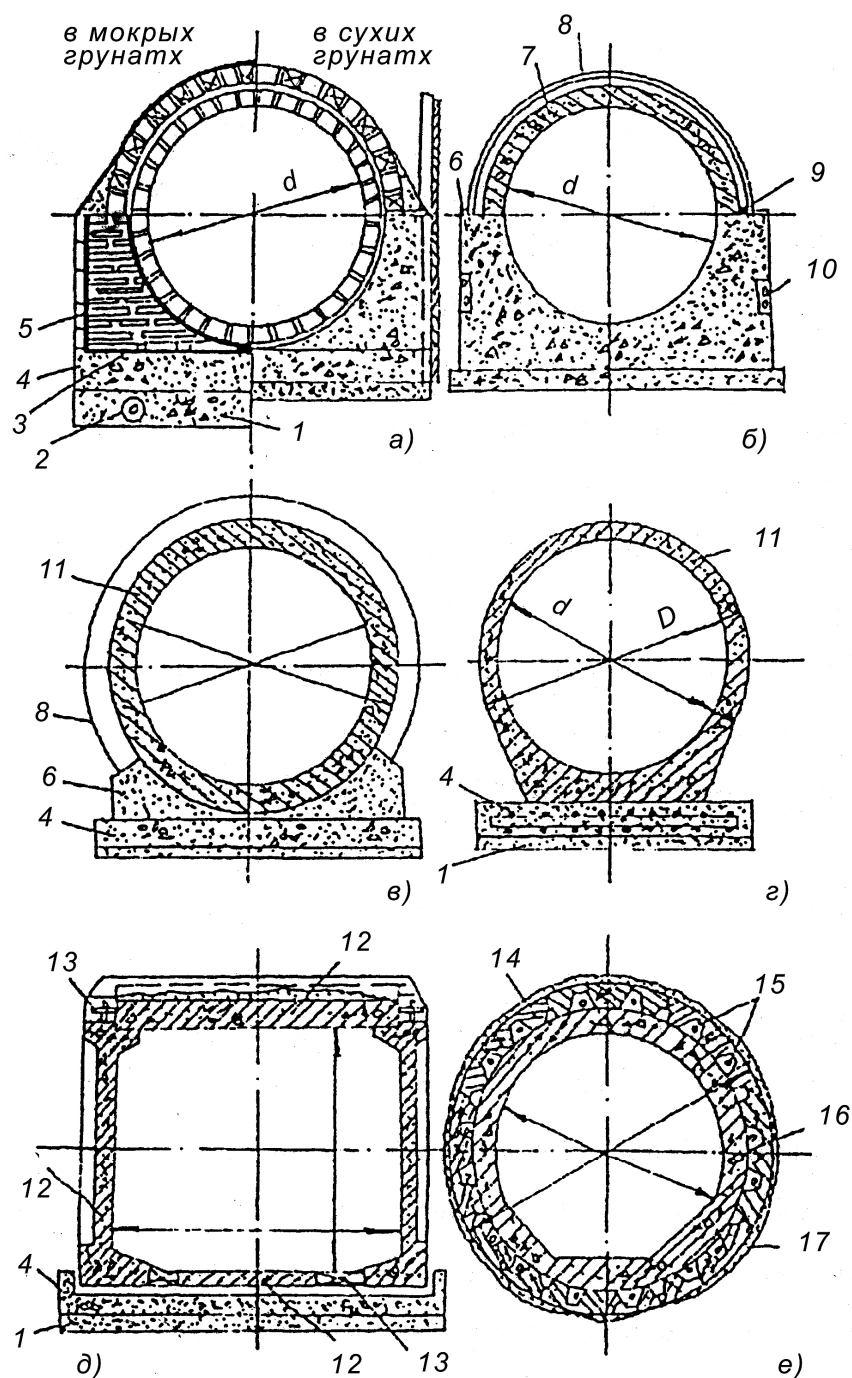


Рис. 1.49. Коллекторы:

а – кирпичный; *б* – комбинированный с полукруглым перекрытием; *в, г* – из железобетонных труб; *д* – прямоугольный из блоков; *е* – из тубингов, выполненных способом щитовой проходки; 1 – подготовка; 2 – дренаж; 3 – гидроизоляция; 4 – плита; 5 – стул; 6 – бетонное основание из сборных элементов; 7 – железобетонный свод; 8 – пояс для заделки стыков; 9 – битум; 10 – пояс для крепления блоков; 11 – труба; 12 – блоки; 13 – места замоноличивания; 14 – тубинги; 15 – стальные шпильки диаметром 30 мм; 16 – водонепроницаемая рубашка; 17 – цементный раствор, нагнетаемый за тубинги.

площади поперечного сечения (от 2 х 2 до 3 х 4 м). Плавные повороты выполняют из специальных блоков или трапецеидальных вставок (рис. 1.49, д).

Однако прямоугольные каналы перестали отвечать современным требованиям индустриального строительства и не обеспечивают водонепроницаемости стыковых соединений. Предпочтение отдано круглой форме.

Исследования показали, что основной конструкцией крупных железобетонных коллекторов и водостоков должны быть круглые железобетонные безнапорные трубы, а напорных – железобетонные напорные трубы, изготавливаемые методом виброгидропрессования и центрифугирования. С переходом к круглым длинномерным трубам большого диаметра пропускная способность каналов увеличивается на 10 %, а затраты на монтаж снижаются на 30–50 %, при этом обеспечивается водонепроницаемость стыка.

Достоинство длинномерных труб с плоским основанием (рис. 1.49 г) в том, что их укладывают непосредственно на бетонную подготовку и благодаря этому значительно уменьшается расход железобетона, так как отпадает необходимость в устройстве стула. Трудоемкость работ по укладке длинных труб с плоским основанием оказалась в 2 раза меньше, чем при устройстве канала из круглых труб.

В районах старой и стесненной застройки на глубине 6 м и ниже коллекторы строят способом закрытой щитовой проходки.

Коллекторы круглой площади сечения собирают из трапецеидальных или сегментных железобетонных блоков–тубингов. При проходке тоннелей щитами старых конструкций применяли трапецеидальные тубинги, ширина которых обычно не превышала 300–350 мм, а число их по кольцу обделки было 16–20. Механизированные щиты новых унифицированных конструкций позволяют укрепить стенки тоннелей более крупными тубингами в виде сегментов шириной 700–800 мм с

числом по кольцу обделки 6–8. Тيوبинги и сегменты выполняют из бетона марки 400 на гранитном щебне крупностью не более 40 мм. Чтобы каналы из тيوبингов были водонепроницаемы и служили долго, внутри них из монолитного железобетона марки 400 на гранитном щебне изготовляют рубашку (рис. 1.49, е), а при строительстве канала в водонасыщенных грунтах, кроме того, прибегают к гидроизоляции. Лоток рубашки железнят цементом марки 500. Если требуется проложить в тоннеле, выполненном щитовым способом, коллектор значительно меньшего диаметра, чем минимальный диаметр проходческого щита, внутри блочной обделки тоннеля, кроме железобетонной водонепроницаемой рубашки, устраивают лоток из монолитного бетона или из сборных бетонных элементов, укладываемых на битумных мастиках. Во всех случаях уменьшать площадь сечения коллектора до расчетной (если это не нарушает его гидравлический режим) не следует: канализация развивается.

В ряде городов СНГ построены и продолжают строиться коллекторы глубокого заложения. В одних городах строительство таких коллекторов связано с неблагоприятными грунтовыми условиями (Санкт-Петербург), в других – с развитием городов и необходимостью пропуска больших объемов сточных вод через центральные, застроенные высокими зданиями и благоустроенные районы (Москва, Харьков, Киев, Одесса и др.). Чтобы направить сточные воды из коллекторов того или иного района в такие глубоко расположенные коллекторы, необходимо устраивать перепады большой высоты с пропуском относительно больших объемов сточных вод.

1.3 Конструкции смотровых колодцев и шахтных стволов на сетях водоотведения

Смотровые колодцы и шахтные стволы являются основными сооружениями канализационных сетей.

Для строительства смотровых колодцев первых канализационных сетей использовали только один материал – обожженный клинкер, который применяли в кладке с трассовым раствором. Толщина кладки составляла 36 см и более, в зависимости от величины и глубины колодца. Подобные сооружения были непроницаемы для грунтовой и сточной вод. Каменная кладка была устойчива к химическим воздействиям, чему способствовал и состав сточных вод. Жизнестойкость таких колодцев – более ста лет. Примером могут служить старые канализационные каналы Берлина (рис. 1.50), Петербурга, Москвы, Киева, Харькова (рис. 1.51), и других городов.

После Второй мировой войны камень стал уступать место бетону: имевшие высокое качество колодцы каменной кладки заменяют колодцами из сборных элементов, преимущественно бетонных, причем более крупные колодцы или специальные сооружения изготовляют из монолитного бетона. Осуществляется усиленная механизация подземного строительства. Данный период характеризуется интенсивным развитием канализационных сетей глубокого заложения.

Устраиваемые на канализационных сетях колодцы имеют различное технологическое назначение: смотровые, перепадные, промывные, а также дождеприемники и соединительные камеры.

Смотровые колодцы устраивают на всех системах канализации в местах присоединений, а также в местах изменений направлений, уклонов и диаметров трубопроводов. На прямых участках в зависимости от диаметра труб d их располагают на расстоянии L :

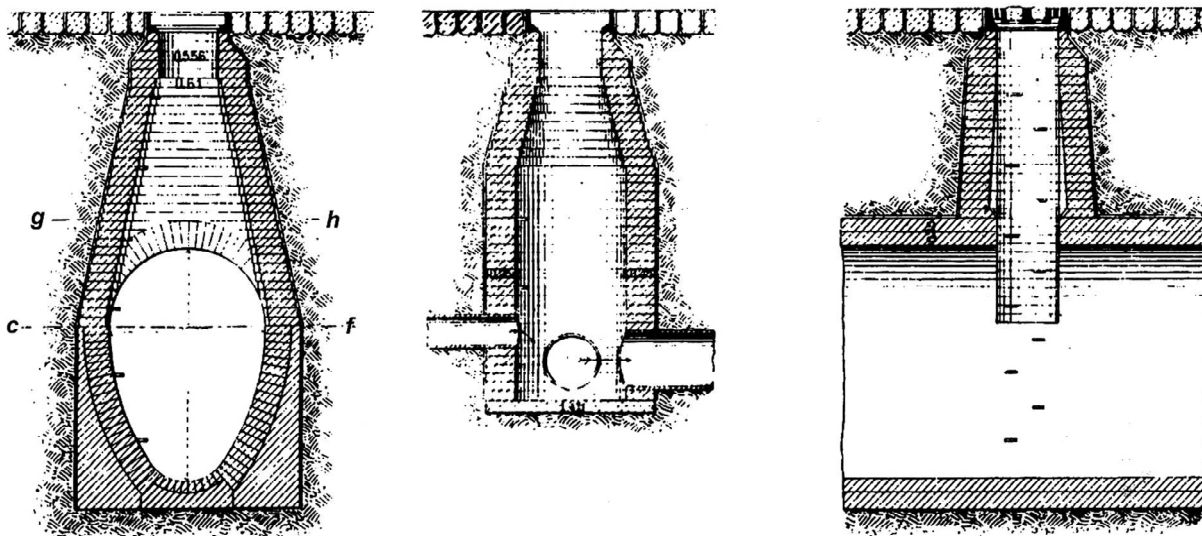


Рис. 1.50. Профили кирпичных смотровых колодцев, построенных в Берлине в 1881 г.



Рис. 1.51. Стена смотрового колодца из клинкерного кирпича, на действующем коллекторе построенного в г. Харькове в начале XX века.

d мм...	150	200–450	500–600	700–900	1000–1400	1500–2000	2000
L, м ...	35	50	75	100	150	200	250–300

Смотровые колодцы, как правило, состоят из рабочей камеры, имеющей размеры, достаточные для удобной работы (высотой 1,8 м), и располагаемой над камерой горловины. Высота горловины зависит от глубины заложения сети. Рабочие камеры по форме в плане устраивают круглыми и прямоугольными.

Рабочая камера сборного железобетонного круглого смотрового колодца с боковым присоединением (рис. 1.52), состоящая из колец, установлена на основание, переход к горловине осуществлен с помощью конуса. Крышка железобетонного люка и полотно проезжей части дороги должны находиться на одном уровне, который регулируется с помощью камней. Колодец закрывается крышкой, для спуска в него предусмотрены скобы. В нижней части рабочей камеры сооружен открытый лоток; трубы в месте соединения со стенкой колодца заделывают цементным раствором состава 1:2.

На трубопроводах диаметром 700; 800–1000 и 1200 мм нормативные диаметры круглых колодцев равны соответственно 1250; 1500 и 2000 мм.

Чтобы рабочая камера прямоугольного типового колодца для коллектора диаметром 700 и 1500 мм (рис. 1.53) соответствовала своему назначению, средняя ее высота должна быть равна 1800 мм, а диаметр составлять не менее 1000 мм. Размеры в плане прямоугольных камер зависят от диаметра наибольшей трубы d : 1000 x 1000 мм при $d = 700$ мм; длиной (по оси трубопровода) 400, шириной 500 мм при $d > 700$ мм. Диаметр круглых камер выбирают с учетом диаметра трубы d : 1000 при $d = 600$ мм, 1250 при $d = 700$ мм, 1500 при $d = 800–1000$ мм и 2000 при $d = 1200$ мм. Размеры в плане камер поворотных и узловых колодцев определяют из условия размещения в них лотков.

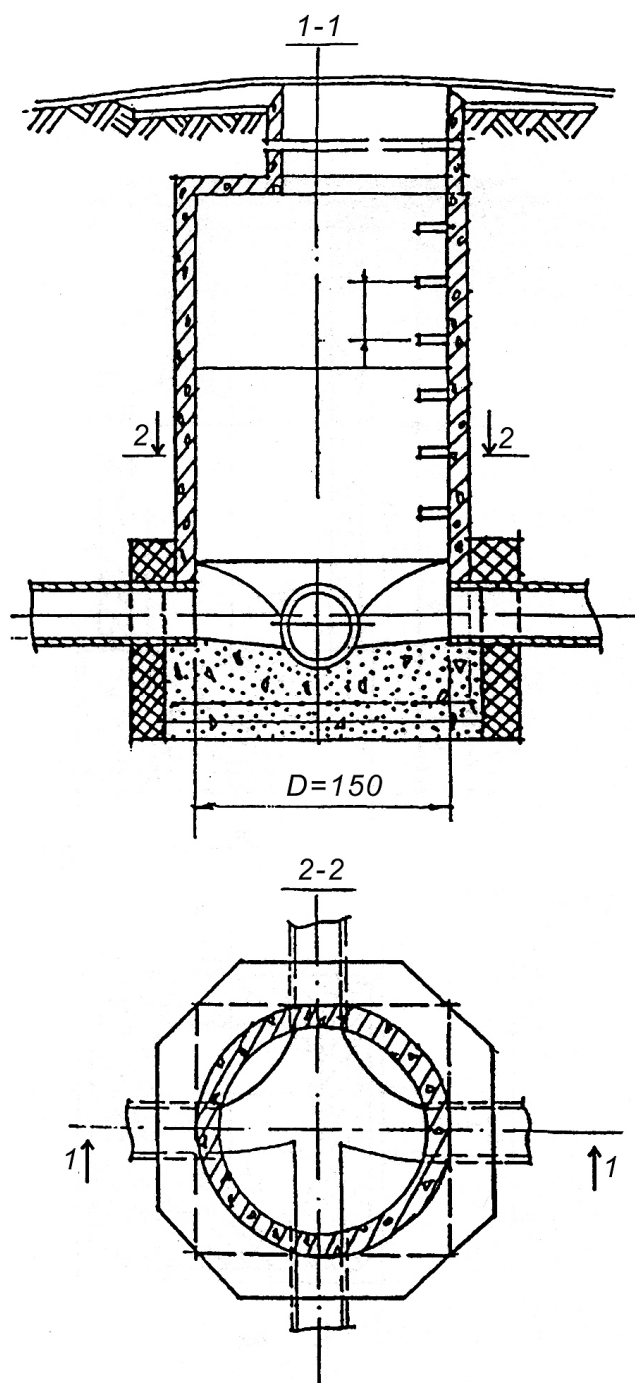


Рис. 1.52. Круглый сборный железобетонный смотровой колодец диаметром 100 см с боковыми присоединениями.

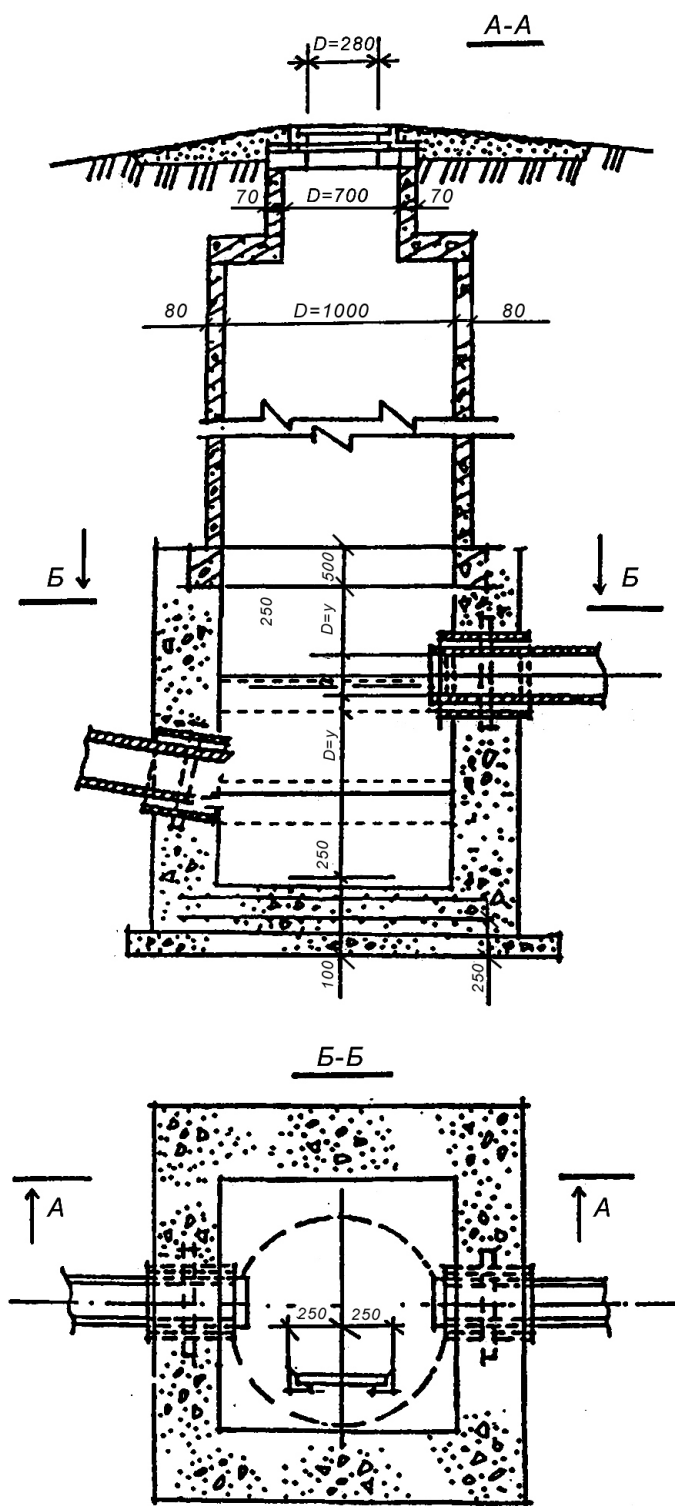


Рис. 1.54. Прямоугольный смотровой колодец с гидравлическим затвором для труб диаметром 600–1600 мм.

Если в сточных водах содержатся легковоспламеняющиеся, горючие и взрывоопасные вещества, устраивают колодцы с гидравлическими затворами (рис. 1.54).

Стоимость строительства колодцев на Украине составляет до 25 % стоимости водоотводящей сети, поэтому снижение этих затрат – задача первостепенной важности.

Согласно норм Германии DIN 19549 под словом «колодец» понимают сооружение, которое служит для приточной аэрации и деаэрации (вытяжной вентиляции) проложенных в земле канализационных коллекторов и каналов, их контроля, ремонта (обслуживания) и чистки, с тем чтобы повысить пропускную способность каналов при подъеме сточных вод, а также для изменения направления, наклона и поперечного сечения каналов (рис. 1.55).

Расстояние между колодцами определяется назначением последних. Согласно ATV-F 241 (издание 1978 г.), для каналов диаметром 1200 мм, оно не должно превышать 50 – 70 м, для каналов диаметром более 1200 мм – 70–100 м.

В последнем издании ATV-A241 (1995 г.) содержится требование, чтобы расстояние между колодцами в каналах всех диаметров, как правило, не превышало 100 м, в непроходных водоводах между колодцами могут быть большие расстояния, в зависимости от эксплуатационных требований.

Раньше иногда допускались бóльшие расстояния между колодцами, в частности в непроходных каналах диаметром 60 – 120 м и в проходных диаметром 150 – 200 м. Колодцы преимущественно были из кирпичной кладки, из монолитного бетона или из сборных бетонных либо железобетонных элементов. В DIN 4034, ч.1, есть требования к применяемым сегодня колодцам или сборным элементам колодцев из бетона и железобетона. Следует также учитывать требования европейского

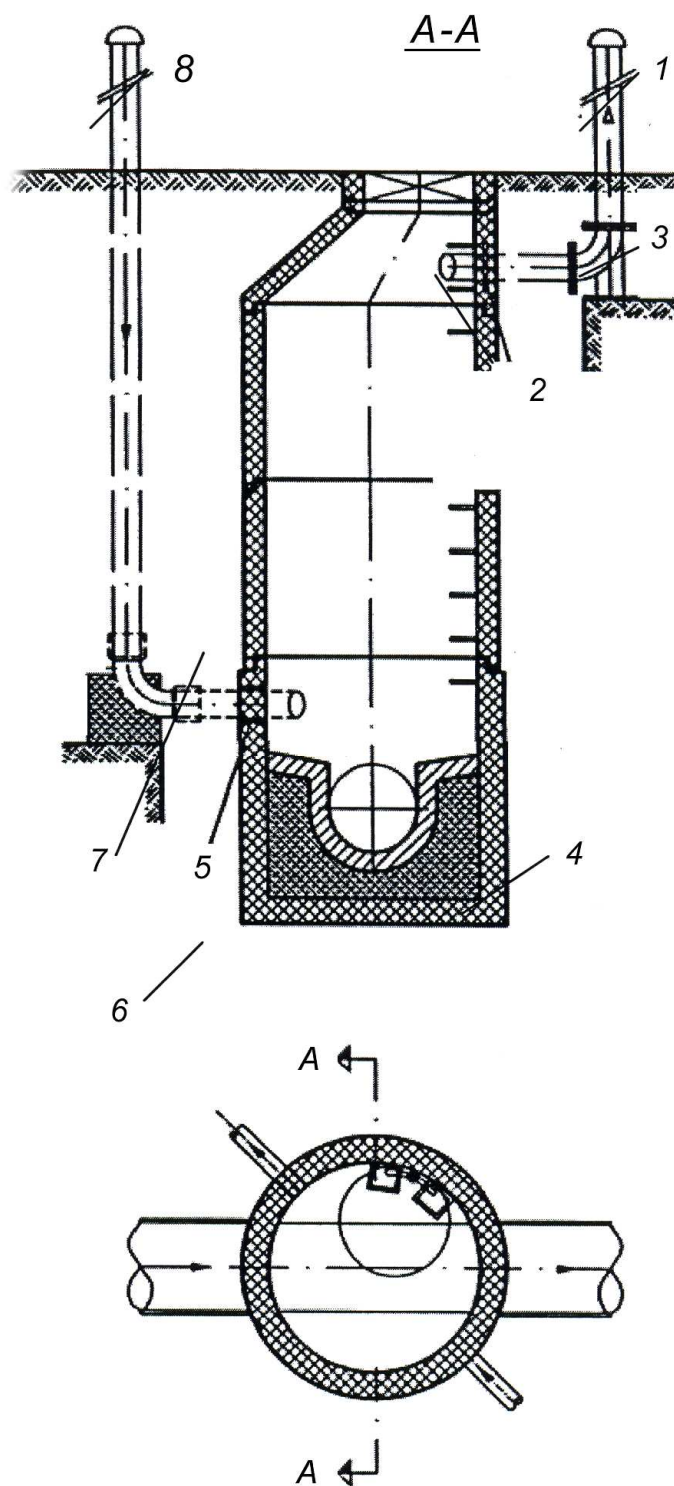


Рис 1.55. Типовой колодец канализационной сети с устройствами для отвода газов:

1 – труба для отвода газов диаметром 150 мм; 2 – обделка колодца препятствующая попаданию грунтовых вод; 3 – стойка для крепления трубы; 4 – грунтовое основание; 5 – шахтное уплотнительное кольцо; 6 – основание шахты; 7 – подставка для трубы; 8 – труба для отвода газов.

стандарта CEN-N93E, область применения, которого распространяется на колодцы и сборные элементы колодцев с круглым или прямоугольным поперечным сечением.

Наряду с колодцами из бетонных и железобетонных сборных элементов уже несколько лет функционируют колодцы из других материалов, например из керамики, цемента с содержанием волокон (фиброцемента), из искусственных материалов, из комбинации различных материалов. Как и прежде, колодцы делают также кирпичными. По ATV-A-241, колодцы из прямого кирпича (в один кирпич) для канализационных каналов с низкой пористостью (DIN 4051, DIN 105) следует изготавливать с заполненными швами, внутри швы должны быть расшиты (группа раствора III с заполнителем). Швы снаружи – гладкие. Предусматриваются также наружный слой штукатурки толщиной 2 см и два слоя дополнительной водонепроницаемой окраски.

Особую форму колодцев представляют перепадные сооружения для выравнивания несоответствия между уклоном дороги и максимальным уклоном трубопровода.

Что касается размеров колодцев, то в DIN 19549 указано следующее: «Колодцы, в которые нужно опускаться, при круглом поперечном сечении должны иметь минимальный внутренний диаметр 1000 мм. Применение колец для колодцев диаметром 800 мм допускается, если под ними есть рабочее помещение диаметром 1200 и высотой 2000 мм. Минимальные размеры колодцев прямоугольного сечения 800×1000 мм, квадратного сечения – 900×900 мм.

По ATV-A241 (1995г.) минимальная ширина четырехугольных колодцев составляет 1 м. Если колодец имеет круглое основание, его диаметр в свету – не менее 1 м.

Вершину колодца образует перекрытие. Оно состоит из рамы, грязеуловителя и крышки. Что касается отверстия в свету перекрытия

колодца, то к нему существовали различные требования. В публикациях 1896 и 1925 гг. для круглых смотровых отверстий в свету указаны размеры 556 и 600 мм, до 700 мм, а для прямоугольных – 556 мм × 556 мм и 800 × 1000 мм.

По DIN EN 124 минимальный диаметр должен составлять 600 мм.

Все части колодца, включая его соединения, согласно DIN 19549 и DIN 19550 должны быть водонепроницаемыми против внутреннего и наружного напора воды до 0,5 бар.

Соединения бетонных колец крепления ствола колодца в течение десятков лет уплотнялись исключительно цементным раствором. С появлением пластичных уплотнителей и уплотняющих эластомерных колец положение изменилось. Согласно ATV-A241 (1978 г.), если соединения сборных элементов колодцев должны нести также и вертикальные нагрузки, допускаются и другие способы уплотнения в том числе:

1. С помощью пластичных уплотняющих средств.

Применяемые замазки (мастики, шпаклевки) и ленты должны соответствовать DIN 4062. Перед уплотнением на поверхности следует нанести краску. Монтаж колец крепления ствола колодца осуществляют с помощью прокладок, например замоноличиванием наружных и внутренних швов.

2. Заделка цементным раствором.

Применяют, когда нет подъема грунтовых вод и не предъявляются специальные требования к уплотнению (это не относится к раствору с особыми свойствами). Цементный раствор должен соответствовать DIN 1045. Перед его нанесением поверхности необходимо смочить.

3. Уплотнение с помощью битумных растворов.

В колодцах, находящихся в грунтовых водах для уплотнения швов можно дополнительно выполнить стыковую накладку (с предварительной

окраской наружной поверхности).

4. Применение эластичных уплотняющих средств.

Эластичные уплотняющие средства используют в сборных элементах с соответствующим образованием соединительных элементов.

Измерение уплотняющих средств производят в соответствии с DIN 4060.

ATV-A241 (1995 г.) и DIN 4034 больше не допускают применения пластичных уплотняющих средств. Вместо этого DIN 4062 предписывает герметизировать швы уплотняющими средствами из эластомеров. Уплотненные таким образом сборные элементы колодцев имеют либо фальцевые соединения, либо раструбные. Новые системы соединения направлены на то, чтобы передавать грузопереносящие и грузораспределяющие функции не на слой цементного раствора, а на специальное грузопередающее кольцо, скомбинированное с уплотнением из эластомера.

Заслуживают внимания основные требования к смотровым шахтам и смотровым колодцам в странах Европы, которые принимаются во внимание при выборе материалов и конструкций для их строительства и ремонта.

Герметичность. Это обязательное требование можно выполнить благодаря использованию соответствующего материала и его хорошей укладке. Оптимальным материалом является пластмасса, которая обеспечивает необходимую надежность соединения элементов шахты. Считается, что количество дефектов в простых торцовых соединениях значительно меньше, чем в сложных.

Как показывает зарубежный опыт, сегодня шахту можно установить с помощью одного или двух человек, а соединение шахтных труб выполняется довольно просто – с помощью соединительной муфты. Все дополнительные работы (сверление или распиливание) приводят к новым

дефектам и увеличивают затраты на ремонт.

Прочность конструкций. Прочность шахтных конструкций должна обеспечивать возможность их применения в районах движения тяжелого транспорта.

Существует мнение, что, для того чтобы выдерживать большие нагрузки, шахтные системы должны быть тяжелыми. Однако оно опровергается практикой многих стран, в том числе Скандинавии, где уже в течение 15 лет в районах с большими нагрузками от грузового транспорта успешно применяются преимущественно пластмассовые шахтные системы. В шахтах используются так называемые плавающие, или телескопические, покрытия и совершенно отказались от бетона в качестве материала опоры. В результате не стало поломок в горловине шахты, появилась возможность подгонки элементов на месте в случае изменения высоты.

Благодаря применению полипропилена (ПП) и техники гофрирования труб сейчас изготавливаются прочные шахтные системы, обладающие гибкостью при высоких нагрузках и хорошей абсорбцией.

Такие нагрузки могут восприниматься жесткими шахтами, конструкции которых выполнены из искусственных материалов и имеют гладкие неповрежденные стенки. Высокие нагрузки, которые могут выявиться на этапе строительства или при усадке почвы, принимают на себя гофрированные трубчатые конструкции. Благодаря применению плавающих (телескопических) покрытий нагрузки от тяжелого грузового транспорта отводятся в землю, что является преимуществом данной конструкции.

Небольшие затраты на техническое обслуживание, возможность инспектирования. Этим требованиям удовлетворяют легкие системы с гладкими, без пор, поверхностями. Благодаря применению искусственных материалов (пластмасс) можно увеличить

интервалы между инспектированиями и таким образом сэкономить значительные средства. Небольшие шахтные системы облегчают техническое обслуживание и позволяют производить его с помощью доступного оборудования.

Коррозионная стойкость. Данную проблему можно решить путем правильного выбора рабочего материала, причем речь идет об искусственных материалах, которые имеют значительное преимущество перед традиционными (рис. 1.56).

Длительный срок службы и надежность. Применение высококачественных искусственных материалов и рациональный выбор конструкции увеличивают продолжительность эксплуатации шахтных систем, которая может достигать более пятидесяти лет.

Химическая стойкость. В настоящее время многие транспортные контейнеры для агрессивных химикатов выполнены из искусственных материалов, таких, как пропилен или полиэфир.

Эти материалы в течение многих лет успешно используются в различных отраслях промышленности.

Экономичность. При определении экономичности ремонта шахт следует учитывать все важные аспекты, такие как укладка, техническое обслуживание и срок службы шахтных систем. Применение искусственных материалов, как правило, дает лучшие результаты, чем использование традиционных – бетона или кирпича.

Простота монтажа. Как показывает зарубежный опыт, едва ли можно найти другой такой заводской материал, который имел бы столько преимуществ, как пластмасса. Она используется не только для небольших стволов сечением 300 и 400 мм, но и для шахтных систем сечением до 1000 мм, которые легко могут транспортировать и устанавливать два человека. Простые штекерные соединения (торцовые соединения) дополняют эти преимущества.

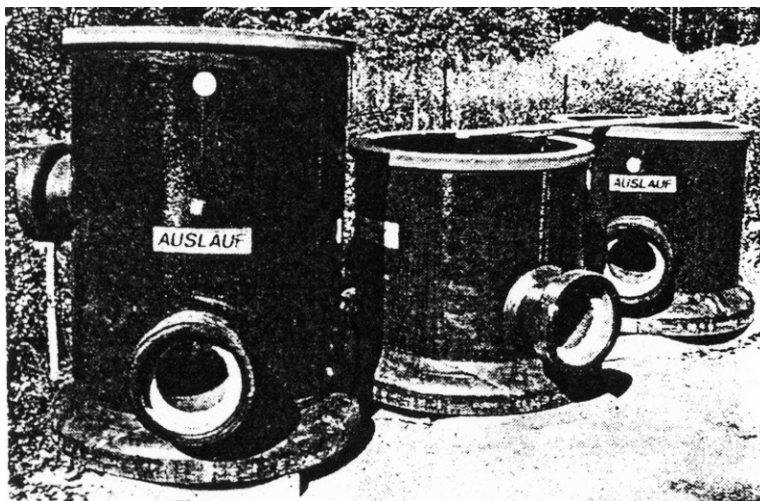


Рис. 1.56. Смотровые колодцы глубиной до 6000 м и сечением до 3000 мм с внутренней облицовкой из клинкерного кирпича.

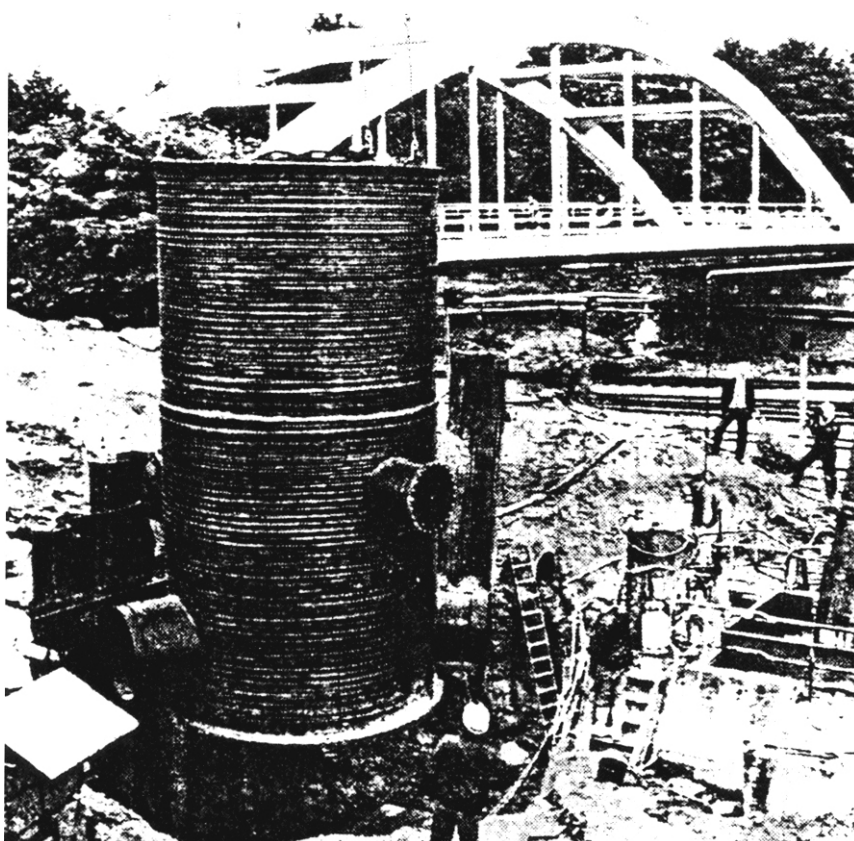


Рис. 1.57. Смотровые колодцы глубиной до 6000 мм из полиэтилена высокого давления (сечение до 3000 мм).

Многообразие конструкций. Благодаря применению пластмасс, особенно полиолефинов, можно создавать разнообразные конфигурации конструкций.

Требование безопасности (надежности) эксплуатации. Этому требованию полностью отвечают прочные и стабильные системы из пластмассы сплошной заливки, изготовленные заводским способом, позволяющие обходиться без дополнительных работ (рис. 1.57).

Несмотря на то, что в Украине промышленность в состоянии производить смотровые колодцы, отвечающие перечисленным требованиям, однако из-за отсутствия общепринятых норм в последнее время их все чаще строят с нарушением. Основные недостатки: негерметичность соединений элементов колодцев – требуется дополнительная заделка пластичными герметиками; ненавинчивающиеся скобы для спуска в колодец – при смене скоб пробивают стенку колец труб (толщина 90 мм). Замоноличивание, как правило, не обеспечивает водонепроницаемости. Места соединения сборных элементов необходимо замоноличивать таким образом, чтобы они были подвижными.

Очевидно, что смотровые колодцы должны иметь такой же срок службы, как и канализационные трубы. Достичь этого можно, используя сборные элементы, необходимые эксплуатационные характеристики которых обеспечены при производстве. Для этого эксплуатационщики канализационных сетей должны выработать единые требования к качеству сборных элементов смотровых колодцев; к их водонепроницаемости, устойчивости к химическим воздействиям, способности обеспечить легкую прокладку труб без больших затрат, а производитель сборных элементов смотровых колодцев – расширить их ассортимент, используя для изготовления разнообразные материалы. Это позволит при эксплуатации колодцев лучше приспособливаться к местным условиям.

Смотровые шахтные стволы располагаются на канализационных коллекторах глубокого заложения в крупных городах Украины построены, как правило, закрытым способом с использованием щитовых комплексов ТЩ 2,1; 2,56; 3,2; 3,7 и 4 м. Только в течение 1966–1977 гг. в Харькове было введено в эксплуатацию 50 км канализационных тоннелей глубокого заложения с 90 смотровыми и перепадными шахтными стволами.

Решение о строительстве коллектора глубокого заложения было принято в связи с тем, что подземная зона Харькова имеет сложное геологическое строение. Так, до глубины 15–20 м здесь залегают алювиальные обводненные пески и песчаники, ниже идут глины киевского яруса высотой до 15 м и, наконец, – бучакские пески, которые имеют свойства плывунов.

Конструктивные решения большинства шахтных стволов – прямоугольное в плане строение с лестницами и переходными площадками (рис. 1.58). Облицовка шахт железобетонная, проектная толщина ее от 250 до 500 мм в зависимости от действующей внешней нагрузки. При строительстве, как правило, использован сульфатостойкий бетон В 15.

Большинство действующих стволов канализационных коллекторов Харькова имеют глубину до 20 м и только 13 стволов – глубину от 21 до 53 м. Наибольшая глубина смотрового шахтного ствола в г. Киеве равна 92 м. При строительстве шахтных стволов применяются: жесткая металлическая армировка; канатная; жесткая смешанная (металлические расстрелы и деревянные проводники, деревянные проводники, деревянные расстрелы с металлическими проводниками).

С увеличением глубины заложения и площади сечения шахтных стволов, срок службы которых в большинстве случаев превышает 50 лет, возрастают требования к их надежности.

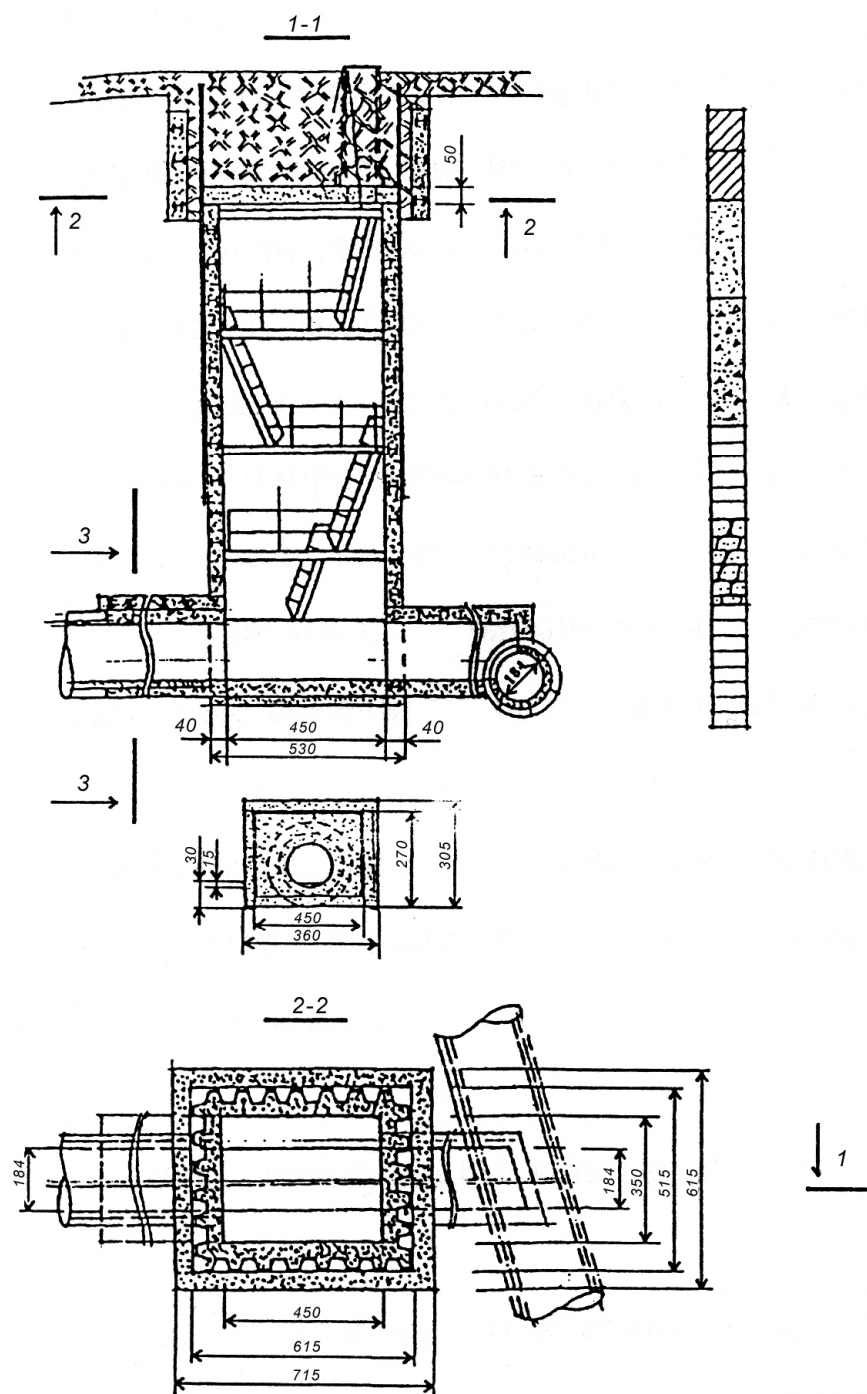


Рис. 1.58. Смотровой шахтный ствол канализационного коллектора глубокого заложения в г. Харькове.

ГЛАВА 2

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ

2.1 Общие требования к эксплуатируемой сети и сооружениям

В Украине эксплуатация наружной канализационной сети в городах и поселках осуществляется специальными службами районов или участков, входящими в состав управлений водопроводно-канализационного хозяйства или соответствующих отделов при городских и поселковых коммунальных органах. На промышленных предприятиях эксплуатацию канализационной сети осуществляют специальные службы, входящие обычно в состав отдела главного энергетика или главного механика. Эксплуатационные службы каждого района могут обслуживать сеть протяженностью до 1000 км. В состав служб района могут входить службы производственных участков, обслуживающие сеть протяженностью до 100—150 км.

Для городов с сетью канализации протяженностью 200 км и больше общее число рабочих и служащих, занятых на эксплуатации канализационных сетей, можно определять из расчета один человек на 3—4 км сети в зависимости от характера сети, сложности ее эксплуатации (табл. 2.1).

Наблюдение за техническим состоянием сети включает следующие работы.

Наружный осмотр сети выполняется одним—двумя обходчиками или слесарями. Цель осмотра — выявить дефектные люки и горловины колодцев, просадку грунта по оси трассы и у колодцев, наличие координатных табличек. Периодичность осмотра — один раз в 2 месяца.

Технический осмотр канализационной сети выполняется 1—2 раза в год бригадой из трех слесарей. Цель обследования — выявить

повреждения сети (состояний люков, скоб, лотков), наличие инфильтрации, и эксфильтрации, степень наполнения труб, необходимость прочистки и ремонта сети.

Таблица 2.1

Мероприятия по эксплуатации и контролю сетей

№ п/п	Проводимая работа	Периодичность выполнения
1.	Контроль сетей и мест стыков очистных замков и трубных замков. Оценка на плотность, состояние, прогноз	Один раз в год
2.	Проверка канализационных стоков	По мере необходимости
3.	Контроль за состоянием сточных вод, запоров замков	Ежеквартально
4.	Проверка состояния загрязнения	Каждые полгода
5.	Оптический контроль за подземными и смешанными стоками	По мере необходимости
6.	Испытание сетей на плотность водой для определения разрушений и просачивания вод	То же

Технический осмотр основных магистралей, ливнеспусков, скважин и других присоединений к тоннельным коллекторам, дюкеров и аварийных выпусков проводит бригада из пяти—семи слесарей в зависимости от сложности объекта и в соответствии с графиком, составленным главным инженером службы. На основании результатов осмотра составляют дефектную ведомость и сметы на текущий и капитальный ремонты или графики на прочистку сетей.

Осмотр внутренних полостей канализационных труб диаметром 200—1200 мм может выполняться телевизионными установками. Осмотр

проводит бригада из трех слесарей, шофер и телеоператор с комплектом оборудования для протяжки телекамеры на расстояние до 100 м и более.

Технический осмотр тоннелей не реже 1 раза в 2 года проводит бригада от 7 до 11 человек (в зависимости от глубины заложения коллектора) под руководством двух инженерно-технических работников.

Цель осмотра — определить состояние лотка тоннеля (истирание) и причины образования осадка в тоннеле; состояние внутренней поверхности тоннеля, наличие механических разрушений, трещин, протечек, высолов; состояние рассечек: тоннель — штольня, тоннель — шахта, тоннель — буровая шахта, тоннель — буровая скважина.

В процессе эксплуатации тоннельных коллекторов осуществляется технический контроль за: подключением открытой сети к сооружениям, проведением подземных работ над тоннелем и в непосредственной близости от него, сбросом снега из самосвалов в шахты во время снегосплава, строительством и ремонтом тоннелей и сооружений, а также за ликвидацией закупорок в перепадных устройствах, шахтах и буровых скважинах.

Для технического осмотра тоннельных коллекторов и их ремонта должны предусматриваться возможности: прекращать транспортировку по ним сточных вод, для чего коллекторы должны быть закольцованы либо иметь дублеров; отключать присоединения канализационных сетей к шахтам и буровым скважинам; производить сброс через аварийные выпуски и ливнеспуски в водоем (при этом необходимо разрешение организаций по охране вод).

В случаях, когда нельзя прекратить транспортировку по тоннельным коллекторам сточных вод, техническое состояние удобно обследовать передвижной телевизионной установкой.

Мероприятия по поддержанию в исправности канализационных сетей включают в себя:

- уход (во время эксплуатации);
- инспекцию;
- устранение повреждений.

Чтобы содержать в исправности канализационные сети, необходимо знать и учитывать специфические для данных сетей краевые условия;

- место и расположение сетей на местности;
- площадь поперечного сечения и размеры канализационных сетей;
- глубина залегания;
- наклон;
- очертание;
- характер опирания;
- выходные шахты;
- расположение;
- метод укладки;
- стыки;
- назначение;

- материал сетей (сталь, монолитный железобетон, сборный железобетон, пластмасса и др.).

Для планомерного обслуживания канализационных сетей в настоящее время нет соответствующих норм или технических требований.

Изменение краевых условий эксплуатации может происходить в результате:

- подключения новостроящихся каналов к существующим;
- изменения величины стока в связи с введением в эксплуатацию новых предприятий;
- повышения загрязненности и жирности стоков, например, в районе новостроящихся объектов.

Мероприятия по определению и оценке состояния канализационных сетей включают:

- 1) разработку соответствующего плана с учетом специфики работы каждого предприятия и его производственных цехов;
- 2) подготовку к проведению осмотров;
- 3) инспекционные осмотры;
- 4) анализ результатов обследований состояния канализационных сетей;
- 5) использование результатов обследований для оценки состояния конструкций;
- б) соответствующее заключение:
 - а) провести дополнительное инспектирование, в том числе по очистке сточных вод;
 - б) установить временные интервалы эксплуатации, инспекции и очистки;
 - в) приступить к мероприятиям по устранению повреждений.

Контроль канализационной сети, как указывалось, предполагает ряд наблюдений.

1. Входная шахта: открыта или требуются строительные работы, чтобы ее открыть.
2. Покрытие шахты: лежит на уровне входа в шахту, выше или ниже уровня улицы.
3. Выход стоков через шахту: доступность для наблюдений.
4. Ситуация на улице в районе прохождения сети:
 - появились ли изменения в застройках;
 - есть ли изменения в уличной застройке;
 - изменилось ли движение транспорта;
 - изменились ли места подключения стоков;
 - нет ли трещин в покрытиях улиц.

Все собранные данные следует держать под контролем и принимать во внимание при внутренней инспекции.

2.2 Основные определения характеризующие работы по устранению повреждений на сетях водоотведения

Предупреждение старения и оперативная ликвидация последствий аварийных ситуаций – одна из главных задач служб эксплуатации коммунальных объектов. В настоящее время данный вопрос приобретает особую актуальность в странах СНГ, где в коммунальном секторе старение трубопроводных коммуникаций и другого оборудования различного назначения достигло критического уровня.

В передовых в техническом отношении странах (Германии, Дании, Франции) вопросы оперативной реабилитации водоотводящих сетей также стоят весьма остро, о чем свидетельствует разработка и реализация специальных национальных программ реабилитации городских водоотводящих сетей (RERAU, RERAU 7 и др).

Несмотря на значительные сроки службы подземных трубопроводов, выполненных из различных материалов, признаки старения и явных повреждений могут возникать уже через 5–10 лет после строительства. Положение может усугубляться и низкой эффективностью работы коммунальных служб, которые не осуществляют своевременно прочистку сетей от ржавчины и других наростов на внутренних стенках труб (органоминеральных комплексов, биорастений и др.) и не проводят инвентаризацию объектов, включающую дорогостоящую диагностику современными телевизионными средствами (телекамерами с высоким разрешением).

В последние десять лет вопросы устранения повреждений на водоотводящих сетях стали предметом многих исследований.

Следует отметить, что в своих исследованиях авторы пользуются различной терминологией.

Для наземных сооружений нормативной документацией в свое время

были введены такие термины, как ремонт, реконструкция, техническое перевооружение и расширение, которые не могут быть в полной мере отнесены к сетям водоотведения.

В нормативных документах, действующих в Украине, приведены термины, касающиеся вопросов повышения эксплуатационной надежности зданий и сооружений: ремонт, поточный ремонт и капитальный ремонт. Согласно этому документу, под ремонтом понимается комплекс операций по восстановлению состояния объекта и повышению его долговечности.

Поточный ремонт производственных зданий и сооружений включает работы по систематической и своевременной защите части зданий или сооружений и инженерного оборудования от преждевременного износа путем проведения предупредительных мероприятий и устранения мелких повреждений и поломок.

К капитальному ремонту зданий и сооружений относятся такие работы, в процессе которых проводится усиление изношенных конструкций и деталей зданий и сооружений или их замена более современными и экономичными, что улучшает эксплуатационные возможности объектов.

В ряде работ российских ученых даются разъяснения некоторых терминов. Например, под восстановлением понимается проведение ремонтных работ на всем протяжении участка трубопровода, а под санацией – выполнение ремонтно-восстановительных работ, включая сооружение арматуры, колодцев, задвижек и т.д. на отдельных участках трубопроводов. В результате санации участку трубопровода придается требуемая механическая прочность и полностью восстанавливается его структура (устраняются дефекты по длине труб и в местах стыковок), достигается проектная пропускная способность (установленные проектом гидравлические параметры).

В нормативных документах Германии несколько иная трактовка

понятий, отличающаяся от существующей в странах СНГ и в Украине. Под санацией там понимают все мероприятия по восстановлению или улучшению существующих систем водоотведения.

Представленная на рис. 2.1 схема показывает структуру основных методов строительной санации, таких, как ремонт, восстановление и обновление. Под ремонтом понимаются мероприятия, направленные на устранение местных, ограниченных повреждений (рис. 2.2). Под восстановлением – мероприятия по улучшению требуемых функциональных способностей канализационных коллекторов и каналов.

Под обновлением понимается создание новых канализационных коллекторов и каналов в прежних или в других линейных направлениях, причем новые сооружения выполняют функции первоначальных канализационных коллекторов и каналов.

Таким образом, согласно действующим в Германии нормам, «санация» – общий, комплексный термин, а такие понятия, как ремонт, восстановление и обновление, являются составляющими санации.

Отсутствие в Украине согласованных с европейскими нормами определений, касающихся подземных сетей, зачастую вынуждает специалистов пользоваться пока понятиями, наиболее часто встречающимися в исследованиях украинских ученых: ремонт, восстановление и санация.

Как отмечается в одной из работ, при целенаправленном плановом подходе к проведению ремонтно-восстановительных работ на водоотводящих сетях, особенно в крупных городах, работники коммунальных служб наряду с выбором метода восстановления (традиционным с рытьем траншей или бестраншейным) сталкиваются с проблемами выбора конкретного объекта восстановления (реновации, реабилитации, санации). Весьма часто выбор объекта реабилитации зависит не от срока эксплуатации трубопровода (хотя он может превышать



Рис. 2.1. Основные методы строительной санации систем водоотведения.



Рис. 2.2. Методы ремонта.

нормативный), а от числа возникающих на нем аварийных ситуаций или от других обстоятельств. Однако стратегия восстановления водоотводящих сетей не может основываться лишь на аварийности, хотя субъективно она и является определяющим фактором, стратегия должна строиться на научном подходе, учитывающем комплекс многочисленных и, на первый взгляд, не связанных друг с другом факторов, способных в той или иной степени напрямую или косвенно оказать влияние на продолжительность срока службы трубопровода и выполнение им соответствующих санитарных и экологических функций (рис. 2.3).

Стратегия ремонта и восстановления городских водоотводящих сетей имеет множество индивидуальных подходов, обусловленных спецификой их прокладки в подземном пространстве, режимами работы и условиями эксплуатации, а также рядом общих, или базовых, обстоятельств, влияющих на надежность и эффективность работы сетей. Ее разработка – методически исключительно сложная задача. Стратегия базируется на выявлении и глубоком изучении взаимовлияния большого числа так называемых внешних факторов (показателей, характеристик), способных оказать существенное воздействие как на работоспособность, так и на срок эффективного использования трубопровода. К таким факторам в наиболее общем виде могут быть отнесены: год укладки трубопровода; толщина его стенки; наличие комплекса патологических изменений, проявленных и зафиксированных в период инспекционной диагностики; глубина заложения; характер окружающих грунтов; наличие и характер подземных вод; величина давления; качественные показатели транспортируемой воды и др. Специфической особенностью большинства перечисленных факторов является принципиальная невозможность их прямого непосредственного изменения при оценке значимости. Последнее, как отмечает ряд авторов, требует применения логических (семантических) критериев взаимовлияния и взаимозависимости.

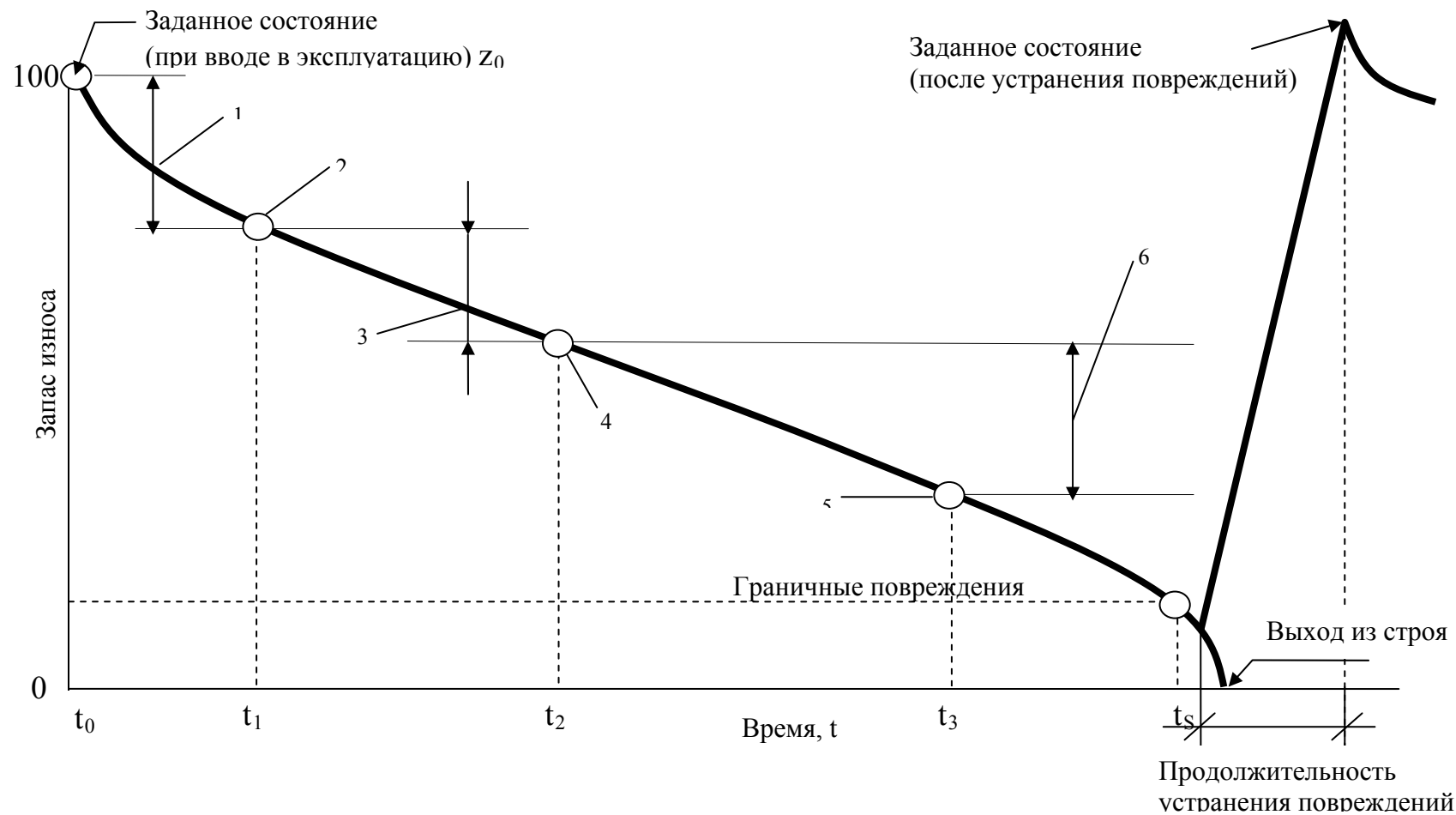


Рис. 2.3. Уменьшение запаса износа и создание нового заданного состояния сети путем устранения повреждений:

1 – действительное состояние с отклонением z_0/z_1 ; 2 – действительное состояние z_1 ; 3 – то же с отклонением z_1/z_2 ; 4 – состояние z_2 ; 5 – состояние z_3 ; 6 – действительное состояние с отклонением z_2/z_3 .

На рис. 2.4 показана схема последовательности работ, которые проводятся в Германии, при планировании восстановления и санации сетей водоотведения.

Своеобразие подхода к стратегии восстановления водопроводных трубопроводов по сравнению с водоотводящими заключается прежде всего в том, что первые выполняются из более прочных материалов, способных выдерживать значительные давления. Водопроводные трубопроводы имеют существенные конструктивные отличия, соответствующие условиям прокладки и эксплуатации, приобретая с течением времени характерные и не свойственные водоотводящим трубопроводам патологии. Кроме того, водопроводные трубопроводы работают в ином гидравлическом режиме, чем безнапорные водоотводящие (в широком диапазоне значений расхода воды, скорости потока, давления). Водопроводные и водоотводящие сети транспортируют разные по химическому и бактериологическому составу и физическим свойствам жидкости – этим вызваны специфические особенности их эксплуатации и подходов к ремонту, а также неравнозначные последствия в случае аварии.

На водопроводных и водоотводящих сетях по-разному должны решаться и вопросы резервирования в период ремонтно-восстановительных работ. Если в разветвленной кольцевой водопроводной сети проблема отключения того или иного участка с помощью запорной трубопроводной арматуры может быть решена без особых осложнений, то при восстановлении самотечных водоотводящих сетей любое отключение участков связано с определенными сложностями: необходимо перекрывать трубопроводы заглушками и насосами перекачивать сточные воды по временным веткам, в обход реабилитируемых участков сети. Последнее мероприятие сопряжено со значительными техническими и материальными трудностями и может применяться в основном для

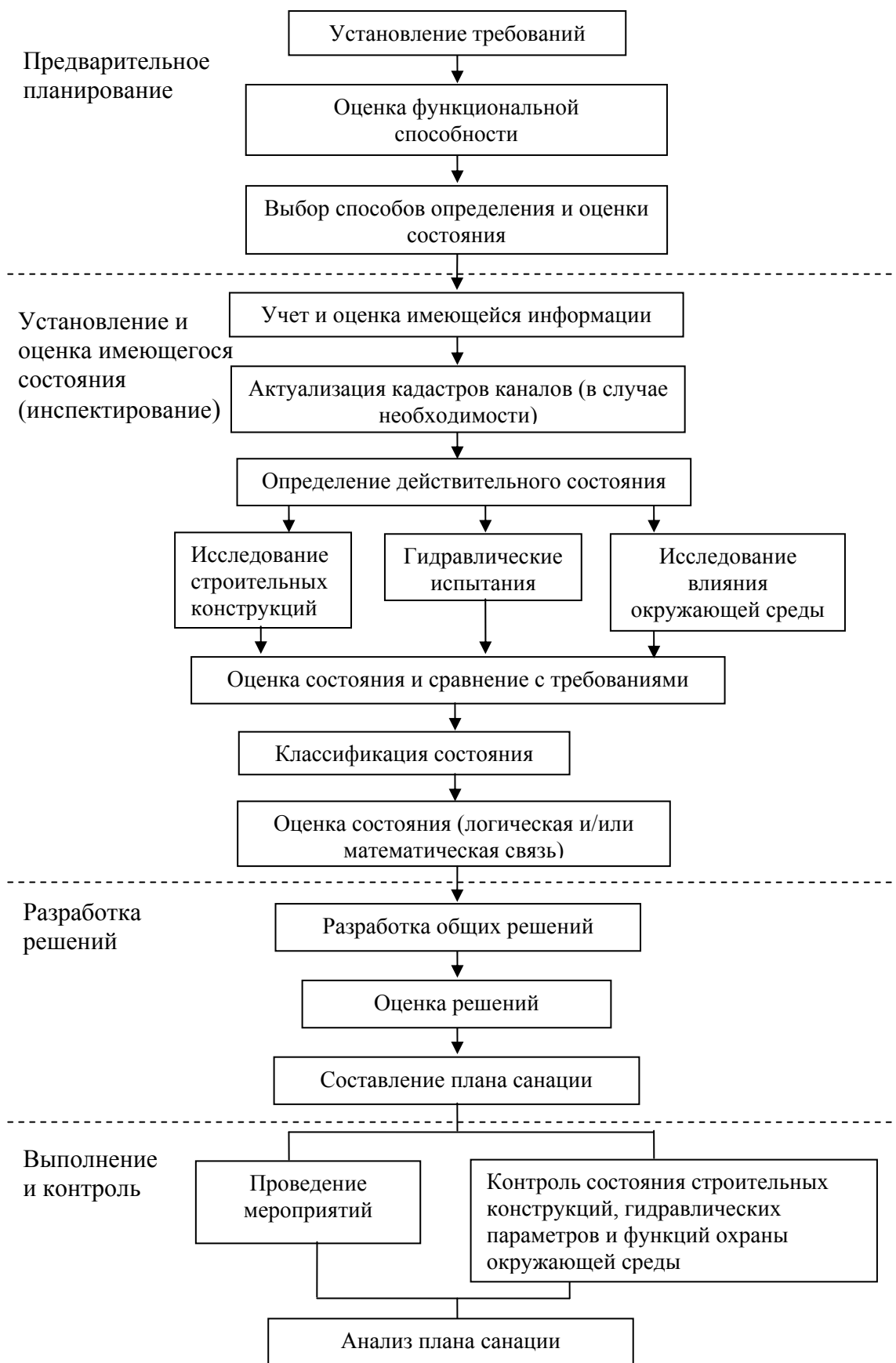


Рис. 2.4. Схема последовательности работ при планировании восстановления и санации сетей водоотведения.

водоотводящих сетей диаметром до 400 мм. При больших диаметрах водоотводящих самотечных сетей таким способом отключать участки весьма сложно. В данной ситуации целесообразно устраивать временные дублирующие линии, что удорожает ремонтно-восстановительные работы. Другим более сложным, но подчас единственно возможным способом резервирования водоотводящих сетей может стать устройство связей, обеспечивающих переброску сточных вод между двумя смежными бассейнами канализования, путем прокладки дополнительных коллекторов, пересекающих водораздел обоих бассейнов.

Индивидуальный подход к разработке стратегии восстановления городских водоотводящих сетей требует некоторых допущений: городская водоотводящая сеть, выполненная из различных труб (керамических, чугунных, бетонных, пластмассовых и др.), может и должна рассматриваться как единое целое. Это означает, что вид материала труб не играет существенной роли в образовании патологий, ведущих к аварийным ситуациям.

Снизить уровень потенциального воздействия факторов, напрямую или косвенно влияющих на проявление многочисленных патологий, можно уже на этапе проектирования, при решении городских схем водоотведения – вновь строящихся, существующих и реконструируемых. Большое значение при этом приобретают гидравлический расчет, правильная и рациональная трассировка соответствующих сетей (бытовых, производственных и атмосферных).

Поэтому уже на стадии проектирования схем водоотводящих сетей необходимо:

сокращать число пересечений трубопроводов водоотводящей сети с автомобильными дорогами и железнодорожными путями, а также с естественными препятствиями (реками, суходолами, оврагами и другими);

осуществлять трассировку трубопроводов по проездам, не

перегруженным другими подземными и наземными инженерными коммуникациями (трубопроводами, кабелями, рельсовыми путями и др.);

избегать трассировать трубопроводы в местах с высоким уровнем подземных вод;

использовать оптимальные формы поперечного сечения труб и коллекторов, которые в большей степени удовлетворяют гидравлическим, технологическим, строительным и другим требованиям.

2.3. Условия эксплуатации канализационных сетей

На территории Украины сети водоотведения залегают в разных грунтах: просадочных, оползневых, водонасыщенных неустойчивых, сухих, устойчивых и др.

При анализе аварий на канализационных сетях установлено, что одной из причин разрушения труб являются деформации оснований под трубами, вызванные неравномерными просадками грунтов. Грунт в естественном состоянии может служить надежным основанием для труб, заполненных водой, так как их масса не превышает массы вытесненной ими земли. Однако грунты по своему строению неоднородны, они могут быть сухими или насыщенными водой. В случае нарушения природного равновесия грунтов глубокими выемками, а также откачкой воды или периодическими колебаниями напорного горизонта они теряют устойчивость, приобретают подвижность и могут изменить плотность среды, окружающей трубу.

Водоотводящие сети воспринимают усилия от подземных вод, горизонт которых может быть расположен над действующим трубопроводом, а также от временных и постоянных статических и динамических нагрузок. Они проявляют чувствительность при

чрезвычайных ситуациях (взрывах, стихийных бедствиях, землетрясениях, раскопках вблизи трасс), что приводит к их деформациям (растяжению, сжатию), появлению трещин и переломов, прежде всего в верхней и нижней частях трубы.

Просадочные грунты на территории Украины подразделяют на два типа: I – просадка грунта от собственного веса при замачивании практически отсутствует или не превышает 5 см; II – возможна просадка грунта от собственного веса при замачивании на величину более 5 см.

При устройстве канализационной сети в просадочных грунтах тщательно выполняют все работы, связанные с устранением утечки воды из сетей и сооружений, и отводят поверхностные воды, чтобы не допустить замачивания грунтов в котлованах и траншеях ливневыми водами. Трассируют канализационную сеть по нижней стороне склонов и по тальвегам. Разработка грунта и укладка труб в летнее время, как правило, ведется ускоренными темпами, чтобы избежать попадания в траншею атмосферных вод.

Самотечные и напорные трубопроводы в условиях I типа просадочности прокладывают, как в обычных непросадочных грунтах. Минимальное расстояние в плане от наружной поверхности труб до грани фундамента или стен подземной части сооружений не менее 5 м.

В грунтовых условиях II типа просадочности минимальное расстояние в плане фундаментов сооружений до безнапорных и напорных трубопроводов принимается в зависимости от диаметра труб и толщины слоя.

Проектирование комплекса противооползневых мероприятий базируется на точном анализе причин, вызывающих оползни, и выяснении степени активности последних на основе тщательного геологического изыскания.

Наиболее эффективными мероприятиями являются:

1) перехват и отвод поверхностных и грунтовых вод путем устройства открытого и закрытого дренажа мелкого или глубокого залегания;

2) устранение фильтрации в грунт воды из поверхностных водоемов и покрытие поверхности водонепроницаемой одеждой;

3) устройство подпорных стенок.

Для правильной строительной оценки грунтов в процессе проектирования на профиле коллектора наносят гидрогеологический разрез и по нему выбирают конструкцию оснований в зависимости от естественного состояния грунтов, способов производства работ, глубины заложения и размера труб.

Решения о типе основания под трубы принимают с учетом несущей способности грунтов и фактических нагрузок. Во всех грунтах, за исключением скальных, плавунных, болотистых и просадочных II типа, как правило, предусматривают укладку труб при высоте засыпки до 6 м над верхней площадью поверхности труб непосредственно на выровненное дно траншеи. Если трубы и коллекторы укладываются на сухой грунт, грунт на дне траншеи находится в естественном (ненарушенном) и сухом состоянии. Ложе под трубы устраивают одновременно с их укладкой таким образом, чтобы оно было хорошо выровнено и труба на всем своем протяжении плотно соприкасалась с грунтом ненарушенной структуры не менее чем на четверть окружности.

В супесчаных, суглинистых и глинистых сухих грунтах (с допускаемым давлением $P < 0,15$ МПа) основанием для всех труб служит песчаная подушка, насыпаемая в лоток, выполненный для этой цели по дну траншеи (рис. 2.5, а).

В мягкопластичных глинистых и суглинистых грунтах с коэффициентом пористости, равным единице, и в пылеватых грунтах средней плотности, насыщенных водой, при допускаемом давлении на

грунт $P > 0,15$ МПа, для прокладки тех же труб предусматривают бетонную плиту и стул с углом охвата 135° , из бетона класса Б 15 (рис. 2.5, б).

В свеженасыпных грунтах с ожидаемой неравномерной осадкой, чтобы предупредить нарушение стыковых соединений труб, основание устраивают из монолитного железобетона (рис. 2.5, в).

Толщина основания зависит от диаметра труб: до 1000 мм – 0,1 м; 1200-2400 мм – 0,15 м; более 2400 мм – 0,2 м.

Во всех случаях предусматривают засыпку трубы до половины диаметра песчаным грунтом с тщательным трамбованием. С увеличением высоты засыпки до 12 м используют те же трубы, но устраивают железобетонный стул, охватывающий более половины площади сечения трубы (рис. 2.5, г). Стул увеличивает сопротивление раздавливанию трубы в 1,5–2 раза.

В водонасыщенных грунтах, хорошо отдающих воду, керамические и железобетонные трубы укладывают на слой щебня, гравия или крупного речного песка толщиной 0,15–0,2 м с дренажными лотками для отвода воды. В скальных грунтах трубы укладывают на песчаную подушку толщиной не менее 10 см. В илистых и торфянистых грунтах, в плавунках и других слабых грунтах кладут длинномерные трубы или устраивают искусственное основание под трубы всех диаметров, а стыки труб заделывают эластичными материалами. В просадочных грунтах все трубы укладывают непосредственно на грунт, уплотненный на глубину 0,2–0,25 м и предварительно намоченный водой.

Чтобы не устраивать трудоемких и дорогостоящих искусственных оснований, используют длинномерные низконапорные железобетонные трубы на гарантированное внутреннее давление 0,1 МПа, укладывая их непосредственно на грунт.

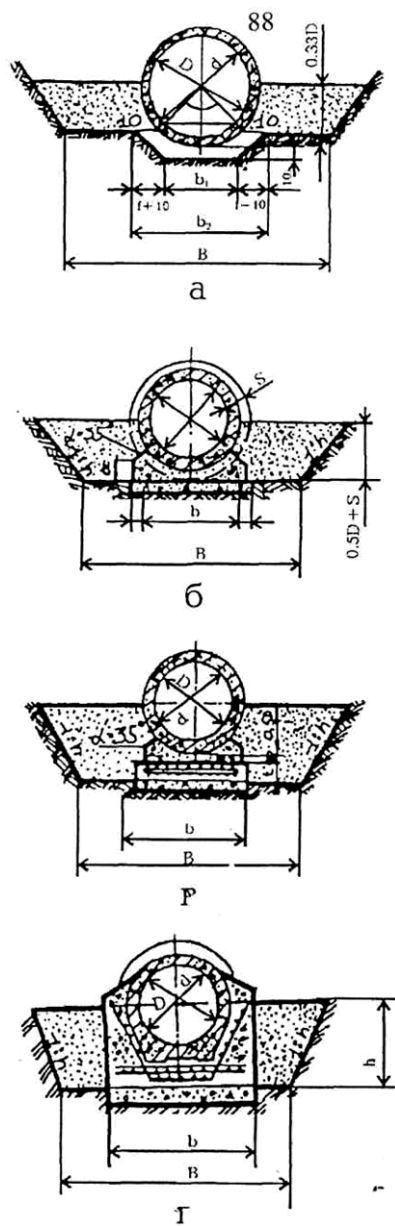


Рис. 2.5. Основание под трубопроводы:

a – при глубине заложения до 6 м в сухих грунтах с допускаемым давлением $P > 0,15$ МПа для труб диаметром 600–3500 мм; *б* – то же в мягкопластичных глинистых сухих и водонасыщенных песчаных грунтах с допускаемым давлением $P \leq 0,15$ МПа для труб диаметром 800–2500 мм; *в* – то же в свеженасыпных грунтах; *г* – при глубине заложения более 6 м.

Во многих городах и поселках Украины канализационные трубопроводы располагаются в водонасыщенных песках. Кроме того, в зоне прохождения канализации грунты в большинстве случаев различны по составу, так как при прокладке сетей их структура нарушается. Нередко вблизи канализационных трубопроводов проходят другие коммунальные сети. Очень часто сети канализации находятся под проезжей частью дорог и тротуарами. Ремонтно-восстановительные работы во многих случаях приходится проводить без остановки функционирования системы, при этом их необходимо выполнять в сжатые сроки и в тяжелых условиях из-за расположения вблизи других коммуникаций, интенсивного уличного движения и т.п.

В месте ведения работ отмечается водонасыщенность грунтов, вызванная не только расположением естественного уровня грунтовых вод относительно оси канализационной магистрали, но и тем обстоятельством, что из-за нарушения целостности труб грунты обводняются вследствие насыщения их сточными водами. При этом возникают проблемы, связанные с загрязнением грунтовых вод.

Примером могут служить условия пролегания канализационных сетей Киева.

Глубина залегания участков киевских коллекторов в зависимости от рельефа местности колеблется в широких пределах, которые измеряются десятками метров.

В многих случаях грунт наводненный и конструкции находятся в условиях подпора воды извне.

Грунты, преимущественно пески разной крупности, местами переходят в супеси и суглинки. Встречаются также торфяные прослойки и лесовидные породы. Коррозийная активность грунтов, которые находятся в контакте с внешними поверхностями коллекторов, невысокая, хотя есть предпосылки для процесса поглощения ионов кальция в глинистых

грунтах, что сопровождается коррозией бетона. Возможны также проявления острых форм биологической коррозии вследствие присутствия в грунтах аэробных тионовых бактерий, которые имеют способность окислять элементарную серу к серной кислоте. Это уже наблюдалось раньше, при прохождении одного из участков Киевского метрополитена (кессонным способом) и аэрации геологических отложений.

Грунтовые воды, в которых отборочный анализ показал наличие свободной углекислоты, сульфатов, хлоридов и небольшой уклон водородного показателя в кислотную область, в соответствии со СНиП 2.03.11–85 характеризуются как «слабоагрессивная» среда по отношению к бетону. Внешние поверхности коллекторов могут оказаться в контакте с грунтами, которые насыщены водами, содержащими раскрытые агрессивные агенты, в том числе хлориды (зимой, во время гололедицы ими густо посыпают улицы Киева). Ионы хлора не только вызывают ускоренную коррозию металла, который находится под землей как деактиватор его поверхности, но и повышают электропроводность грунта, вследствие чего интенсифицируются процессы электрокоррозии подземных коммуникаций.

К незапланированным влияниям относится более высокая по сравнению с предполагавшейся степень агрессивности внешней и внутренней среды, которая обусловлена возможными проявлениями биологической коррозии.

Коллекторы и их основа подвергаются динамическим и вибрационным воздействиям в результате эксплуатации наземного и подземного городского транспорта. В городе есть оползневые зоны, где могут происходить боковые смещения грунта, ведущие к повреждению и разрушению коллекторов. Возникают условия для напорной фильтрации агрессивной жидкости извне в середину коллекторов, при этом, как известно, коррозия пористого материала (бетона) резко ускоряется.

Трещины и прочие механические повреждения облегчают проникновение в толщу материала агрессивной жидкости и этим ускоряют процесс его деструкции.

Загрязнение окружающей среды вследствие неблагоприятного влияния на природу производственной деятельности человека, приводит, в частности, к попаданию в почву вредных веществ. В результате их концентрация по сравнению с уже имеющейся природной значительно повышается.

Нельзя забывать, что трубопроводы прокладываются под землей, а значит, могут эксплуатироваться при непосредственном контакте с агрессивными грунтами, минерализованными подземными водами, которые способны не только размывать грунтовый свод и отрицательно воздействовать на материал труб, но и приводить к загрязнению транспортируемых вод.

Различают загрязнения больших площадей, например из-за выброса отходов промышленных предприятий, ограниченных участков и отдельных мест.

Неправильное обращение с вредными для почвы веществами, повсеместное применение минеральных удобрений и инсектицидов, перевозка химикатов транспортом на большие расстояния, сброс промышленных стоков – все эти обстоятельства выдвинули проблемы экологии в число первоочередных. Существовавшая до последнего времени точка зрения, что грунтовая вода, оберегаемая верхними слоями грунта как фильтром, является самым защищенным на земле водным ресурсом и может применяться как питьевая, по перечисленным выше причинам становится весьма сомнительной. Все чаще в промышленных городах можно встретить в грунтовых водах так называемый «химический зоопарк», который представляет серьезную опасность для здоровья людей.

Ущерб, наносимый грунтовыми водам, часто невосполним. Если

грунтовая вода подверглась загрязнению, то ее санирование либо невозможно вообще, либо потребует много времени. Загрязнение грунтовых вод существенно отличается от загрязнения поверхностных. В первую очередь это относится к биоаккумулирующим загрязнениям.

Все вышесказанное приводит к необходимости предотвращать всякое попадание химических веществ в грунтовые воды. В этой связи особую значимость приобретает проблема загрязнения грунтовых вод вследствие повреждения канализационных трубопроводов.

До настоящего времени считалось, что сточные воды не могут просачиваться в грунт при небольших разрушениях труб, поскольку последние сделаны из прочных материалов, благодаря которым происходит самоупоривание поврежденных мест. В соответствии с другой теорией, наличие в грунтах сточных вод из-за негерметичности каналов не приводит к нарушению экологии. Подобные точки зрения справедливы, если иметь в виду обычное просачивание в почву части коммунальных сточных вод и неограниченного количества дождевой воды. Однако они не учитывают происшедших в последние десятилетия изменений в содержании сточных вод. Тем не менее проблеме загрязнению грунтовых вод из-за негерметичности канализационных труб по-прежнему уделяется недостаточно внимания.

Методы защиты грунта от загрязненных вод включают:

пассивные гидравлические и пневматические меры;

запирание (блокаду), то есть создание технических барьеров при рассоединении нити трубопровода между источником поступления вредных веществ и защитными материалами;

иммобилизацию (фиксацию) уменьшения выделения вредных веществ путем замедления их перемещения.

Коммунальные службы городов уделяют особое внимание строительству трубопроводов и производству аварийно-

восстановительных работ на канализационных сетях, расположенных в водонасыщенных грунтах. Исходя из условия максимального самотечного канализования объектов (наиболее дешевый способ), большинство канализационных сетей, особенно коллекторов, прокладывают на незначительной глубине, по «пониженным граням» вдоль рек, оврагов и т.п.

Кроме того, в крупных городах в результате развития подземной инфраструктуры (тоннели метрополитена, проходные коммуникационные тоннели, подземные резервуары, свайные основания, канализационные тоннельные коллекторы и пр.) происходит перекрытие потоков грунтовых вод и как следствие – резкий их подъем. Так, в течение последних 20 лет канализационные коллекторы Харькова, проложенные в «сухих» грунтах, оказались ниже уровня грунтовых вод (район Журавлевки, Основы, улиц Довгалеvской, Академика Павлова и др.). Технология строительства канализационных сетей в водонасыщенных грунтах во многом отличается от прокладки их в «сухих» грунтах, стоимость значительно выше, а аварийно-восстановительные работы более сложны и продолжительны. Поэтому особые требования предъявляются к качеству выполняемых работ, материалам труб, заделке стыков, проведению мер по гидроизоляции как наружных, так и по возможности внутренних поверхностей. То же касается устройства сооружений на канализационных сетях: колодцев, камер, шахт и т. д. Эти требования особенно ужесточаются, когда канализационные трубопроводы прокладывают в санитарных зонах или при использовании грунтовых вод для нужд водоснабжения.

В существующих нормативных документах предусмотрены не все необходимые меры, поэтому их следует пересмотреть и дополнить.

Наиболее эффективными способами устройства канализационных сетей в водонасыщенных грунтах являются прокладка канализационных

труб внутри защитной трубы (в кожухе), так называемых «двойных труб», и прокладка каналов, трубопроводов с проведением дополнительных защитных мер. Однако дороговизна указанных работ (особенно первого варианта) не позволяет применять их повсеместно, поэтому эти способы предпочтительны при прокладке канализационных сетей в санитарных зонах, при пересечении с железнодорожными путями, автомобильными дорогами общегосударственного и областного значения, при пересечении с линиями метрополитена, водоводов, газопроводов высокого и среднего давления и т. д.

Проведение ремонтно-восстановительных работ или капитального ремонта канализационных сетей в водонасыщенных оползневых грунтах требует использования таких технологий, механизмов, приспособлений и материалов, которые позволят свести до минимума время их производства. Это стало особенно актуально в последние годы, когда в результате старения и износа основных фондов водоотводящих сетей увеличилось количество техногенных аварий, нередко приводящих к человеческим жертвам, к большим материальным потерям, ухудшению экологической ситуации и т. д. Один из таких примеров – авария в жилом массиве «Тополь» в Днепропетровске.

С развитием науки и техники, компьютеризацией, внедрением передовых технологий, автоматизацией процессов эксплуатации систем водоотведения, в том числе и канализационных сетей, появилась возможность не только наблюдать за действующими трубопроводами, но и прогнозировать места потенциальных аварий. Внедрение мониторинговых систем позволит вести наблюдение, давать оценку и делать прогноз состояния канализационных коллекторов (их загазованности, наполнения, скорости течения и пр.). Таким образом, эксплуатационщики получат достаточно объективную картину для принятия мер, которые дадут возможность предотвратить разрушение трубопроводов и сооружений на

них, а в угрожающих случаях – провести соответствующие мероприятия.

Но даже при правильной эксплуатации сетей канализации не исключены аварийные ситуации, а значит, требуется производить капитальный ремонт и вести аварийно-восстановительные работы. Вот почему так необходимо разработать организационно-технические мероприятия, в том числе и водопонизительные, позволяющие в минимальный срок определить и использовать технологические схемы и карты при ликвидации аварий на сетях канализации, особенно в водонасыщенных грунтах.

Как уже отмечалось, канализация в процессе эксплуатации должна быть водонепроницаемой и долговечной, а чтобы добиться этого, следует избегать повреждений трубопроводов, и в первую очередь нарушений их герметичности.

ГЛАВА 3

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

3.1 Методы, машины и оборудование для диагностики состояния сетей водоотведения

Инструментальная проверка канализационных сетей и сооружений позволяет определить их состояние. В частности, она дает возможность выявить в грунтах, где располагаются сети и тоннельные коллекторы, пустоты и зоны разуплотнения на различных глубинах, обследовать техническое состояние канализационных трубопроводов и тоннелей, с тем чтобы обнаружить дефекты и разрушения, найти места инфильтрации и эксфильтрации сточных вод, провести дефектоскопию трубопроводов, тоннелей и других сооружений, определить уровень осадка в трубах и тоннельных коллекторах, обнаружить местоположение различного вида трубопроводов, а также засыпанных грунтом или заасфальтированных крышек люков, колодцев, шахт, буровых скважин

Телевизионные установки, шаблоны и другое оборудование зачастую не могут проходить все расстояние из-за проросших корней деревьев, заиливания, наносов песка и по ряду других причин.

В настоящее время многими фирмами разработаны агрегаты высокого давления, которые служат в качестве компактного оборудования для прочистки коллекторов и трубопроводов.

На рис. 3.1 представлена схема установки на базе автомобиля для чистки дна трубопроводов и коллекторов. Установка оснащена беспроводной камерой наблюдения.

Установка имеет следующие технические данные: область применения - трубы диаметром от 300 мм; диапазон передатчика > 300 м; продолжительность непрерывной работы - 8 часов; изображение на мониторе - чёрно-белое; съёмка - на выбор одна или две камеры; вес -

очиститель дна 20-35 кг; мощность насоса - 260 л/мин и выше; установка имеет защиту от глубокой разрядки; разъём для подключения видео; защиту от водяных брызг – дворники; защита от влаги - защитный газ; ударостойкость - 3 Г; диапазон температур - от -5 до +40 °С; техобслуживания не требуется.



Рис. 3.1 Установка для очистки дна трубопроводов и коллекторов

В комплект установки входит дноочиститель с вращающимся шарниром и с 8, 10, 12 или 14 насадками на выбор, встроенная камера (телеконтроль по и/или против течения) с передатчиком и внутренним энергоснабжением; поворотный ролик шланга со встроенной антенной приёмника; приёмник; монитор 12"; ручной монитор (видимость независимо от освещения); черно-белый монитор в кабине водителя с видеомagneитофоном.

На рис. 3.2 представлена установка для промывки сетей водоотведения под высоким давлением и всасыванием с непрерывной регенерацией загрязнённой воды фирмы Hellmers GMBH



Рис. 3.2 Установка для промывки сетей фирмы Hellmers GMBH Fahrzeugbau

Данная установка имеющая название «Водяной мастер» имеет следующие преимущества:

- непрерывная регенерация воды;
- самоочистительные системы фильтров;
- гибкое использование объёма цистерны благодаря передвижному поршню;
- оптимальное согласование регенерации воды с системой высокого давления.

К другим возможностям «Водяного мастера» относятся:

- дистанционное управление процессом, очистки;
- кассета вакуумного шланга диаметром 100 мм или 125 мм с направляющими роликами;
- телескопическая стрела с направляющими роликам вакуумного шланга;
- утеплительная система для эксплуатации установки с температурой воздуха зимой до -15° С в режиме КОМБИ;

- двойная лебёдка с шлангами высокого давления разных диаметров.

Фирма Д. Видтвед Ларсен А/С предлагает современную гидродинамическую машину по промывке канализационных сетей и оборудования. Индивидуальные потребности потребителя определяют, какой будет комплектация установки. Схема работы гидродинамической установки приведена на рис.3.3.

Гидродинамическая установка позволяет полностью произвести промывку сетей за один рабочий день. Шланг с гидродинамическим снарядом вводится в трубу. Продвижение шланга вперед по трубе происходит самостоятельно под воздействием давления воды, нагнетаемой насосом высокого давления.

В процессе вывода шланга со снарядом из трубы размытые ил, песок и т.п. подаются назад к всасывающему шлангу. Вакуумный насос обеспечивает откачку ила, песка и т.п. в бочку. Поршень перемещается в зависимости от количества осадка или воды в бочке.

Широкое применение для очистки трубопроводов находят различные приспособления разработанные немецкой фирмой KEG mbH (табл. 3.1), а также цепочные карусели (рис. 3.4).

Цепочные карусели используются для прочистки коллекторов диаметром 125...400 мм, рекомендуемая мощность насоса 120 л/100 бар. Цепочные карусели могут быть использованы для работы по прочистке коллекторов диаметром 150...450 мм.

При оснащении их соответствующим дополнительным оборудованием возможно их использование в коллекторах диаметром до 2000 мм при рекомендуемой мощности насоса 260 л/100 бар.

Направляющая каретка карусели состоит из 5 индивидуально регулируемых направляющих полозьев. Чрезвычайно острые самозатачивающиеся цепи, благодаря конструкции цепочных каруселей, не наносят повреждений поверхности трубы, что делает возможным использование этого снаряда в трубах из любого материала.

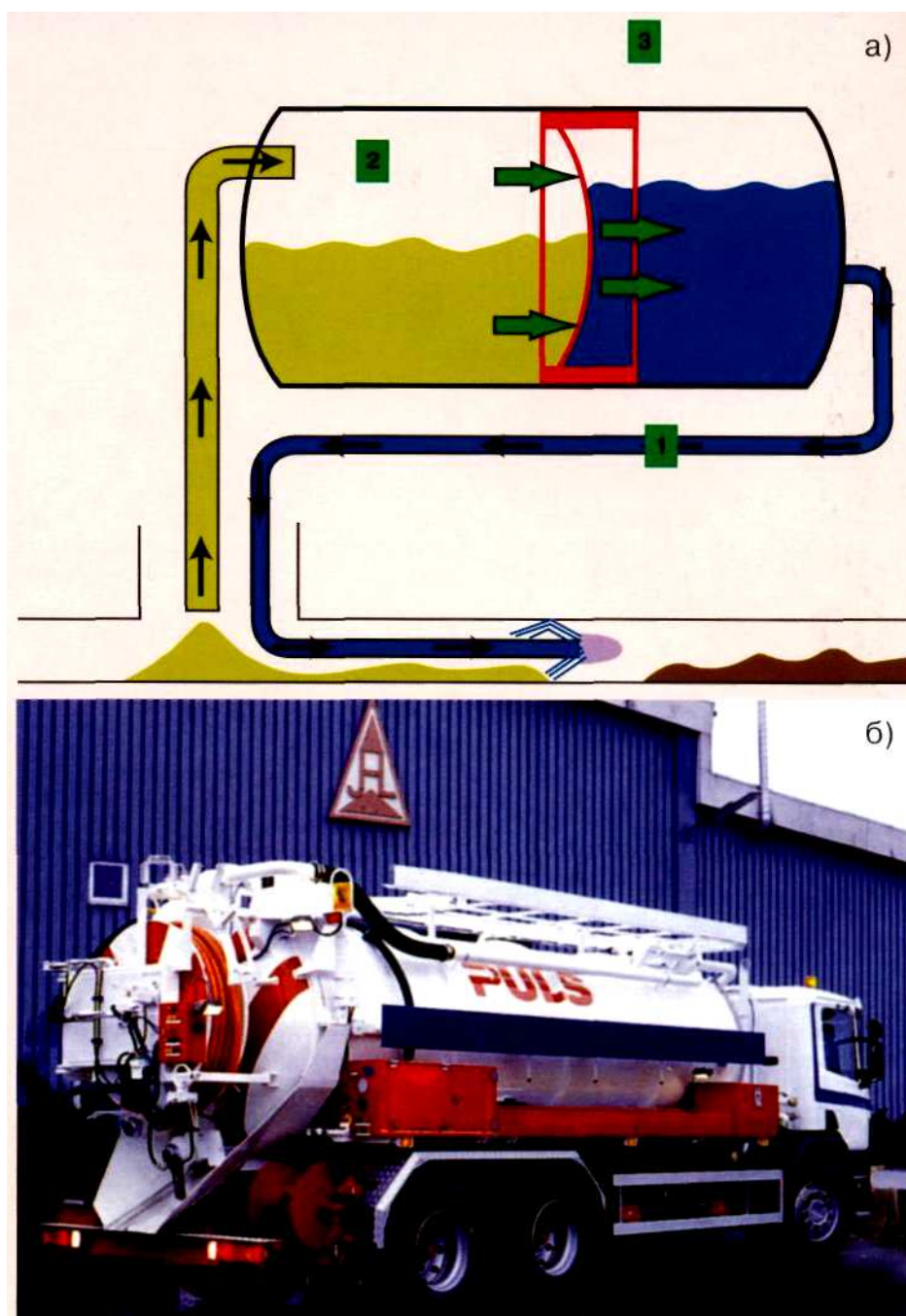


Рис. 3.3 Схема (а) и общий вид (б) гидродинамической установки:

1 — промывочный шланг; 2 — сборник ила, песка и т.п. в бочке;
3 — поршень

Таблица 3.1

Приспособление для очистки дна трубопроводов и коллекторов

Наименование и рисунок	Назначение и характеристика
<p>Форсунка-торпеда</p> 	<p>Форсунка-торпеда изготовлена из чрезвычайно износостойкого материала. Благодаря оптимизации направления водяной струи КПД этой форсунки является на сегодняшний день непревзойдённым. Скользящий угол выброса водяных струй обеспечивает эффективную транспортировку грязи и песка, а также чрезвычайно высокие тяговые качества. Геометрическая форма форсунки (длина и вес) способствуют её оптимальному расположению внутри трубы.</p>
<p>Королевская форсунка</p> 	<p>Королевская форсунка изготовлена из высокоизносостойкого стального литья. С её помощью осуществляется эффективная прочистка коллекторов большого диаметра с такими загрязнениями как ил, песок, жир и др. КПД королевской форсунки втрое превышает эффективность традиционных форсунок. Это универсальная форсунка для очистки всей поверхности коллектора.</p>
<p>Трёхгранные кватро-форсунки</p> 	<p>Трёхгранные кватро-форсунки -это идеальный инструмент для быстрой прочистки трубопроводов при засорениях с полной закупоркой любого характера. Острые грани форсунки помогают ей вклиниться в преграждающие ей путь скопления камней, корней, комков глины и т.д. и разрушить их, а исходящие струи размывают заторы.</p>
<p>Буравчик</p> 	<p>Буравчик глубоко проникает в закупоривающие трубы слои , постепенно размывает и отбрасывает их назад. Нет потерь тяги за счёт исходящих струй, хорошая проходимость на участках с изгибами. Рекомендуются использовать кватро-форсунку с буравчиком в коллекторах с сильным сдвигом муфт, т. к. за счёт выбора угла исходящих из буравчика водяных струй автоматически происходит центрирование положения форсунки внутри коллектора.</p>

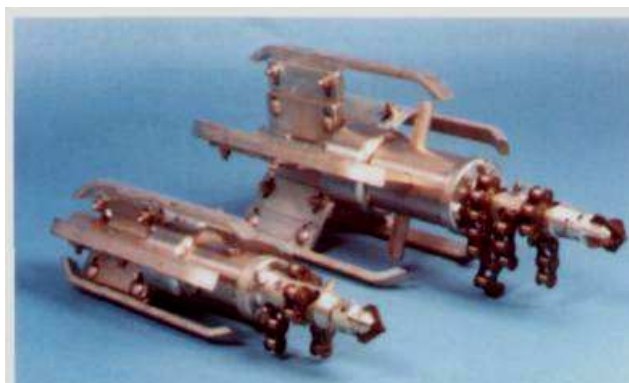


Рис. 3.4 Цепочная карусель для прочистки коллекторов

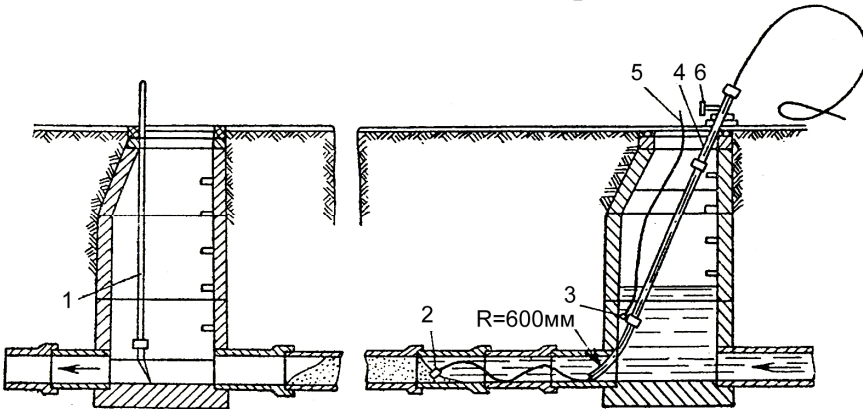
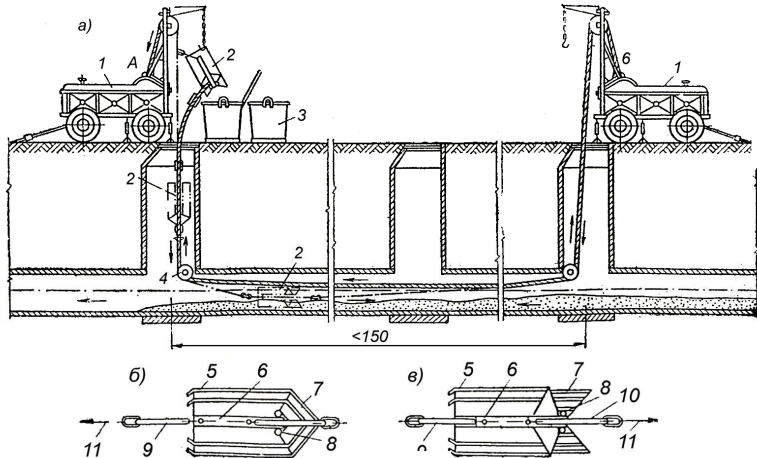
Следует отметить, что лишь в некоторых городах Украины имеются диагностические комплексы, включающие телеустановки для инспектирования подземных канализационных сетей.

Результатом анализа отечественного и зарубежного опыта стала представленная в табл. 3.2, п. 1–16 классификация существующих методов ухода за сетями водоотведения и их очистки. Обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы, посвященной вопросам инспекции сетей, позволил обобщить известные способы инспектирования и оборудование, необходимое для ведения этих работ табл. 3.2, п. 17–32.

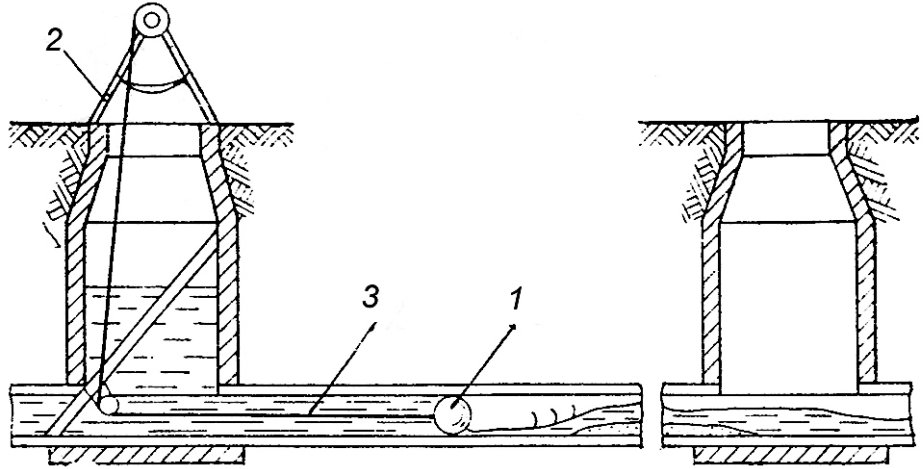
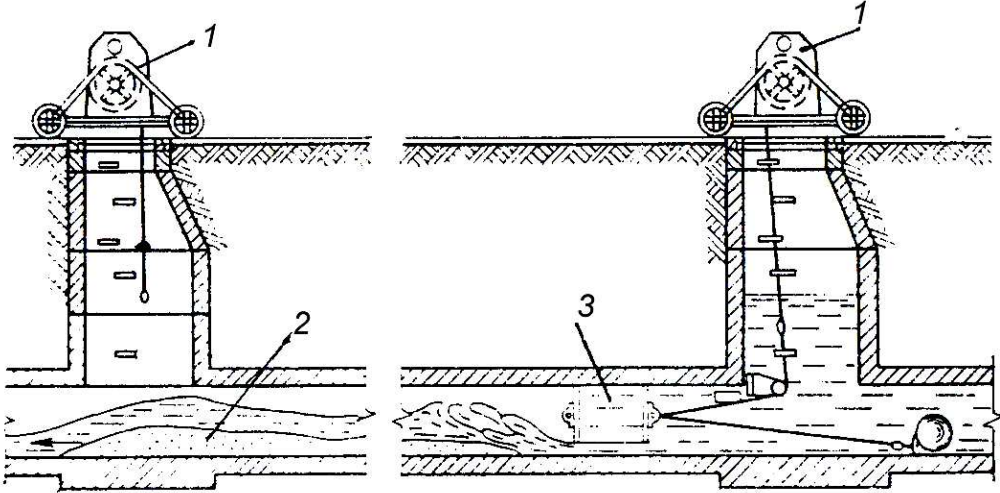
Для проведения диагностического инспектирования подземных трубопроводов и коллекторов водоотведения предприятием «Харьковкоммуночиствод» совместно с институтом «УкркоммунНИИ-прогресс» разработан и внедрен лабораторный комплекс ЛТК 300–3200, оснащенный плавающим и передвижным (шагающим) модулями с установленной на них телевизионной видеокамерой (рис. 3.5). Лабораторный комплекс выполняет исследования инженерных сетей предприятия начиная с 1997 года. За это время проведен осмотр 9000 м тоннельных коллекторов, 3000 м трубопроводов диаметром от 600 до 1500 мм, 32 шахтных коллектора Харькова. Обследовано также 3000 м трубопроводов в других городах Украины: Ивано-Франковске, Сумах, Херсоне и др.

Таблица 3.3

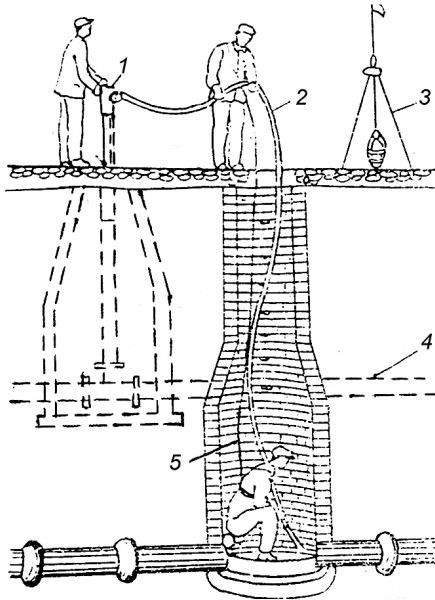
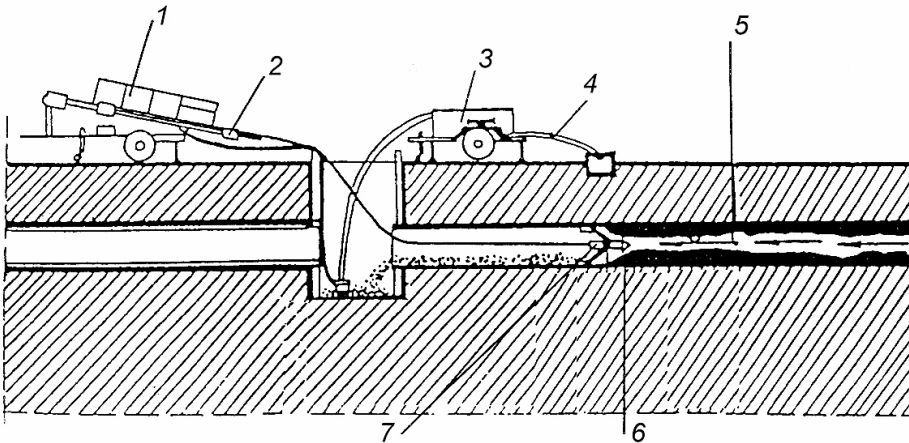
Классификация способов очистки и инспектирования канализационных сетей

№ п/п	Наименование	Схема	Условные обозначения
1	2	3	4
1	Прочистка канализационной сети проволокой	<p>Способы подготовки к инспектированию</p> 	<p>1 – вилы; 2 – проволока с наконечником; 3 – хомут для прикрепления троса; 4 – трос; 5 – направляющая труба диаметром 50 мм; 6 – винтовой зажим для закрепления направляющей трубы</p>
2	Механическая прочистка сети с помощью лебедок и ковша с раскрывающимися створками		<p>а – схема прочистки; б – ковш с закрытыми створками; в – ковш с открытыми створками; 1 – моторные лебедки с краном-укосиной; 2 – ковш; 3 – контейнеры на катках; 4 – подшellyжный съемный блок; 5 – корпус ковша; 6 – боковая планка; 7 – створки; 8 – петли для соединения створок; 9, 10 – передняя и задняя скобы; 11 – направление движения тросов к лебедкам</p>

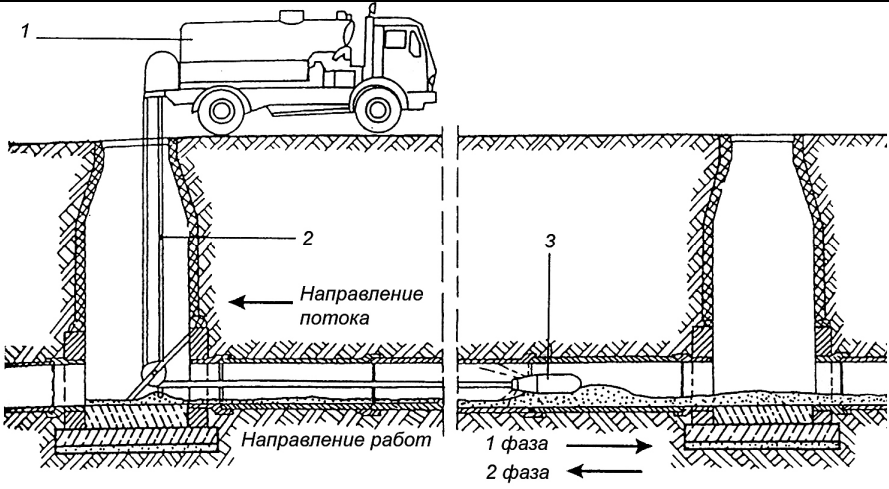
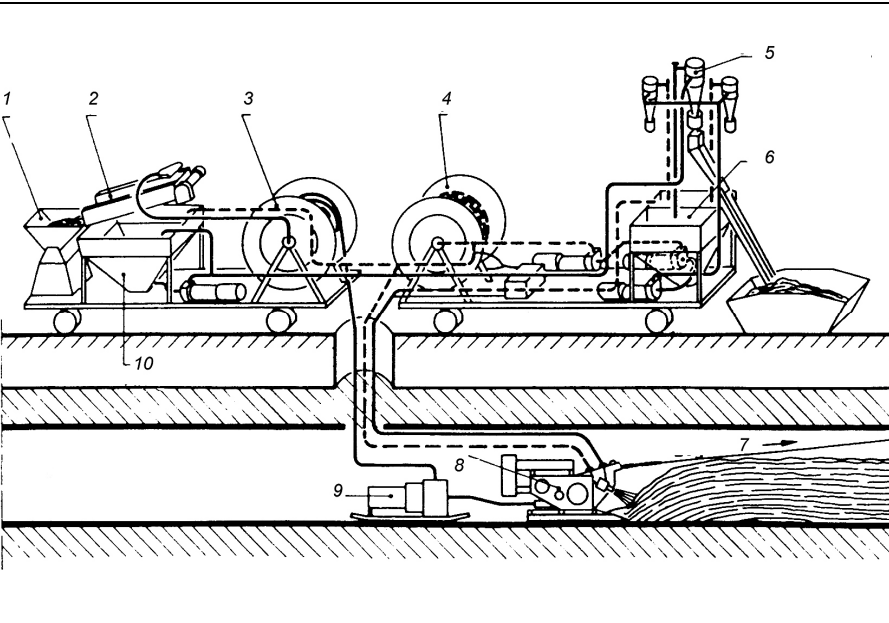
Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4
3	Прочистка сети с помощью шаров		<p>1 – шар; 2 – лебедка; 3 – трос</p>
4	Прочистка труб с помощью деревянного цилиндра		<p>1 – лебедка; 2 – осадок; 3 – цилиндры</p>

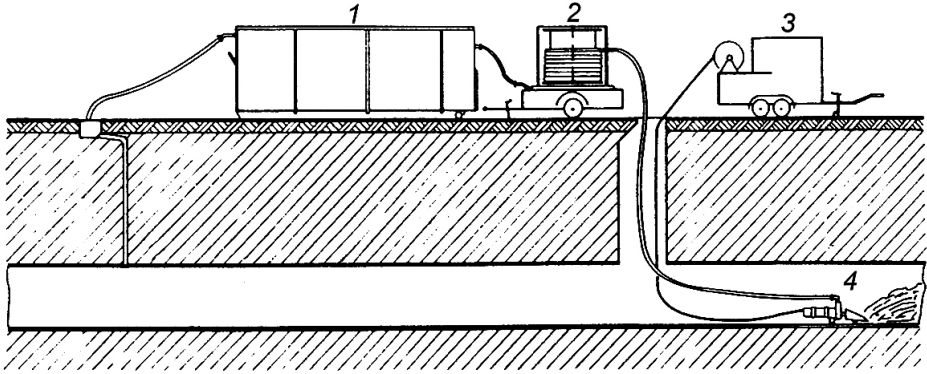
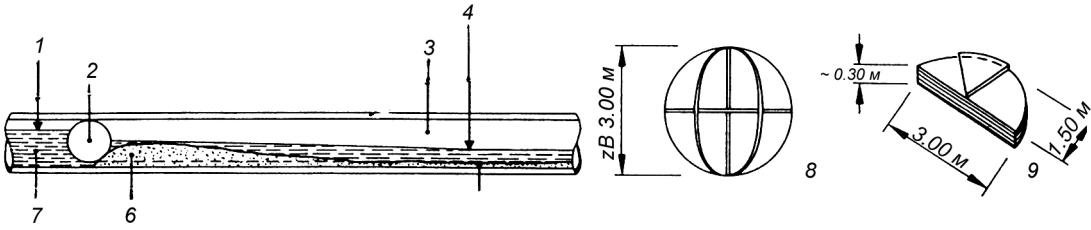
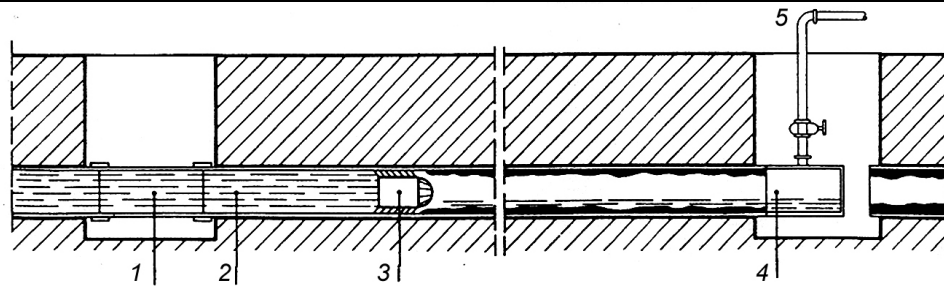
Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4
5	Устранение засорения в канализационной сети	 <p>The diagram shows two workers on a street surface. One worker holds a stander (1) connected to a hose (2). The hose is lowered into a manhole. A safety rope (5) is attached to the hose. A water pipe (4) is visible in the background. The manhole is surrounded by a fence (3).</p>	<p>1 – стендер; 2 – шланг; 3 – ограждение места работ; 4 – водопровод; 5 – веревка к спасательному поясу</p>
6	Очистка канала ротационным очищающим агрегатом	 <p>The diagram shows a cross-section of a channel. A rotational cleaning unit (1) is positioned on the left. It has a drive motor (2) and a drive shaft (3). The unit is connected to a rotating mechanism (7) at the bottom of the channel. Water is being discharged (4) from the unit. The flow direction (5) is indicated by an arrow. The channel bottom is covered with debris (6).</p>	<p>1 – приводной агрегат; 2 – приводной ротационный вал; 3 – описывающая емкость; 4 – вытекание воды; 5 – направление потока; 6 – отложения; 7 – ротационный механизм для очистки</p>

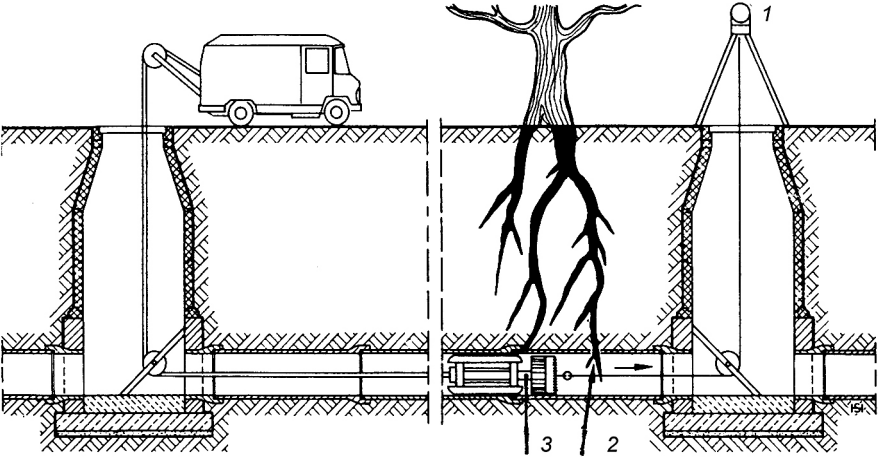
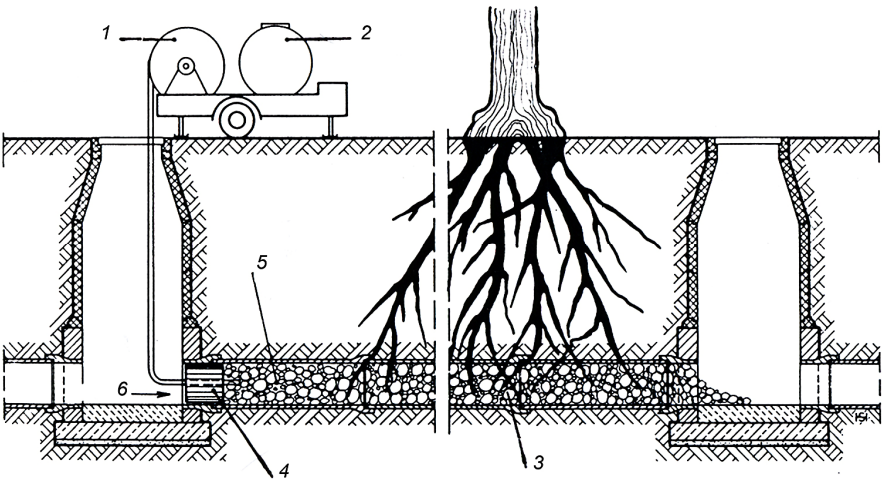
Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4
7	Очистка тоннеля насосами высокого давления		<p>1 – автомобиль с насосом высокого давления; 2 – отсасывание; 3 – сопло высокого давления</p>
8	Система промывки «Sielwolf» («канализационный волк»)		<p>1 – грубая масса; 2 – просеивающая машина; 3 – барабан наматывания рукава шланга; 4 – барабан наматывания рукава шланга воды под давлением; 5 – гидроциклон; 6 – верхний резервуар; 7 – натяжной трос; 8 – устройство «Sielwolf» («канализационный волк»); 9 – шламонасос; 10 – резервуар с суспензией</p>

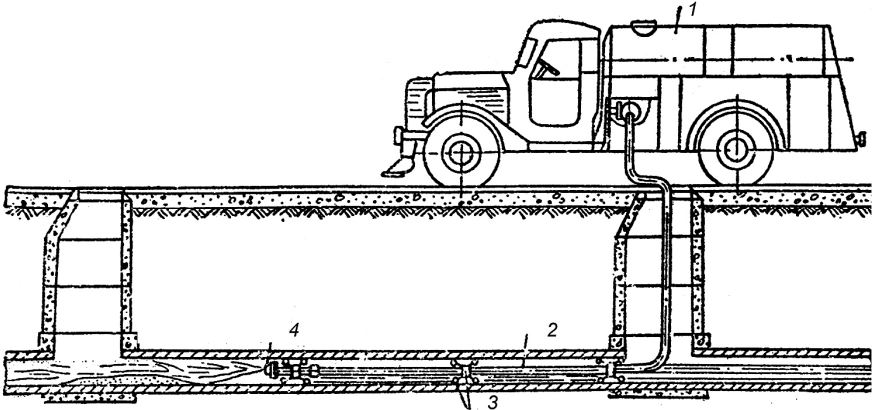
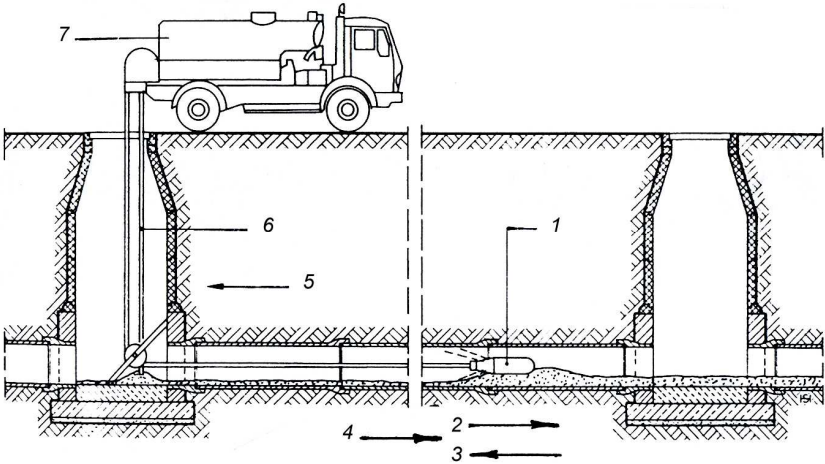
Продолжение табл. 3.3

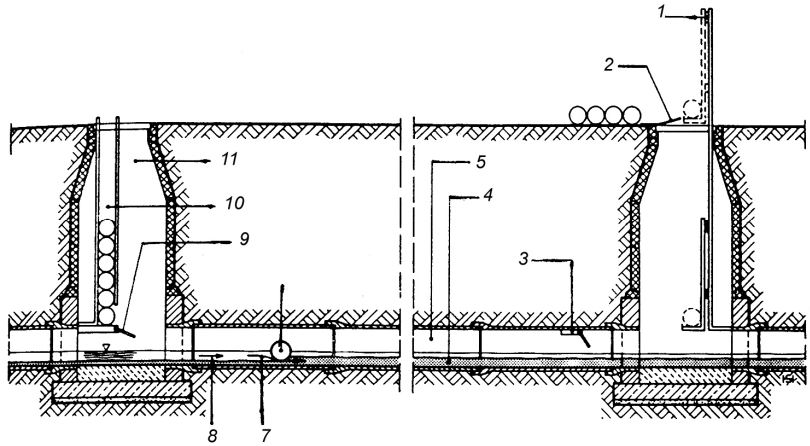
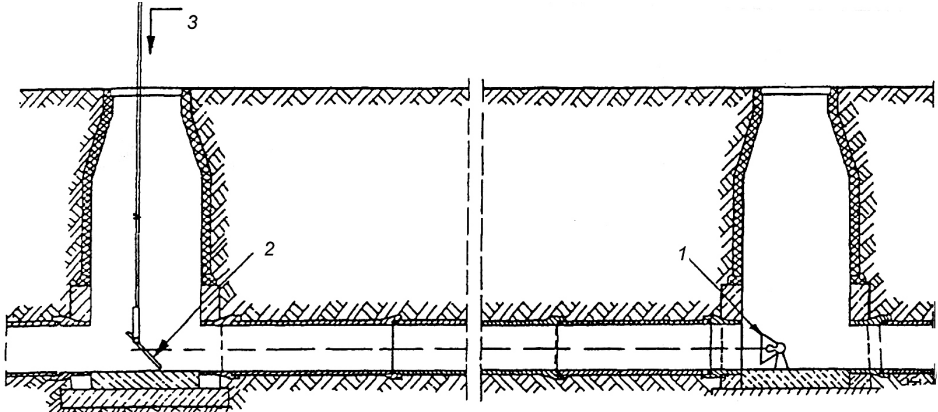
1	2	3	4
9	Система промывки “Kanaljumbo”		1 – контейнер для осадков; 2 – барабан наматывания рукава; 3 – сжатый воздух; 4 – установка “Kanaljumbo”
10	Устранение наслоений в больших круглых канализационных каналах с помощью складчатого промывочного шара		1 – уровень воды; 2 – промывочный шар; 3 – канализационный канал; 4 – частичное заполнение; 5 – наслоения; 6 – наслоенная дюна; 7 – очищенный канал; 8 – промывочный шар развернутый; 9 – промывочный шар в разрезе
11	Механическая очистка напорных труб с помощью скребка (Molch)		1 – напорная труба; 2 – вода под давлением; 3 – очищающий скребок; 4 – улавливающий резервуар; 5 – выпуск

Продолжение табл. 3.3

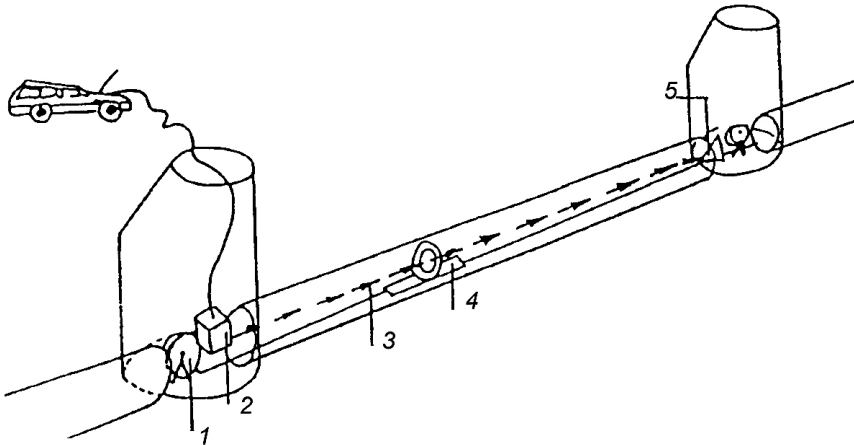
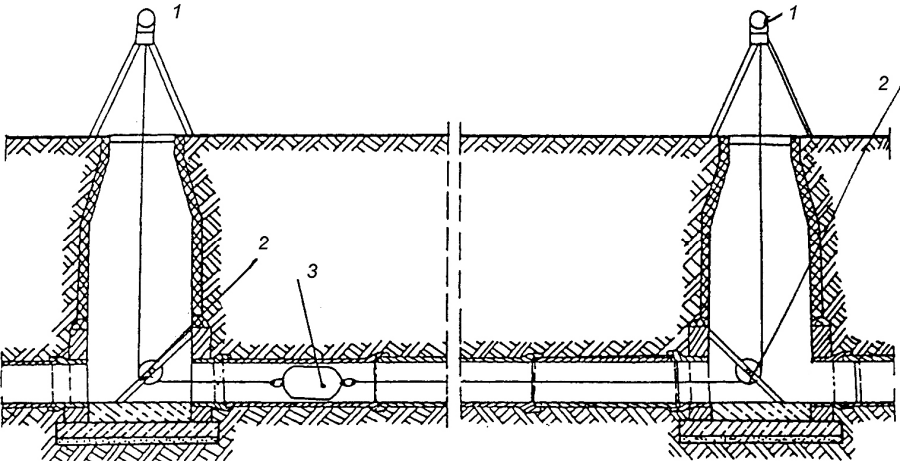
1	2	3	4
12	Устранение корней буровым станком (Kasparo AG)		<p>1 – лебедка тягового канала; 2 – проросшие в трубу корни деревьев; 3 – прибор для обрезки корней</p>
13	Устранение корней пенными гербицидами		<p>1 – барабан для наматывания рукава; 2 – емкость с гербицидами; 3 – корни деревьев, проросшие через трещины и стыки; 4 – затвор с подсоединенным шлангом; 5 – пенные гербициды; 6 – напор</p>

Продолжение табл. 3.3

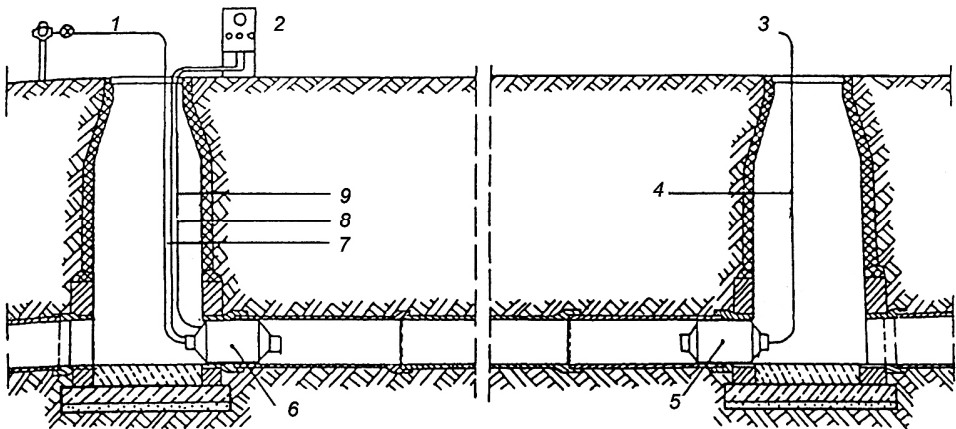
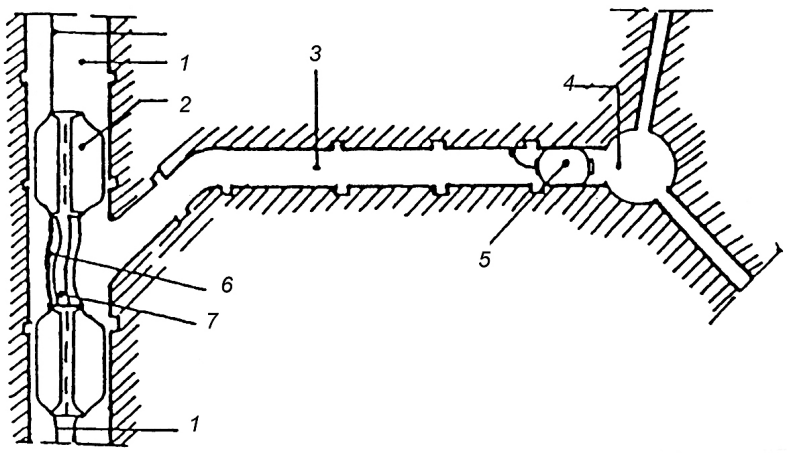
1	2	3	4
14	Профилактическая промывка канализационной сети		<p>1 – промывочная машина; 2 – шланг; 3 – тележка с роликами; 4 – насадка</p>
15	Промывка водой под высоким давлением		<p>1 – сопло высокого давления; 2 – 1-я фаза; 3 – 2-я фаза; 4 – рабочее направление; 5 – направление потока; 6 – отсасывание; 7 – промывочная машина высокого давления</p>

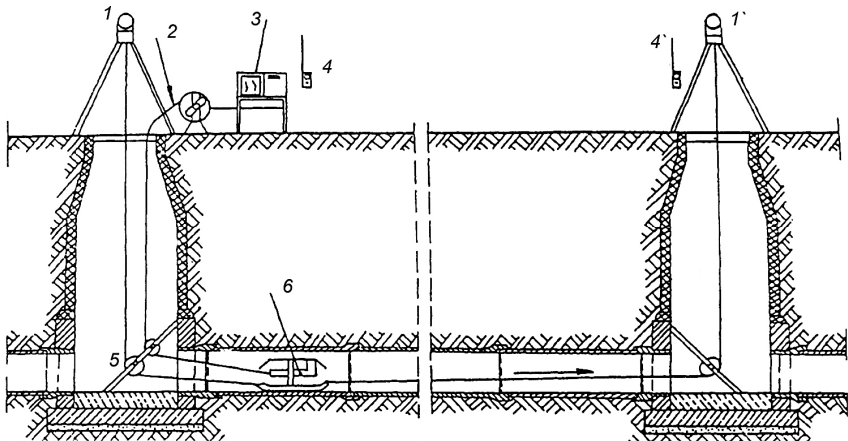
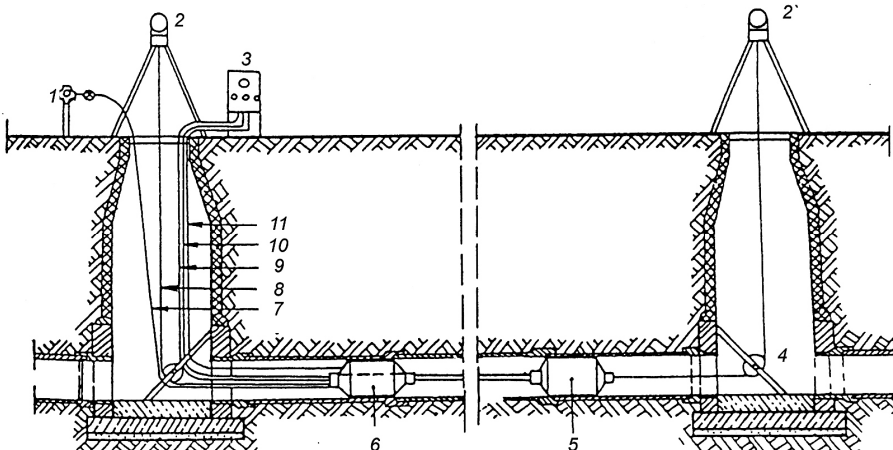
1	2	3	4
16	Очистка с помощью утолщенных шаров		<p>1 – подъемник с грейфером для подъема шаров; 2 – мульда опускания; 3 – шаровой сигнальный прибор; 4 – канализационный трубопровод; 5 – незатвердевшие отложения; 6 – утолщенные шары; 7 – движение утолщенных шаров с повышенной скоростью; 8 – поток сточной воды; 9 – наклоненная мульда опускания; 10 – шаровой сборник; 11 – шахта</p>
Классификация способов инспектирования канализационных трубопроводов			
17	Инспектирование тоннельного коллектора с помощью зеркал		<p>1 – лампа; 2 – зеркало; 3 – наблюдатель</p>

Продолжение табл. 3.3

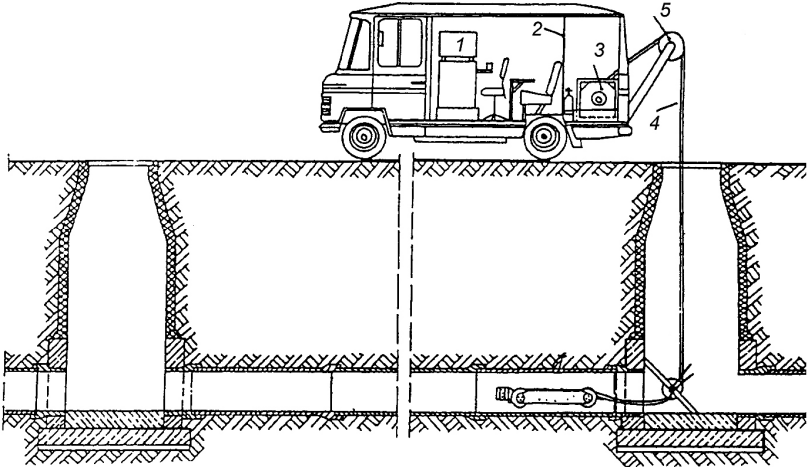
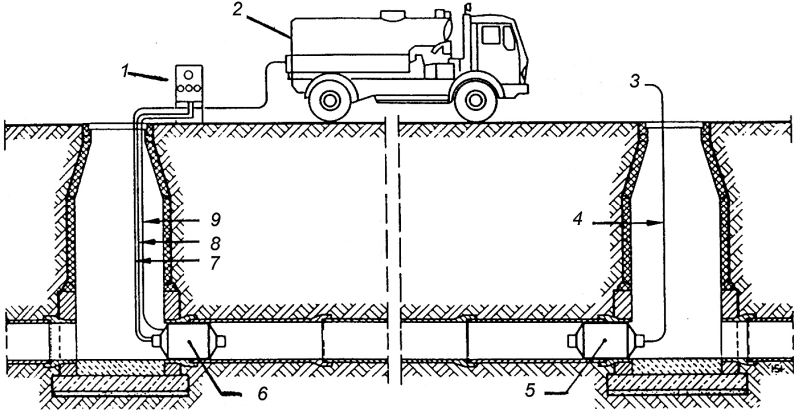
1	2	3	4
18	Инспектирование шахты с помощью лазера и шайбы с отверстием		<p>1 – лебедка; 2 – лазер; 3 – луч лазера; 4 – шайба с отверстием; 5 – ориентирующая пластинка</p>
19	Определение минимального сечения с помощью калибра		<p>1 – лебедка тягового троса; 2 – направляющий ролик; 3 – калибр</p>

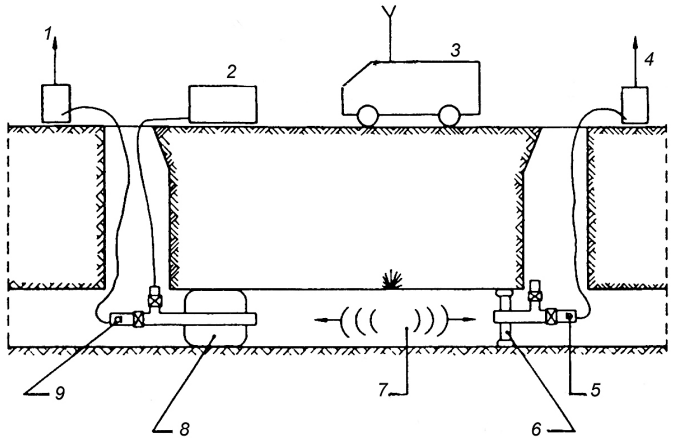
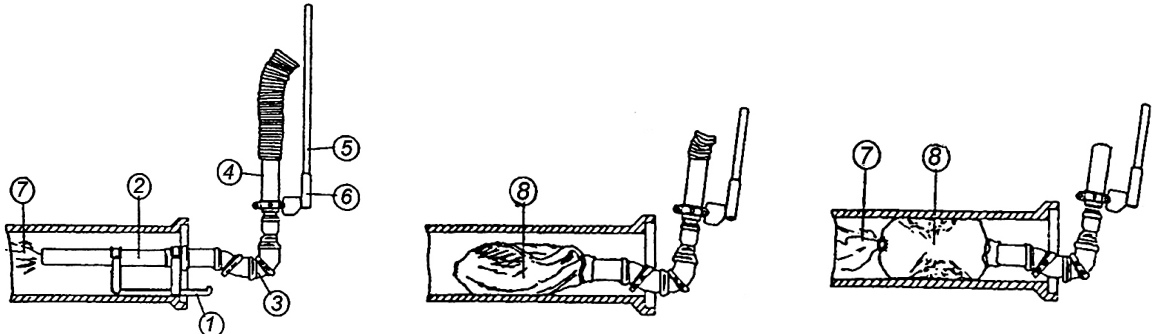
Продолжение табл. 3.3

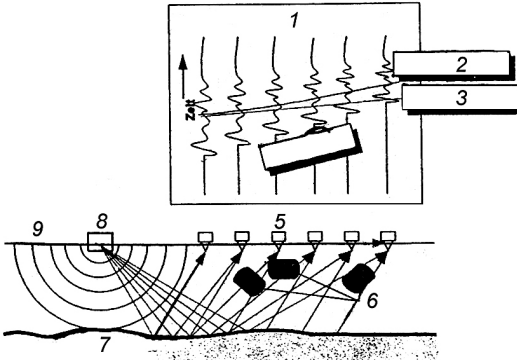
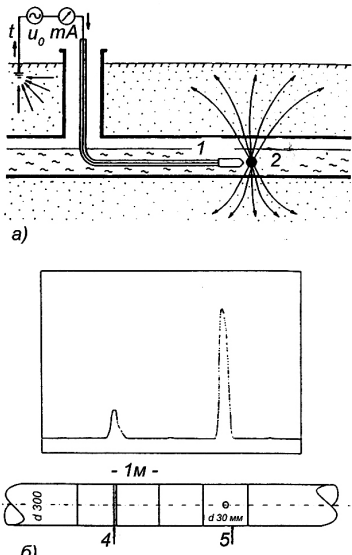
1	2	3	4
20	<p>Испытание коллектора на плотность самоудерживающейся системой</p>		<p>1 – гидрант; 2 – контрольный щит; 3 – компрессор; 4 – нагнетание воздуха в напорную колбу (пузырь); 5 – запорная колба; 6 – контрольная колба; 7 – подвод воды; 8 – контроль движения воды; 9 – нагнетание воздуха в контрольную колбу</p>
21	<p>Испытание водой подсоединяемого канала</p>		<p>1 – тяговой канат; 2 – канал; 3 – связи трубчатой колбы и подсоединяемого канала; 4 – смотровой колодец; 5 – трубчатая испытательная колба; 6 – соединительная цепь; 7 – связующий шланг</p>

1	2	3	4
22	Инспектирование коллектора с помощью канального телевидения		<p>1, 1' – лебедка тягового каната; 2 – камерный кабель; 3 – контрольный пост управления; 4, 4' – переговорные устройства; 5 – направляющий ролик; 6 – канальная телекамера</p>
23	Испытание отдельных участков коллектора на плотность		<p>1 – гидрант; 2, 2' – лебедка тягового каната; 3 – контрольный щит; 4 – направляющий ролик; 5 – запорная колба; 6 – контрольная колба; 7 – подвод воды; 8 – тяговой канат; 9 – контроль давления воды; 10 – нагнетание воздуха в запорную колбу; 11 – нагнетание воздуха в контрольную колбу</p>

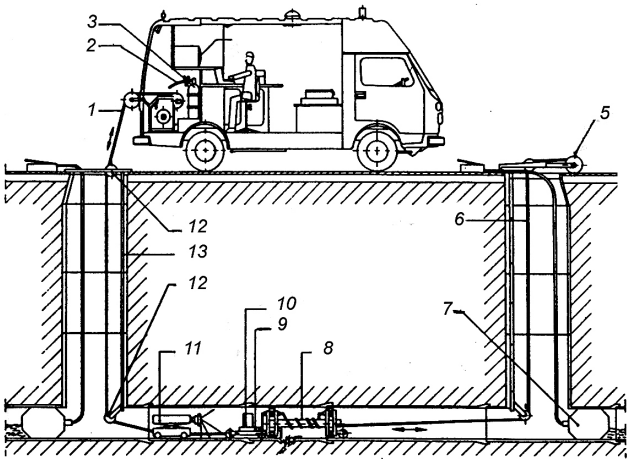
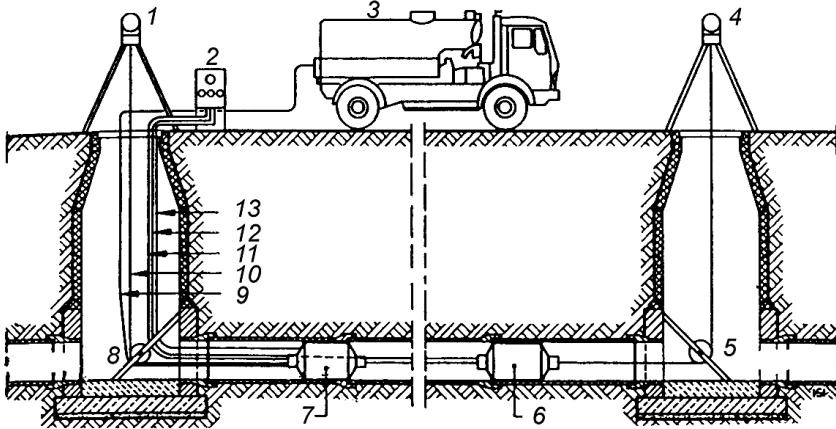
Продолжение табл. 3.3

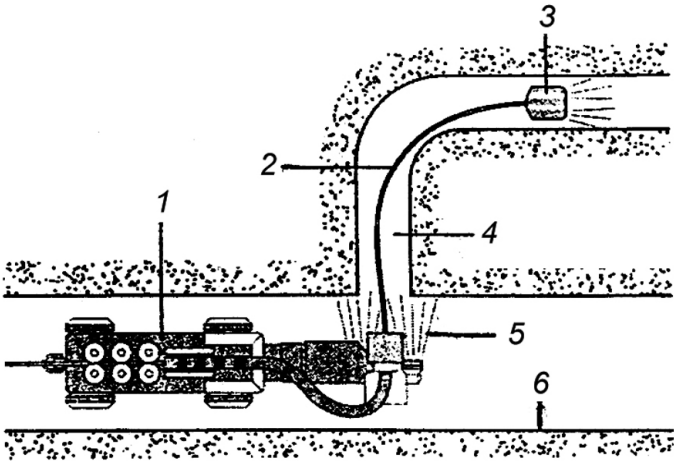
1	2	3	4
24	Инспектирование коллектора с помощью самопередвижной камеры		<p>1 – монитор; 2 – перегородка; 3 – барабан с кабелем; 4 – кабель для камеры; 5 – ролик обратный</p>
25	Испытания на плотность водой		<p>1 – контрольный щит; 2 – цистерна с постоянным давлением; 3 – компрессор; 4 – давление воздуха запирающей колбы; 5 – запирающая колба; 6 – испытательная колба; 7 – подача воды; 8 – контроль давления воды; 9 – сжатый воздух испытательной колбы</p>

1	2	3	4
26	Определения места повреждений с помощью акустического метода корреляции		<p>1 – датчик 1; 2 – компрессор/вакуумный насос; 3 – измерительный вагон; 4 – датчик 2; 5 – микрофон 2; 6 – запирающая шайба; 7 – звуковая волна; 8 – запирающая колба; 9 – микрофон 1</p>
27	Испытания с помощью аэрозольных генераторов		<p>1 – направление для положения вводной трубы параллельно стенке трубы; 2 – вводная труба; 3 – шланг подключающей трубы; 4 – направляющая штанга; 5 – держатель направляющей штанги с эксцентрическим подключением; 6 – подвижный изгиб с поворотом от 0° до 180°; 7 – запирающая колба с помощью аэрозольного прибора инспектирования; 8 – наполненная запирающая колба</p>

1	2	3	4
28	Инспектирование с помощью воздушной сейсмики		<p>1 – сейсмограмма секции; 2 – отражающиеся волны; 3 – преломляющиеся волны; 4 – прямые волны; 5 – геофоны; 6 – гаситель энергии; 7 – геологическая граница слоя; 8 – звуковой источник; 9 – поверхность земли</p>
29	<p>Определение утечки с помощью канального зонда:</p> <p><i>а</i> – принципиальная схема; <i>б</i> – протокол изменений</p>		<p>1 – зонд; 2 – течь; 3 – утечка; 4 – неплотная муфта</p>

Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4
30	Определение инфильтрации с помощью прибора, измеряющего утечку		<p>1 – кабель камеры; 2 – шланг сжатого воздуха для измерения утечки; 3 – баллон для сжатого воздуха; 4 – монитор; 5 – электролебедка; 6 – канат; 7 – запирающая колба; 8 – прибор измерения утечки; 9 – управляющий щит; 10 – мерный сосуд; 11 – передвижная труба; 12 – поддерживающая штанга; 13 – обратный ролик</p>
31	Инспектирование на плотность		<p>1, 4 – лебедка тягового каната; 2 – контрольный щит; 3 – цистерна с постоянным давлением; 5, 8 – обратный ролик; 6 – запирающая колба; 7 – испытательная колба; 9 – подвод воды; 10 – канат; 11 – контроль сжатого воздуха; 12 – сжатый воздух опресненной колбы; 13 – сжатый воздух испытательной колбы</p>

1	2	3	4
32	Инспектирование каналов подключения дома с помощью канального TV		<p> <i>1</i> – камера на тележке; <i>2</i> – боковые штанги; <i>3</i> – спутниковая камера; <i>4</i> – подключение дома; <i>5</i> – главная камера; <i>6</i> – главный канал </p>

Лаборатория используется при осмотре новых трубопроводов во время принятия строительных работ; при регулярном контроле трубопроводов для оценки их состояния в период эксплуатации; при обследовании действующих колодцев (шахт); при составлении паспортов технического состояния участков сетей; при создании базы данных, архива видеоматериалов о состоянии сетей; при выявлении дефектных участков сетей для планирования ремонтов.

Телевизионный контроль позволяет предупреждать возможные аварии и своевременно выполнять ремонтно-восстановительные работы.

Лаборатория дает возможность проводить обследование самотечных канализационных трубопроводов на глубине до 35 м при скорости движения сточных вод 0,5–4 м/с и диаметрах трубопроводов, мм:

плавающий модуль.....600–800 (наполнение 15–30 %)

1000–1200 (наполнение 10–50 %)

1250–3200 (наполнение 10–70 %)

самоходный модуль.....300–500.

Оборудование лабораторий смонтировано на автомобиле КамАЗ, что позволяет выполнять обследования независимо от погоды. В настоящее время оборудование лаборатории размещено в автомобиле «Газель».

Обследование коллекторов выполняется поворотной телекамерой, установленной на плавающем (рис. 3.6) или самоходном (рис. 3.7) модуле. Время непрерывной работы модуля без подзарядки аккумулятора – от 7 до 10,5 ч (в зависимости от включения освещения). Питание лаборатории осуществляется от автономного бензиноэлектроагрегата мощностью 1,2 кВт. Время бесперебойной работы 10,5 ч.

Пульт управления позволяет оперативно контролировать состояние коллектора во время обследования, наносить на видеоизображение служебные надписи с обозначением места, времени обследования, длины пути, пройденного модулем. Изображение коллектора фиксируется видеокассетой.



Рис. 3.5 Лаборатория ЛТК-600 на базе автомобиля КамАЗ.

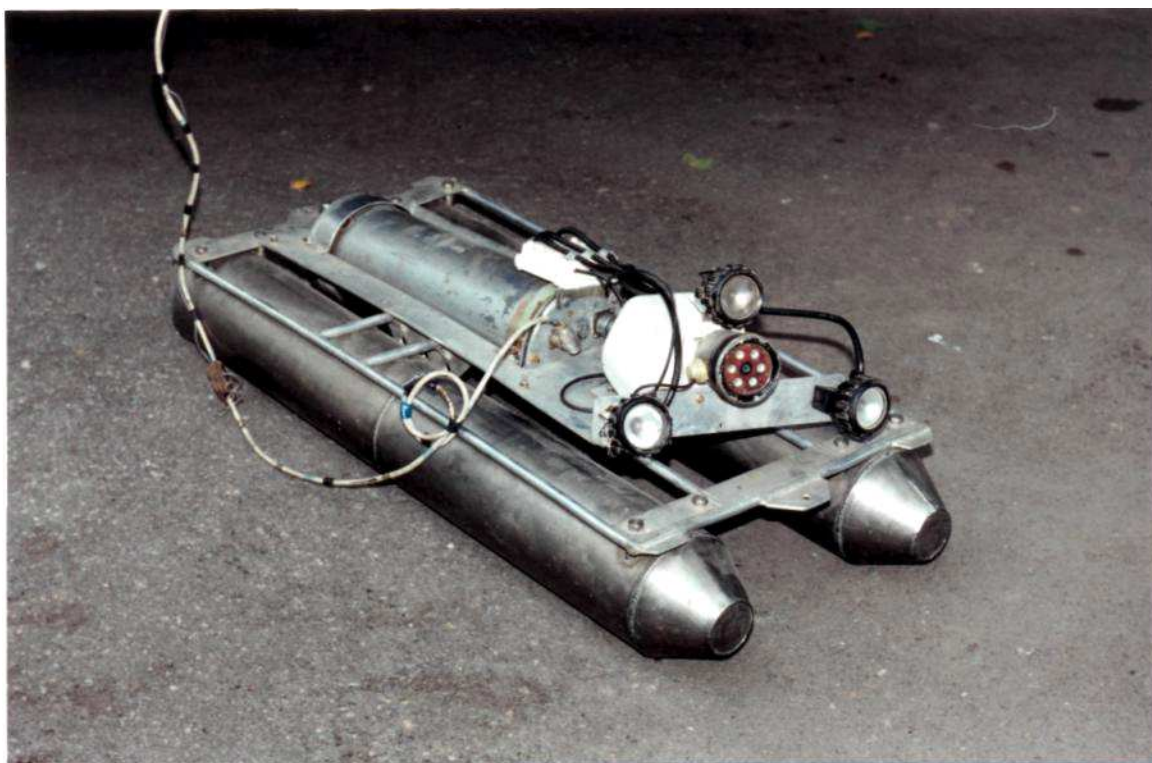


Рис. 3.6 Телекамера на плавающем модуле.



Рис. 3.7 лаборатория на колесном модуле.

Прием телеизображения от модуля осуществляется по ВЧ-кабелю, по которому передаются сигналы управления поворотным механизмом и освещением. Кабель связи и страхующий трос подаются с лебедки с помощью дистанционного управления. На лебедке установлен счетчик расхода кабеля с дискретностью 10 см, скорость размотки кабеля 10 см/с.

Благодаря внутреннему осмотру сетей без их вскрытия лаборатория ЛТК 300–3200 позволяет значительно экономить материальные и энергетические ресурсы, открывать фронт работ для санации трубопроводов и ремонта другими методами, сокращая трудоемкие операции поиска аварийных повреждений инженерных сетей.

3.2 Состояние сетей водоотведения

По данным Госстроя Украины, при общей протяженности канализационных сетей Украины 59745 км полностью исчерпали свой амортизационный ресурс 8640 км и 7555 км находятся в аварийном состоянии. В канализационных системах работают 9739 насосных агрегатов, из них 3335 совершенно изношены, а 3056 требуют срочной замены. В городах и поселках ежегодно на канализационных сетях происходит более 43 000 аварий в год.

В среднем же на канализационных сетях Украины случается более двух аварий в год на 1 км, что значительно превышает аналогичный показатель в странах Европы.

Если учесть, что в Украине ежегодно перекладывается около 60 км сетей, то для перекладки 5299 км аварийных участков необходимо 88 лет, при условии, что остальные сети будут находиться в исправном состоянии, что маловероятно. Иначе говоря, если этот процесс будет идти такими темпами, то на восстановление аварийных трубопроводов понадобится не один десяток лет, и это без учета возникновения новых аварий.

Причины преждевременного износа и аварийного состояния коллекторов одинаковы для всех регионов. Это, в первую очередь, коррозия сводов и истирание лотков коллекторов, электрическая коррозия, сброс в городскую канализацию промышленных сточных вод с нарушением допустимой концентрации агрессивных химических соединений, низкий уровень эксплуатации. Отсутствие во многих городах Украины современных технических средств контроля за состоянием коллекторов не позволяет своевременно обнаруживать дефекты и места повреждений, в результате чего аварийное состояние выявляется только после того, как авария произошла. Все это значительно увеличивает затраты на ликвидацию последствий аварий. Кроме этого, следует отметить, что значительная часть канализационных сетей в городах Украины не имеет дублирующих участков.

По данным Госстроя Украины, централизованные системы водоотведения, особенно магистральные коллекторы диаметром более 400 мм, находятся в крайне неудовлетворительном состоянии.

Анализ состояния сетей канализации городов Украины: Киева, Харькова, Чернигова, Севастополя и др. городов подтверждает эти данные.

Систему канализационных сетей и сооружений Киева можно охарактеризовать как «весьма старую», 84,5 % которой отработали свой нормативный срок службы, установленный по амортизационным подсчетам, так как других нормативных или ведомственных документов, позволяющих определить срок служб или степень физического износа коллекторов, в наше время не существует.

В 1999 г. ДКО «Киевводоканал» и ОАО «Киевпроект» были проведены выборочные исследования коллекторов и сооружений (табл. 3.3). Техническое состояние коллекторов и сооружений определено в соответствии с «Правилами исследования, оценки внешних сетей сооружений водоснабжения и канализации (Киев, 1998 г.)».

Виды повреждений исследованных коллекторов на основе данных

Таблица 3.3

Техническое состояние коллекторов и сооружений Киева

№ п/п	Наименование коллектора и сооружения	Материал и диаметр коллектора, мм	Выявленный дефект	Уровень технического состояния
1	2	3	4	5
1	Канализационный коллектор по Проспекту 40-летия Октября	Железобетон 1500 (щит)	Коррозия железобетонных конструкций, просадка грунта под коллектором, коррозия металлических скоб колодцев, занесение грунта в коллектор	IV
2	Ново-Дарницкий канализационный коллектор	Железобетон 2500 (щит)	Занесение грунта в коллектор, течь стыков труб, трещины в конструкциях колодцев	IV
3	Канализационный коллектор по ул. Гайдара	Железобетон 1400	Просадка грунта и коллектора	IV
4	Подводный коллектор до Оболонской КНС	Железобетон 2500	Свищи, занесение грунта в коллектор	IV
5	Северо-Дарницкий коллектор	Железобетон (кам.кирп.) 900	Разрушение колодцев, течь стыков, трещины в конструкциях камер	III
6	Сырецкий коллектор	Железобетон 800; 900	Нарушение стыков, свищи. Наличие трещин в конструкциях камер	III
7	Выборгский коллектор	Железобетон 1200 (кам.переп.)	Разрушение конструкции камеры гашения	III
8	Коллектор по ул. Киото	Железобетон 1500; 1000 (керам.блок.)	Коррозия железобетонных конструкций	III
9	Коллектор по ул. Луначарского	Железобетон 1400	Занесение участка коллектора песком, значительные свищи	III
10	Коллектор по ул. Тростянецкой	Железобетон 600; 900	Нанос грунта в коллектор, трещины в камерах, осыпание горловин, коррозия скоб	III
11	Коллектор по ул. Лебедева-Кумача	Железобетон 1000; 600	Течь стыков, просадки коллектора на стыках	III
12	Коллектор по ул. Землячки (р-н Караваевых дач)	Железобетон 600	Просадки коллектора на стыках	III
13	Коллектор по Столичному шоссе	Железобетон 500	Коррозия железобетонных труб	III
14	Двухнапорная нить трубопровода от насосной станции (НС) «Пуща-Водица»	Чугун 500	Износ коллекторов №1 и №2. Необходимо строительство второй нити трубопровода Ø 500	

Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4	5
15	И-нить напорного коллектора Святошинской НС	Сталь 700	Износ стального трубопровода, смещение, необходим ремонт камер	III
16	Перовский коллектор	Железобетон 1500	Просадка камер КК-10а, КК-12, КК-8а, КК-10	III
17	Правобережный коллектор	Железобетон 3100 (камера)	Перемышка, которая проектируется	
18	Напорный коллектор Подольской КНС	Сталь 900	Значительный износ металлических труб	III
19	Коллектор по ул. Дехтяренко	Железобетон 1200; 1400	Коррозия труб, обслуживание камеры гашения невозможно	III
20	Коллектор по ул. Молочанской	Железобетон 500; 900	Течь стыков, трещины в горловинах, нанос грунта, коррозия скоб	III
21	Три напорных коллектора от Правобережной НС до Бортницкой станции аэрации	Сталь 2x1400; 1600	Реконструкция камер и замена запоров с электроприводами	II
22	Коллектор по ул. Жилианской	Чугун 200	Полный износ конструкций (построен в 1937 г.)	III
23	КНС №2 жилмассива «Никольская Борщаговка»		Необходим ремонт строительных конструкций (облицовка плиткой, установка дверей, ремонт кровли и др.)	II
24	КНС жилмассива «Оболонь»		Необходим ремонт несущих конструкций, ремонт и замена всасывательных запоров и др.	II
25	Главный городской коллектор	Железобетон 3100	Полный износ свода. Газовая коррозия	III Реконст.
26	Самотечный коллектор от дюкерного перехода до Бортницкой станции аэрации	Железобетон 3100 и сборный 3100x2400		II
27	БСА 1-й блок	Железобетон		III

Примечание. II уровень – удовлетворительный, требует выборочного ремонта; III уровень – непригодный для эксплуатации, если не будут выполнены капитальный ремонт или реконструкция; IV уровень – аварийное состояние.

табл. 3.3, можно объединить в следующие группы:

- просадка грунтов основания;
- просачивание жидкости в середину коллектора;
- нарушение герметичности стыков;
- возникновение и развитие трещин в каменных элементах;
- коррозионные повреждения внутренней поверхности коллекторов;
- коррозия открытого металла смотровых колодцев и камер.

Просачивание жидкости внутрь коллектора – типичное повреждение железобетонных коллекторов. Степень их дефектности – от формирования на внутренней поверхности отдельных влажных пятен («слезинки») до возникновения свищей, через которые в середину коллекторов проникают грунтовые воды и размытый грунт, – его количество измеряется кубическими метрами, а степень наноса может быть такова, что участки коллекторов.

Централизованный отвод сточных вод в Харькове был начат в 1914 году. В настоящее время протяженность канализационной сети Харькова 1492,98 км, в том числе коллекторов глубокого заложения диаметром 1,8–3,2 м, построенных шахтной проходкой, около 60 км, 72,74 км напорных трубопроводов (рис. 3.8, 3.9). Износ сети по состоянию на начало 2007 г. составляет, около 70%, тоннельных коллекторов – 55% (рис. 3.10).

Надежность конструкций канализационных трубопроводов зависит от многих факторов. По значимости это прежде всего факторы, провоцирующие развитие коррозии (качественные показатели сточных вод, скорость движения воды, система вентиляции), а также факторы физико-механического воздействия, геологические условия, глубина заложения, заделка стыков и др.

Визуальные, телевизионные и лабораторные обследования канализационных коллекторов подтверждают, что основная причина аварийных ситуаций на сетях канализации – разрушение сводов

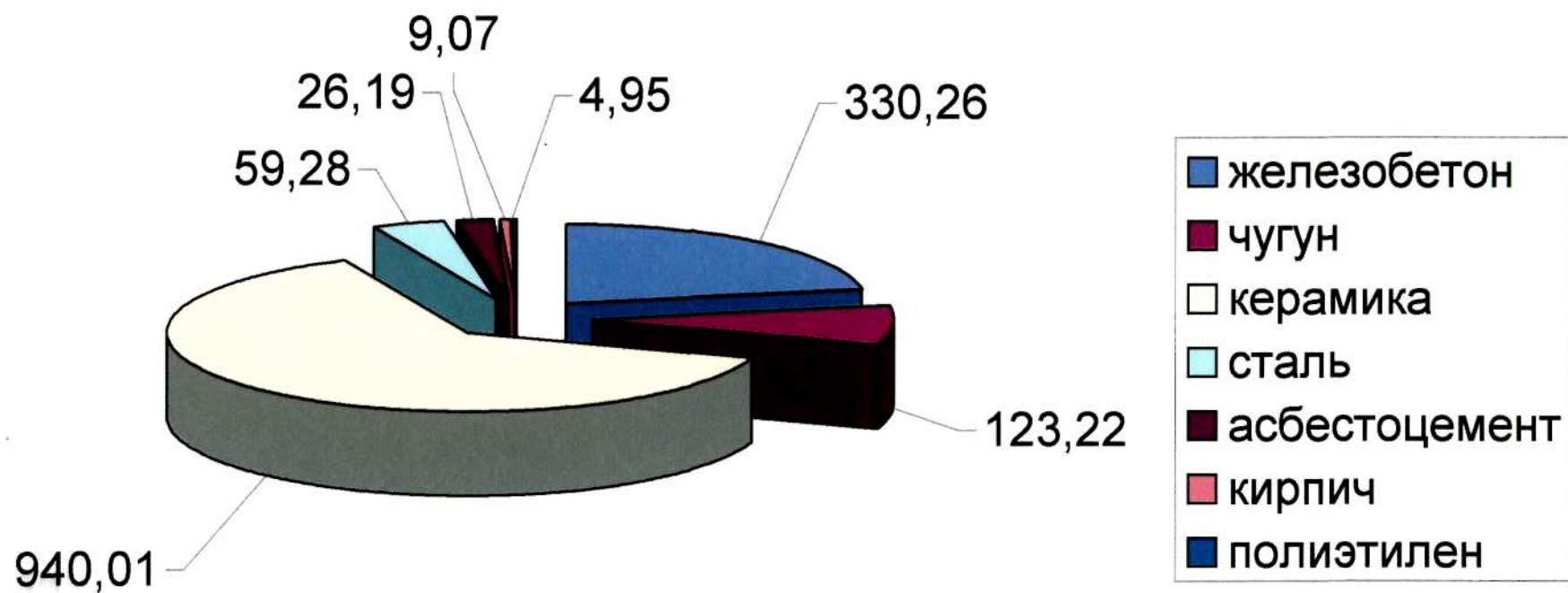


Рис. 3.8 Характеристика канализационных сетей г. Харькова по материалам

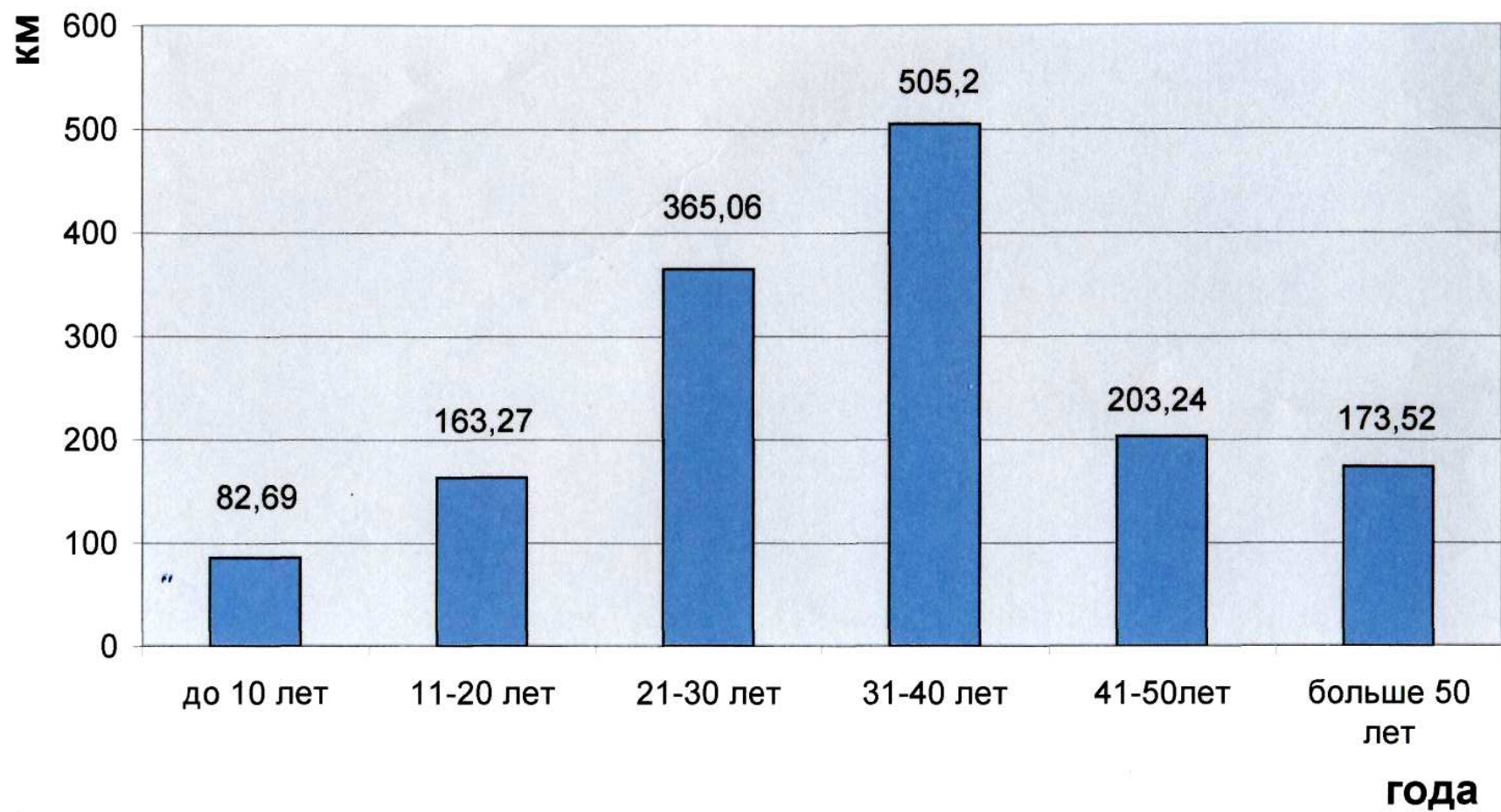


Рис. 3.9 Возрастная характеристика канализационных сетей г. Харькова

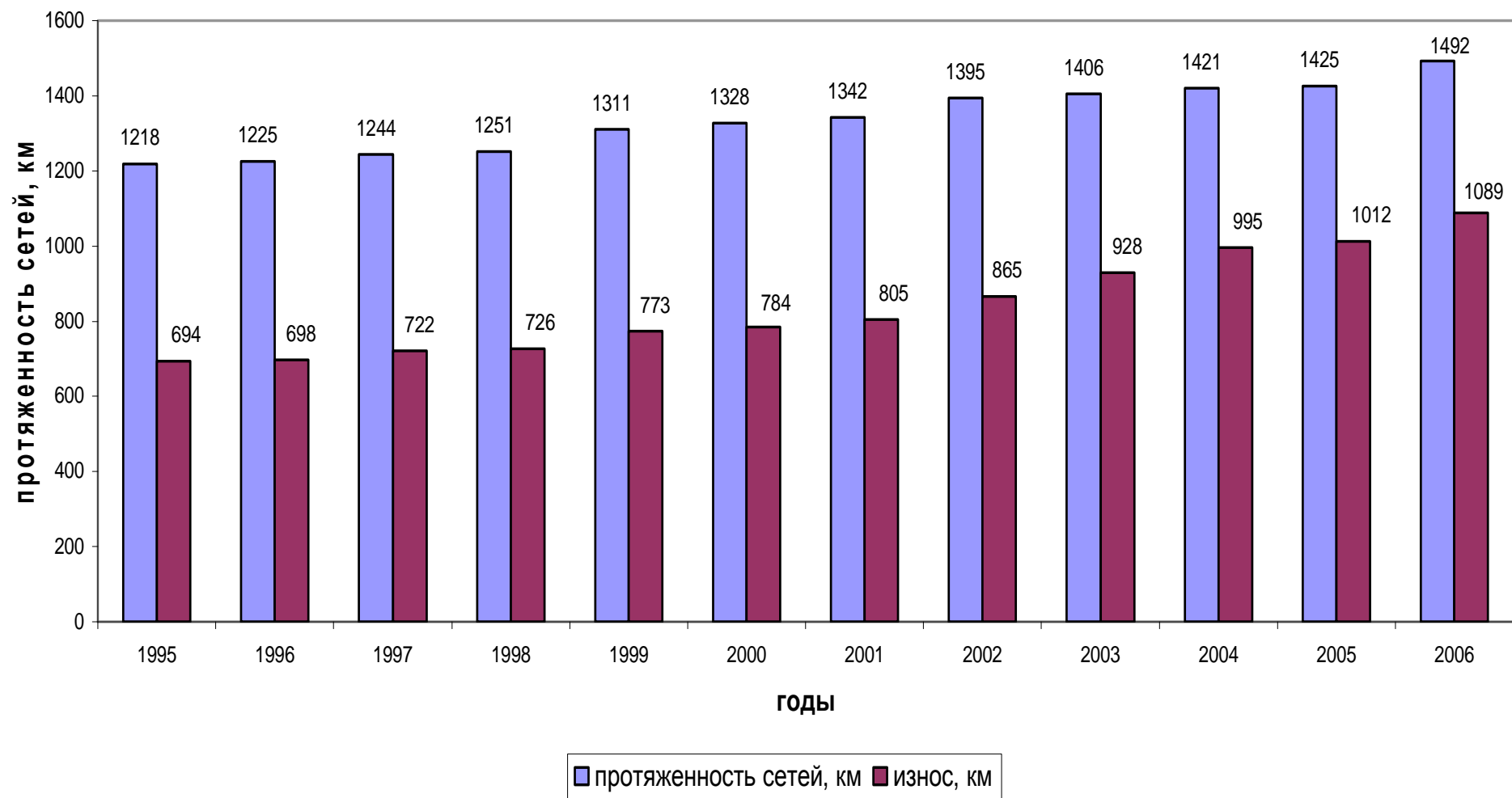


Рис. 3.10 Протяженность инженерных сетей в г. Харькове и их износ

железобетонных труб вследствие коррозии, другая причина – расстыковка труб в неблагоприятных гидрогеологических условиях, в том числе в связи с повышением уровня грунтовых вод.

Больше всего аварий происходит на железобетонных трубопроводах, которые построены в 1950–1970-е годы и составляют четвертую часть общей протяженности канализационной сети Харькова. В основном это трубопроводы диаметром 600–1200 мм. Анализ характера повреждений показывает, что коррозии обычно подвергается сводовая часть трубопровода, которая может полностью разрушаться.

Короткий срок эксплуатации железобетонных и бетонных труб (20 лет) во многом обуславливается интенсивным воздействием агрессивной среды. Наименьший процент износа имеют керамические трубы [27], которые не подвержены коррозии вследствие действия агрессивных веществ, устойчивы практически во всех средах, и поэтому область их применения неограниченна.

Причиной возникновения аварийной ситуации очень часто является механическое повреждение трубопровода во время проведения ремонтных работ на других сетях либо закупорка трубопровода инородным телом.

В течение пяти лет (1999–2003 гг.) на напорных трубопроводах произошло 14 аварий, причинами которых стали:

- 1) истирание лотка трубопровода присутствующими в сточных водах твердыми веществами (при повышенной скорости течения);
- 2) разрушение трубопроводов от коррозии вследствие агрессивного действия сточных вод и блуждающих токов;
- 3) нарушение стыков трубопроводов.

Анализ аварийных ситуаций, которые произошли на самотечных сетях водоотведения и были ликвидированы в период с 1995 по 2004 г. показывает, что за данный период произошло 280 аварий, ликвидация которых потребовала раскопки трубопровода и производства ремонтно-восстановительных работ; среди них были 124 особо сложные аварии,

когда пришлось привлекать специальные средства и механизмы.

В среднем на 1 км сети г. Харькова происходит 4,6 аварий в год.

По некоторым данным, в системах водоотведения России в замене нуждаются 58 тыс.км сетей (38 %), из них на коллекторы приходится 15 %, на уличные сети 26 % и на внутридворовые сети 68 % (табл. 3.4). По оценке специалистов, таких изношенных трубопроводов, как в России (если не считать страны СНГ), нет ни в одной цивилизованной стране мира.

Таблица 3.4

Состояние сетей водоотведения ЖКХ России

Сети водоотведения	Протяженность, тыс.км	Сети, требующие замены	
		тыс.км	%
Коллекторы	43	6	15
Уличные сети	73	19	26
Внутридворовые сети	48	33	68
Всего	164	58	36

Из канализационных сетей Германии в грунт и грунтовые воды в течение года вследствие эксфильтрации попадает от 180 до 790 млн.куб.м сточных вод. К сожалению, таких данных по Украине мы не имеем. Однако информация об авариях и утечках сточных вод в городах страны дает основание предполагать, что объемы их эксфильтрации весьма значительны.

Результаты исследования состояния канализационных сетей в Германии показали следующее .

В последние годы было проинспектировано примерно 75% канализационных каналов. Расходы на их санацию составили в 2000 г. около 1,64 миллиарда евро. Обновление трубопроводов производилось в 3 раза чаще, чем восстановление, и приблизительно в 2 раза чаще, чем их

ремонт. Половина всех случаев санации проводилась открытым способом. Около 17% наружной канализации нуждалось в первоочередной санации. На устранение повреждений в этой части городской канализации потребовалось 45 миллиардов евро. Следующие 14% каналов имели незначительные повреждения, которые могли устраняться в течение длительного времени.

В одной из работ представлены данные опроса 162 коммунальных служб и союзов Германии. Опрос проводился с целью установления состояния канализационной сети в федеральных землях. Пользователи канализационных сетей составляли 21,6 млн., или 27% жителей. Около 8% ответов было получено из новых федеральных земель. Данные опроса позволили определить старение канализации (рис. 3.11).

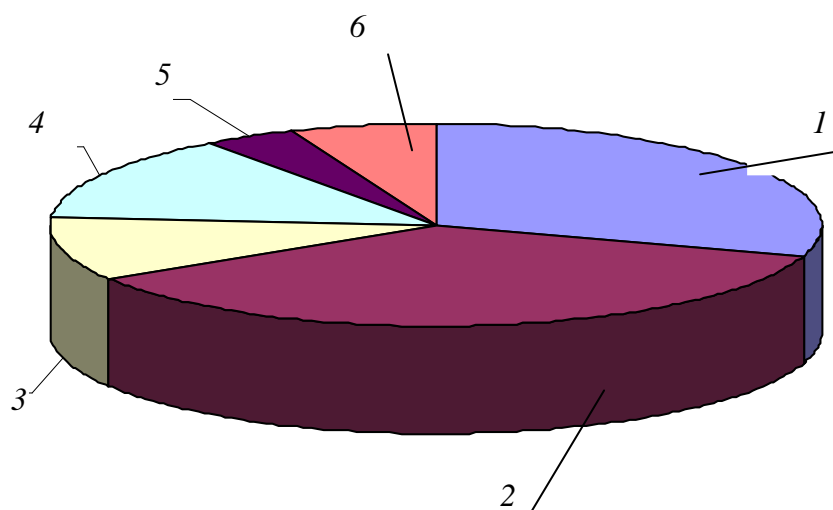


Рис. 3.11. Старение канализационных каналов (данные 2001 г.):

1 – до 25 лет (30%); 2 – 26–50 лет (36%); 3 – 51–75 лет (10%); 4 – 76–100 лет (14%); 5 – более 100 лет (4%); 6 – нет данных (6%).

3.3. Примеры аварийных ситуаций на сетях водоотведения

Исследования показывают, что вопросы анализа аварий на сетях водоотведения мало освещены в научно-технической литературе. Аварии, происходящие в различных регионах страны, не подвергаются глубокому исследованию. В открытой печати сведения о них носят отрывочный характер, и данные не всегда соответствуют действительности.

Известны факты, когда развитие коррозионного процесса приводит к разрушению материала коллектора в зоне просачивания, а потом возникает протекание. Например, после непродолжительной эксплуатации Новодарницкого канализационного коллектора в нем стал наблюдаться процесс эксфильтрации грунтовых вод, что явилось следствием коррозии стыков железобетонной обделки. Несмотря на большой диаметр тоннеля (2,28 м), на отдельных его участках песок, выносимый в коллектор через разрушенные стыки, заполнил коллектор до сводовой части (рис. 3.12, 3.13). В результате произошло оседание грунта на дневной поверхности. Поскольку глубина залегания тоннеля равнялась 8,5 м, это повлекло за собой деформацию конструкций жилых зданий и могло привести к серьезным последствиям. Ликвидируя осадку грунта, строители приняли меры по засыпке образовавшихся воронок, однако процесс продолжался, что вынудило прибегнуть к полной перекладке тоннеля открытым способом.

Просачивание возникает вследствие нарушения герметичности стыков коллекторов, выполненных из сборных элементов (при обводненных прилежащих грунтах оно сопровождается эрозией бетона).

Выявленные трещины сборных железобетонных элементов локализуются в зоне размещения стыков и являются, скорее всего, следствием механических влияний и деформаций. Трещины каменных фундаментов, стен и проникновение в середину коллекторов (через трещины) грунтовой воды и песка также результат механического



Рис. 3.12 Общий вид Дарницкого коллектора (Киев).



Рис. 3.13 Вынос песка в коллектор через разрушенные стыки.

воздействия.

Коррозионные повреждения внутренней поверхности железобетонных коллекторов наблюдаются выше уровня их заполнения и частично в зоне изменяемого уровня жидкости. Бетон разрушается по схеме общекислотной коррозии (распад цементного камня с выпадением заполнителя), арматура также переходит в продукты ее окисления. На некоторых участках коррозия достигает степени, при которой несущая способность конструкций оказалась исчерпанной и произошел обвал сводов с выходом коллекторов из строя. Аналогично разрушаются материалы колодцев и камер.

Открытые металлические элементы смотровых колодцев и камер (в том числе ступеньки, скобы, опалубка, закладочные детали) подвергаются интенсивной коррозии, вплоть до полного разрушения отдельных участков.

Коррозионные повреждения, обнаруженные при исследовании канализационной сети Киева, характерны для всех городов СНГ, поскольку отражают техническую политику, которая была принята в бывшем СССР. Поиск более надежных решений – сегодня одна из наиболее важных задач, стоящих перед проектными, строительными и эксплуатационными организациями.

В Чернигове главный напорно-самотечный коллектор из железобетонных труб диаметром 1000–1500 мм протяженностью 2,7 км, который отводит все городские сточные воды в канализационные очистные сооружения, находится в аварийном состоянии. Коллектор эксплуатируется с 1967 г. в условиях сильной газовой коррозии. В марте 1997 г. вследствие полного разрушения труб провалился грунт, образовав воронку диаметром до 30 м и глубиной до 5 м. Через два месяца грунт обвалился вторично. Толщина стенок трубопровода уменьшилась от 10 до 2 см и по всей длине возникли продольные и поперечные трещины. В аналогичном состоянии находится и городской канализационный

коллектор диаметром 1300 мм протяженностью 1,5 км по ул. Ушинского, который отводит сточные воды предприятий северо-западного района города.

Большая авария на канализационном коллекторе Чернигова произошла в феврале 2003 г.

Состояние главного напорного канализационного коллектора в Севастополе, который эксплуатируется на протяжении 30 лет, признано аварийным. Коллектор морально и физически изношен. Амортизация составляет 100 %. Коллектор работает в сложном гидравлическом режиме, и аварийные ситуации происходят на различных его участках. В 1996 г. на этом коллекторе возникло семь аварийных ситуаций и допущен спуск 253 тыс.куб.м неочищенных сточных вод в акваторию Черного моря, а за семь месяцев 1995 г. имело место 16 таких случаев со спуском в море 353 тыс.куб.м неочищенных сточных вод. На ликвидацию последствий аварийных ситуаций затрачено свыше 190 тыс. гривень. В 1997 г. на различных участках указанного коллектора заменено 75 п.м труб и наложено свыше 70 латок и бандажей.

В Днепропетровске при общей протяженности коллекторов диаметром более 400 мм 193,2 км полностью самортизировано 131,6 км, или 69,3 % коллекторов. Многие из них построены еще в 1914–1917 гг. и уже не способны воспринимать гидравлические нагрузки.

В г. Сумы, в районе улицы Гамалея, 1 мая 2001 г. произошла авария на канализационном коллекторе, в результате которой была прекращена работа дошкольных учреждений и школ города. Примерно в одно время произошло два порыва на канализационных коллекторах, находящихся примерно в километре один от другого.

В ночь с 29 на 30 декабря 2001 г. случилась авария на участке напорного канализационного коллектора в Черкассах. Через этот коллектор, диаметр которого 1000 мм, городские хозяйственно-бытовые стоки транспортировались на очистные сооружения, принадлежащие ОАО

«Азот». В результате прорыва образовалась воронка диаметром около 20 м и глубиной до 5 м. В городе была отключена подача воды, что привело к приостановке работы четырех котельных. По приблизительным подсчетам, в главную артерию Украины – Днепр с 31 декабря по 4 января 2001 г. было сброшено около 300 тыс., а по другим данным, 1 млн. кубометров нечистот. Подобная авария на этом коллекторе уже имела место в 1997 году. Коллектор был выполнен из металлической трубы и работал в напорном режиме, основные причины его износа: истирание лотковой части, блуждающие токи и коррозия стен трубы. Следует добавить, что коллектор проходит в сложных грунтах, где есть плывуны.

Авария на сбросном коллекторе очищенных сточных вод с Безлюдовских очистных сооружений Харькова произошла в 1978 году. Коллектор был построен методом щитовой проходки (ПЩ 3,2) в сложных гидрогеологических условиях, с наличием грунтов, имеющих низкую несущую способность, и плывунов. Толща грунта состояла из нескольких водонасыщенных пластов, разделенных водонепроницаемыми пропластками. Строительство проводилось с применением эжекторного водопонижения. После окончания строительства и снятия водопонижительного оборудования стал устанавливаться естественный уровень грунтовых вод, агрессивных по отношению к бетону. Начался процесс инфильтрации, образования каверн в нижней части коллектора и выноса грунта, возникновения пустот. Под давлением верхнего слоя грунта произошла просадка коллектора, образовалась воронка диаметром около 40 м с выносом грунта в тело коллектора. Ремонтно-восстановительные работы проводились с установкой перед разрушенным участком дополнительной шахты, через которую производилась выемка грунта к месту провала, а разрушенный участок восстанавливался методом щитовой проходки с устройством перекреплений.

При эксплуатации Каховской плотины вследствие подъема уровня воды в Днепре оказался подтопленным один из участков

канализационного коллектора в Запорожье, проложенный в наносных илисто-песчаных грунтах и состоящий из железобетонной сборной обделки диаметром 1,250 м. В результате подтопления возникла просадка некоторых участков трассы коллектора, кое-где достигавшая 500 м. Были нарушены технологические стыки, через которые илистый грунт из-за обделочного пространства стал проникать внутрь коллектора. Ремонт коллектора на участке максимальной просадки (протяженностью 42 м) был осуществлен путем его вскрытия и перекладки, в основании коллектора был выполнен железобетонный ростверк на сваях, забитых на глубину 5 м. Эти работы пришлось вести в условиях большого притока грунтовых вод, когда потребовалось устройство шпунтового ограждения и двухярусного иглофильтрового водопонижения в сочетании с электроосмосом. Ремонт поврежденного участка продолжался около полутора месяцев, из которых значительная часть времени была затрачена на расчистку траншеи и борьбу с затоплением плавунными грунтами.

В 2006 году в г. Харькове в результате коррозионных процессов обрушился коллектор проложенный из железобетонных раструбных труб нормальной прочности диаметром 2000 мм.

Трубы укладывались на монолитное железобетонное основание с углом охвата 120° . Коллектор был проложен в 1971 году по ул. Фурманова и ул. Ново-Харьковской и является продолжением Центрального Салтовского коллектора с подключением к насосной станции №9.

Коллектор имел разрушения на отдельных участках, но учитывая его общую длину 2793,5 м в ближайшие годы следует ожидать его полное разрушение и необходимость проведения ремонтно-восстановительных работ по всей его длине.

Учитывая, что средняя глубина по всей трассе коллектора составляет 4,8 м эти работы могут проводиться, как открытым так и закрытым способами.

Заслуживает внимания авария, которая произошла в 1957 г. в Сиэтле

(США) в коллекторе со смешанными водами, расположенном в холмистой местности на глубине 45 м. В канале диаметром 2 м, построенном в 1910–1913 гг. закрытым способом, для отвода воды, попадающей во время строительных работ, был проложен дренаж. После окончания строительства его не убрали, а закрыли деревянной заглушкой, которая со временем разрушилась, и в результате вместе со стекающей водой сносилось основание коллектора. В канале с каменной кладкой появились продольные трещины, через которые происходила инфильтрация почвы с грунтовой водой. Все эти факты привели к образованию огромной пустоты, которая при обрушении создала на поверхности местности кратер глубиной 45 м и размерами в плане 30х40м.

В июне 1993 г. на территории автомобильной парковки отеля, расположенного в одном из городов штата Джорджия, образовалась массивная усадочная раковина, что повлекло за собой гибель двух людей, которая стала предметом судебного разбирательства. Обвал произошел в результате эрозии почвы в связи с неисправным состоянием канализационного тоннеля. Последующее судебное расследование выявило ряд других сопутствующих факторов, включая очевидное пренебрежение историей данной территории на стадии планирования парковки, неточный расчет безопасности, а также неправильную интерпретацию признаков надвигающегося обвала.

Канализационный коллектор представлял собой арочный тоннель из неармированного бетона, диаметром 4 м с плоским основанием, которое сужалось к середине для создания сосредоточенного потока по центру основания при малом расходе воды. В первую очередь было сооружено основание тоннеля, затем выполнены вертикальные стены без создания секции для их закрепления. Предположительно обратная засыпка внешних сторон стен была произведена до формирования свода. Свод тоннеля разделен на пять отдельных совмещенных секций, каждая толщиной около 60 см и длиной 7,7 м. Изначально была произведена лишь частичная

обратная засыпка тоннеля.

Отчет о расследовании обвала показал, что возможными его причинами явились перемещение размытой почвы внутрь тоннеля и множественные большие трещины, созданные инфильтрацией, особенно в периоды сильных потоков. Комиссия по расследованию причин обрушения пришла к выводу, что разрушения можно было бы избежать, если бы у проектировщиков имелась необходимая информация от различных городских служб.

Анализ состояния водоотводящих сетей Украины достаточно подробно проведен в целом ряде работ Г.Я. Дрозда, И.А. Абрамовича, В.И. Бабушкина и др.

В научных исследованиях этих автором подчеркивается, что в городах Украины только 15 % сетей находятся в удовлетворительном состоянии, остальные 85 % – в предаварийном и аварийном. При этом 69 % всех аварий коллекторов приходится на аварии вследствие коррозии бетона и арматуры, когда под действием выделяющихся из сточных вод газов, таких, как сероводород, происходит разрушение свода коллектора. В зависимости от вида сточных вод, размеров коллектора и качества бетона срок эксплуатации коллекторов до аварии составляет от 5 до 27 лет (нормативный срок эксплуатации 20 лет).

Усредненные данные о скорости коррозии бетона и сроке службы бетонных коллекторов представленная в табл. 3.5 позволяют приближенно оценивать агрессивность сточных вод, прогнозировать время безаварийной эксплуатации коллекторов в конкретных условиях.

Таблица 3.5

Скорость коррозии бетона и срока службы бетонных коллекторов

Город	Трубы		Сточные воды	Степень повреж- дения *	Срок эксплуата- ции до аварии, лет	Скорость коррозии, мм/год **
	диамет- ром, мм	толщи- ной, мм				
Бетонные трубы						
Симферополь	500	60	Хозяйственно-бытовые	С	27	2,2
Чернигов	600	60	То же	С	22	2,7
Запорожье	300	30	»	нС	7, 8, 19	4,3
»	400	50	»	нС	8, 11, 19	6,3
»	500	60	»	нС	10, 12, 19	6,0
»	600	60	»	нС	10, 17, 19	6,0
Мелитополь	400	50	»	С	14	3,6
Евпатория	500	60	»	С	12	5,0
Кременчуг	500	60	»	С	5	12,0
Красноармейск	600	60	Мясокомби- ната	нС	8, 14, 20	7,5
Железобетонные						
Запорожье	1500	120	Хозяйственно-бытовые	С	22	5,5
»	1000	100	То же	С	22	4,6
Чернигов	800	80	»	С	22	3,6
Керчь	800	80	»	С	16	5,0
Кременчуг	1000	100	»	С	15	6,7
Мелитополь	600	60	»	С	14	4,3
Евпатория	1200	110	»	С	11	10,0
Ирпень	600	60	»	С	10	6,0
Славянск	800	80	»	нС, Р	11, 13, 16	7,3
»	600	80	»	нС, Р	9, 11, 14	6,6
Никополь	800	80	»	С	6	13,3
Жданов	800	80	Рыбokon- сервного завода	нС	11, 30	7,3
Жданов	600	60	Мясокомби- ната	нС	9, 18	6,7
Донецк	600	60	Пивного завода	нС	10, 12, 16	6,0
Херсон	1200	110	Хлебобу- лочного комбината	С	7	15,7

* С – разрушение свода коллектора; нС – неоднократное разрушение свода коллектора;

Р – раскрытие стыков.

** Средние данные о скорости коррозии получены в результате деления толщины трубы на время эксплуатации до первой аварии.

ГЛАВА 4

ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

4.1. Причины разрушения конструкций сетей водоотведения

В настоящее время нет точных критериев, позволяющих оценить состояние канализационных сетей и потенциальных опасностей, связанных с разрушением их конструкций, в зависимости от характера и объема повреждений. Чтобы иметь полное представление о состоянии канализационной сети при планировании мероприятий по ее эксплуатации, инспекции и устранению повреждений, надо получить документацию на внесенные в городские планы каналы, коллекторы и строения, что позволит оценить и прогнозировать пропускную способность коммунальных водоотводящих сооружений.

В городе Харькове максимальная частота аварий приходится на железобетонные трубопроводы, которые составляют четвертую часть канализационной сети, и это в основном коллекторные трубопроводы диаметром 600–1200 мм. Аварии на таких трубопроводах, как правило, первой категории и требуют значительных трудовых и материальных затрат. Исследование характера повреждений железобетонных трубопроводов показывает, что коррозии подвергаются сводовая часть трубопровода (53 %) и стены колодцев (21 %), а разрушению – стыковые соединения (19 %) и лотки (7 %).

Нередко нормальная эксплуатация сети нарушается из-за дефектов строительства, несоблюдения некоторыми абонентами правил пользования коммунальной канализацией и т.п. Это приводит к авариям, к полному или частичному прекращению движения сточной жидкости по трубопроводу и к проникновению ее на поверхность земли или в грунтовые воды.

Анализ аварий на сетях водоотведения и обзор литературных данных

позволил классифицировать наиболее характерные повреждения, которые, в конечном счете, являются причинами их возникновения (табл. 4.1).

Как показала практика, наиболее частыми причинами разрушений железобетонных канализационных труб являются: образование щебня из-за плохого уплотнения бетона при изготовлении бетонных труб; появление усадочных трещин, размеры и количество которых больше допустимых; наличие в трубах усадочных раковин; повреждения труб, вызванные транспортировкой, складированием и др.

К нарушениям, связанным с соединением труб, относятся: ненадлежащая укладка уплотнительных колец; неправильное нанесение уплотнительных слоев, например на грязную или поврежденную часть трубы в области муфты; обработка уплотнительными слоями при высоких и низких температурах; неправильная внецентрическая стыковка труб, в частности при монтаже труб грузоподъемными машинами; недостаточное уплотнение при соединении с помощью муфт; ошибочные сварные и клеевые соединения в стальных трубах и трубах из пластмасс; повреждения стальных соединительных колец; нешарнирное соединение труб; связывание соединительных каналов путем открытия существующих; образование из бетона и раствора цементной суспензии, если близко расположена строительная площадка.

Возможными причинами возникновения деформации трубопроводов являются: ошибки при проектировании; встройка несоответствующих или поврежденных труб; отклонения нагрузки или условий опирания от проектных; ненадлежащее применение машин; неправильное устранение пластов (породы); монтаж проходящих труб большой площади сечения; уменьшение толщины стен вследствие механического изгиба; влияние температуры; неплотность.

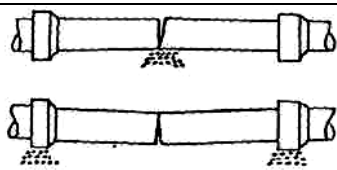


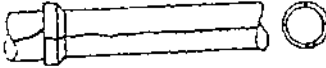
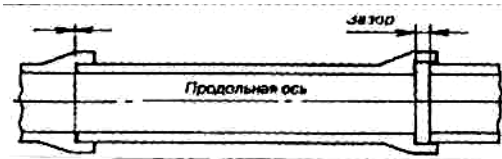
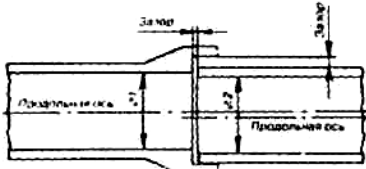
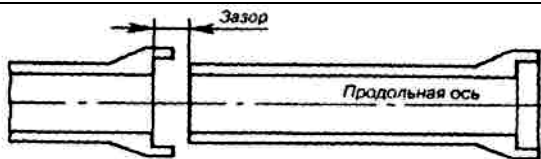
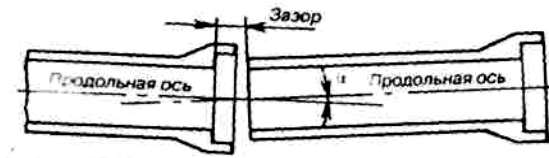
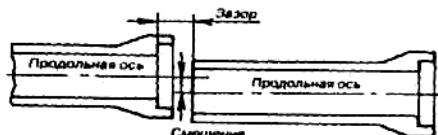
Чтобы планировать мероприятия по эксплуатации и ремонту канализационных трубопроводов, в частности по устранению повреждений

Таблица 4.1

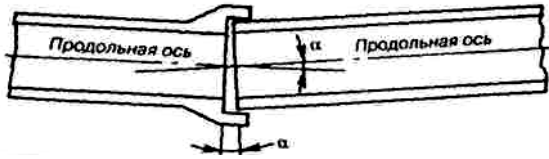
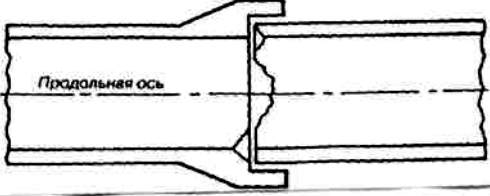

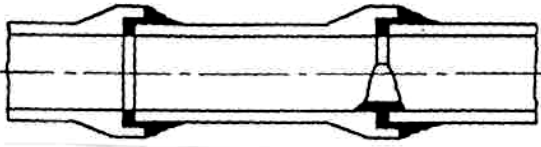
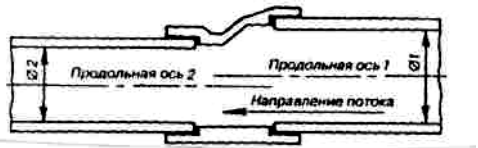
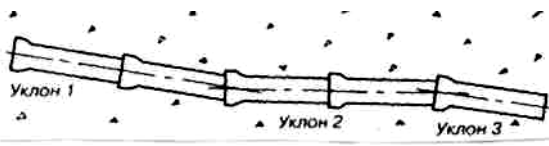
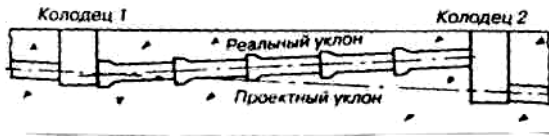
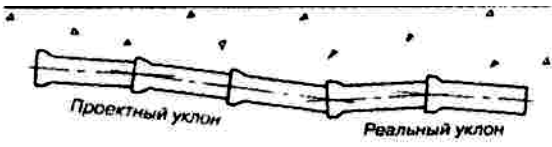
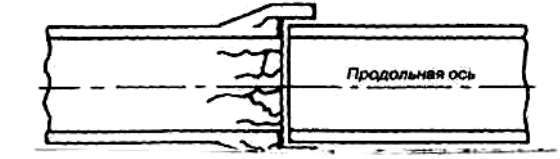
Наиболее характерные повреждения канализационных сетей в процессе
их эксплуатации

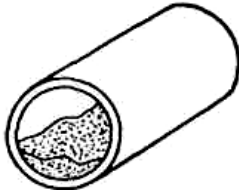
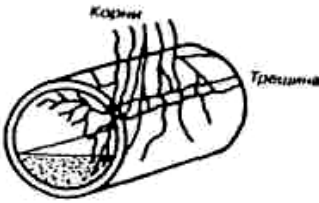

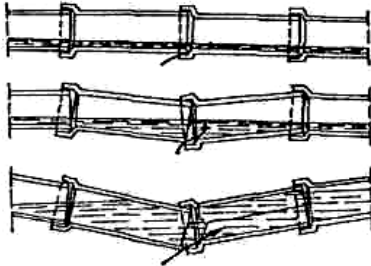
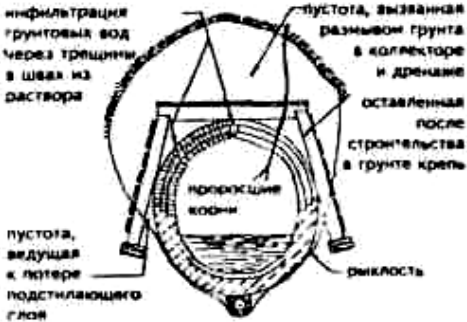
№ п/п	Схема повреждения	Причина повреждения
1	2	3
1		Просадка труб
2		Просадка колодцев
3		Истирание трубопровода
4		Агрессивная коррозия и/или электрокоррозия
5		Деформация трубопровода вследствие образования на трубах продольных трещин
6		Деформация кирпичного канала вследствие негерметичности
7		Продольные трещины в области соединения труб в результате отклонения от проектного положения трубопровода
8		Продольные трещины в области соединения труб вследствие высоких радиальных усилий

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
9		Поперечные трещины, возникающие из-за неравномерной нагрузки на трубы
10		Трещины, образовавшиеся от точечного повреждения трубы
11		Частичное разрушение кирпичного канала в результате коррозионного разрушения раствора в швах
12		Образование продольных трещин в трубах, имеющих высокую жесткость на изгиб
13		Неплотная стыковка
14		Нарушение стыковки по горизонтали и/или по вертикали
15		Продольное смещение труб без нарушения соосности
16		Смещение по вертикали и/или по горизонтали
17		Смещение (осевое) по вертикали и/или по горизонтали

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
18		Угловое смещение (сдвиг)
19		Разрушение торцов в пределах стыков
20		Дефект эластичных прокладок
21		Дефект заделки стыка (чеканки) кольцевого пространства раствором
22		Несоответствие размеров труб направлению потока
23		Нарушение (изменение) продольного профиля
24		Образование обратного уклона
25		Образование частичных смещений
26		Перелом (разрыв)

1	2	3
27		Наносы в виде осадившегося песка
28		Проникновение корней деревьев и кустарников в трубопровод (значительное и незначительное)
29		Закупорка сечения примыкающими трубопроводами
30		Развитие продольных трещин вследствие неплотности соединений труб и инфильтрации грунтовых вод
31		Образование пустот из-за неправильного устройства дренажа и неплотности грунта вокруг коллектора

конструкций, используя дифференцированный подход к выбору метода, необходимо иметь информацию о характере и количестве повреждений.

В процессе эксплуатации тоннельных коллекторов на них могут воздействовать такие факторы, как проросшая корневая система деревьев, атмосферные условия, неправильный выбор методов ремонта, использование машин, не отвечающих условиям проведения работ и т.д. Все это, как и общие причины, приводит к повреждению конструкций. Причиной повреждений нередко служит недостаточная плотность (негерметичность) конструкций. Неплотность может возникнуть при несоблюдении норм, предписаний и правил изготовления и эксплуатации, при несоответствии строительных материалов и конструкций требованиям ГОСТов, если нарушается последовательность производства работ, используются неоднородные материалы для строительных конструкций, а также в случае применения дефектных и поврежденных конструкций.

Причинами неплотности конструкций могут быть: отклонение положения элементов конструкции от проектного, механическое истирание, коррозия, трещины, обрушения труб, обвалы, откалывания и др. Неплотность конструкций приводит к вытеснению стоков через повреждения в увлажненных областях каналов и в конических сечениях тоннелей и к проникновению в коллектор грунтовых вод. Последние, попадая в стоки, повышают содержание вредных веществ, удорожают отвод стоков и их очистку, способствуют образованию пустот.

В результате инфильтрации грунтовой воды в коллекторе изменяется (опускается) уровень грунтовых вод, что в конечном итоге может причинить повреждения зданиям. Кроме того, с добавлением к стокам грунтовых вод происходит гидравлическая перегрузка каналов, насосных станций.

Дестабилизирующим фактором является и засорение стоков частями грунта, попадающего туда через трещины в трубах. К типичным помехам при эксплуатации тоннельных коллекторов относятся осадка уплотненных частиц песка и шлака, вплоть до образования закупорок, прорастание корней

деревьев, возвышение присоединительных каналов. Помехами могут быть: негладкая внутренняя поверхность труб, например вследствие инкрустации, коррозии, истирания; стыковка труб и каналов, не имеющих ровной подошвы, внешне сдавленными уплотненными кольцами.

Большое значение для долговечности функционирования тоннельных коллекторов имеют характеристики сточных вод. В стоках канализационных систем содержится жир, поступающий с грязной водой из жилых домов и предприятий, а также с дождевой и инфильтрированной водой. Эти жиры образуют отложения, величина которых зависит от диаметра труб сети, уровня заполнения системы, производственной шероховатости поверхности труб, содержания в стоках минеральных частиц жирных материалов, средних диаметров частиц минеральных жирных материалов.

Помехи в канализационных стоках возникают в следующих случаях: при снижении гидравлической пропускной способности (в экстремальной ситуации происходит их закупорка), при ускорении биогенной сернокислотной коррозии в частично заполненном сточном канале из цементно-связанных материалов (образуются завихрения и откладываются осадки, иногда гниющие).

К вероятным последствиям повреждений можно отнести: ограничение работоспособности коллекторов из-за уменьшения обратного уклона при свободном безнапорном прохождении стока; образование неплотности; повреждение труб и строений.

Одним из факторов, приводящих к повреждению сетей, является механический износ материала в области смачиваемой внутренней поверхности трубопровода. Его причинами являются: транспортировка твердых материалов, кавитация (образование пустот), применение ненадлежащих методов и оборудования, использование для восстановления коллектора машин и механизмов, не соответствующих предъявляемым требованиям.

При транспортировке твердых материалов происходит износ от

истирания, который зависит от материала и диаметра труб, скорости течения жидкости, плотности твердых материалов, смешанных с водой.

Кавитация в первую очередь связана со скоростью потока, с поперечным сечением стока и свойствами материала. Степень повреждений от кавитации зависит от прочности на стыках, прочности на изгиб, значения Е–модуля и адгезии между наполнителем и связующим. Она повышается с увеличением шероховатости поверхности труб и хрупкости материалов.

Прежде всего повреждаются поверхности, подвергаемые ударам, точки изломов сети и участки с высокой скоростью потока. Для сточной канализации, учитывая использованные строительные материалы, можно установить скорость течения жидкости 8 м/с.

Очистка сточной канализации магистралей осуществляется главным образом механически или водой, поступающей под высоким давлением.

При использовании оборудования и машин для промывки водой под высоким давлением критическими параметрами являются: масса и скорость выходящей воды, направленность водяных струй и угол их наклона к стенкам тоннелей. Механическому износу при этом больше всего подвержены внутренние стенки тоннелей. При износе отмечается повышение шероховатости внутренних поверхностей конструкций тоннелей, уменьшение толщины труб и как следствие – происходит ухудшение несущей способности в области подошвы труб, а также увеличение неплотностей.

Одной из основных причин разрушения конструкций тоннельных коллекторов является внешняя и внутренняя коррозия.

При эксплуатации железобетонные коллекторы подвергаются агрессивному воздействию снаружи (от грунтовых вод) и внутри (от транспортируемых вод). Результаты исследований свидетельствуют о том, что разрушение труб под действием грунтовых вод и грунтов составляет около 10 % всех случаев коррозионного повреждения, причем наиболее уязвима сводовая часть трубы коллектора, которая эксплуатируется в

высоковлажной кислотной и щелочной среде. При этом степень коррозии прежде всего определяется агрессивностью среды и коррозионной стойкостью использованных материалов. В канализационных коллекторах, как правило, применяются цементносвязующие (бетон, асбестоцемент) и металлические (сталь, литой чугун) материалы.

Упрощенно можно разделить бетон и другие цементносвязующие химически уязвимые строительные материалы на две группы: 1) материалы, в которых цементный камень растворяется, что ведет к уменьшению первоначального объема бетона; 2) материалы, которые увеличиваются в объеме с одновременным разрыхлением структуры, что вызывает разрушения.

Усугубляет коррозию дополнительная механическая нагрузка, в результате которой происходит растрескивание (оно наблюдается при вибрации и при эрозионной коррозии).

Внешняя коррозия связана с агрессивностью грунтовой воды, наличием агрессивных веществ в грунтах, а также с электрическим воздействием. Причиной внутренней коррозии являются агрессивные стоки и биогенная среда, вызывающая сернокислотную коррозию.

Статистический анализ аварий, произошедших на железобетонных трубопроводах диаметром 300 – 900 мм в течение 2003 – 2005 гг., позволил установить их основные причины (рис. 4.1).

На рис. 4.2 представлены основные причины повреждений канализационной сети в Германии.

На рис. 4.3 приведено процентное распределение причин повреждений.

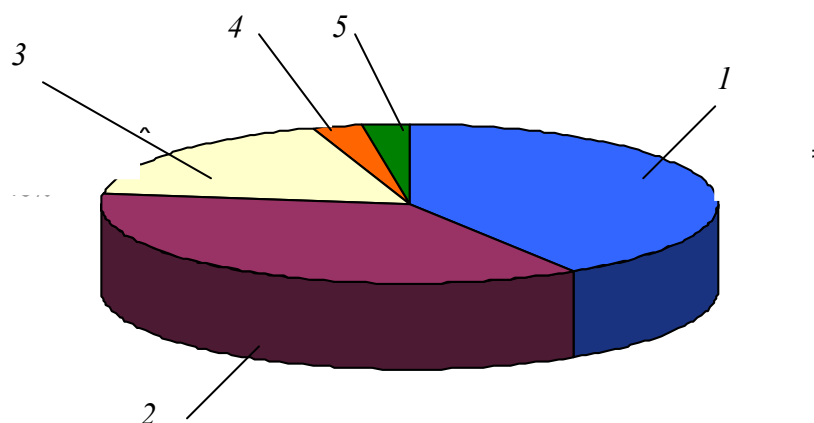


Рис 4.1. Причины разрушений железобетонных трубопроводов диаметром 400–900 мм канализационной сети Харькова:

1 – коррозия (41%); 2 – просадка труб в результате нарушения основания (36%); 3 – разрушение стыковых соединений (18%); 4 – прорастание корней (2,6%); 5 – продольные и поперечные трещины (2,4%).

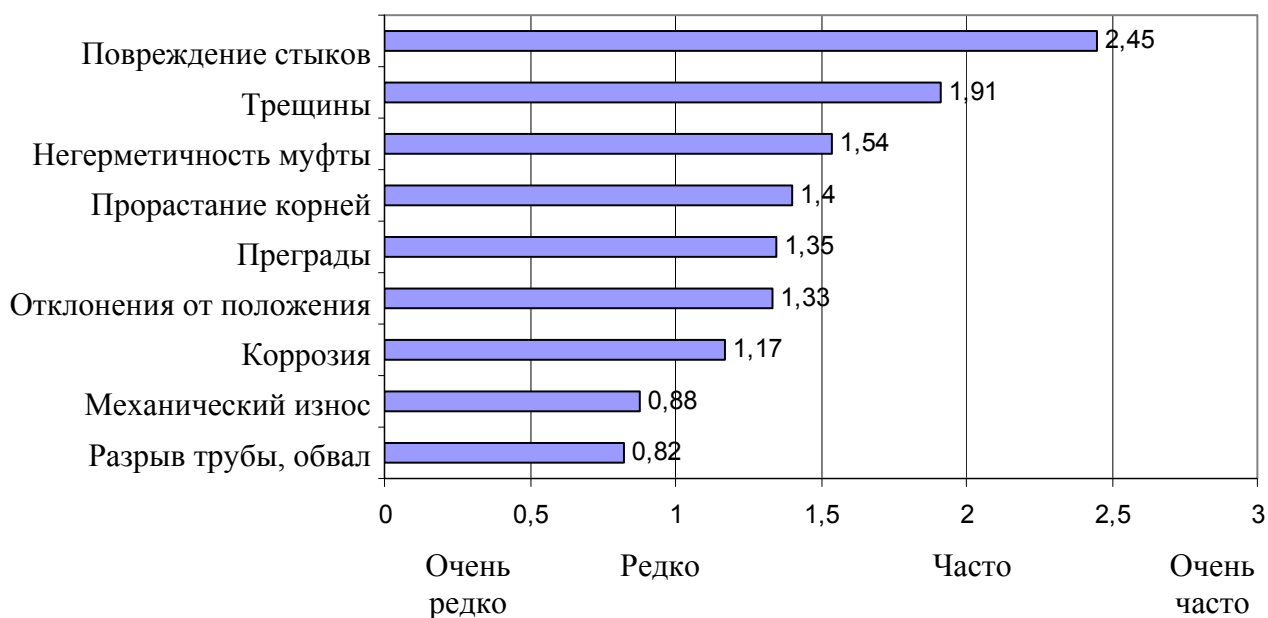


Рис. 4.2. Основные причины повреждения канализационной сети Германии.

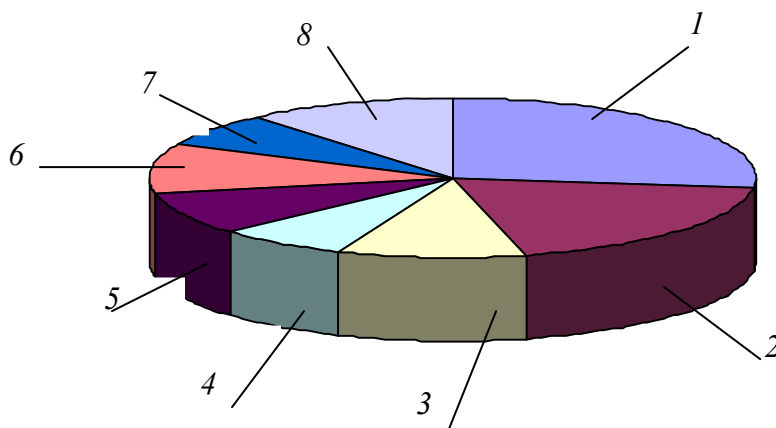


Рис. 4.3. Процентное распределение причин повреждения канализационных трубопроводов Германии:

1 – повреждение соединительных стыков (27%); 2 – трещины (19%);
3 – негерметичность муфт (10%); 4 – прорастание корней деревьев (7%);
5 – преграды (9%); 6 – отклонение трубопровода от своего положения (10%);
7 – коррозия (7%); 8 – прочие причины (11%).

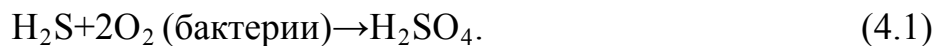
4.2. Исследование процесса коррозии как одного из основных факторов разрушения трубопроводов

Сточные воды, транспортируемые канализационными трубопроводами, рассматриваются обычно как среда, потенциально вызывающая коррозию вследствие образования сероводорода (H_2S).

Исследованиями, приведенными в ряде работ, установлено, что количество растворенного в сточной воде сероводорода будет увеличиваться по мере повышения уровня pH. Из этого раствора сероводород проникает в газовую среду канализационной трубы.

Следующей стадией процесса коррозии будет проникновение сероводорода в стенки трубы над поверхностью жидкости. Поскольку стенки

трубы обычно влажные, сероводород, приходя в соприкосновение с этими сырыми поверхностями, немедленно поднимается вверх. Затем под действием аэробной бактерии рода *Thiobacillus* сероводород превращается в серную кислоту:



Бактерии *Thiobacillus*, такие, как *T. concretivorus*, сохраняют активность в растворах, содержащих до 7% серной кислоты, тем не менее эта реакция будет ограничена влажностью и присутствием кислорода.

На следующем этапе процесса коррозии серная кислота входит в реакцию с цементом бетонных труб. Подобная реакция будет происходить с железобетонными канализационными трубами. Если образование серной кислоты будет идти медленно, почти вся кислота прореагирует с цементом и в результате получится пастообразная масса, слабо связанная с инертными материалами труб. Если же процесс идет быстро, большая часть серной кислоты не сможет диффундировать через пастообразную массу. Следовательно, по стенкам трубы она стечет в поток сточных вод, где прореагирует со щелочью, а сера будет представлена в виде иона сульфата[68].

По мере наполнения канализационной трубы пастообразная масса смывается или отстает от стенок трубы под собственной тяжестью. Этот процесс повторяется в процессе усиления коррозии труб. Форма коррозии изменяется в зависимости от формы циркуляции воздуха, количества конденсата, скорости образования сероводорода и от других местных факторов. Совершенно очевидно, что уровень коррозии будет самым высоким в верхней части трубы и на стенках трубы у поверхности воды (рис. 4.4). Предположив, что весь сероводород, выделившийся из потока сточных вод, абсорбируется на незащищенной стенке трубы, определим приток сероводорода к стене:

$$\varphi_{CB} = \varphi_S B / P', \quad (4.2)$$

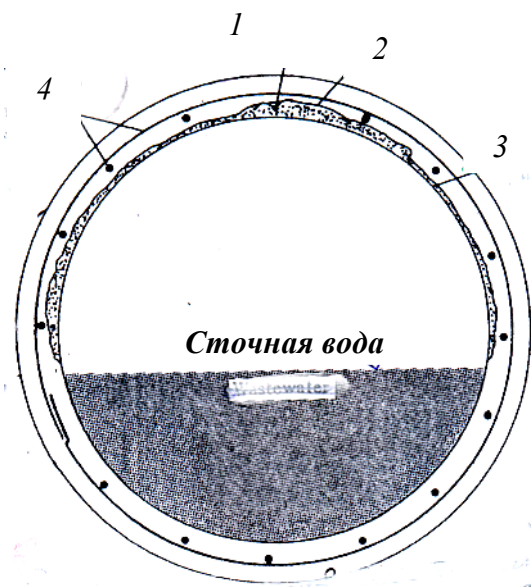


Рис. 4.4. Типичная коррозия железобетонной канализационной трубы:

1 – верхняя точка трубы; 2 – уровень коррозии; 3 – материал трубы, поврежденный коррозией; 4 – арматура.

где $\varphi_{св}$ – приток сероводорода к незащищенной стенке трубы, г/м²;

B – ширина потока сточных вод, м;

P' – периметр незащищенной трубы, м.

Говоря о коррозии внутренней поверхности канализационных трубопроводов, следует помнить, что при проектировании таких трубопроводов необходимо обращать особое внимание на контроль наличия коррозии и состав транспортируемых сточных вод, а также на обеспечение качественного обслуживания канализационных сетей. В любом случае в проекте должны быть предусмотрены меры по предотвращению образования сероводорода в канализационном трубопроводе.

Как известно, поддержание сточных вод в анаэробном состоянии может привести к образованию сульфидов. Особенно благоприятные условия для такого процесса создают напорные магистрали канализационных коллекторов и полностью заполненные системы самотека. Сульфиды образуются также и в частично заполненных канализационных коллекторах, по которым сточные воды проходят с небольшой скоростью. В такой среде в

сточные воды из атмосферы поступает очень мало кислорода.

Образование сульфидов происходит внутри слоя ила, который накапливается на внутренних стенках канализационного коллектора. Для замедления этого процесса подача кислорода должна быть достаточной, чтобы получить его необходимую концентрацию (обычно несколько десятых миллиграмма на литр) – это способствует созданию аэробных условий на поверхности слоя ила (рис. 4.5). Когда растворенный в сточной воде кислород проникает в нижние слои, он входит в зону поверхности ила и окисляет все образовавшиеся там сернистые соединения. После этого выделение сероводорода становится большой проблемой.

В городских сточных водах сульфиды могут присутствовать в качестве нерастворимых сернистых соединений различных металлов, однако концентрация их обычно низкая (несколько десятых миллиграмма на литр). Основная часть образующихся в коллекторах сульфидов сохраняется в растворе как смесь сероводорода (H_2S) и иона сульфида (HS^-). Эта смесь называется растворенным сульфидом. Когда значение pH сточных вод, содержащих такой сульфид, достигает 7, то примерно половину растворенных сульфидов составляет сероводород, а оставшееся количество приходится на ион сульфида.

Поэтому при проектировании канализационных коллекторов необходимо учитывать ряд моментов, касающихся действия сульфидов.

1. Присутствие сульфидов в сточной воде может мешать ее очистке. Повышенное содержание сульфидов вызывает необходимость в предварительном хлорировании сточной воды перед ее очисткой. Запах может стать причиной жалоб населения.

2. Сероводород может привести к серьезной коррозии незащищенных канализационных трубопроводов, изготовленных на основе цемента (в результате окисления сероводорода образуется серная кислота, воздействующая на стенки трубы).

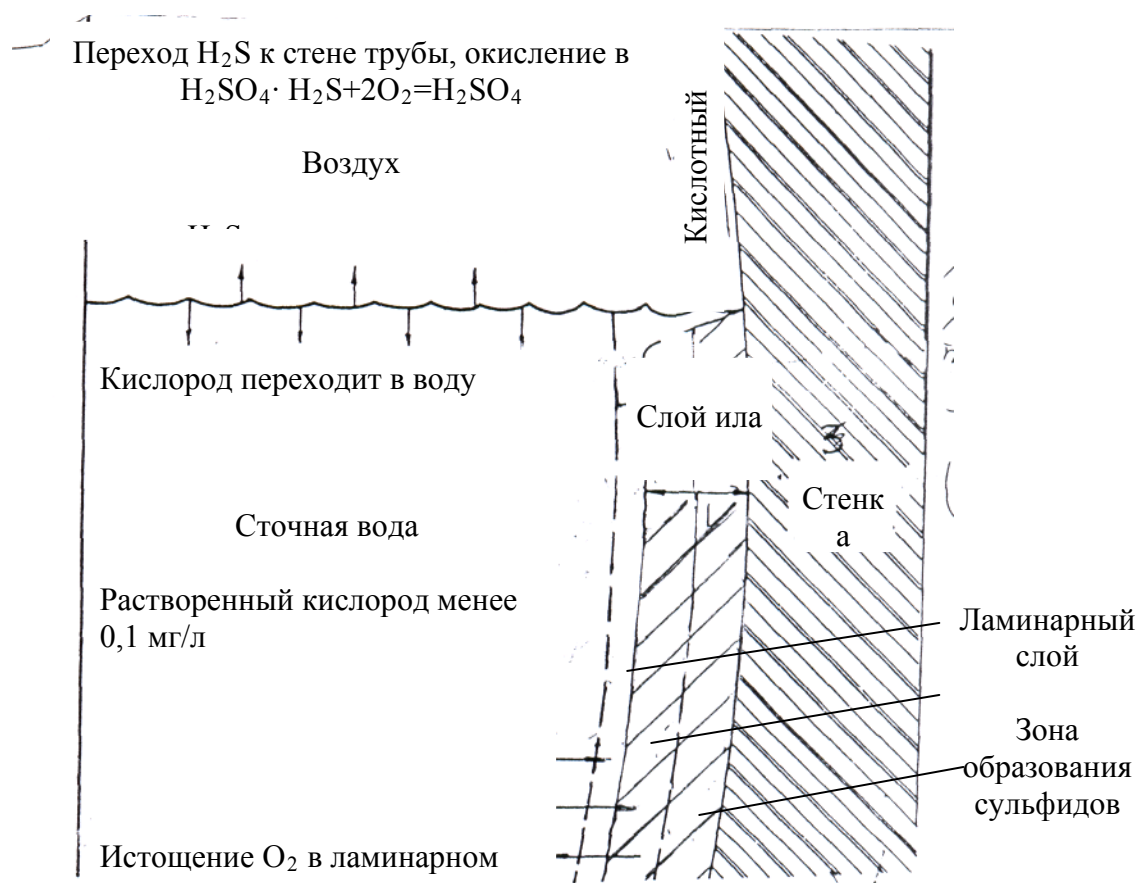


Рис. 4.5. Процессы, происходящие в коллекторе при образовании сульфидов.

3. В таких условиях более всего подвержена коррозии внутренняя стенка трубы над уровнем потока. Степень коррозионного действия серной кислоты в канализационных трубопроводах зависит от материала труб, концентрации кислоты и температуры окружающей среды. Поверхность бетонных и асбестоцементных труб, а также известковые облицовки труб из черного металла будут испытывать реакцию, в результате которой материал труб превращается в разбухшую тестообразную массу; она может отвалиться и открыть новые места для коррозии

4. Средняя годовая концентрация растворенных сульфидов в небольших канализационных трубопроводах может составлять от 0,1 до 0,2 мг/л, без большой вероятности серьезной коррозии, хотя в точках высокой турбулентности может иметь место значительная коррозия. Содержание сульфидов от 0,5 мг/л и выше считается приемлемым для больших

трубопроводов, в условиях равномерного течения потока. Однако там, где турбулентность потока высока, сероводород выделяется быстрее и возникает сильная коррозия, даже если концентрация сульфида не превышает нескольких десятых миллиграмма на литр.

5. Сероводород чрезвычайно токсичный газ. Поскольку в небольших концентрациях он довольно распространен в природе, его опасность часто просто игнорируют.

Сточная вода, содержащая 2 мг/л сульфида (при pH=7), в закрытом пространстве приведет к летальному исходу. Зарегистрированы случаи смерти даже при низкой концентрации сероводорода в воздухе (0,03%). Много смертей происходило от отравления сероводородом в смотровых колодцах канализационных трубопроводов. «Вероломность» этого газа состоит в том, что поначалу человек игнорирует запах сероводорода, а потом уже не способен чувствовать его.

6. Сероводород является основным источником запахов в системах канализационных коллекторов. Его пороговая концентрация в воде, обнаруживаемая человеком, составляет от 0,01 до 0,1 мг/л.

7. Может ли система канализационных коллекторов быть практически свободной от сульфидов или она является средоточием проблем, связанных с коррозией и вредными запахами, в огромной степени зависит от проекта и работы самой системы. Часто на практике невозможно спроектировать систему, в которой не шло бы образование сульфидов. Но в любом случае при проектировании следует предусмотреть контроль за образованием сульфидов по всей системе, защиту от коррозии и использование коррозионностойких материалов для труб.

При проектировании систем канализационных трубопроводов предусматриваются различные меры контроля за образованием сульфидов.

1. Скорость потока сточных вод должна быть такой, чтобы обеспечивался эффективный транспорт твердых веществ, и не только когда достигаются предельные установленные проектом потоки, но и в течение

всего срока службы коллектора.

2. Если возникает вероятность того, что концентрация сульфида может составить более 0,2 мг/л, то необходимо по возможности устранить или минимизировать условия турбулентности потоков.

3. Образование сероводорода можно эффективно контролировать с помощью различных видов химической очистки, но такие методы контроля достаточно дорогостоящие. На очистных станциях любое хлорирование хлором или гипохлоритом быстро разрушает сульфидные соединения и органические соединения серы, имеющие запах. Однако хлорирование в канализационном коллекторе обычно оказывается непрактичным.

Соли металлов (сульфатные или другие соли железа), добавленные в сточные воды, могут превратить сульфиды в нерастворимые соединения. Такая очистка имеет смысл при высоких концентрациях растворенных сульфидов, однако она не уничтожает полностью сульфиды. Можно использовать также для этих целей перекись водорода, которая способна уменьшать содержание в потоке сульфидов до 0,1 мг/л и более. Эффективной мерой является растворение воздуха или кислорода в потоке сточных вод. В Калифорнии, округ Сакраменто, есть две большие установки в коллекторах, где используется кислород, этот метод широко применяется в Европе.

Добавка в коллектор едкого натра, за 20 минут изменяет значение pH (13 вместо 12,5) лишает сульфиды возможности образовывать ил. Очистку делают раз в неделю летом и раз в месяц – зимой. Однако эта процедура неэффективна для больших потоков.

4. Часто образованию сульфидов в магистральных напорных трубопроводах может препятствовать введение воздуха в магистраль. Эта мера особенно эффективна, если напорная магистраль имеет непрерывно возрастающий профиль с достаточным уклоном. Однако неровный профиль не всегда является препятствием для ввода воздуха. Тщательное изучение магистралей с неровным профилем показывает, что и для них введение

воздуха может оказаться надежным и действенным средством контроля уровня сульфидов.

5. Некоторую пользу может иногда принести вентиляция коллекторов. Хотя она лишь незначительно тормозит образование сульфидов, однако удаляет часть свободного сероводорода из атмосферы трубопровода. Вентиляцией можно также обсушить стенки трубопровода и тем самым уменьшить превращение сероводорода в серную кислоту.

Харьковская городская канализационная сеть глубокого заложения началась в полном объеме строиться в 50-е годы. Наиболее прогрессивные технологии строительства канализационных каналов были воплощены в бетоне и железобетоне. Именно на это время приходится наибольший размах строительства из бетона и железобетона и массовое использование этих материалов в различных условиях эксплуатации и в сооружениях промышленной гидротехники.

Как уже говорилось, на решение использовать бетон и железобетон при строительстве канализационных коллекторов и сооружений во многом повлияло мнение большинства специалистов считавших эти материалы универсальными. Госстроем СССР гарантировалась работа бетонных и железобетонных конструкций в течении не менее 100 лет Такой срок вполне реален, но только для нормальных (неагрессивных) к бетону и железобетону условий.

Сточные же воды, контактирующие с конструкциями канализационных сетей (особенно городские), никогда не считались агрессивными по отношению к бетону, если содержание в них сульфатов, хлоридов и свободной кислоты не превышало допустимых значений. В условиях городской канализации, где смешиваются различные стоки (промышленные, хозяйственно-бытовые и ливневые), их взаимное разбавление да с учетом того, что на очистных сооружениях канализации существуют нормируемые критерии качества поступающей исходной воды, вероятность поступления агрессивных к бетону стоков невелика, так как эта же агрессивность по

указанным выше параметрам оказывает негативное влияние на биологическую очистку сточной воды.

Тем не менее, как показали многочисленные случаи аварий на канализационных коллекторах в странах СНГ, бетонные и железобетонные трубы и конструкции далеко не выдерживают свой гарантийный срок службы и очень часто выходят из строя намного раньше нормативного срока службы бетонных канализационных коллекторов (20 лет).

По данным более сотни исследованных аварий, средне-статистический срок безаварийной работы канализационных коллекторов из бетонных и железобетонных труб составляет 12,5 лет.

Масштабы аварий самые разнообразные: от нескольких метров до десятков километров. Помимо чисто затратных статей потерь на восстановление разрушенных участков сети, возникают проблемы экологического характера и нормального функционирования всего городского хозяйства. Комиссии по выявлению причин аварий начинают искать виновных, проводится экспертиза проектов, строительных материалов, технологии строительства и эксплуатации. Всегда находятся отдельные отклонения или нарушения на этапах проектирования, строительства и эксплуатации, которые как правило, выдаются за главные причины аварий.

В то же время установлено, что в большинстве отклонения могут только усиливать и ускорять процесс разрушения конструкций, но не являются его основной причиной.

Достаточно полно процесс коррозии железобетонного коллектора рассмотрен в работе, которая выполнялась в Харьковском инженерно-строительном институте под руководством профессора В.И.Бабушкина. В качестве основного объекта исследований был выбран Орджоникидзевский самотечный коллектор г. Харькова.

Коллектор построен в 1954 г. и выполнен из железобетонных труб диаметром 600-800 мм, уложенных с уклонами» от $i = 0,0006$ до $i = 0,01$ и средней глубиной заложения 2 м. По коллектору отводятся хозяйственно-

бытовые сточные воды вместе со стоками молокозавода, мясокомбината, пивзавода и других мелких предприятий.

В последнее время наблюдались провалы грунта над коллектором вследствие разрушения его сводовой части. Общая картина разрушения бетона во всех случаях примерно одинакова: разрушается сводовая часть труб выше уровня сточной жидкости. Защитный слой бетона в газовлажных условиях был почти полностью разрушен и представлял собой серую рыхлую массу, которая легко осыпалась от прикосновения руки. Разрушению подвержен цементный камень, крупный заполнитель выступает из этой массы, арматура во многих местах оголена, покрыта сплошным слоем ржавчины.

В результате визуального осмотра можно сделать вывод о том, что коррозионный процесс происходит во влажных газо-воздушных условиях: в коллекторах - выше уровня жидкости, в шахтах - по всей их высоте с внутренней стороны.

Пробы, взятые из коллектора, относились к разным сооружениям и имели различный исходный состав бетона. Однако сравнение показывает, что корродированный бетон содержит в 7-10 раз больше SO_3 , чем бетон подводной части труб или не контактирующий с агрессивной средой. Резкое увеличение сульфатов в корродированном слое бетона свидетельствует о перерождении цементного камня под действием агрессивной среды. Микроскопирование заполнителя бетона показало, что он практически не разрушается. Это подтверждается и результатами визуального осмотра, при котором наблюдалось оголение зерен крупного заполнителя вследствие разрушения цементного камня.

Прочностные характеристики образцов бетона определяли с помощью молотка Кашкарова. Водопоглощение определяли по ГОСТ 12730 3-78. Водные вытяжки готовили из высушенного и измельченного поверхностного слоя образцов в соотношении 1:4 (одна часть порошка и 4 части воды). Результаты физико-химических испытаний (табл. 4.2) свидетельствуют о

том, что бетон, соприкасающийся с газовой средой канализационных коллекторов, нейтрализован и имеет pH поверхностного слоя в пределах 5,8-7,0, что гораздо меньше, чем у здорового бетона (11,8-12,5). При снижении щелочности бетона гидросиликаты кальция, образующие цементный камень становятся неустойчивыми и разрушаются. Наличие, большого количества сульфатов (табл. 4.4) и низкое значение pH поверхностного слоя бетона (табл. 4.2) говорят, что коррозия имеет кислотный характер (рис. 4.6). Прочность и водопоглощение еще не протестированных частей образцов бетона подтверждают хорошее качество исходного бетона и соответствие его проектным характеристикам: по прочности М300-М400, по водонепроницаемости - В4-В6 (табл. 4.2).

Фазовый состав продуктов коррозии бетона (проба I) и неповрежденного бетона лотковой части труб (проба 3) проводили на установке «Дрон-3». Данные исследований приведены в табл. 4.4.

Неповрежденный бетон, по данным рентгенофазового анализа, представлен типичными для цементного камня гидросиликатами кальция. Продукты коррозии содержат этtringит, гидрокарбоаминат кальция, гипс и кремнегель. Присутствие данных веществ свидетельствуют, что разрушение носит сернокислотный характер.

При воздействии серной кислоты на бетон образуется гипс. Образование гипса приводит к разрушению бетона в связи с тем, что объем, занимаемый гипсом, больше объема, занимаемого гидроксидом кальция, кроме того, гипс постепенно растворяется и выщелачивается.

Еще большую опасность для бетона представляет образование этtringита ($3CaO, Al_2O_3, 3CaSO_4, 3OH_2O$).

Эта двойная соль кристаллизуется с 30 молекулами воды и при этом сильно вспучивается, что приводит к полному разрушению бетона.

Итак, в процессе воздействия серной кислоты на бетон в его составе происходит перерождение составляющих новообразований в гипс, этtringит и другие компоненты.

Таблица 4.2

Физико-химические свойства бетона

Номер пробы	рН входных вытяжек	Водопоглощение образцов, %	Прочность, МПа
1	5,8	4,8	3,8
2	6,9	4,6	3,4
3	12,5	4,2	3,5
4	7,0	-	-
5	11,8	4,4	4,0

Таблица 4.3

Результаты анализов проб бетона

№ пп	Место отбора проб	Химический состав %					
		<i>SiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>MgO</i>	<i>SO₃</i>
1	Свод трубы	30,75	17,3	6,4	1,32	3,49	16,62
2	Боковая часть трубы	32,48	18,5	6,6	2,56	3,20	17,02
3	Лотковая часть трубы	26,38	23,36	9,04	3,53	3,38	2,37
4	Стека вентиляционной шахты	23,5	23,7	4,7	1,7	1,2	31,1
5	Здоровый бетон	36,3	27,1	6,5	5,0	1,2	3,2

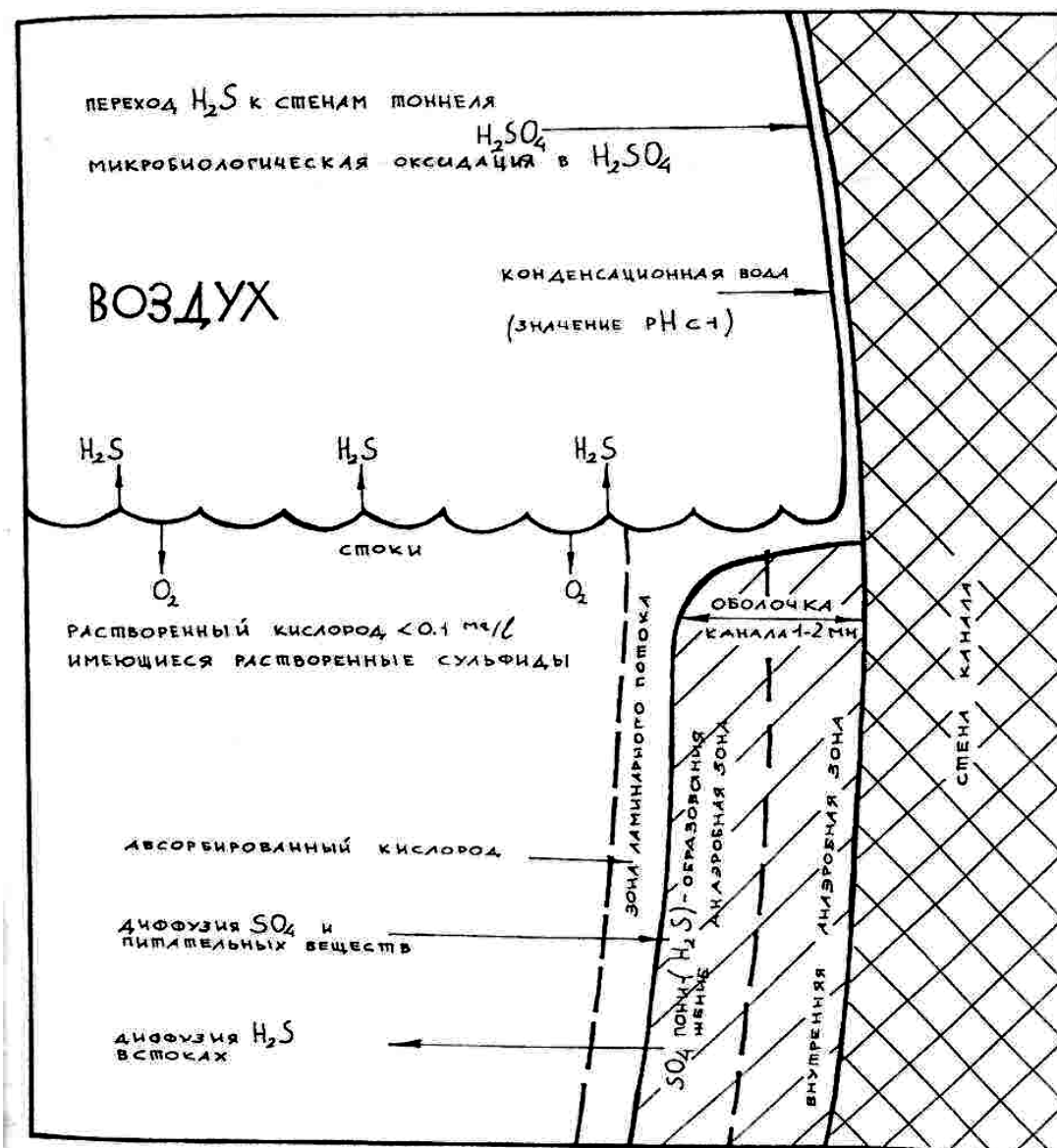


Рис. 4.6. Образование в коллекторных тоннелях – H_2S

Таблица 4.4

Фазовый состав продуктов коррозии бетона

Объект исследования	Минерал	Межплоскостные расстояния, A^0
Неповрежденный бетон	$2CaO.SiO_2.H_2O$	d= 1,808; 1,907; 2,479; 2,017; 3,673
	$4CaO.Al_2O_3.19H_2O$	d= 1,808; 2,073; 2,186
	$4CaO.Al_2O_3.13H_2O$	d= 1,865; 2,273; 2,479
	$B - 2Ca.SiO_2$	d= 1,998; 3,321; 4,2118
Продукты коррозии	Этtringит	d= 1,707; 1,808; 2,129; 2,679
	$3CaO.Al_2O_3.CaCO_3.12H_2O$	d= 1,889; 2,320; 2,864; 7,619
	$CaSO_4.2H_2O$	d= 1,522; 2,679; 3,059
	в-кварц и водные формы кремнезема	d= 1,972; 2,456; 3,314; 4,246

Как видно из табл. 4.5., на первом этапе, т.е. при образовании гипса, его объем в 2 раза больше исходного соединения (CaCOH_2) или (CaCO_3 цемента), а при образовании этtringита объем увеличивается в 22,5 раза, что приводит к появлению трещин в структуре бетона. По трещинам вода проникает внутрь бетона, этtringит распадается на гидрат окиси алюминия и гипса, при этом последний выкристаллизовывается, а гидроокись алюминия выделяется в виде липкой слизистой беловатой массы, что и наблюдалось при визуальном осмотре коллектора.

Данные натурных обследований и инструментальных исследований позволяют прийти к следующему заключению:

коррозия бетонных и железобетонных коллекторов и сооружений на них происходит, как правило, в надводной зоне по внутренней поверхности конструкций (рис. 4.6);

коррозия не является следствием некачественного бетона или низкого качества строительных работ, а происходит во время эксплуатации сооружений под действием агрессивной газовой среды;

коррозия бетона и железобетона канализационной сети и вентиляционных шахт имеет сернокислотный характер;

наличие в газовой среде сероводорода свидетельствует о том, что, во первых, сероводород образуется путем биохимических реакций вследствие использования растворенных в воде сульфатов и органических соединений и в газообразном виде выделяется в подсводовое пространство коллектора и, во-вторых, серная кислота может образовываться при окислении биохимическим путем выделяющегося из воды сероводорода (рис. 4.7).

Для доказательства данных утверждений были проведены микробиологические исследования.

Таблица 4.5

Соотношение молекулярного и удельного веса, а также молекулярного объема компонентов, образующихся при коррозии бетона

Компонент	Молекулярный вес	Удельный вес	Молекулярный объем
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (гипс)	172,1	2,32	74,1
$CaCO_3$ (карбонат кальция)	200,0	2,8	36,0
$Ca(OH)_2$ (гидроксид кальция)	74,0	2,08	35,6
Al_2O_3 (глинозем)	102,2	3,75...4,0	26,5
CaO (оксид кальция)	56,1	3,08	18,2
H_2O	18,0	1,0	18,0
$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 3OH_2O$ (эттрингит)	1218,8	1,52	801,3



Рис. 4.7. Общий вид тоннельного коллектора с поврежденным сводом.

Микробиологический анализ проб бетона из канализационного коллектора выполнялся с целью выяснить влияние микроорганизмов на формирование агрессивной среды и участие микроорганизмов в коррозии бетона.

Многочисленные исследования за рубежом и в Украине свидетельствуют, что при коррозии бетона канализационных труб тесно переплетаются химический и микробиологический процессы. Еще в 1945 г. Паркер опытным путем показал, что в результате действия на бетонные образцы тионовых бактерий количество сульфатов уже через 15 недель увеличивается в 8-10 раз по сравнению с контрольными образцами, что видно из табл. 4.3. Подобное явление отмечено. Последующими работами показано, что обширные повреждения бетона канализационных сетей, сокращающие сроки службы сооружений в отдельных случаях до 5-10 лет, целиком приписываются агрессивному воздействию бактерий цикла серы в процессе "двухэтажной" (сульфатредуцирующие и тионовые) бактериальной активности.

Учитывая, что интенсивность микробиологической коррозии бетона характеризуется численностью микроорганизмов, авторами был выполнен количественный учет бактерий в поверхностном слое бетона и продуктов его коррозии методом предельных десятикратных разведений в стерильной водопроводной воде с последующим посевом на жидкие и плотные эластичные среды. О росте бактерий судили по измерениям pH эластичной питательной среды с помощью мономера ЭВ-74 и И-130 и оптической плотности - на электрофотокалориметре КФК-2, а также по наличию бактерий при просмотре, в световой микроскоп с фазовоконтрастным устройством «Биолам Р-15».

Данные исследований приведены в табл. 4.6.

Всего было идентифицировано по физиологическим группам семь видов бактерий:

Таблица 4.6

Микроорганизмы, выявленные в растворной части бетонных образцов-проб, взятых из Орджоникидзевского канализационного коллектора и Ново-Грековской вентиляционной шахты (наиболее вероятное количество клеток бактерий в 1 г растворной части бетона)

Номер проб	Бактерии						
	АБ	СРБ	МТБ	ДНБ	ГТБ	ЖВБ	УВБ
Сточная							
Вода	2×10^7	2×10^4	3×10^2	6×10^4	3×10^7	3×10^4	3×10^5
1	2×10^5	2×10^2	1×10^5	3×10^5	6×10^3	1×10^5	1×10^5
2	2×10^6	3×10^2	3×10^3	4×10^5	5×10^6	5×10^4	6×10^4
3	2×10^7	2×10^5	0	3×10^5	3×10^6	2×10^1	1×10^1
4	2×10^2	0	2×10^2	3×10^2	3×10^3	2×10^3	6×10^4
5	0	0	10	0	10^2	10^1	10^1

Примечание: проба 1 взята из сводовой части трубы; проба 2 - из боковой внутренней надводной ее части; проба 3 - из лотковой части трубы; проба 4 - на внутренней стенке вентиляционной шахты (Ново-Грековская); проба 5 - с наружной поверхности бетона шахты для контроля.

АБ - аммонифицирующие бактерии, осуществляющие свой метаболизм по схеме



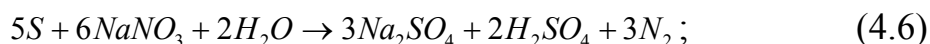
СРБ - сульфатредуцирующие бактерии, выделяющие сероводород



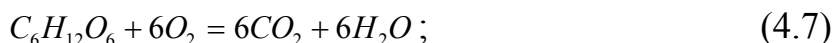
МТБ - миксотрофные тионовые бактерии, окисляющие сероводород или элементарную серу до серной кислоты



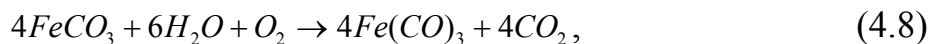
ДНБ - денитрифицирующие бактерии, при дефиците кислорода способные окислять элементарную серу до серной кислоты по примерной схеме



ГТБ - гетеротрофные бактерии, интенсивно поглощающие кислород при окислении веществ с выделением большого количества углекислоты



ЖВБ - железобактерии, которые осуществляя реакцию



окисляют двухвалентное железо в трехвалентное с последующим его гидролизом;

УВБ - углеводородвосстанавливающие бактерии, ответственные за разложение нефтепродуктов.

Из всех перечисленных видов бактерий ответственными за формирование газовой фазы в подсводовом пространстве являются сульфатредуцирующие (H_2S), гетеротрофные (CO_2), железобактерии и углеводородвосстанавливающие (CO_2). Максимальное их количество (2×10^5 ; 3×10^6) наблюдается в соскобах с образцов подводной части бетона труб. Поскольку при эксплуатации труб там накапливаются иловые отложения и создаются анаэробные условия, происходит интенсивное выделение в воду, а затем из воды газообразных H_2S и CO_2 .

На примере только двух этих газов видно, как формируется газовая

среда коллектора. Процесс биохимический. По степени агрессивности к бетону сероводород намного агрессивнее углекислого газа. Однако он не взаимодействует с бетоном напрямую, а предварительно окисляется в серную кислоту. Ответственными за окисление сероводорода являются тионовые бактерии, а в определенных условиях и денитрифицирующие. Как видно из данных табл. 4.6, максимальное их количество относится к пробам 1 и 2 (1×10^5 ; 3×10^3 и 3×10^5 ; 4×10^5 соответственно).

Учитывая, что бетон в местах отбора проб 1 и 2 имеет максимальное разрушение и следовательно, наибольшее количество бактерий этого вида, нужно признать очевидную связь между количеством бактерии и степенью разрушения бетона. Аналогичная картина наблюдается и в вентиляционной шахте (проба 4), где наибольшие разрушения соответствуют максимальному количеству микробов данного вида. На контрольной пробе 5, где бетон не разрушен, количество микроорганизмов минимально (а для ДНЕ равно нулю).

Таким образом, данные микробиологических исследований подтверждают гипотезу о формировании агрессивной среды (сначала H_2S а затем H_2SO_4) микробиологическим путем и согласуются с литературными данными о причинах возникновения агрессивной среды.

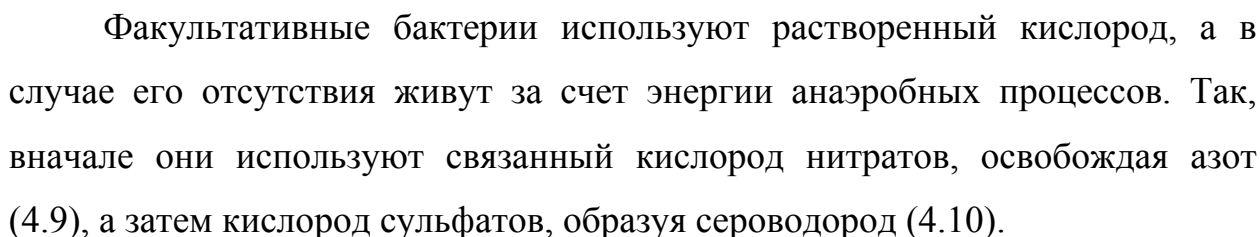
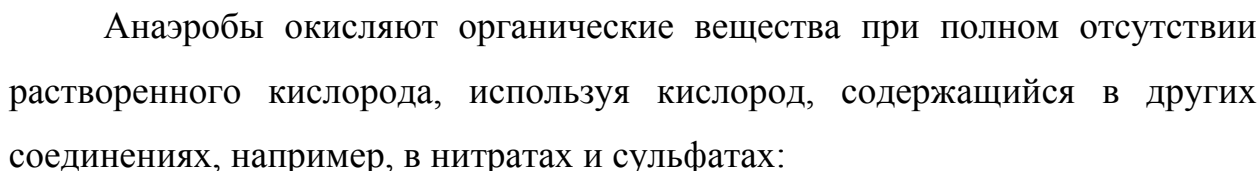
Обобщив результаты микробиологических исследований и литературные данные, можно разделить процесс образования газовой агрессивной среды и ее воздействие на бетон можно разбить на два этапа:

- первый - биохимическое образование сероводорода сульфатредуцирующими бактериями в воде и выделение его в надводное пространство;
- второй - конденсация сероводорода на стенках и своде труб с последующим его окислением тионовыми бактериями до серной кислоты, разрушающей бетон.

Процесс образования сероводорода в канализационных коллекторах является результатом сложных химико-биологических реакций. Сера в сточной воде содержится, главным образом, в виде органических

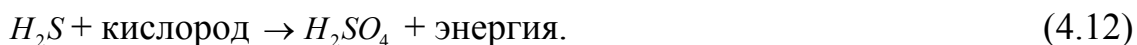
Бактерии, вызывающие распад органических соединений, в зависимости от источника питания подразделяются на два вида - гетеротрофы и автотрофы. В зависимости же от их отношения к свободному кислороду они делятся на три группы: аэробные, анаэробные и факультативные.

органические вещества + кислород



Эти схемы иллюстрируют образование на первом этапе газовой фазы, содержащей различные газы (CO_2 , N , H_2S , CH_4).

На втором этапе работают автотрофные микроорганизмы, которые окисляют неорганические соединения с использованием углекислого газа в качестве источника углерода. В этих процессах большую роль играют нитритфицирующие, тионовые и железобактерии. Обычные тионовые бактерии участвуют в реакции, приводящей к коррозии сводов канализационных труб:



Все процессы в канализационных коллекторах, приводящие к образованию агрессивной среды, описываются уравнениями (4.10) и (4.12).

Обобщая изложенное можно сделать следующие выводы: сточная вода, транспортируемая по коллектору, согласно СНиП 2.03.11-85 не является агрессивной к бетону и железобетону:

формирование агрессивной среды в канализационной сети происходит в случае, если в транспортируемой по коллектору сточной воде присутствуют сульфаты (или другие серосодержащие соединения органические вещества и сопутствующие им микроорганизмы. При этом наблюдается снижение в воде концентрации сульфатов на 30-40 % органических веществ (уменьшение ХПК в 3-6 раз), а также появление в атмосфере коллектора основного агрессивного газообразного компонента – сероводорода;

процесс формирования агрессивной среды состоит из двух этапов: образование сульфатредуцирующими бактериями сероводорода (первый этап) и последующее его окисление тионовыми аэробными бактериями до серной кислоты (второй этап).

Таким образом, проведенные как у нас в стране, так и за рубежом исследования показали, что на разрушение бетонных коллекторных тоннелей оказывает влияние биологический фактор.

Рассмотрев причину возникновения агрессивной среды в канализационных коллекторах, можно констатировать, что с точки зрения проектировщиков и строителей ошибок не было, так как по действующим

нормам сточная вода не агрессивна по отношению к бетону конструкций.

Агрессивность газовой среды коллектора вызвана микробиологическим фактором, который непосредственно связан с практической деятельностью человека. Ведь за последние четверть века в городе возникли новые предприятия, сбрасывающие стоки в городскую канализационную сеть, появились новые химические вещества и соединения в концентрациях, не характерных для периода строительства коллекторов. Адаптировалась новая микрофлора к изменившимся сточным водам. Подключения новых боковых коллекторов с различными температурно-химическими параметрами изменили не только свойства первоначальной сточной воды, но и гидравлику водного потока. Совокупность этих факторов с течением времени и привела к наступлению предельного состояния конструкций в некоторых сооружениях канализации.

Сложившаяся ситуация ставит перед наукой, строителями и эксплуатационниками задачи на перспективу и на ближайшее будущее. На перспективу - проектирование и строительство новых сооружений с учетом микробиологического воздействия и использования коррозионностойких конструкционных материалов. На ближайшее будущее восстановление и реконструкцию отработавших свой срок участков канализационной сети и сооружений.

Автором исследовано состояние Роганского тоннельного коллектора, в частности происходящие в коллекторе коррозионные процессы. Показанные на рис. 4.8-4.19 повреждения бетонной обделки служат подтверждением результатов исследований, приведенных в данном разделе.



Рис. 4.8. Коррозия бетонной обделки тоннеля



Рис. 4.9. Начальная стадия коррозии железобетонных тубингов

4.3. Эксплуатационные проблемы, связанные с наличием газов в смотровых шахтах и колодцах

Проведенные автором исследования показывают, что в последние годы в сетях водоотведения увеличилась концентрация газов оказывающих влияние на долговечность как самих коллекторов, так и смотровых шахт, предназначенных для их обслуживания.

Сравнительный анализ газовой среды в смотровых шахтах канализационной сети Харькова (табл. 4.7) показывает, что содержание сероводорода, углекислого газа и метана за десять лет (1996–2005 гг.) значительно увеличилось и в некоторых случаях во много раз превышает ПДК.

Особую опасность при обслуживании канализационных сетей представляет сероводород (в небольшой концентрации имеет запах тухлых яиц), высокая концентрация которого может привести к смерти. По этой причине перед каждым спуском в канализационную шахту необходимо производить измерения для определения наличия сероводорода, углекислого и горючих газов.

Большинство газов имеет органическое происхождение и возникает в результате биохимической реакции.

Продукты анаэробного разрушения органических веществ интенсивно выделяют газы. Анаэробные процессы протекают везде, где имеется много органических веществ и мало кислорода или он совсем отсутствует. Такие процессы наблюдаются в плохо проветриваемых канализационных каналах, в толстых поверхностных слоях канализационного коллектора, они имеют место в накопившемся осадке, при низкой скорости прохождения потока. Содержащие запахи конечные продукты – это соединения, в состав которых входят сера и азот, а также жирные кислоты.

Таблица 4.7

Сравнительный анализ газовой среды коллекторов (по данным 1996 и 2005 гг.)

Коллектор	SO ₂		H ₂ S		CO		CO ₂		CH ₄	
	ПДК 10мг/м ³		ПДК 10мг/м ³		ПДК 20мг/м ³		ПДК 0,5 об %		ПДК 2,0 об %	
	1996	2005	1996	2005	1996	2005	1996	2005	1996	2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Канализационная насосная станция (КНС) №15	0	0	4	4	25	0	0	0,2	0	0,2
КНС №4	7	0	16	5	15	0	0,2	0,2	2	0,1
КНС №27	7	10	16	30 (16-45)	5	0	0	0,2	0	0,1
КНС №2	30	0	15	4	5	0	0	0,2	0	0,1
Коллектор ХТЗ, шахта №5	6	10	30	20 (5-70)	0	0	0,2	0,4	2	0,2
Коллектор ХТЗ, шахта №4	5	14	26	25 (4-105)	0	0	0	0,2	0	0,1

Продолжение табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Коллектор ХТЗ Роганского жилмасива, шахта №10	5	4	22	12	0	0	0,1	0,4	1,0	0,2
	10		18	(6-22)	15		0,1		1,0	
	10		20		12		1,5		2,0	
	0		12		5		0,2		1,6	
Ивановский коллектор, шахта №6 (Измайловская шахта №6)	0	2	4	6 (4-10)	0	0	0,4	0,2	5	0,1
Ивановский коллектор, шахта №6 (Театр, шахта №7)	5	4	22	14,5 (10-24)	0	0	0,3	0,4	4	0,2
Главный коллектор, шахта №2- бис «Орбита» (Главный коллектор, пр. Гагарина)	6	0	23	4,5	0	0	0,6	0,3	6	0,6
Основной коллектор, шахта №1 (Основа, шахта №1)	5	0	15	5	0	0	0	0,2	0	0,4
Коллектор северной группы заводов, шахта №7 (ул. Шевченко, 128)	0	2	16	6	5	0	0,6	0,2	6	0,1

Продолжение табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Коллектор ХТЗ, шахта №6	5	2	8	10 (6-16)	20	0	0,2	0,2	3	0,1
3-й разгрузочный коллектор ХТЗ, ул. 17-го Партсъезда, шахта №2	5	4	12	8	10	0	0,3	0,2	2	0,2
3-й разгрузочный коллектор ХТЗ, ул. 17-го Партсъезда, шахта №3	5	2	12	6	10	0	0,2	0,4	3	0,2
Завод химреактивов	5	4	12	8	5	0	0,2	0,4	2	1,2
Коллектор северной группы заводов, шахта №4	5	4	16	19,5 (6-60)	5	0	0,2	0,4	2	0,2
Коллектор «Стройгидравлика», шахта №1	8	0	12	4,5	10	0	0,1	0,2	3	0,1
Коллектор по пр. Ильича (перекресток пр. Ильича и пр. Дзюбы)	5	8	12	42 (14-110)	10	0	2,5	0,3	6	0,2
Камера дюкера, пр. Гагарина	10	6	14	10	10	0	0,2	1,2	5	5,5

Продолжение табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Камера дюкера через реки Харьков и Лопань	6	4	16	12	4	0	0,3	1,0	5	4,5
Салтовский коллектор, шахта в р-не депо Салтовской линии метро	15	2	12	6	10	0	0,1	0,4	0,1	0,2
Салтовский коллектор, врезка (депо Салтовской линии метро)	15	2	12	8	10	0	0,1	0,4	0,2	0,2
Коллектор ХТЗ в пос. Хроли, Логачевка (дюкер пос. Логачевка)	18	6	30	18	15	0	1,5	1,5	3	0,4
Колодец по ул. Волочаевской	5	4	14	12	16	0	0,5	0,6	2	1,4
Коллектор ХТЗ, шахта №3	7	0	14	2,5	16	0	0	0,2	0	0,1
Коллектор ХТЗ, шахта №1	15	0	8	4	0	0	0,2	0,2	3	0,1
Коллектор «Стройгидравлика», шахта №3 (х-во Комарова, шахта №4)	16	0	30	5,5	20	0	0,5	0,2	6	0,1
Московский коллектор, шахта №5 (ул. Валерьяновская)	9	0	12	4	12	0	0,4	0,2	5	0,2

Продолжение табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Коллектор «Стройгидравлика», шахта №2 (АТП-16335)	5	0	16	4	5	0	0,2	0,2	2,0	0,1
Колодец по ул. Кузнечной	12	6	24	14	5	0	0,3	0,4	5	1,8
Коллектор ХТЗ, шахта №8	10	4	12	10,5 (8-14)	15	0	0,1	0,4	0,5	0,2
Павловский коллектор, шахта СК-31	8	2	16	9,5	5	0	0,1	0,4	0,5	0,2
Коллектор по ул. Плехановской	12	8	14	12	8	0	0,8	0,6	2	1,5

Примечание. Данные за 2005 г. основаны на многократных измерениях, проведенных в течение года (20-25 измерений на шахтах коллектора ХТЗ и от пяти до десяти измерений на других шахтах). В скобках указаны минимальная и максимальная концентрации сероводорода на данных шахтах.

Наоборот, продукты аэробного разрушения почти не выделяет запахов благодаря достаточному снабжению шахт кислородом, как это например, происходит в хорошо проветриваемых турбулентных и не имеющих отложений каналах с небольшой поверхностью канализационного коллектора. Весьма важным поэтому является «поддержание свежести» сточных вод.

Запахи могут возникать также в результате чисто химических реакций. Если это приводит к изменению значения pH, то из находящихся в сточных водах сульфидов и аммония может выделяться сероводород или аммиак.

При смешивании с теплыми или кислотными сточными водами сероводород спонтанно попадает в атмосферу канала. Это чрезвычайно опасно для обслуживающего персонала. Превращаясь в серную кислоту, сероводород вызывает биогенную коррозию.

Запахи веществ, которые попадают в канал уже пахнущими, считаются первичными запахами. Такие запахи можно устранить прямо в источнике их образования.

Ко вторичным запахам относятся все те, которые появляются уже в канализационной сети. Это запахи газов, выделяющихся в процессе анаэробного разрушения органических веществ H_2S и NH_3 . Большей частью их можно избежать, если проводить в безнапорных коллекторах (водоводах) плановые работы с внесением кислорода и надлежащее техническое обслуживание каналов.

Содержание кислорода в сточной воде зависит от наклона (перепада) лотка коллектора и от количества воды. Перепады и шнековые подъемники способствуют повышенному внесению кислорода. Напротив, если подводимое количество воды незначительно или наклон лотка коллектора слишком мал, может иметь место усиленное возникновение отложений на коллекторе или образование твердых веществ. Еще одной причиной появления отложений может стать наличие гидравлически неблагоприятных мертвых зон. По сравнению с круглым сечением овоидальное поперечное

сечение канала увеличивает силу потока на 21%. Если сила потока недостаточна для его дальнейшей транспортировки, то в канале нужно провести чистку.

Наряду с управлением процессом стока в промежуточных насосных станциях или в канале может устраиваться искусственная промежуточная вентиляция с пневматическими аэраторами, обеспечивающая подачу кислорода. Целесообразно проводить повторную аэрацию сточных вод на входе напорного канализационного водовода в безнапорный.

Для удаления газов можно использовать также разные специальные средства. Однако при этом приходится увеличивать затраты на приобретение средств для работы дозирующего устройства, а в случае сильного отложения шлака растут затраты и на утилизацию (рис. 4.10).

Чистый кислород улучшает аэрацию, но он обходится очень дорого. Чистый кислород больше подходит для использования в закрытых системах. Нитрат способствует замедлению гниения и может добавляться как соединение в жидкой форме. При правильной дозировке окисленный кислород, попадая в систему каналов, денитрифицируется, при этом удаляется газ. Известь благодаря повышению водородного показателя (pH), замедляет работу гнилостных бактерий, создавая реакцию появления осадков. Кроме этого, нужно также учитывать образование шлама. Из-за присутствия в стоке солей железа происходит процесс адсорбции и осаждения. Запахи ослабляются и одновременно выделяются сульфиды. В случае если осаждающее средство загрязнено тяжелыми металлами, повышается нагрузка на сточные воды.

На интенсивный обмен воздуха между воздушным пространством канала и сточной водой оказывает влияние турбулентность потока. Подобный обмен способствует внесению кислорода, но если в сточной воде уже имеются запахи, они хорошо выводятся в воздух канала и через канальную шахту попадают наружу. Крышки шахт или колодцев помогают избежать этого, но газы могут скопиться в месте выхода и вызвать



Рис. 4.10. Мероприятия, способствующие снижению концентрации газов в сетях водоотведения.

производственные проблемы. Управление циркуляцией воздуха осуществляется, например, с помощью вытяжных вентиляционных сооружений, где воздух канала поднимается благодаря нагреванию. Этот процесс может поддерживаться также путем использования в канализационной системе гибких установок.

Проблемы с газами возникают либо при спуске, выпуске или сбросе сточных вод, либо из-за протекающих в системе каналов реакций. Лучше всего предотвращать появление газов естественной аэрацией в системе каналов. При искусственной вентиляции повышаются расходы на электроэнергию, а в случае добавления веществ увеличиваются материальные затраты, образуется шлам.

Эксплуатационники часто пытаются снять остроту ситуации, связанной с наличием газов и с коррозией в системе водоотведения, с помощью кратковременных мер, без учета всех факторов влияния. Однако только серьезное, объективное исследование естественного стока может стать предпосылкой для экономически обоснованного решения этой проблемы.

Появление запаха и образование коррозии в канализационных отводных сооружениях требуют комплексного изучения всего водосборного бассейна. Меры по «оказанию первой помощи» необходимы и имеют правовое обоснование, но за ними должны следовать глубокие исследования. Цель должна состоять в том, чтобы иметь решение проблемы для каждого конкретного случая. При этом, как правило, возникает ряд вопросов.

В чем состоит проблема образования газов и коррозии?

Почему она возникла?

Где это проявляется?

Каковы интенсивность и частота? (Замеры газа, фактометрические измерения масла, съемки мест, пораженных коррозией.)

Какие есть пути решения проблемы? (Литературные источники, обмен опытом, опрос специалистов, инженерные решения.)

Каковы преимущества и недостатки тех или других способов?

(Сравнение вариантов применительно к местным условиям, оценка влияния на сеть и очистительные сооружения, применение малогабаритной техники.)

Какова стоимость мероприятий? (Оценка инвестиций и расходов на эксплуатацию.)

Когда, что и где реализуется? (Приоритетный список.)

Таким образом, становится ясно, что существует множество технических решений. Каждое из них в отдельности может быть использовано на практике, однако преимущество отдается комбинации различных мер, способствующих сокращению расходов и достижению оптимального решения.

Как показывают исследования, проблема образования газов в наибольшей степени является проблемой образования сероводорода, и не прямые однопроводные системы вместе со специфическими веществами, содержащимися в сточных водах, играют здесь важную роль.

Распространенное мнение о том, что газы выделяются из отложений в шахтах и каналах, не всегда подтверждается. Авторы работы утверждают, что они образуются преимущественно при отводе воды (при дренаже) через напорную систему. В системах свободного падения (с любым перепадом, разгрузкой и при любом внутреннем диаметре) газы выделяются в незначительном объеме.

В работе немецкие ученые приводят данные исследований, проведенных в Шверине, где в 1989 г. 130 тысяч жителей обслуживались 21 канализационной насосной станцией, то есть одна насосная станция обслуживала 6190 человек. В этот период проблемы образования газов практически не существовало.

В 2000 г. в городе работали уже 95 насосных станций на 102 275 жителей, или одна насосная станция на 1077 жителей.

Иначе говоря, по сравнению с 1989 г. время нахождения каждого кубического метра сточных вод в анаэробной среде, до того как они попадут в очистительную установку, увеличилось с 2,8 до 6 ч, при общем сокращении

потребления воды.

Из этого можно сделать вывод, что с изменением рамочных технических условий должны произойти изменения в химическом составе сточных вод. Постоянное изменение количества приведет в итоге к новому качеству. Это и произошло в Шверине в 1994 г. Приблизительно в это же время проблема образования газов наряду с коррозией стали темой дальнейшего исследования.

В результате этих исследований оценены первичные и вторичные источники газов и на основе этой оценки выделены признаки, определяющие приоритетность решения проблем, связанных с наличием газов в смотровых шахтах.

Приоритет 1:

высокая концентрация сероводорода;
большое количество сточных вод с высоким содержанием сероводорода;
продолжительное воздействие газов в течение дня на окружающую среду;
жалобы населения на запахи газа;
появление коррозии.

Приоритет 2:

средняя концентрация сероводорода;
никаких особых жалоб населения;
начинающаяся коррозия;
кратковременное воздействие газов на окружающую среду.

Приоритет 3:

малая концентрация сероводорода;
отсутствие жалоб на запахи газа
отсутствие или незначительное появление коррозии.

Решение проблемы снижения концентрации газов в сетях водоотведения авторы работы [72] видят в следующем. Шахты должны быть

изготовлены из коррозионностойких материалов. Сточные воды следует насыщать кислородом, удаляя как можно больше свободных сульфидов таких, как H_2S , уменьшить количество загрязненного воздуха и очистить его. Для этого предлагается целый ряд возможностей. Неважно, очищается ли отработанный воздух через фильтры с активированным углем или через биофильтры, с помощью озона либо электромагнитным способом, успех в основном зависит от того, насколько удастся предотвратить вынос отработанного воздуха в присоединенном самотечном трубопроводе.

Многие дефекты, выявляемые при эксплуатации смотровых колодцев и шахтных стволов, объясняются их недостаточным техническим качеством. Чтобы выявить факторы, от которых зависят эксплуатационные характеристики (долговечность, надежность) смотровых колодцев и шахтных стволов канализации, необходим анализ многих данных. Решение поставленной задачи сопряжено с рядом трудностей, поскольку поиск следует вести на стыке различных областей знаний: физики, химии, математики, геологии, экологии, с привлечением не только результатов лабораторных исследований, но и данных, накопленных в процессе эксплуатации смотровых колодцев и шахтных стволов.

Уже на начальном этапе эксплуатации обнаруживается довольно много дефектов, вызванных ошибками при проектировании и проведении проходческих работ. Большинство этих дефектов в процессе эксплуатации устраняется. Однако значительные дефекты или даже аварии могут возникать из-за неправильного проведения профилактических и текущих ремонтов, а также при эксплуатации канализационной сети без таких ремонтов. По-разному могут проявляться, в частности, недостатки крепи и армировки стволов.

Долговечность элементов крепи и армировки определяется временем бездефективной работы (с возможными перерывами для производства текущих ремонтов) в определенных условиях эксплуатации, от момента завершения сооружения ствола до полной потери им эксплуатационных

свойств (предел долговечности). Требуемый срок эксплуатации ствола задается на стадии проектирования. Стволы шахт и смотровых колодцев имеют разные характеристики долговечности в зависимости от типа материалов, из которых они выполнены, от конструктивного решения, качества ведения работ и монтажа конструкции армировки, от влияния окружающей среды и проведения различных профилактических мероприятий на разных стадиях эксплуатации.

Можно утверждать, что на долговечность элементов смотровых колодцев и шахтных стволов влияют: физико-механические процессы, происходящие в материале и вызывающие изменения прочностных характеристик во время эксплуатации (агрессивность внешней и внутренней среды и степень ее воздействия на материалы элементов крепи и армировки); изменение геометрии конструкции (особенно армировки); условия эксплуатации ствола.

Различают две группы факторов износа. К первой группе относятся физический износ (например, от стекающей по поверхности бетонной крепи воды), усталостный износ бетона, металла и древесины, износ металла и бетона при действии коррозии, разрушение элементов лестничных соединений, а также деформация и образование трещин в крепи и армировке ствола. Физический износ зависит также от вида и качества изготовления этих элементов и производства проходческих работ, а также от того, насколько регулярно и качественно проводятся профилактический и капитальный ремонты.

Ко второй группе относятся влажность воздуха в стволе, колебания температуры, сдвигения горных пород, сейсмические воздействия.

Повреждения бетонной и железобетонной крепи стволов шахт, смотровых колодцев и их армировки могут носить различный характер, поэтому методы их устранения с указанием материалов следует предусматривать в проекте применительно к конкретным условиям. Процессы разрушения, или деструктивные процессы, протекают медленно.

Трещины, расслоения, вывалы, раковины, солевые наслоения, ржавые пятна и полосы - явные признаки начала процесса разрушения, говорящие о необходимости своевременного ремонта.

Анализ данных многочисленных обследований деформированных стволов, сооруженных за последние годы, показал, что из множества причин их разрушения главной является коррозия.

Как уже было сказано, сейчас в Украине отсутствуют четкие критерии оценки состояния канализационных сетей и потенциальных опасностей, связанных с повреждениями конструкций. Между тем без всеобъемлющих данных о состоянии канализационной сети невозможно планировать работы по ее эксплуатации, инспекции и устранению повреждений. Для определения и прогнозирования способности коммунальных водоотводящих сооружений документация имеющихся в городских планах канализационных каналов, коллекторов и сооружений должна содержать следующие данные: характер повреждений, их оценка, классификация; критерии для разработки стратегии ремонта (установление приоритетов при планировании мероприятий по эксплуатации сетей, их контролю и устранению повреждений); заключение о состоянии сети.

Составление документации начинается с оценки повреждения: его характера, места, размера, количества на участке, причин и последствий.

Кроме того, необходима информация о функциональных особенностях коллектора: режиме эксплуатации, расположении (на свободной местности, под улицами, строениями и др.), глубине заложения, сроке эксплуатации, конструкции и материале, использованном при строительстве коллектора, уровне гидравлической загрузки.

ГЛАВА 5

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СЕТЕЙ И ВЫБОРА МЕТОДОВ ИХ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ

5.1. Существующие подходы к определению состояния конструкций сетей водоотведения

Как показывают исследования и проведенный анализ, в действующих в Украине нормах недостаточно полно отражены критерии отнесения трубопроводов или коллекторов к той или иной категории в зависимости от их состояния.

Г.Я. Дрозд предлагает ввести в СНиП понятие «категория» (или класс) коллектора в качестве критерия, который позволит определять защиту трубопровода в зависимости от его значимости при оптимальном соотношении между экономическими затратами и надежностью трубопровода.

Согласно классификации канализационных коллекторов по степени их потенциальной аварийности (табл. 5.1), коллекторы, в которых может образовываться сероводородная газовая среда (что влечет за собой сокращение сроков безаварийной эксплуатации, активную коррозию и крупномасштабные аварии) отнесены к I классу. К категории Ia относятся те сооружения, у которых сочетание конструктивных особенностей и потенциально агрессивной (с точки зрения биологического фактора) среды таково, что дает основание говорить об особой опасности подобных трубопроводов. Категории Ib, Iv указывают на основной признак, которому должно быть уделено внимание при выборе защитных мер: совершенствование конструкции, защита от воздействия среды либо снижение степени ее агрессивности.

Ко II классу принадлежат все виды трубопроводов, потенциально подверженных физико-механическому воздействию на отдельных участках.

Таблица 5.1

Классификация коллекторов в зависимости от их потенциальной аварийности

Класс коллектора	Условия потенциальной аварийности			Категория
	Характеристика	Признак А	Признак Б	
I	Высокая степень вероятности возникновения биологического фактора коррозии, малый срок службы трубопроводов и масштабность последствий	В начале коллектора расположен напорный трубопровод, самотечный коллектор имеет перепады или быстротоки	Транспортируемый сток содержит органические вещества по ХПК ≥ 350 мг/л или сульфиды более 1 мг/л	Ia – признаки А и Б Iб – только А Iв – только Б
II	Вероятность повреждений и аварий вследствие физико-механических воздействий на отдельных участках	Наличие наземных или надземных участков трубопровода, пересечений с препятствиями (реки, дороги, прочие трубопроводы и др.)	На отдельных участках слабое грунтовое основание либо проявление техногенных воздействий (ударные или вибрационные, горные подработки)	IIa – признаки А и Б IIб – только А IIв – только Б
III	Вероятность повреждений от механических и коррозионных факторов на локальных участках	Обычная конструкция и обычные условия по длине трубопровода	Наличие по трассе коллектора агрессивных грунтов или блуждающих токов	IIIa – признаки А и Б IIIб – только А IIIв – только Б

Неблагоприятное сочетание конструктивных особенностей сооружения и потенциально ненадежных оснований учитывает категория Па – самая опасная в данном классе. Категории Пб и Пв указывают на основной признак опасности: конструктивный или по несущей способности основания.

К III классу отнесены все виды трубопроводов, потенциально подверженные случайным механическим воздействиям или наружной коррозии.

Приведенная классификация не является совершенной, но дает возможность дифференцированно рассматривать долговечность и надежность коллекторов: для трубопроводов III класса возможно применение традиционных материалов и технологий; для II класса предусматриваются повышенные требования к конструкциям из традиционных материалов; трубопроводы I класса нуждаются в усиленной защите от коррозии или в принятии мер, направленных на снижение степени агрессивности эксплуатационной среды до минимальных значений. Данная классификация окажет большую помощь в технической эксплуатации канализационных сооружений.

В работе В.А. Орлова и В.А. Харькина (г. Москва) рассмотрены вопросы стратегии выбора потенциальных объектов восстановления (санации) водопроводных сетей. Технический срок службы трубопровода, по мнению авторов, определяется на основании анализа аварийности трубопроводов путем оценки и прогноза показателей надежности и по результатам обследования (технической диагностики) участков трубопроводов.

К критериям, определяющим стратегию выбора потенциальных объектов восстановления (санации) трубопроводов, относятся: показатели надежности участков трубопроводов и прогноз их изменения; дестабилизирующие надежность трубопроводов факторы; срок эксплуатации и техническое состояние трубопроводов; ремонтпригодность трубопроводов; остаточные ожидаемые сроки полезной эксплуатации;

прошлые расходы на восстановление; реальная стоимость существующих трубопроводов и стоимость их восстановления; ограничения по финансовым расходам.

Информационно-техническое обеспечение стратегии восстановления трубопроводов позволяет путем запросов по банку данных оценить перечисленные критерии и выбрать район водопроводной сети (РВС) города с наибольшей аварийностью трубопроводов (по выбранным для анализа диаметрам, материалам и срокам эксплуатации).

Авторы отмечают, что выбор первоочередных объектов восстановления (санации) трубопроводов протяженной водопроводной сети, значительная часть которых, как правило, исчерпала нормативный срок службы и имеет высокий риск возникновения аварий, является сложной многофакторной задачей. Их подход к определению первоочередного объекта реабилитации трубопроводов городской водопроводной сети базируется на выделении и количественном и качественном определении приоритетного фактора, которым служит надежность, а также на комплексной оценке многочисленных косвенных факторов, влияющих на показатели надежности участков трубопроводов в реальных условиях эксплуатации.

На данном этапе стратегии реновации подсчитывается общая сумма баллов по показателям и характеристикам из паспортных данных на каждом рассматриваемом участке трубопровода водопроводной сети.

К косвенным факторам, влияющим на уровень надежности трубопровода и, следовательно, на риск выхода его из строя, прежде всего относятся: год укладки трубопровода; диаметр трубопровода (в том числе толщина стенок); наличие защиты от электрокоррозии; гидравлические характеристики (скорость, коэффициент гидравлического трения); давление (напор) воды; глубина заложения трубопровода; качественные показатели транспортируемой воды; тип (характер) грунтов; наличие подземных вод; интенсивность транспортных и пассажирских потоков вблизи объекта

потенциальной реновации водопроводной сети; плотность населения в районе, расположенная рядом с объектом потенциальной реновации и др.

Влияние косвенных факторов на базовый (надежность участка трубопровода) и ранг их приоритетности по балльной системе определяются с помощью математической модели (теории графов) и составления матриц доминирования, устанавливающих общую связность (то есть наличие или отсутствие связей вершин графа) всех элементов системы с учетом множества возможных сочленений и с выявлением ранга доминирования или значимости. При этом значимость каждого из описанных фактов зависит от количества связей с подобными ему из числа перечисленных и с основным фактором.

Приоритетными среди выбранных на первом этапе участков трубопроводов для проведения восстановительных работ будут считаться участки с максимальной суммой баллов. Данной процедурой завершается второй этап, который позволяет сузить рамки исходной многофакторной задачи, обобщив всю имеющуюся информацию о косвенных факторах и выделив ограниченное число потенциально нуждающихся в восстановлении (неблагоприятных в техническом отношении) участков.

Таким образом, на данном этапе окончательно выявляют участки трубопроводов городской водопроводной сети, подлежащих восстановлению в первую очередь, а также выбирают метод реабилитации сети: нанесение на внутреннюю поверхность трубопроводов цементно-песчаных покрытий, использование полиэтиленовых рукавов (трубопроводов) или иного типа защитных покрытий.

Предложенная стратегия является универсальной и устанавливает последовательность «шагов» обоснованного выбора объектов реновации трубопроводов, а также содержит необходимую информацию для формирования конкретного плана восстановления трубопроводов городской водопроводной сети.

Ряд исследователей считает, что при разработке стратегии реновации

водоотводящих сетей целесообразно в качестве основного фактора оценки их состояния принять аварийность. При этом следует иметь в виду, что для качественного и количественного описания этого фактора необходимо предварительно выявить влияние на него всех косвенных показателей, оцениваемых, в свою очередь, по балльной системе. Оценка производится на основе распределения по рангам значимости с использованием фактических данных об эксплуатации трубопроводов и математического аппарата теории графов (рис. 5.1).

Оценка косвенных факторов и их ранжирование по значимости и приоритетности (то есть по аварийности) должны выполняться с учетом двух условий: минимального ущерба (материального, экологического, социального) в случае аварийной ситуации, например отказа участка водоотводящей сети, и увеличения срока безаварийной эксплуатации участков сети.

При разработке стратегии реновации городских водоотводящих сетей к косвенным факторам влияния на риск возникновения отказа, следует отнести 11 факторов, в том числе год укладки трубопровода, диаметр, дефекты и др.

Влияние косвенных факторов на базовый, то есть на аварийность водоотводящей сети, и их ранг определяются с помощью математической модели (теории графов) путем составления матриц доминирования, устанавливающих общую связность (наличие или отсутствие связи вершин графа) всех элементов системы с учетом множества возможных сочленений и с выявлением ранга доминирования или значимости.

Анализ зарубежных исследований показывает, что в нормативных документах европейских стран классификация и оценка состояния сетей водоотведения является основным документом, на основе которого разрабатываются программа их инспектирования и стратегия санирования. По правилам, действующим на территории Германии, документация о результатах оптического внутреннего инспектирования сетей водоотведения должна содержать отчет о состоянии канала, фото- и видеодокументацию.

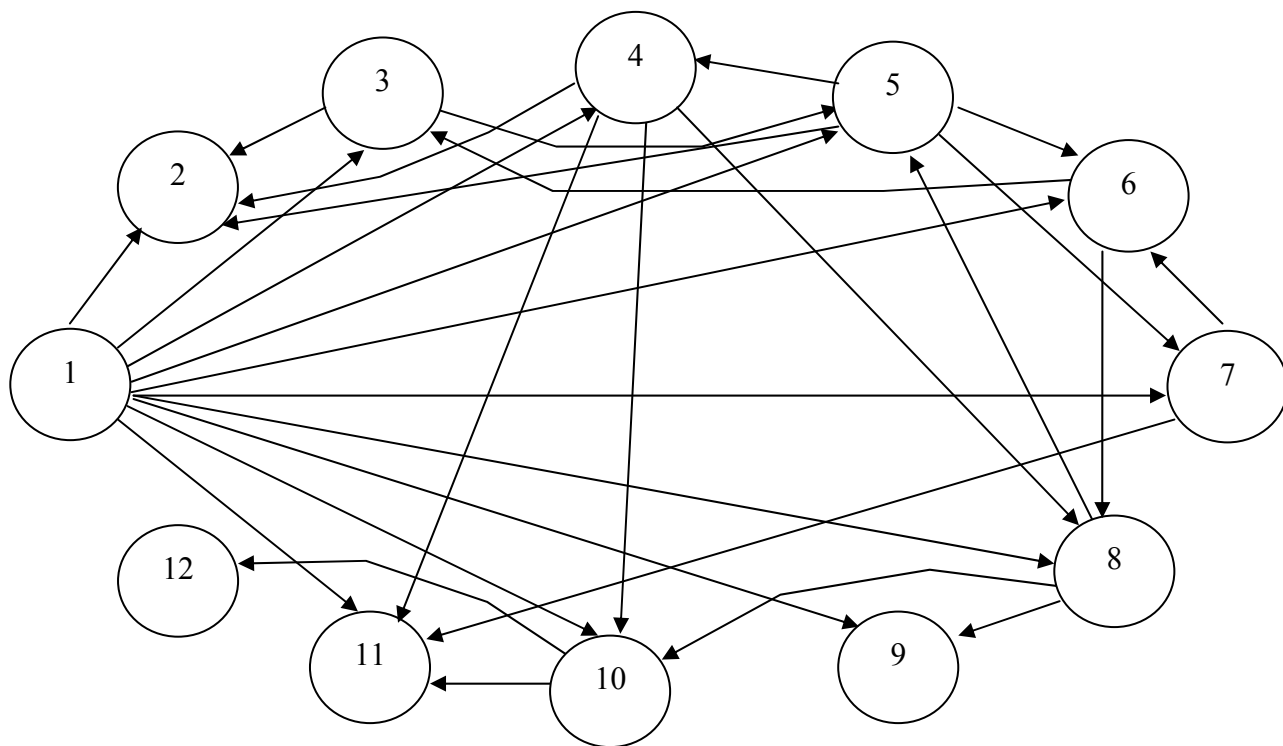


Рис. 5.1. Граф связности факторов, влияющих на аварийность водоотводящей сети:

1 – аварийность; 2 – год укладки; 3 – диаметр (толщина стенки); 4 – нарушения в стыках; 5 – дефекты внутренней поверхности; 6 – засорения различного происхождения; 7 – нарушение герметичности; 8 – деформация тела трубы; 9 – глубина заложения труб; 10 – состояние грунтов вокруг трубопровода; 11 – наличие (отсутствие) подземной воды; 12 – интенсивность пассажиропотоков.

Обработка результатов инспектирования происходит с помощью банка данных и кадастров каналов.

Банк данных канала дает возможность накапливать и обрабатывать информацию о состоянии канала, его эксплуатации, гидравлических параметрах и измерениях внутри канала. Следует отметить, что сбор и обработка такой информации требует очень больших затрат.

Данные гидравлических и конструктивных исследований позволяют в каждом конкретном случае устанавливать приоритетность санации трубопроводов с учетом ремонтно-строительных и эксплуатационных аспектов.

Согласно ATV-M149 «Оценка и классификация состояния канализационных систем вне зданий», различают пять классов состояния сети: от нулевого (срочные меры) до четвертого класса состояния.

Классы состояния 1, 2, 3 означают, что сети имеют конструктивные и производственные недостатки. Класс состояния 1 – самые большие повреждения конструкций; класс состояния 4 – каналы не имеют видимых недостатков. Класс состояния при этом устанавливают с помощью специально разработанных таблиц.

На протяжении многих лет в некоторых городах Германии применяется оправдавшая себя на практике модель KAPRI. Модель основана на составлении приоритетных списков устранения повреждений в бьефах исходя из статистической классификации повреждений.

Для рассматриваемого бьефа оценивают конструктивное (строительное) состояние канала, анализируют данные инспектирования, полученные с помощью TV-установок, при этом обязательно учитывают вид повреждений и их объем и собирают информацию о краевых (граничных) условиях эксплуатации путем анализа соответствующих исходных данных.

Полная оценка состояния бьефа канала (основа для подготовки приоритетного списка устранения повреждений) осуществляется путем математической обработки результатов исследований (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Схема оценки состояния канала с помощью системы KAPRI.

Оценка конструктивного (строительного) состояния канала в зависимости от вида повреждения и его фактического размера выполняется путем констатации фиксированных оценок и динамической факторизации.

Оценочная система KAIN предлагает единую оценку и описание картины повреждения для оптического инспектирования каналов с учетом влияния аварийных потенциалов.

Приоритетность устранения повреждений канализационных каналов оценивается по трем классам. При этом имеются отличия между оценкой конструктивного (строительного) состояния канализационных трубопроводов и сточных каналов и оценкой внешних краевых (граничных) условий эксплуатации.

Модель ISYBAU позволяет классифицировать и оценивать состояние трубопроводов, тоннелей и смотровых колодцев, том числе и оценивать гидравлическое состояние трубопровода, которое дает информацию о гидравлической мощности системы водоотведения.

Модель Пфюрцгеймера в корне отличается от других систем оценки. Она базируется на едином принципе оценки для всех оценочных элементов и операций.

В модели RIONED, разработанной в Нидерландах, конструктивная оценка осуществляется на основе оптического инспектирования. Повреждения, установленные при инспектировании, классифицируют без учета местных условий. Для этого имеется подробный каталог, который обобщает все возможные повреждения по трем категориям:

- водонепроницаемость (герметичность);
- состояние сети;
- помехи при стоке.

Разработанная эмпирическая модель позволяет по результатам инспектирования рассчитать для всех каналов продолжительность их службы. Число рассчитанных точек и оценочных коэффициентов вводится в модель. В итоге определяется остаточная продолжительность службы, на

основе которой устанавливают приоритеты для санирования трубопровода.

Модель базируется на принятии постоянного уменьшения изнашиваемости, но так как это предположение не всегда соответствует действительности, необходимо определять отклонение от начального состояния.

Сравнение моделей оценки с требованиями к ним и классификация состояния сетей водоотведения согласно ATV-M 149 с учетом DIN 752-5 показывают, что все представленные модели оценивают сети на основе повреждений, описанных в ATV-M 143 (часть 2) и установленных при оптическом инспектировании трубопроводов.

Оценка строительного (конструктивного) и эксплуатационного состояния сетей осуществляется путем классификации повреждений в зависимости от их вида и размера, или на основе каталога повреждений путем их соответствующей факторизации, или благодаря матрице повреждений ISYBAU и ATV-модели, с указанием в ней необходимости введения срочных мер при явных повреждениях, не гарантирующих работоспособности трубопровода.

Заключая анализ существующих подходов к определению состояния конструкций сетей водоотведения и выбору стратегии их ремонта, следует сказать, что в настоящее время оцениваются только отдельные (единичные) повреждения бьефа и связанные с этим точечные эксфильтрации сточных вод и инфильтрации грунтовых вод и часто не учитывается возможное негативное воздействие санирования на гидрогеологию, водное хозяйство, застройку и зеленый травяной покров района санации. Так, например, в местности, где негерметичные канализационные трубопроводы и каналы работают как дренажные трубопроводы и в течение длительного времени могут понижать уровень грунтовых вод, после проведения санирования канала нужно обратить внимание на повышение уровня грунтовых вод на большой территории. В противном случае могут быть такие нежелательные последствия, как, например, возникновение повреждений в параллельных

трубопроводах и в застройках, усадка почвы, повреждение зеленых насаждений из-за перенасыщения водой корневой системы, затопление помещений подвалов и пр.

5.2. Научное обоснование разработки методики определения состояния сетей водоотведения и выбора стратегии их ремонта

Необходимость разработки методики паспортизации сетей вытекает из Постановления Кабинета Министров Украины № 409 от 5.09.1997 г. Актуальность проблемы паспортизации обусловлена неудовлетворительным техническим состоянием значительной части подземных коммуникаций, которые не отвечают требованиям обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в производственной и бытовой сферах.

Паспортизация позволяет провести инвентаризацию и классификацию действующих в Украине и временно выведенных из эксплуатации основных фондов, организовать специальный учет и мониторинг аварийно опасных объектов, с тем чтобы предотвратить аварийные ситуации, в том числе на подземных коммуникациях.

В более узком аспекте проблему проведения паспортизации зданий и сооружений следует рассматривать как часть производственной деятельности предприятий и организаций, включающей технический надзор за состоянием основных производственных фондов.

Повсеместная потребность в инвентаризации и обновлении технической документации возникла в связи с многочисленными случаями невыполнения требований нормативных документов в течение длительного срока эксплуатации объектов, ветхости документов или их несоответствия нынешним техническим характеристикам.

Система канализации является одной из важнейших городских служб и входит в комплекс структур, предназначенных для санитарно-технического оздоровления территории. В отличие от других систем, в том числе

водопроводных, которые в случае возникновения аварийных ситуаций можно временно перекрыть, с системами канализации сделать это очень сложно, а то и просто невозможно.

Важную роль играет стоимостной аспект эксплуатации канализационных сетей: они находятся глубоко под землей, и их инспектирование связано со сложными и дорогостоящими мероприятиями. А если речь идет о защите окружающей среды, то совмещать ее с минимальными экономическими затратами на поддержание в исправности конструкций весьма непросто.

В Украине действуют введенные в 1997 году нормативные документы, предписывающие порядок обследования, оценки технического состояния и паспортизации зданий и сооружений различного назначения.

Согласно этому нормативному документу, обследование зданий и сооружений может выполняться как самостоятельный вид работ, а паспортизация разрешается только после анализа материалов обследований и на основании полученных при этом данных. Особое внимание при этом должно уделяться техногенным изменениям окружающей среды, инженерно-геологическим условиям площадок, на которых размещены здания или сооружения, химическому составу грунтов и др.

Сроки обследования гидротехнических сооружений назначены в зависимости от класса капитальности, потенциальной экологической опасности, степени агрессивности среды по отношению к строительным конструкциям, от особенностей конструктивных решений и опыта эксплуатации аналогичных сооружений.

В нормативных документах действующих на Украине в зависимости от класса ответственности сооружений, класса капитальности гидротехнических сооружений и соответствующих им коэффициентов надежности все сооружения разделены на восемь групп ответственности. Каждая группа имеет соответствующий коэффициент надежности, который используется при расчете граничного состояния. Согласно этой классификации,

гидротехнические сооружения I класса (по СНиП 2.06.01-86) имеют коэффициент надежности 1,25.

В зависимости от потенциальной экологической опасности, которая может возникнуть вследствие нарушения технологического процесса при отказе строительных систем или отдельных конструкций, сооружения подразделяются на три группы ответственности. При этом «Канализационная система и очистные сооружения» согласно ДБН А 2.2.-1-95 относятся к первой группе ответственности по экологической опасности. Коэффициент, характеризующий экологическую опасность производства равен 0,8.

Разработанные нормативы относятся в основном к наземным зданиям и сооружениям и не содержат рекомендаций, касающихся создания единой системы учета и мониторингового контроля за состоянием канализационных сетей с целью своевременного выявления предаварийных и аварийных ситуаций, а также приостановления эксплуатации аварийных участков.

В этой связи особую актуальность приобретает разработка пространственной модели канализационной сети Харькова, которая создается с использованием географической информационной системы (ГИС).

ГИС является основой для разработки обширной информационной модели, которая наряду с градостроительными вопросами должна охватывать планирование мероприятий по защите окружающей среды, подземное строительство и ремонт действующих сетей. Базируясь на центральном банке данных, ГИС позволяет выдавать информацию, необходимую руководителям эксплуатационных служб города.

Полученные через базу данных сведения о техническом обслуживании, инспектировании и ремонте сети должны подтверждаться документами об эксплуатационном состоянии участков, смотровых колодцев и шахт. Благодаря такой связи стало возможным определять программу инспектирования и стратегию ремонта с учетом гидравлических и стоимостных данных.

Разрабатываемая модель дает возможность выполнить классификацию канализационных трубопроводов и тоннелей различного назначения в зависимости от их состояния на основе описания состояния сети, полученного с помощью оптических исследований.

На следующем этапе на основании выполненной классификационной оценки состояния сети составляются приоритетные списки ремонта – списки объектов, подлежащих санации в первую очередь.

В современных условиях разработка стратегии поиска первоочередных объектов санации и восстановления городских водоотводящих и других коммунальных сетей, а также оптимальных методов их бестраншейного восстановления уже невозможна без создания и эффективного применения специальных диалоговых компьютерных программ или комплексов.

Использование диалоговых программных комплексов с другими современными техническими средствами (например, с автоматизированными системами теледиагностики) позволяет осуществлять непрерывное накопление, хранение и оперативную обработку информации, получаемой в ходе инвентаризации и инспекционного диагностирования подземных коммуникаций.

Особое внимание обращается на возможность неблагоприятного воздействия поврежденных участков на окружающую среду. Главными задачами при этом являются:

- защита грунтовых вод от загрязнения;
- устойчивая работа очистных сооружений;
- надежная эксплуатация строительных сооружений.

Принимая во внимание необходимость гармонизации нормативной базы Украины с нормами и стандартами европейских стран, которая предусмотрена соглашениями о партнерстве и сотрудничестве между Украиной и Европейским Союзом, при разработке данной методики за основу взят ряд положений, учитывающих особенности европейских норм. Это даст возможность в будущем легче адаптироваться к новым условиям

европейской интеграции. Вместе с тем следует обратить внимание и на ряд характерных для нашей страны условий. Это – отсутствие высокотехнологичного оборудования, наличие тоннелей глубокого заложения со смотровыми шахтами, расположенными на расстоянии, превышающем указанные в СНиП, отсутствие современных приборов для измерения концентрации газов, необученность персонала, не способного решать сложные вопросы инспектирования, и, самое главное, отсутствие необходимых средств для создания требуемой базы данных.

5.3. Методологические основы моделирования визуализации сетей водоотведения

Целью создания информационной системы является автоматизация процесса определения списка приоритетных объектов санации водоотводящей сети. Данная система позволяет на основе данных о состоянии канализационной сети производить визуализацию интересующего пользователя участка сети со всеми характеризующими данный участок параметрами.

Информационная система включает в себя:

- 1) базу данных;
- 2) базу знаний;
- 3) систему управления базой данных;
- 4) систему визуализации участка коллектора;
- 5) систему автоматической классификации состояния канализационных коллекторов.

База данных содержит параметры и характеристики канализационных сетей, база знаний – правила классификации состояния участков канализационных коллекторов.

Система управления базой данных позволяет манипулировать информацией из банка данных и базы знаний, система визуализации –

наглядно представлять характеристики и состояние участка канализационного коллектора. Система классификации дает возможность автоматически определять список приоритетных объектов санации водоотводящей сети.

Для оценки фактического состояния сети и сравнения его с требуемым должны быть выполнены следующие этапы работ:

классификация состояния;

оценка состояния.

Этим мероприятиям придается большое значение, так как с технической и экономической точек зрения не всегда возможно за короткий срок устранить все известные повреждения.

Для классификации состояния необходимо оценить каждый отдельный случай повреждения участка коллектора (колодца). При этом на основании его характеристик (размеров, положения и т.д.) каждого повреждения определяют класс состояния. Класс состояния обозначается номером от 1 (очень большие повреждения) до 4 (нет повреждений). Кроме того, существует специальный нулевой класс, который означает, что на участке есть критические повреждения и требуются срочные меры.

Для предварительного определения класса состояния всего участка (колодца) коллектора используется максимальное повреждение участка. Для окончательной классификации и установления класса состояния всего участка коллектора (колодца) берется усредненное значение классов с учетом значимости отдельных повреждений. Исходя из полученных данных, определяют окончательный класс состояния выбранного участка коллектора.

Каждому классу состояния (от 1 до 4) соответствуют определенные точки состояния – от 1 до 400 (сто точек на каждый класс). При этом классу 4 соответствуют точки от 1 до 100, а классу 1 – от 301 до 400. Данные значения определяются в зависимости от плотности, а также от длины и расположения повреждений.

Коллекторы и колодцы, которые имеют повреждения, влияют на

окружающую среду. Поэтому приходится оценивать это влияние и степень защиты коллектора. Для этих целей используются специальные оценочные коэффициенты, учитывающие гидравлические характеристики коллектора и состояние сточных вод.

Поправочный коэффициент H (от 1 до 2) учитывает гидравлические и конструктивные параметры коллектора, такие, как высота обратного подпора, степень запруженности канала, строения на поверхности коллектора. Так, чем выше значения обратного подпора и запруженности коллектора, тем больше поправочный коэффициент H . Он увеличивается также, если над коллектором проходит жилая застройка.

Поправочный коэффициент Q зависит от степени загрязненности сточной воды и изменяется от 1 (дождевая вода) до 2 (очень сильное загрязнение сточными водами промышленных предприятий, не прошедшими предварительную очистку). Правила определения этих поправочных коэффициентов содержатся в базе знаний и определяются на основе параметров и характеристик участков коллектора.

Используя эти коэффициенты, а также точки состояния, можно вычислить точки оценки по формуле

$$TO = TC + 100QH + 200 + 69 \left[\frac{TC - 1}{100} - 1 \right], \quad (5.1)$$

где TC – точка состояния;

Q и H – поправочные коэффициенты;

$[x]$ – целая часть от деления.

Классификация состояния участков канализационных коллекторов проводится на основе совокупности данных, описывающих различные характеристики анализируемых участков. Объем информации, даже при рассмотрении небольшого числа участков канализационных систем, весьма велик, что вызывает необходимость систематизировать данные и представить все характеристики в виде единой информационной базы данных (банка данных). Для решения задачи автоматизации процесса классификации и

оценки состояния канализационных систем такой банк данных должен быть представлен в виде целостной и непротиворечивой системы данных, позволяющей быстро и эффективно проводить поиск и анализировать разнородные характеристики участков канализационных систем.

Основной единицей для проведения классификации и анализа состояния канализационного коллектора является участок этого коллектора между двумя колодцами. Таким образом, основой базы данных будут характеристики, относящиеся к участку коллектора. Разделим их на несколько групп.

1. Основные данные участка – описывают главные признаки участка коллектора, начальный и конечные колодцы, отметки начала и конца участка, длину, поперечное сечение и прочие параметры такого плана.

2. Конструктивные данные участка – описывают конструкцию участка: материалы, дату и тип строительства, виды грунтов залегания и т.д.

3. Гидравлические параметры – характеризуют гидравлику конкретного участка коллектора: режимы эксплуатации, степень заполненности и т.д.

4. Инспекционные данные участка – относятся к видам и различным возможностям инспектирования участка: даты и период техобслуживания, возможность видео– и фотосъемки и т.д.

5. Прочие параметры участка – дополнительные характеристики, относящиеся к участку канализационных коллекторов. Разбиение всех характеристик участка коллектора на несколько групп продиктовано, в первую очередь, сложностью и большим количеством разноплановых параметров, а также стремлением упростить поиск и анализ.

6. Характеристики колодца – позволяют связать определенный участок с его географическим положением посредством адреса расположения колодца.

7. Характеристики повреждений – одни из наиболее важных, так как классификация и оценка состояния коллектора строятся прежде всего на

анализе повреждений участков коллекторов и колодцев.

8. Характеристики инспектирования коллекторов – данные о дате, причине и прочих параметрах проводимого на данном участке инспектирования.

9. Справочные данные – сведения для описания тех или иных характеристик, например материалов трубопровода, строений на поверхности и т.д.

Структурная схема базы данных, кроме элементов, перечисленных выше, содержит также дополнительные связующие данные (рис. 5.3). Эти данные позволяют «привязать» к одному и тому же участку коллектора или колодцу несколько однотипных характеристик, например несколько повреждений, несколько строений на поверхности и т.д.

При определении класса состояния используется база знаний, представляющая собой отдельную таблицу, содержащую правила классификации состояния участка коллектора (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Определение класса состояния единичного повреждения

Вид повреждения	Класс				
	0	1	2	3	4
Уменьшение поперечного сечения, %	≥ 30	20 – 30	10 – 20	5 – 10	< 5
Трещина (ширина), мм	≥ 10	5 – 10	2 – 5	0,5 – 2	$< 0,5$
Деформация, %	≥ 40	20 – 40	10 – 20	6 – 10	< 6
Разрыв трубы, см	≥ 5	< 5	–	–	–
Коррозия железобетона, %	≥ 70	50–70	30–50	10–30	< 10

Система управления базой данных (СУБД) информационной системы классификации и анализа состояния канализационных коллекторов предназначена для управления данными в информационной базе данных.

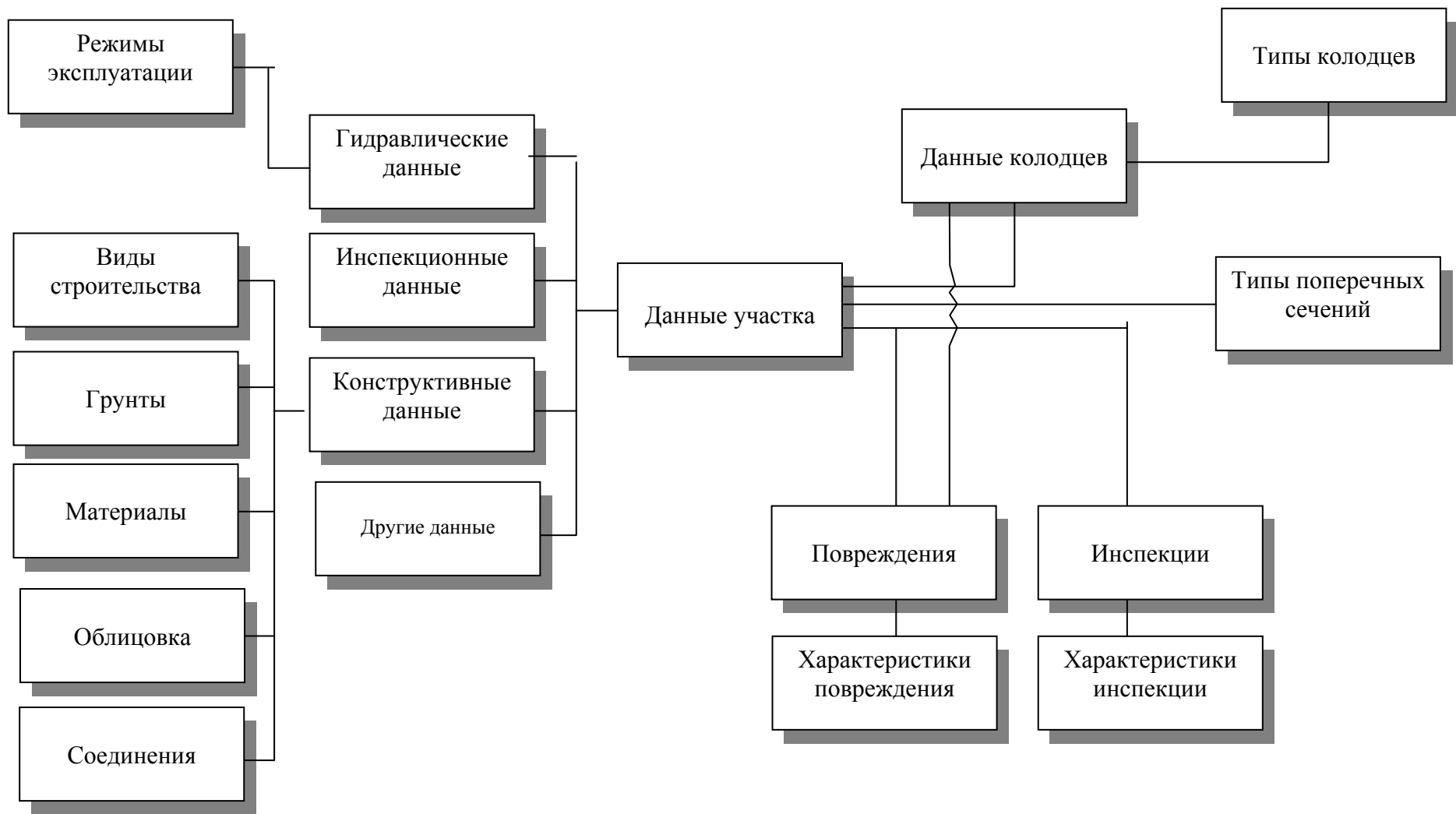


Рис. 5.3. Структурная схема базы данных.

Можно выделить две основные задачи СУБД:

управление справочными данными – добавление и модификация справочной информации, например, о виде материала, типе колодца, типе грунта, списке колодцев и т.д.;

ввод и модификация данных, описывающих параметры участков коллектора – основная часть СУБД и информационной системы, служит для предварительной обработки данных, необходимых для классификации и анализа состояния коллектора.

Программная система визуализации участка коллектора предназначена для наглядного графического представления анализируемого участка коллектора. Данная часть информационной системы является промежуточной между СУБД и системой классификации состояния.

Система визуализации выполняет следующие функции:

графическое изображение участка коллектора и колодцев – схематичное масштабное изображение участка коллектора и колодцев с указанием основных размеров этого участка;

диаграммы повреждений участка коллектора и колодцев – цветное отображение состояния участка коллектора и колодцев, которое дает наглядное представление о состоянии всего участка и позволяет локализовать места для инспектирования и анализа;

просмотр профиля и характеристик повреждений участка коллектора – графическое изображение профиля и просмотр места и характеристик повреждения (при наличии).

Система визуализации непосредственно связана с СУБД и позволяет просматривать и модифицировать все доступные параметры участка коллектора и колодцев, а также производить классификацию и анализ состояния этого участка.

Благодаря использованию описанных выше методик и информационной базы данных информационная система автоматически выполняет классификацию состояния канализационных коллекторов.

При этом учитываются:

- количество и параметры повреждений;
- гидравлические и другие параметры;
- количество и тип строений на поверхности;
- режим и параметры эксплуатации;
- данные предыдущих инспектирований и техобслуживаний.

В результате определяются класс состояния участка коллектора, оценочные коэффициенты, а также списки как отдельных участков, так и целых коллекторов, нуждающихся в первоочередной санации.

Система классификации и анализа состояния коллекторов включает также средство просмотра фото– и видеосъемок анализируемых участков.

Классификация состояния канализационных каналов и сооружений должна производиться квалифицированными, независимыми от сферы инспектирования специалистами, осуществляющими проверку на долговечность.

В зависимости от требований к системе канала классификация должна учитывать: вид повреждений; размер повреждений.

Определяя каждое отдельное повреждение при оценке той или иной единицы (шахты, бьефа, сооружения), необходимо принимать во внимание:

- самое большое повреждение на участке;
- частоту и размеры других повреждений;
- увеличение длины отдельных повреждений.

К этому могут добавляться и другие критерии.

При некоторых состояниях коллекторов требуются незамедлительные действия, например в таких случаях:

- при сбое работы, который приводит к неправильной оценке состояния коллектора;

- при всех конструктивных (строительных) повреждениях в защитной зоне и близком расположении лечебных и минеральных источников;

- при нанесении ущерба грунтовым водам из-за просачивания сточных

вод;

во всех ситуациях, когда нарушается статичность трубопровода и возникает опасность обрушения.

Банк данных канала выдает следующую информацию:

данные о колодцах;

данные об участках коллектора;

сравнение длины участков при осмотре;

результаты оценки состояния;

виды повреждений;

количество шахт, колодцев и участков;

материалы коллектора и соединений;

диаметр;

длина сети;

протокол о видеосъемках.

Таким образом, благодаря прикладной программе полученная информация может анализироваться статистически.

В качестве пробного объекта исследования был выбран участок коллектора, проходящий по улице Малиновского (г. Харьков). Данный участок включает пять колодцев и четыре участка между ними.

Исходные данные для исследования участка коллектора с целью установления приоритетности санации его составляющих были предоставлены ГКП “Харьковкоммуночиствод” в виде исполнительной съемки. На этой съемке отображен участок коллектора, обозначены колодцы, нанесены отметки крышки колодца и лотковой части коллектора, расстояния между колодцами, диаметр коллектора, подключения к коллектору и др. Все представленные на исполнительной съемке сведения хранятся в базе данных информационной системы.

Для примера классификации участка коллектора были выбраны три колодца, обозначенные на исполнительной съемке как K1, K2 и K3, а также взят участок коллектора между ними (табл. 5.3–5.5).

Таблица 5.3

Данные о колодцах

Характеристика	К1	К2	К3	К4	К5
Высота колодца, м	4,37	4,30	4,6	4,77	4,75
Отметка крышки колодца	105,25	105,16	105,43	105,47	105,51
Отметка лотка	100,88	100,85	100,83	100,70	100,66
Внешние подключения				Канализация d=300 мм	

Примечание. Материал колодцев – железобетон; тип – круглый; диаметр 1500 мм.

Таблица 5.4

Данные о бьефах

Характеристика	Бьеф К1–К2	Бьеф К2 – К3	Бьеф К3 – К4	Бьеф К4 –К5
<i>Основные данные бьефа</i>				
Профиль	Круглый	Круглый	Круглый	Круглый
Высота профиля, мм	1200	1200	1200	1200
Зона транспорта	Да	Да	Да	Да
Ширина улицы, м	9	9	9	9
<i>Конструктивные данные бьефа</i>				
Вид строительства	Открытый	Открытый	Открытый	Открытый
Год строительства	1968	1968	1968	1968
Грунт основания	Пески мелкие водонасыщенные			
Грунт залегания	Пески мелкие водонасыщенные			
Грунт над трубопроводом	Уплотненный песчаный			
Материал	Железобетон	Железобетон	Железобетон	Железобетон
Стыки	Раструбные	Раструбные	Раструбные	Раструбные
<i>Гидравлические параметры бьефа</i>				
Режим эксплуатации	Безнапорный	Безнапорный	Безнапорный	Безнапорный
Мин. уровень в сухое время, м	0,36	0,36	0,36	0,36
Макс. уровень в сухое время, м	0,6	0,6	0,6	0,6
Мин. уровень в дождь, м	0,6	0,6	0,6	0,6
Макс. уровень в дождь, м	1,08	1,08	1,08	1,08
Нагрузка в сутки, %	100	100	100	100
<i>Данные инспектирования бьефа</i>				
Интервал техобслуживания (ТО), дни	130	130	130	130
Дата последнего ТО	15.03.2003	15.03.2003	15.03.2003	15.03.2003
Возможность видеосъемки	Да	Да	Да	Да
Возможность работы без очистки	Нет	Нет	Нет	Нет
<i>Прочие данные бьефа</i>				
Защита грунта	Нет	Нет	Нет	Нет
Защита грунтовых вод	Нет	Нет	Нет	Нет
Наличие SO ₄	Да	Да	Да	Да
Очистка на предприятии	Да	Да	Да	Да
Наличие запаха	Да	Да	Да	Да
Превышение ПДК	Да	Да	Да	Да
Нарушение конструкций на поверхности	Да	Да	Да	Да
<i>Строения на поверхности</i>				
Проезжая часть	Да	Да	Да	Да
Жилая застройка	Да	Да	Да	Да
Асфальтовое покрытие	Да	Да	Да	Да

Таблица 5.5

Повреждения участка			
Повреждение	Место	Характеристика	Класс состояния
<i>Колодец № 1</i>			
1. Коррозия железобетона	Нижняя часть	32 %	2
2. Трещина	Правая часть	0,8 мм	4
3. Деформация	Левая часть	12 %	2
<i>Колодец № 2</i>			
4. Коррозия железобетона	Верхняя часть	21 %	3
5. Деформация	Правая часть	22 %	1
6. Трещина	Правая часть	6,3 мм	1
<i>Колодец № 3</i>			
7. Коррозия железобетона	Верхняя часть	19 %	3
8. Деформация	Свод	24 %	1
9. Трещина	Правая часть	1,6 мм	3
<i>Участок 1–2</i>			
10. Трещина	Свод	2,8 мм	2
11. Коррозия железобетона	Свод	45 %	2
<i>Участок 2–3</i>			
12. Трещина	Свод	5,7 мм	1
13. Коррозия железобетона	Свод	25 %	3

Для каждого объекта исследования (колодца или участка) определим класс его состояния. Для этого воспользуемся классами состояния каждого единичного повреждения этого объекта. Классом состояния колодца или участка будем считать класс состояния наибольшего повреждения объекта. В данном примере наибольшим повреждением для колодца № 1 является повреждение 1, для колодца № 2 – повреждение 5, для колодца № 3 – повреждение 8, для участка 1–2 – повреждение 10, а для участка 2–3 – повреждение 12. Определим предварительные классы состояния для всех исследуемых объектов (табл. 5.6).

Классы состояния исследуемых колодцев и участков

Объект	Класс состояния
Колодец № 1	2
Колодец № 2	1
Колодец № 3	1
Участок 1–2	2
Участок 2–3	1

Для дальнейшей классификации исследуемых объектов найдем точки состояния каждого колодца и участка коллектора. При этом учитываются такие характеристики, как количество повреждений на объекте, их плотность и серьезность повреждений. Так, например, в колодце № 1 повреждения расположены далеко друг от друга, нет серьезных повреждений, поэтому точка состояния для колодца № 1 равна 210 (2-й класс состояния). Для колодца № 2, в правой части которого сконцентрированы два серьезных повреждения, точка состояния будет 360 (1-й класс состояния). Для колодца № 3 она равна 320, для участка 1–2 – 280, для участка 2–3 – 370.

Мы получили предварительную оценку состояния исследуемых участков коллектора. Однако данная оценка учитывает только количество и характеристики повреждений объектов, но не учитывает гидравлических и конструктивных параметров, которые также важны для определения приоритетности проведения санации.

Рассмотрим поправочные коэффициенты. Для колодцев коэффициенты H и Q равны единице, так как колодцы являются вспомогательными сооружениями коллекторов и не содержат сточных вод.

Поправочный коэффициент H , учитывающий гидравлические и конструктивные параметры коллектора, для данных участков равен 1,2, так как нет обратного подпора воды, а на поверхности находится жилая

застройка. Поправочный коэффициент Q , учитывающий загрязненность воды, равен 1,7 – сточные воды сильно загрязнены отходами промышленных предприятий.

Произведем окончательную оценку каждого объекта исследования по формуле 5.1. Окончательные точки оценки, а также приоритетность проведения санации для всех исследуемых объектов видны из табл. 5.7.

Таблица 5.7

Оценка состояния

Объект	Оценка	Приоритет
Колодец № 1	579	5
Колодец № 2	798	2
Колодец № 3	758	3
Участок 1–2	753	4
Участок 2–3	912	1

Таким образом, санация данных участков должна проводиться в такой последовательности: участок 2–3; колодец № 2; колодец № 3, участок 1–2, колодец № 1.

5.4. Рекомендации по выбору методов ремонта и восстановления сетей

Известны нормативные документы, которые определяют в общем виде основные правила обследования и оценки технического состояния водопроводных и канализационных сетей, а также общие положения их безопасности и надежной эксплуатации.

Так, сроки планового обследования T должны устанавливаться в зависимости от уровня безопасности водопроводных и канализационных

сетей

$$K_{\delta} = q_n k_{\text{эк}} k_{\text{аг}}; \quad (5.2)$$

$$T = T_{\delta} k_{\delta}, \quad (5.3)$$

где T_{δ} – срок первого планового обследования, который принят как 5 лет;

q_n – коэффициент надежности;

$k_{\text{эк}}$ – коэффициент экологической безопасности;

$k_{\text{аг}}$ – коэффициент агрессивности внутренней и внешней среды;

k_{δ} – уровень безопасности.

В результате обследования участка сети определяется его общее техническое состояние:

нормальное – четвертый класс;

удовлетворительное – третий класс;

непригодное – второй класс;

предаварийное – первый класс.

В нормативных документах указывается, что при текущем ремонте устраняют локальные дефекты и повреждения, осуществляют защиту конструктивных элементов, а при капитальном ремонте восстанавливают несущую способность конструкции.

Нормативные акты разработаны для водопроводных сетей и поэтому не отражают в полной мере особенностей эксплуатации водоотводящих сетей.

В развитие известных нормативных документов составлена классификация технического состояния канализационных сетей, основанная на том, что вначале определяют главный (приоритетный) вид повреждения, причину повреждения, а затем степень разрушения (класс технического состояния). Иными словами, рекомендуемая классификация технического состояния участка канализационной сети – это исходные данные.

Классификация разграничивает виды ремонта. Так, текущий ремонт необходимо проводить при четвертом и третьем классах состояния сетей, а капитальный – при втором и первом. И, наконец, предложенная

классификация служит исходными данными:

для выбора рациональных методов восстановления;

для разработки качественно новых методов восстановления канализационных сетей закрытым способом.

В зависимости от исходных данных, то есть от класса технического состояния, предложены методы закрытого ремонта и восстановления канализационных коллекторов (табл. 5.8 и 5.9).

Таблица 5.8

Классификация повреждений канализационных коллекторов

Вид повреждения	Класс IV	Класс III	Класс II	Класс I
Коррозия	Заполнители бетона видимые	Заполнители бетона выступающие, местами видна арматура	Защитного слоя нет, видна коррозия арматуры	Отсутствие части стенок, вероятность обрушения
Абразивный износ	Износ местами защитного слоя	Износ защитного слоя	Защитного слоя нет, виден износ арматуры	Износ арматуры, вероятность обрушения
Трещины	Волосяные трещины	Нераскрытые трещины	Раскрытие трещин	Образование сколов, разрыв; вероятность обрушения
Разгерметизация стыков	Инфильтрация грунтовых вод в отдельных местах	Инфильтрация грунтовых вод капающая	Инфильтрация грунтовых вод текущая	Инфильтрация грунтовых вод под напором; вероятность обрушения

Таблица 5.9

Рекомендуемые методы закрытого ремонта и восстановления канализационных коллекторов в зависимости от класса
технического состояния

Исходные данные							Рекомендуемый метод восстановления закрытым (бестраншейным) способом
Вид разрушения	Основной фактор	Техническое состояние коллектора в целом	Класс аварийности				
			IV	III	II	I	
1	2	3	4	5	6	7	8
Коррозия	Биологический	Нормальное (не снижается несущая способность)	●				Флюатирование или иное антикоррозионное покрытие поверхности бетона первичной обделки Облицовка пластиком первичной обделки Возведение монолитной или монолитно-прессованной бетонно-пластмассовой вторичной обделки Возведение монолитно-сборной или сборно-монолитной вторичной обделки, облицованной пластиком
		Удовлетворительное (опасность снижения несущей способности)		●			
		Непригодное (снижена несущая способность)			●		
		Предаварийное (опасность обрушения и экономического кризиса)				●	
Абразивный износ	Повышение скорости потока	Нормальное (не снижается несущая способность)	●				Набрызг сталефибробетона в местах образования износа бетона первичной обделки Облицовка керамикой первичной обделки Возведение монолитной или монолитно-прессованной бетонно-пластмассовой вторичной обделки Возведение монолитно-сборной или сборно-монолитной вторичной обделки, облицованной пластиком
		Удовлетворительное (опасность снижения несущей способности)		●			
		Непригодное (снижена несущая способность)			●		
		Предаварийное (опасность обрушения и загрязнения окружающей среды)				●	

Продолжение табл. 5.9

1	2	3	4	5	6	7	8
Трещины	Механическое воздействие	<p>Нормальное (не снижается проектная водонепроницаемость)</p> <p>Удовлетворительное (опасность снижения проектной водонепроницаемости)</p> <p>Непригодное (снижены водонепроницаемость и прочность)</p> <p>Предаварийное (опасность загрязнения окружающей среды и обрушения)</p>	●				<p>Локальное заполнение трещин специальным раствором</p> <p>Облицовка пластиком первичной обделки</p> <p>Возведение монолитной или монолитно-прессованной бетонно-пластмассовой вторичной обделки</p> <p>Возведение монолитно-сборной или сборно-монолитной вторичной обделки, облицованной пластиком</p>
Резгерметизация стыков	Слабое грунтовое основание	<p>Нормальное (не снижается проектная водонепроницаемость)</p> <p>Удовлетворительное (опасность водонепроницаемости)</p> <p>Непригодное (снижены водонепроницаемость и прочность)</p> <p>Предаварийное (опасность загрязнения окружающей среды и обрушения)</p>	●				<p>Локальное уплотнение стыков специальным раствором</p> <p>Облицовка пластиком первичной обделки</p> <p>Возведение монолитной или монолитно-прессованной бетонно-пластмассовой вторичной обделки</p> <p>Возведение монолитно-сборной или сборно-монолитной вторичной обделки, облицованной пластиком</p>

Таким образом можно сделать выводы, что действующие в Украине нормы не содержат классификации сооружений канализационных сетей в зависимости от их состояния. Приведенные в некоторых документах описания категорийности наземных сооружений не подходят для подземных коммуникаций.

В настоящее время в различных странах Европы действуют нормативные документы, согласно которым классификация и оценка состояния сетей водоотведения являются основой для разработки программ их инспектирования и выбора стратегии санирования.

В зарубежных документах различают от четырех до пяти классов состояния сетей. При этом оценка состояния в зависимости от вида имеющегося повреждения и его фактического размера выполняется путем констатации фиксированных оценок и динамической факторизации. Во многих моделях одним из основных критериев оценки служит влияние повреждений на окружающую среду, в том числе на грунт и грунтовые воды.

Любая из рассмотренных зарубежных моделей имеет большой банк данных, для создания которого необходимы современные средства диагностирования. Многие организации Украины, осуществляющие эксплуатацию сетей водоотведения, не располагают такими средствами.

В Украине назрела необходимость создания и внедрения методик определения состояния сетей и выбора стратегии их ремонта. В первую очередь это связано с требованием паспортизации сетей и определения их технического состояния.

В данной работе автор приводит теоретически обоснованные разработки основ определения состояния сетей водоотведения с помощью пространственного моделирования сетей водоотведения с использованием геоинформационных систем (ГИС).

В качестве объекта моделирования выбраны сети водоотведения города Харькова.

Предложенная классификация состояния сетей, позволяет создавать

приоритетный список объектов, подлежащих первоочередному санированию.

ГЛАВА 6

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДООТВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

6.1. Особенности ремонта и восстановления трубопроводов открытым способом

При ремонте и восстановлении канализационных трубопроводов используют открытый и закрытый способы производства работ.

Одним из наиболее часто применяемых является способ ремонта канализационной сети, основывающийся на принципе «вскрой-замени». Это вскрытие траншеи, удаление старой трубы и установка новой. Такой способ может быть либо очень дорогостоящим (при большой глубине заложения трубопровода), либо очень дешевым – если трубопровод расположен близко к поверхности.

Открытый способ ремонта и восстановления трубопроводов имеет значительные преимущества перед закрытым, если глубина залегания сети незначительна и имеют место сильные локальные повреждения большого количества подсоединенных каналов. При этом обеспечиваются надлежащее качество и долговечность стыковых соединений. Открытый способ ремонта и восстановления позволяет:

- без особых проблем увеличивать поперечное сечения трубопровода;
- дополнительно подключать соединения от различных объектов, а также новые смотровые колодцы, построенные на ремонтируемом участке;
- проводить ремонтно-восстановительные работы независимо от поперечного сечения восстанавливаемого участка, размеров трассы, основания канала, применяемых материалов;
- вести работы независимо от геологических и гидрогеологических условий и глубины залегания трубопровода;

выбирать наиболее удобную трассу.

Вместе с тем открытый способ имеет ряд недостатков:

пространство для транспорта, особенно в густонаселенных пунктах, довольно ограничено;

создаются неудобства для жителей данного района, и в первую очередь для пешеходов;

необходимость принимать меры к понижению уровня грунтовых вод, и особенно дождевых вод;

при ведении работ приходится учитывать параллельные и пересекающиеся коммуникации городского хозяйства;

необходимо решать проблемы, связанные с водоотливом и укреплением стенок разрабатываемых траншей.

Как показывают исследования, границы рационального использования открытого (траншейного) способа ремонтно-восстановительных работ в зависимости от конкретных инженерно-геологических и производственных условий изменяются в широких пределах с глубиной заложения траншеи в среднем от 3 до 8 м.

При ремонте и восстановлении трубопроводов открытым способом применяются нормы и правила, используемые для нового строительства:

разрабатывают систему объездов и меры безопасности для пешеходов;

организуют бесперебойную работу сети канализации, соединенной с ремонтируемым участком, путем утилизации и перекачки сточных вод обводными трубами;

локально понижают уровень грунтовых вод и вод, которые скопились после аварии;

принимают меры, чтобы предотвратить повреждение параллельных и пересекающихся трубопроводов различного назначения, в том числе водопровода, газопровода, теплосетей и др.

Если ремонтно-восстановительные работы выполняются на трассе и вызваны необходимостью замены старого изношенного трубопровода новым, необходимо вывести из эксплуатации подсоединенные каналы и обеспечить перекачку сточных вод, прекратив эксплуатацию данного участка путем создания водосборных колодцев для домового подключения трубопроводов.

При открытом способе ремонта и восстановления трубопроводов широкое применение получил шатровый или полуэллиптический способ когда верхняя часть канала сносится и в лотке укладывается предварительно изготовленный железобетонный купол или шатер с изогнутым контуром.

Этот способ дает возможность одновременного увеличения поперечного сечения стока. Зона повреждения в этом случае сносится и изготавливается новый свод из, как правило, двух предварительно изготовленных железобетонных сборных элементов.

Впервые этот способ был запатентован в Венгрии. Применение этого способа предусматривает выполнение следующих этапов работы:

удаление зоны соединения разных труб и пятовой зоны подлежащего обновлению канала в защите креплений траншеи для трубопровода;

устранение отложений;

укладка Inliners (трубопровода) из стеклопластиковых или других труб с соответствующими размерами на днище старого канала;

заполнение пустот между Inliners и днищем старого канала цементно-песчаным раствором или бетоном.

бетонирование свода при котором Inliner служит в качестве внутренней стационарной опалубки и образует в конечном счете коррозионно-защитную облицовку восстановленного трубопроводом.

Чаще всего ремонтно-восстановительные работы ведутся в плотно застроенных частях города при минимальных размерах стройплощадок и

минимальном объеме вскрышных работ на поверхности грунта. В этой связи первостепенное значение приобретает разработка экологически безопасных и экономически эффективных решений проведения ремонта и восстановления канализационных сетей.

В зависимости от свойств грунта работы по замене трубопроводов ведутся как без применения откосов (рис. 6.1) так и с их применением (рис. 6.2.)

Заслуживает внимания линейная опалубка Эмундс и Штаудингер позволяющая вести ремонтно-восстановительные работы в непосредственной близости от жилых зданий и на большой глубине (рис. 6.3).

При открытом траншейном способе («стена в грунте») рекомендуется применять специализированную (для выработок траншейного типа) землеройную технику, в частности грейферы, оборудованные жесткими штангами и одно- и двухканатные грейферы с гибкой подвеской на стреле крана (табл. 6.1).

В городах Украины накоплен достаточно большой опыт ремонтно-восстановительных работ, которые ведутся открытым способом. Рассмотрим примеры таких работ.

Коллектор диаметром 1400 мм по ул. Дегтярская (г. Киев) транспортирует стоки от камеры гашения до Оболонской канализационной насосной станции. Быстрое разрушение железобетонного коллектора произошло вследствие того, что через него тремя напорными трубопроводами (диаметром 300; 400 и 500 мм) перекачиваются стоки из Вышгорода, Пущи-Водицы и Днепровской водопроводной станции.

Анаэробный режим в напорном трубопроводе привел к резкому выделению сероводорода в камере гашения. Замеры газовой среды показали трехкратное превышение ПДК сероводорода, что при наполняемости коллектора на 2/3 стало причиной быстрого износа



Рис. 6.1. Укладка трубопровода производства фирмы FIRAT FKS без крепления траншеи.

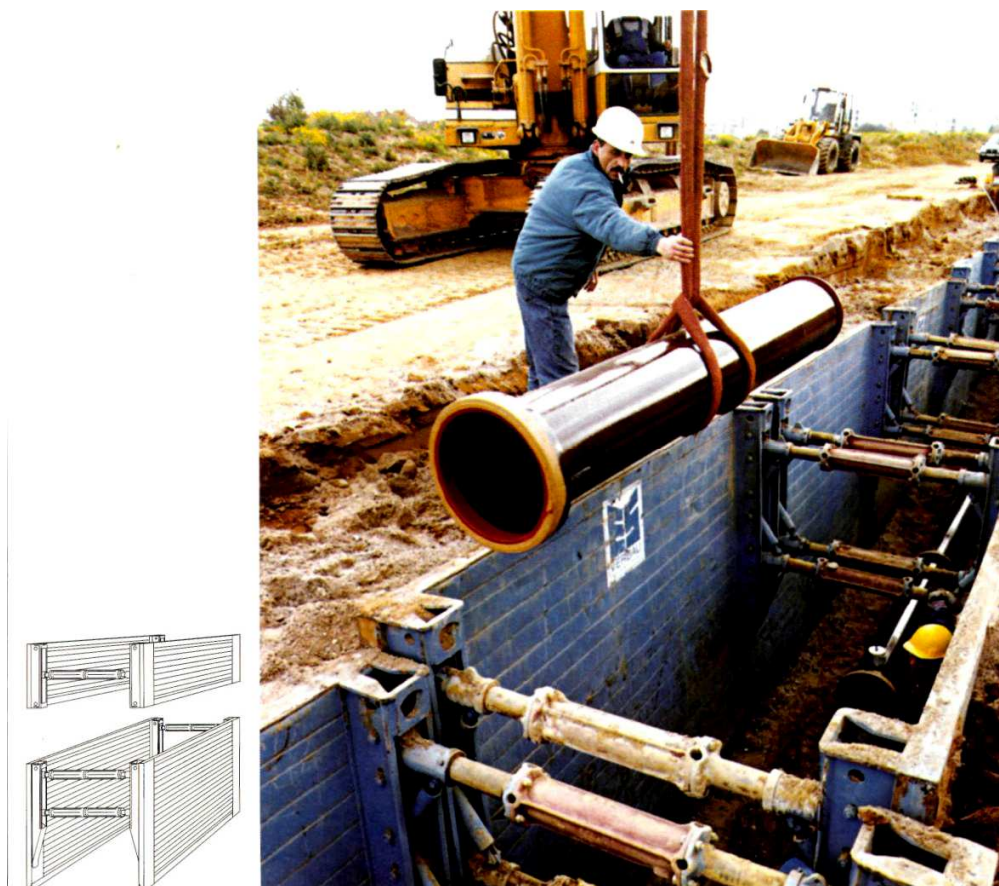


Рис. 6.2. Укладка керамических труб в траншеи укрепленные Медиум опалубкой.



Рис. 6.3. Укладка трубопровода в укрепленный опалубочные (Э+Ш) траншеи.

Таблица 6.1

Преимущества и недостатки механизмов для разработки глубоких траншей

Вид механизма	Марка или система	Принципиальная схема действия	Недостатки	Преимущества	Область применения
1	2	3	4	5	6
Долотовые	УКС-30 (СССР), «Родио» (Италия)	На базе буровых станков с обратной промывкой	Невысокая производительность	Возможность разработки скальных грунтов. Использовались в начале развития метода «стена в грунте»	Скальные породы и при наличии в грунтах старых фундаментов и конструкций
Роторные	«Зальцгиттер» PS150, SF-20, C1S61R (ФРГ); «Титания» (Италия) Подкапывающая лопата-ковш, ЭЛСЕ (Италия), ВНИИГС (СССР)	То же Тележка с перемещающимся по вертикальной штанге ковшом	Нельзя удалять крупные обломки Требуется пионерная скважина или ламель. Траншея получается непрерывной	Более производительны по сравнению с долотовыми Высокая производительность	То же В крупно-обломочных, песчаных и гравелистых грунтах

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
Специальные	Фрезерная установка типа «пила» фирмы «Солетанш» (Франция)	Замкнутая цепь с фрезами на двух зубчатых колесах, насаженных на решетчатую раму	Трудности при разрушении крупных обломков	Производительность до 10–40 м ² /ч при толщине стен 10–15 см	В грунтах, не содержащих валунов
	Вибрационная установка фирмы «Солетанш» (Франция)	Двухавровая стойка, погружаемая и извлекаемая вибрационноударным способом	Выходит из строя при встрече с валунами	Высокая производительность	То же
	С обратной лопатой	На штанге			До глубины 5–6 м и при небольших объемах работ

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
Экскаваторы	С драглайном	Подвешенный ковш	Траншея получается непрерывной	Технологическая простота	При ширине траншеи 1 м и более
	Многоковшовые	Специальное оборудование			В грунтах, не содержащих крупных валунов
	Одноканатные	Работа челюстей управляется перемещением центра грейфера	Опускается с раскрытыми челюстями, поскольку в траншее раскрыть их невозможно	Простота конструкции и легкость управления	В песчаных и глинистых грунтах
Подвесные грейферы	Двухканатные	Блочная система с двумя автономными барабанами	Экскаватор должен иметь две автономные лебедки	Большая сила закрывания челюстей и возможность открывать их в траншее	В крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтах
	Гидравлические	Закрытие челюстей с помощью гидроцилиндров с насосами	Необходима электропроводка или подводка масла к голове грейфера (высоконапорными шлангами)	Наиболее производительные	То же

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
Направляемые (штанговые) грейферы	Телескопическая штанга Келли фирмы «Солес-танш» (Франция), многоблочная штанга фирмы «Поклен» (Франция), фирмы BSP (Англия), «Родио» (Италия)	Грейфер на штан-ге	При высоте штанги более 30 – 35 м возникает опасность опрокидывания	Точность по вертикали, большая масса грейфера, значительная скорость погружения	В крупнообломоч-ных, песчаных и глинистых грунтах

сводовой части коллектора, и особенно камеры гашения; бетонные стены, несущая арматура на плитах были разъедены коррозией, скобы отсутствовали.

После изучения характера местности, по которой проходит коллектор, и данных инженерно-геологических изысканий было принято решение реконструировать действующую аварийную камеру гашения и заменить коллектор новыми трубами, выполнив работы открытым способом.

Для реконструкции камеры гашения необходимо было освободить ее от стоков. С этой целью рядом с аварийной камерой предусматривалось строительство новой камеры с переключением на нее трех напорных трубопроводов.

Коллектор перекладывали открытым способом на глубине 3,0 – 3,5 м (в сухих грунтах). Для прокладки использовали железобетонные трубы диаметром 1400 мм производства киевского завода «Киевгорстрой-материалы». Внутренняя поверхность труб была обработана для защиты от коррозии с последующим возведением защитной железобетонной обоймы (обхват трубы на 360°; рис. 6.4).

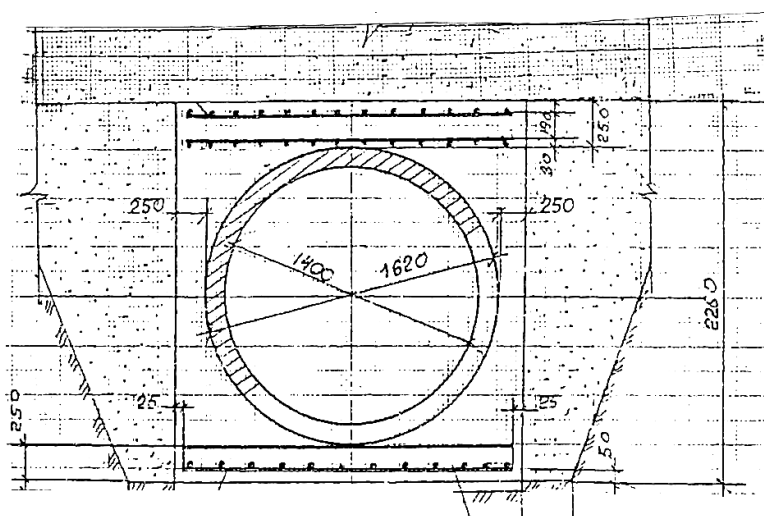


Рис. 6.4. Коллектор из труб диаметром 1400 мм с железобетонной обоймой.

Процесс защиты от коррозии включает следующие операции:

обработку внутренней поверхности коллектора и камеры песчаной струей и очищение от пыли;

двухслойную грунтовку эмалью ЭП–045 с сушкой каждого слоя;

шпаклевку эмалью ЭП–0046 и наклеивание стекловолокна на внутреннюю поверхность коллектора с последующей сушкой каждого слоя;

нанесение защитного покрытия из эмали ЭП–747.

Противокоррозионная защита железобетонных конструкций камеры гашения и коллектора позволяет значительно увеличить их эксплуатационную долговечность. Работы по антикоррозионной защите канализационных труб выполнялись на специальном полигоне, на открытой площадке, по технологии, которая исключала присутствие внутри трубы рабочего персонала. Подготовка внутренней поверхности труб производилась термоабразивоструйным методом. Грунтовку и защитные слои наносили с обеих сторон трубы способом безвоздушного распыления с помощью «удочек» или валиков (длина ручек 2,5 м). Стекловолокну наклеивали полотнищами длиной 5 м по оси трубы, а затем прижимали валиками с обеих сторон трубы.

Изоляция стыков труб осуществлялась в процессе монтажа трубопроводов, по мере укладки очередной трубы.

Рабочие процессы перекладки канализационного коллектора выполнялись в такой последовательности:

вскрытие экскаватором участка старого трубопровода;

демонтаж, погрузка и транспортировка остатков старых труб, зачистка дна траншеи;

бетонная подготовка основания под вновь укладываемую трубу;

монтаж автокраном железобетонных труб, прошедших антикоррозионную защиту;

бетонирование трубопровода и установка опалубки;

обратная засыпка траншеи бульдозером;

повторение процессов на следующей захватке.

Шатровый способ был применен в одном из районов Харькова при ремонте трубопровода водоотведения, осуществленного ОАО «Южспецатомэнергомонтаж» (рис. 6.5).

Суть данного способа состоит в разрушении пораженного коррозией свода, а затем добетонирования стенок с использованием инвентарной приставной опалубки с последующим перекрытием верхнего свода сборной железобетонной плитой, облицованной снизу поливинилхлоридной пленкой с анкерными выступами.

Ремонтно-восстановительные работы на 2-ом Орджоникидзевском коллекторе, где был применен рассматриваемый способ выполнялся по следующей технологической схеме:

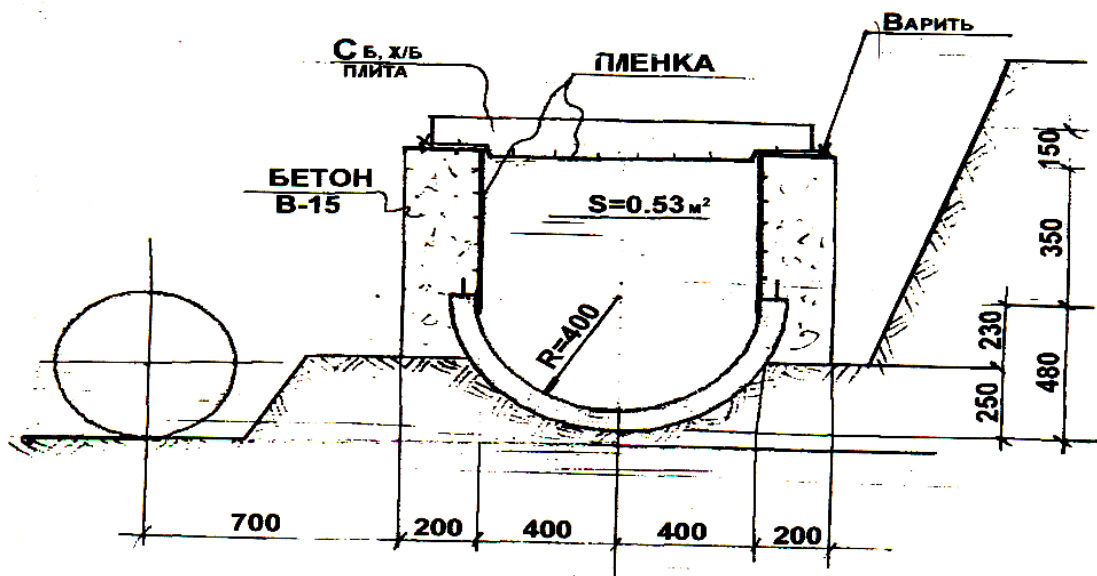


Рис. 6.5. Конструкция восстанавливаемого трубопровода.

- отвод стоков от восстанавливаемого участка производился по временному стальному обводному трубопроводу $d=500\text{мм.}$;
- разработка котлована с полным оголением трубы, глубиной до 3 м;
- подготовка трубопровода к ремонтным работам (разрушение

свода трубопровода);

- добетонирование стенок трубопровода с использованием инвентарной приставной опалубки (бетон В-15, армокаркаса из арматуры класса АШ);

- заварка стыков между плитой и стенками трубопровода;

- обратная засыпка котлована.

Согласно нормативным документам Германии, целью ремонтно-восстановительных работ (санации) является устранение повреждений таким образом, чтобы достичь определенного расчетного состояния сети. DIN EN 752 «Системы канализационных каналов вне зданий» (ч. 5 «Санация») подразделяет методы санации на три группы:

ремонт (устранение возникших повреждений в некоторых местах трубопровода);

восстановление (улучшение функциональной способности канализационных коллекторов и каналов с полным или частичным восстановлением их первичного состояния);

обновление (создание новых канализационных трубопроводов и каналов в действующей или в других линиях трубопроводов, причем новые сооружения могут выполнять функцию первоначальных канализационных коллекторов каналов).

Как свидетельствуют данные приведенные на рис. 6.6 открытым способом в Германии выполняется 48% ремонтно-восстановительных работ. И таким образом можно сделать вывод, что этот способ является основным как в отечественной, так и в зарубежной практике.

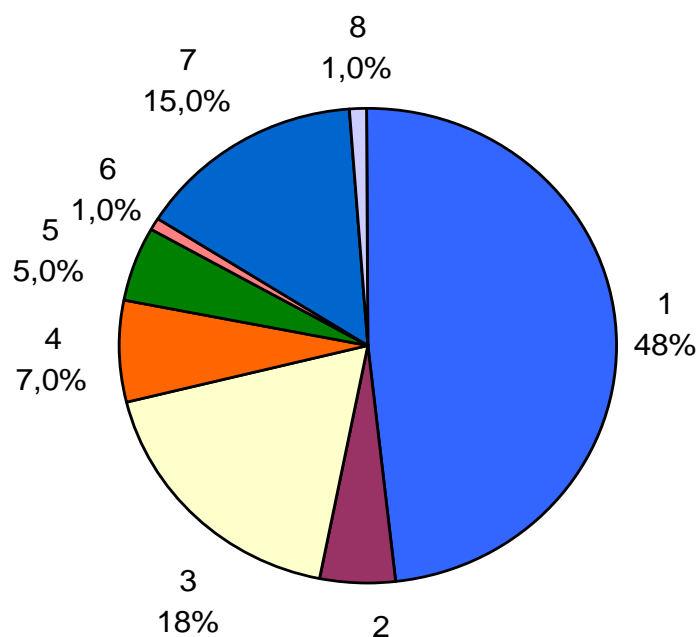


Рис. 6.6. Способы ремонта и восстановления трубопроводов, применяемые в Германии:

1 – открытый способ (48%); 2 – закрытый способ (5%); 3 – другие способы (18%); 4 – инъектирование (7%); 5 – герметизация (5%); 6 – нанесение покрытия (1%); 7 – замена одной из труб канализационной сети (15%); 8 – монтаж вставок (1%).

6.2. Выбор материалов для ремонтно-восстановительных работ открытым способом

Как известно, трубопроводы являются составной частью почти всех действующих объектов и систем любого производства.

Мероприятия по совершенствованию структуры трубопроводов прежде всего направлены на повышение их качественных показателей, таких, как надежность и долговечность. Поэтому во всех странах при новом строительстве, ремонте и восстановлении систем водоснабжения и водоотведения вместо традиционных стальных, чугунных и других труб широко применяют неметаллические трубы, в том числе железобетонные и керамические, а начиная с середины 1960-х годов – трубы из полимерных

материалов.

Промышленное производство труб из полиэтилена низкого давления (высокой плотности) началось в 1950-х годах. С тех пор благодаря высоким физическим и механическим характеристикам трубы из полиэтилена заняли ведущее место во всем мире, обеспечивая потребности многих отраслей промышленности, сельского и жилищно-коммунального хозяйства. Особенность и привлекательность труб состоит еще и в том, что с развитием нефтехимии, совершенствованием технологии производства появляются все новые разработки труб, полученных из того же сырья, но с существенно улучшенными свойствами. В начале промышленного производства (1950–1960 гг.) трубы из полиэтилена марок ПЭ–32 и ПЭ–63 по своим показателям были отнесены к трубам первого поколения. В 1970-х годах были предложены трубы второго поколения из ПЭ–80, а в настоящее время потребители все больше ориентируются на трубы третьего поколения ПЭ–100. По некоторым данным, во всем мире их уже использовано около 150 тыс.т, а ежегодный прирост производства составляет в среднем 20%.

Важным преимуществом труб из полиэтилена является их повышенная сопротивляемость агрессивным средам, растрескиванию при высоких температурах и механическим повреждениям, которые часто имеют место при восстановлении трубопроводов способом бестраншейного ремонта.

Полиэтиленовые трубы выпускаются по ГОСТ 18599-83.

Трубы из стеклопластиков или на их основе получили распространение благодаря своей прочности и устойчивости к действию агрессивных сред. Небольшая масса стеклопластиковых труб (в 5 раз легче стальных) позволяет значительно снизить трудовые затраты при выполнении монтажных работ.

Высокие диэлектрические свойства и малая теплопроводность труб из стеклопластика позволили расширить границы их применения в

строительстве трубопроводов. Гладкая внутренняя поверхность трубы обеспечивает невысокий коэффициент трения жидкости и препятствует отложению твердых веществ, что способствует повышению пропускной способности труб и уменьшению мощности насосных станций. Повышенная коррозионная стойкость трубопроводов из стеклопластика дает возможность применять их в грунтах с агрессивной средой.

При производстве труб из стеклопластиков в качестве исходных материалов используют полиэфирные, фенольные, эпоксидные, фурановые и другие смолы и стеклонаполнитель – ровинг, нити, ткань, тканые ленты, стеклошпон др.

Испытания стеклопластикового покрытия на прочность, солестойкость, влагостойкость, сплошность покрытия и др. показали его высокую эффективность.

Полимерные связующие определяют многие свойства стеклопластикового покрытия. Из большого числа связующих можно назвать эпоксидные, полиэфирные, фенолоформальдегидные, фурановые, акриловые и др., а также композиции на их основе. Выбор связующего зависит от конкретных технико-экономических факторов: назначения и условий эксплуатации трубопроводов, вида стекловолокна и др. Участки трубопроводов с внешним стеклопластиковым покрытием успешно эксплуатируются во многих водо- и газопроводах Украины и России.

Стеклопластиковые трубы диаметром 1000 мм и более используют в качестве безнапорных в Швеции, Канаде. В Англии имеется опыт применения труб из стеклопластиков для отвода горючих газов. Долговечность таких труб значительно выше, чем металлических. При толщине стенки 10 мм и диаметре 1200 мм монтаж труб ведут отдельными секциями, которые соединяют на фланцах.

В США были изучены напряженно-деформативные свойства труб из стеклопластика в 380 типичных агрессивных средах. Оказалось, что при температуре 126°C эти трубы могут устойчиво эксплуатироваться в 216 из

названных сред.

Английская фирма «Бристол аэроплан пластик» наладила производство фасонных изделий из армированных пластиков для трубопроводов диаметром 100, 150, 200, 300 и 400 мм, работающих под давлением до 1 МПа при температурах до 60 °С. Фитинги из стеклопластиков изготавливают на основе эпоксидной смолы. Контактные поверхности фитингов для присоединения трубопровода сделаны конусными или резьбовыми, кроме того, предусмотрено склеивание. Применяется стыкование стеклопластиковых труб с помощью накладных муфт.

В зависимости от разновидности армирующего материала и связующего, используемых для изготовления труб, а также от нагрузок их можно эксплуатировать при транспортировании агрессивных сред, к действию которых устойчив материал облицовочного слоя, при температурах от –200 до 110 °С.

Трубопроводы не чувствительны к термическим ударам. Однако при возникновении кристаллических наслоений в трубопроводах разогревать их с помощью открытого огня не разрешается. Трубопроводы, которые расположены в неотапливаемых помещениях или на открытом воздухе и в которых транспортируют в зимнее время замерзающие жидкости, при остановке производства должны быть освобождены от них полностью. Поскольку теплопроводность стеклопластиков низкая, во многих случаях допускается применение их без теплоизоляции. При транспортировании по стеклопластиковым трубопроводам жидкостей на стенках труб накапливается статическое электричество. Отводить его в этом случае нужно через токопроводящий слой лака или краски.

Смонтированные трубопроводы из стеклопластиков подвергают испытанию гидравлическим давлением, в 1,5 раза превышающим рабочее. Эксплуатация трубопровода без такого испытания не разрешается. В целях безопасности воздух из трубопроводов выпускают через вентиль в

заглушке, устанавливаемой в наивысшей точке трубопровода. Испытание трубопроводов, имеющих большую протяженность, рекомендуется проводить участками длиной до 500 м.

Стеклопластиковые трубопроводы можно укладывать в незасыпных траншеях. Крепят их металлическими скобами, вмонтированными в стенки или основание траншей. Сверху такие траншеи перекрывают бетонными плитами. Для наблюдения за состоянием трубопроводов в период эксплуатации через каждые 5–6 м и в местах установки арматуры устраивают смотровые колодцы.

Во ВНИИК (г.Москва) и ПО «Техэнергохимпром» (Минский филиал) разработаны армированные стеклопластиком стеклянные трубы и фасонные части к ним. Труба состоит из стандартной стеклянной заготовки (сердечника), армированной снаружи комбинированным покрытием, включающим эластичный демпфирующий подслой из эластичного полимера и упрочняющий слой из стеклопластика.

Особенностями армированных стеклянных труб являются в 15 и более раз повышенная по сравнению с обычными стеклянными трубами ударная прочность, возможность использования стандартных деталей во фланцевых соединениях.

Армированные стеклянные трубы предназначены для производства напорных, безнапорных и вакуумных трубопроводов, транспортирующих различные высокоагрессивные среды при температурах от –50 до 100 °С с температурным перепадом 80 °С.

Стеклопластиковые трубы (канализационные) изготавливаются диаметром от 400 до 2400 мм, с гладкими концами, а диаметром 2400 мм – с раструбом. Номинальная длина труб 5,5 и 11 м. Эти трубы рекомендуется применять для транспортирования агрессивных сточных вод. Выпуск их в Украине производит Северодонецкое ПО «Стеклопластик» по ТУ 6.11.10.67–82.

Стоимость одного погонного метра диаметром 800 мм примерно

1000 грн.

В последние десятилетия для сетей водоотведения получили распространение трубы из поливинилхлорида. Широкое исследование труб из этого материала проведено датской фирмой «Вавин».

В течение пяти лет фирма «Вавин» проводила выкапывание участков старых, но нормально функционирующих трубопроводов, чтобы определить их состояние и возможность дальнейшей эксплуатации.

Результаты исследований показали, что наиболее деформированные трубы, эксплуатировавшиеся в течение 30 лет под воздействием повышенных (по сравнению с нормальными) нагрузок, находятся в хорошем состоянии.

Структура материала не претерпела каких-либо изменений. На практике это означает, что трубопровод полностью отвечает необходимым требованиям, причем не было никаких признаков, указывающих на возможность каких-либо изменений в ближайшие 100 лет.

В отношении стойкости трубопроводов к кислотам и к агрессивным средствам необходимо отметить следующее. Наружная поверхность труб была черного цвета вследствие высокой агрессивности почвы. Внутренняя поверхность также изменила цвет, но уже только в местах контакта с транспортируемыми агрессивными стоками. Между тем изменение цвета произошло только по поверхности материала. Каких-либо признаков износа поверхности или внутренних отложений не было.

Исследования состояния трубопроводов с точки зрения коррозионного износа показали, что признаков износа или отложений у труб, использовавшихся для транспортировки сточных и дождевых вод, нет. Кроме того, были проведены микроскопические исследования внутренней поверхности труб и измерения толщины стенок, чтобы выяснить, существуют ли внутренние отложения. Толщина стенки в «омываемой» зоне (контактировавшей с транспортируемыми по трубе отходами) и в «сухой» зоне практически одинакова.

В настоящее время в Украине освоен выпуск труб из поливинилхлорида, максимальный радиус которых составляет 315 мм.

В последние годы в Украине получил распространение опыт использования для ремонтно-восстановительных работ полиэтиленовых рукавов и листов с анкерными ребрами. Этот полимерный материал, называемый также профилированным полиэтиленом, предназначен для гидроизоляции железобетонных напорных труб и водоводов, химической защиты железобетонных емкостей, подземных сооружений, безнапорных труб и лотков, стеновых панелей и других строительных конструкций.

В ГКП «Харьковкоммуночиствод» с использованием этого материала восстановлено более десяти смотровых шахт глубокого заложения. Как известно, рукава и листы из профилированного полиэтилена изготавливают методом непрерывной шнековой экструзии расплава полимера через головку с кольцевой формующей щелью диаметром 600 мм, после чего изделие охлаждают внутренним калибрующим дорном. Листы получают из рукавов путем их продольной разрезки (рис. 6.7, табл. 6.2). Были изучены основные показатели профилированного полиэтилена, в т.ч. химическая стойкость, а также результаты испытаний на старение (табл. 6.3–6.6).

При рассмотрении вопроса о ремонте и восстановлении Орджоникидзевогo коллектора Харькова, выбранного в качестве объекта исследований, были сделаны следующие заключения относительно выбора материала для защиты восстанавливаемого трубопровода от коррозии.

Установлено что износ самотечного трубопровода произошел в результате коррозии его сводовой части. Что касается лотка, то он практически не подвергся разрушению вследствие истирания или действия других механических факторов. Постоянная наполненность лотковой части сточными водами препятствовала воздействию на нее коррозионных процессов.

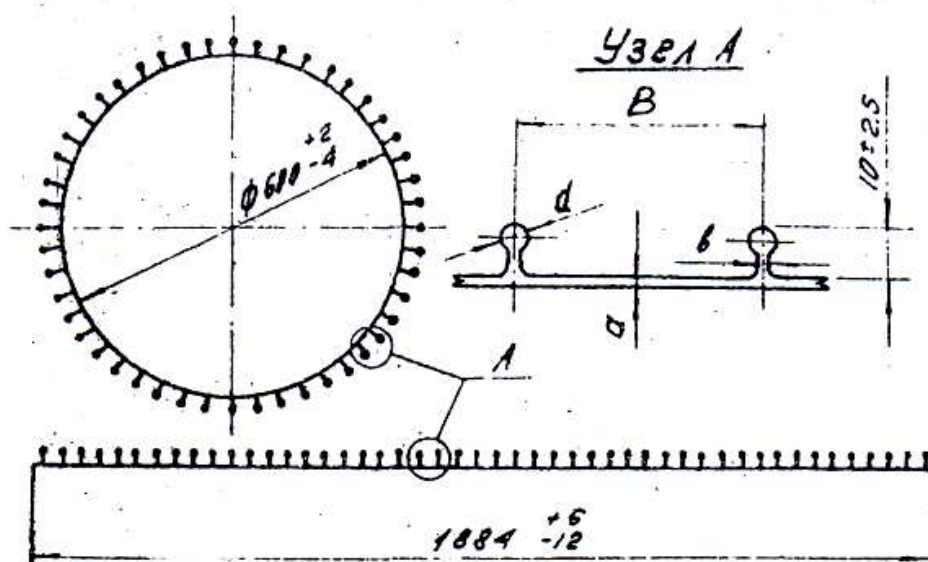


Рис. 6.1. Поперечное сечение рукава и листа с анкерами ребрами.

Таблица 6.2

Размеры полиэтиленовых рукавов и листов

Параметр	Норма при толщине полотна, мм			Методы испытаний по ТУ
	1,3	1,6	2	
Толщина ребра, мм	1,3±0,5	1,6±0,6	2,3±0,8	По п.3.4
Допустимое отклонение толщины полотна рукава или листа, мм	±0,23	±0,29	±0,36	По п.3.3
Диаметр головки ребра, мм	3 ^{+1,2} _{-0,5}	3,5 ^{+1,5} _{-0,7}	4 ^{+1,8} _{-0,9}	По п.3.5
Длина листа, м	50±1	44±1	31±0,5	По п.3.10
Шаг анкерных ребер, мм	20±1	40±2	80±3	По п.3.7

Примечания: 1. Допускаются изготовление листов с толщиной полотна 2,5 и 3 мм и поставка листов в виде короткомерных отрезков.

2. Длина рукавов у– по согласованию с заказчиком.

Таблица 6.3

Основные характеристики рукавов и листов из композиции
полиэтилена 102-14 и 153-14 по ГОСТ 16337-77

Параметр	Норма при температуре, °С									
	+50	+40	+30	+20	+10	0	–10	–20	–30	–40
Прочность при растяжении, МПа, не менее	8,5	10	11,5	13	14,5	16	17,5	19	21,5	23
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	340	350	355	350	345	335	315	295	270	240
Предел текучести при растяжении, МПа, не менее	2	4,5	7	9	11	13	15	17	19	21
Относительное удлинение при пределе текучести, %, не менее	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9

Таблица 6.4

Химическая стойкость рукавов и листов с анкерами ребрами из
полиэтилена высокого давления по ГОСТ 16337-77 (при 20 °С)

Среда, концентрация, содержание компонентов	Продолжительность воздействия, сут	Изменение массы, % *	Оценка стойкости материала за 30 сут. Испытаний **
1	2	3	4
Азотная кислота:			
5%-ная	30	+0,017	С
	90	+0,022	С
25%-ная	30	+0,19	С
	90	+0,22	С
50%-ная	90	+0,31	О
Серная кислота:			
5%-ная	30	+0,012	С
	90	+0,028	С
25%-ная	30	+0,05	С
	90	+0,08	С
50%-ная	90	+0,1	С
80%-ная	90	+0,1	С
Соляная кислота:			
5%-ная	30	+0,003	С
	90	+0,01	С
25%-ная	30	+0,04	С
	90	+0,08	С
36%-ная	90	+0,1	С
Фосфорная кислота 98%-ная	90	+0,1	С
Едкий натр:			
1%-ный	30	–0,02	С
10%-ный	30	–0,07	С
15%-ный	30	0	С
	30	0	С
25%-ный	90	+0,02	С
40%-ный	30	–0,02	С
Хлористый натрий, 26%-ный	30	–0,02	С

Продолжение табл. 6.4

1	2	3	4
Вода	30	+0,04	С
Многокомпонентные кисотно-солевые растворы с содержа- нием компонентов до 35 г/л	30 90	+0,01 +0,02	С С
Многокомпонентные растворы с содержанием окислителей до 0,5 г/л	30	+3,05	О
Многокомпонентные солевые растворы с содержанием эмульгаторов до 0,2 г/л	30 90	+0,06 +0,09	С С
Многокомпонентные кислотные растворы с содержанием органических продуктов:			
масла до 5 г/л	30	+3,0	О
бензина до 15 г/л	30	+3,0	О
уксусной кислоты 91%-ной	30	+0,59	О
хлороформа технического	30	+16,9	Н
четырёххлористого углерода	30	+30,1	Н
этилового спирта	30	–0,03	С
трансформаторного масла	90	+3,32	Н
Ацетона	30	+0,88	О
Бензина	30	+12,3	Н

* «+» – привес массы; «–» – потеря;

** С – стойкий (изменение массы до 0,3%); О – относительно стойкий (изменение массы 0,31–3,3%); Н – нестойкий (изменение более 0,3%).

Таблица 6.5

Сравнительные показатели испытаний на старение рукавов и листов с
анкерами ребрами из полиэтилена высокого давления

Базовая марка и композиция полиэтилена	Продолжительность эксплуатации при испытании		Прочность при растяжении, МПа	Относительное удаление при разрыве, %	Примечание
	на климатическое старение, мес	на старение в искусственных условиях, ч			
15303-003	0	0	18,7	570	Не рекомендуется применять для устройства гидроизоляции и химической защиты строительных конструкций, эксплуатируемых в атмосферных условиях
	6	-	16	50	
	12	-	18	30	
	18	-	-	-	
		50	10,3	84	
		100	9,6	48	
		200	-	-	
153-14	-	0	16,4	540	Стойкость к старению не менее 40 лет
		500	16,1	530	
		1000	14,5	445	
		1500	14,1	435	

Таблица 6.6

Свойства полиэтилена высокого давления

Параметр	Норма
Прочность при сжатии, МПа:	
при 40 °С	7,6
при 20 °С	12,5
Радиационная стойкость, рад, не менее	10 ⁸
Температурный интервал работоспособности, °С	От + 50 до – 40
Допустимое значение гидростатического напора с внешней стороны на полиэтиленовое покрытие, заанкеренное в бетоне, МПа, не более	3,5

Таким образом, при разработке технических, технологических и организационных решений в первую очередь встала проблема защиты сводовой части от влияния агрессивной среды.

На основании приведенного выше анализа характеристик материалов сделаны следующие выводы.

Все материалы имеют высокую устойчивость против воздействия на них агрессивной среды, которая образуется в процессе эксплуатации трубопровода. Поэтому каждый из них в состоянии выполнять функции защиты от коррозии. Если принять во внимание, что в мировой практике накоплен достаточный опыт санации трубопроводов и коллекторов, когда зачастую выполняется защита от разрушений только отдельных частей, на первый план выходит фактор стоимости разрабатываемых решений.

Рассматривая априори возможность проведения ремонтно-восстановительных работ открытым способом и исходя из их стоимости ниже рассмотрено использование в качестве материала для восстановления трубопровода профилированного полиэтилена. При этом рассмотрен пример выполнения работ по восстановлению трубопровода с использованием монолитного железобетона.

6.3. Восстановление канализационной сети путем устройства монолитной железобетонной трубы футерованной ребристым полиэтиленом

Орджоникидзевский коллектор Харькова, проложенный из железобетонных труб диаметром 800 мм, транспортировал сточные воды от жилого массива ХТЗ на Безлюдовские очистные сооружения (рис. 6.8 и 6.9). В процессе эксплуатации его сводовая часть полностью разрушилась от коррозии (рис. 6.8).

С учетом небольшой глубины заложения коллектора (до 3 м) и отсутствия транспортных магистралей (трубопровод большей частью проходит по полям) было принято решение вести ремонтно-восстановительные работы открытым способом.

Поскольку сточные воды на данном участке имели высокую агрессивность, для восстановительных работ был выбран шатровый метод. Согласно этому методу поврежденную коррозией сводовую часть трубопровода полностью разрушают и в дальнейшем для опирания новой трубы используют сохранившуюся в первозданном виде лотковую часть. Таким образом на лотковую часть старого трубопровода укладывают новые трубы, которые теперь будут иметь более прочное основание по сравнению со старым трубопроводом. В процессе разработки проекта ремонтно-восстановительных работ было принято решение выполнить вновь создаваемый трубопровод в монолитном железобетоне. Согласно проекту внутреннюю поверхность железобетонного трубопровода защищает полиэтиленовая обделка из профилированного полиэтилена.

Одним из возможных направлений проектировании рациональных строительных конструкций вообще и железобетонных в частности является создание элементов с простой внешней и сложной внутренней геометрией. Простота внешних форм, как известно, влечет за собой и простоту конструктивных решений узлов стыковки разнородных частей

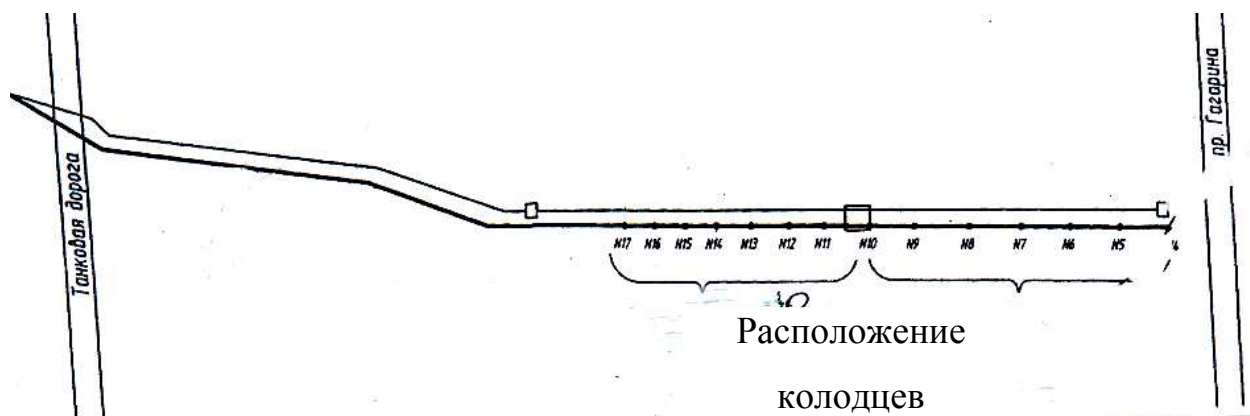


Рис. 6.8. Схема расположения Орджоникидзевского коллектора.

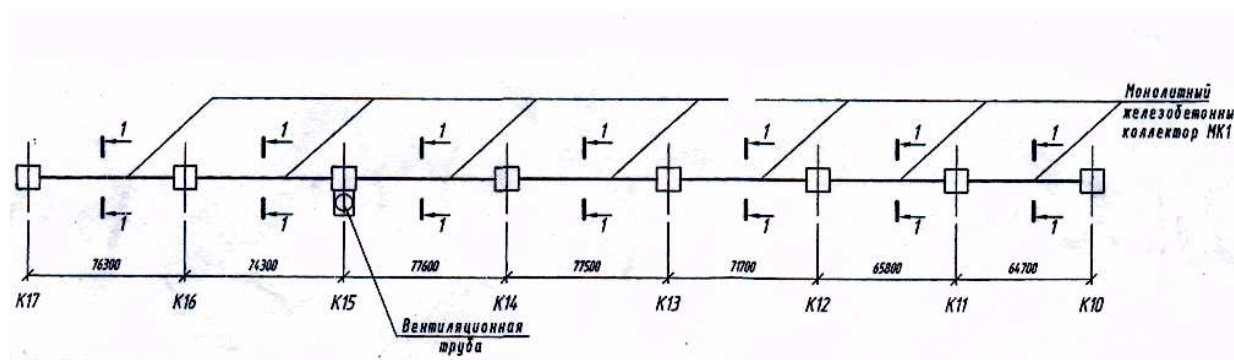


Рис. 6.9. Схема расположения 2-го реконструированного участка коллектора.



Рис. 6.10. Орджоникидзевский коллектор с разрушенной коррозией сводовой частью.

сооружения, в результате обеспечивается реализация виртуального объемно-планировочного решения. В свою очередь направленное усложнение внутренней геометрии позволяет удовлетворить все требования и ограничения, необходимые для создания эффективной конструкции. Реальность разработки таких конструкций напрямую связана с наличием соответствующих технологий их производства. В данном случае технологическая особенность состоит в использовании захороняемых вкладышей-пустотобразователей. Вкладыши изготавливают заранее из какого-либо доступного, в основном органического легкого материала (например, пенополистирола, пенополиуретана и т.д.). Кроме того, вкладышами могут служить емкости, изготовленные из плотного картона и проволочного или деревянного каркаса. В случае формования элементов с коробчатым сечением технологический процесс включает две стадии: вначале бетонируют нижние полки, а затем, после укладки вкладышей и верхних арматурных сеток, – ребра и верхние полки. Практика показала целесообразность подобной технологии как для нового строительства, так и для реконструкции. При этом возводимые системы могут быть не только плоскими, но и криволинейными, оболочечного типа.

Таким образом, необходимо создать рациональную конструкцию коллектора, представляющего собой систему с простой внешней и сложной внутренней геометрией. Внутренняя полость коллектора формируется путем создания предварительно изготовленной полимерной трубы с заданными гидравлическими и геометрическими характеристиками (иерархия полезности). Параметры прочности и жесткости трубы при проектировании не учитываются в связи с их малостью по отношению к железобетонной внешней оболочке.

Особенностью проектирования коллектора является эксплуатация идей прямого конструирования в форме, предложенной в. При подобном подходе и на основе компилирования метода конечных элементов (МКЭ) и

метода адаптивной эволюции (АЭ) формируется геометрический образ объекта. Критерием установления структуры конструкции служит ее энергетическая равнопрочность (изоэнергетичность).

Изоэнергетичность, как рациональная форма существования искусственных элементов, присуща самоорганизующимся естественным системам, она обеспечивает наиболее приемлемое распределение материала и его эффективную работу в конструкции. Вычисления сводятся к созданию настроек над существующими вычислительными комплексами, алгоритмы которых фундированы методом конечных элементов. Учитывая смысловое содержание предложенного метода, других аналогичных виртуальных реализаций, а также открытый доступ к интерфейсам упомянутых вычислительных комплексов, мы получаем возможность сочленить их с программами, генерирующими параметры, которые при традиционном проектировании задаются принудительно (исходные данные).

Изоэнергетичность позволяет минимизировать расход материалов и при этом выполнить ограничения, касающиеся деформаций и критических сил потери устойчивости. Конструктивной особенностью, обеспечивающей приемлемость излагаемой концепции, является формирование тонкостенной конструкции с использованием захороняемого вкладыша-пустотообразователя из полимерного материала.

Геометрические параметры железобетонной части конструкции, в частности толщина внешней защитной железобетонной оболочки, уточняются последовательно.

Существенно усложняет решение проблемы многокритериальность, вызванная, с одной стороны, изменчивостью нагрузок, а с другой – виртуальностью расположения коллектора по глубине. Нагрузки на коллектор как на элемент, расположенный в траншее, определялись в соответствии с.

Приведем последовательность их формирования.

1. Собственная масса грунта над коллектором (грунт–суглинок):

при отметке низа лотка 2,200 м

$$1,8(2,2-0,9)1,15=2,7 \text{ т/м}^2$$

при отметке низа лотка 1,600 м

$$1,8(1,6-0,9)1,15=1,45 \text{ т/м}^2.$$

2. Временная нагрузка на поверхность грунта q_H составляет 6,0 т/м.

Определим полезную нагрузку на уровне верха коллектора.

В связи с отсутствием характеристик грунта засыпки принимаем их по СНиП 2.02.01-83; для суглинков $\varphi = 22^\circ$.

При $h=2,2-0,9=1,3$ м размеры площадки передачи нагрузки

$$b_2 = 0,7 + 2 \cdot 1,3 \operatorname{tg} 22^\circ = 1,75 \text{ м};$$

$$l_2 = 5,0 + 2 \cdot 1,3 \operatorname{tg} 22^\circ = 6,05 \text{ м}.$$

Нагрузка в уровне верха коллектора

$$\frac{60 \cdot 1,5}{2 \cdot 1,75 \cdot 6,05} = 4,25 \text{ т/м}^2.$$

При $h=1,6-0,9=0,7$ м размеры площадки передачи нагрузки

$$b_2 = 0,7 + 2 \cdot 0,7 \operatorname{tg} 22^\circ = 1,26 \text{ м};$$

$$l_2 = 5,0 + 2 \cdot 0,7 \operatorname{tg} 22^\circ = 5,56 \text{ м}.$$

Нагрузка в уровне верха коллектора

$$\frac{60 \cdot 1,5}{2 \cdot 1,26 \cdot 5,56} = 6,43 \text{ т/м}^2.$$

3. Боковое давление грунта q_1, q_2, q_3 :

при отметке низа лотка 2,200 м

$$q_1 = 1,8 \cdot 1,3 \cdot 1,15 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 22^\circ / 2) = 1,22 \text{ т/м};$$

$$q_2 = 1,8 \cdot 2,2 \cdot 1,15 \cdot 0,455 = 2,07 \text{ т/м};$$

$$q_3 = 1,8 \cdot 1,98 \cdot 1,15 \cdot 0,455 = 1,86 \text{ т/м}.$$

при отметке низа лотка 1,600 м

$$q_1 = 1,8 \cdot 0,7 \cdot 1,15 \cdot 0,455 = 0,66 \text{ т/м};$$

$$q_2 = 1,8 \cdot 1,6 \cdot 1,15 \cdot 0,455 = 1,51 \text{ т/м};$$

$$q_3 = 1,8 \cdot 1,98 \cdot 1,15 \cdot 0,455 = 1,3 \text{ т/м}.$$

4. Боковое давление полезной нагрузки q_n

при глубине верха коллектора $h=1,3$ м

$$q = 4,25 \text{ т/м}^2;$$

$$q_n = 4,25 \operatorname{tg}^2(45^\circ - 22^\circ/2) 1,0 = 1,93 \text{ т/м};$$

при глубине верха коллектора $h=0,7$ м

$$q = 6,43 \text{ т/м}^2;$$

$$q_n = 6,43 \cdot 0,455 \cdot 1,0 = 2,93 \text{ т/м}.$$

Схема загрузки конструкции и величина нагрузок окончательно уточнены (рис. 6.11).

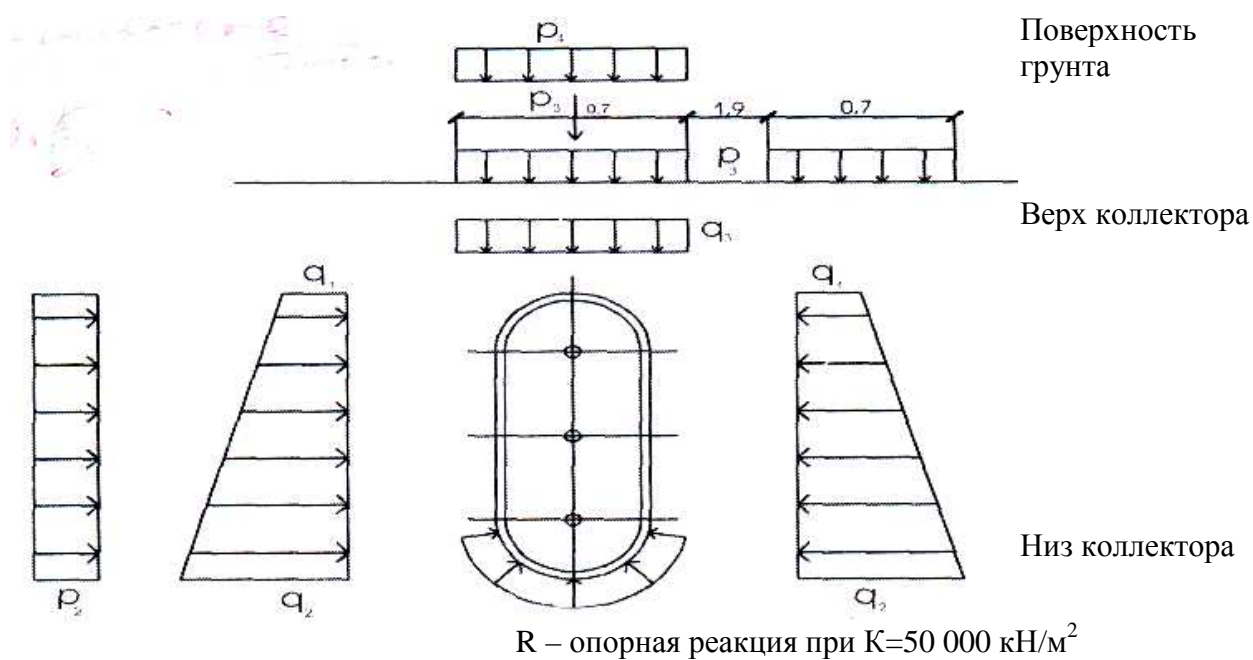


Рис. 6.11. Нагрузка на коллектор в поперечном сечении.

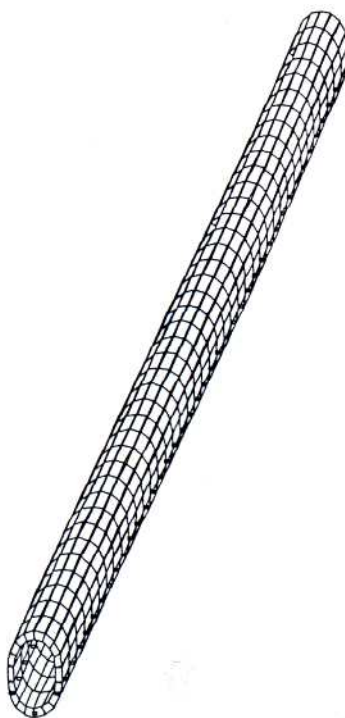


Рис. 6.12. Расчетная схема коллектора.

Для решения многокритериальной задачи использовался метод, предложенный в, а в качестве неизвестного принимался радиус свода коллектора (рис. 6.12). Очевидно, что расход материала будет определяться величиной максимального эквивалентного напряжения, подсчитанного в соответствии с каким-либо критерием прочности, например, с предложенным в. Величина этого напряжения будет изменяться в зависимости от комбинации нагрузок (в данном случае их четыре). Поиск радиуса свода в соответствии с сводится к следующему.

На заданной области ограничений формулируется многокритериальная задача векторной оптимизации (регулирования). Далее решаются последовательно все частные задачи оптимизации или регулирования. Иначе говоря, при одних и тех же ограничениях и единой для всех задач размерности пространства переменных разыскивается экстремум каждого в отдельности сформулированного критерия. При этом по параметрам, сообщаящим экстремальное значение i -му критерию ($i=1, 2, 3... m$, где m - общее количество критериев) определяются соответствующие величины

остальных критериев. Рассматривая критерии как независимые координаты, строим области G , в пределах и на границе которой удовлетворены все ограничения задач. Данная область имеет характерные точки, где соответствующий критерий принимает экстремальное значение. Следуя предлагаемому подходу, в качестве решения для случая равнозначных критериев принимаем точку $R(\vec{X}_0)$ на поверхности G , равноотстоящую от характерных точек. В общем случае точка $R(\vec{X}_0)$ разыскивается с учетом «весовых» коэффициентов. Под равноотстоящей точкой понимается точка $R(\vec{X}_0)$, сумма расстояний от которой до всех характерных точек имеет наименьшее значение. Следовательно, для $R(\vec{X}_0)$ должен достигаться минимум функции

$$Z(X_0) = \sum_{k=1}^N \gamma_k \left[\sum_{L=1}^N (X_{kL} - X_{LR})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow \inf, \quad (6.1)$$

где N – количество характерных точек;

X_{kL} – L -я координата k -й характерной точки;

X_{LR} – L -я координата искомой точки;

γ_k – «весовой» коэффициент.

Необходимые условия существования решения (3.1) даются некоторой системой N нелинейных уравнений

$$Z'(\vec{X}_0) = 0, \quad (6.2)$$

$$\text{где } Z'(\vec{X}_0) = 2 \sum_{k=1}^N \gamma_k \frac{(X_{kL} - X_{LR})}{\left[\sum_{L=1}^N (X_{kL} - X_{LR})^2 \right]^{\frac{1}{2}}}. \quad (6.3)$$

Точное решение (6.2) вряд ли возможно, однако допустимо говорить о приближенном решении, получаемом на основании итерационного алгоритма пикаровского типа. Для простоты процедура нахождения $R(\vec{X}_0)$ записывается в евклидовой метрике. В общем случае в (6.1) может быть введена любая другая нормировка. Таким образом, многокритериальная задача пошагово сводится к решению однокритериальных задач и к

системе (6.2). В качестве примера рассмотрена последовательность регулирования основных параметров рамной системы специального вида, нагруженной несколькими нагрузками.

Решение поставленной задачи фактически позволяет полностью определить конструкцию железобетонной оболочки (радиус, толщину).

В качестве примера приведем выполненный и реализованный проект санации Орджоникидзевского канализационного коллектора Харькова. Расчет арматуры произведен после рационализации параметров оболочки и представлены ниже в виде компьютерных листингов.

Краткая характеристика методики расчета. Расчет выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD, реализующего конечно-элементное моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций, проверку несущей способности стальных конструкций.

В основу расчета положен метод конечных элементов, в качестве основных неизвестных взяты перемещения и повороты узлов расчетной схемы. В связи с этим идеализация конструкции выполнена в форме, приспособленной к использованию этого метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами и присоединенных к узлам.

Тип конечного элемента определяется его геометрической формой, правилами, устанавливающими зависимость между перемещением узлов конечного элемента и перемещением узлов системы, физическим законом, определяющим взаимосвязь внутренних усилий и внутренних перемещений, а также набором параметров (жесткостей), входящих в описание этого закона.

Узел в расчетной схеме представляется в виде абсолютно жесткого тела исчезающе малых размеров, положение узла в пространстве при

деформациях системы определяется координатами центра и углами поворота трех осей, жестко связанных с узлом. Узел представлен как объект, обладающий шестью степенями свободы – тремя линейными смещениями и тремя углами поворота.

Все узлы и элементы расчетной схемы нумеруются. Присвоенные им номера следует трактовать только как имена, которые позволяют делать необходимые ссылки.

Основная система метода перемещений выбирается путем наложения в каждом узле всех связей, запрещающих любые узловые перемещения. Условия равенства нулю усилий в этих связях представляют собой разрешающие уравнения равновесия, а смещения указанных связей – основные неизвестные метода перемещений.

В общем случае в пространственных конструкциях узла могут присутствовать все шесть перемещений:

- 1 – линейное перемещение вдоль оси X ;
- 2 – линейное перемещение вдоль оси Y ;
- 3 – линейное перемещение вдоль оси Z ;
- 4 – угол поворота с вектором вдоль оси X (поворот вокруг оси X);
- 5 – угол поворота с вектором вдоль оси Y (поворот вокруг оси Y);
- 6 – угол поворота с вектором вдоль оси Z (поворот вокруг оси Z).

Данная нумерация степеней свободы далее используется всюду без специальных оговорок, как и обозначения X , Y , Z , UX , UY и UZ для величин соответствующих линейных перемещений и углов поворота.

В соответствии с методом конечных элементов, истинная форма поля перемещений внутри элемента (за исключением элементов стержневого типа) приближенно представлена различными упрощенными зависимостями. При этом погрешность в определении напряжений и деформаций имеет порядок $(h/L)k$, где h – максимальный шаг сетки; L – характерный размер области. Скорость уменьшения ошибки приближенного результата (скорость сходимости) определяется

показателем степени k , который имеет разное значение для перемещений и различных компонент внутренних усилий (напряжений).

Расчетная схема. Для задания данных могут быть использованы различные системы координат, которые затем преобразуются в декартовы. В дальнейшем для описания расчетной схемы используются следующие декартовы системы координат: глобальная правосторонняя система координат XYZ , связанная с расчетной схемой, и локальные правосторонние системы координат, связанные с каждым конечным элементом.

Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X , Y , Z и поворотами вокруг этих осей.

Расчетная схема характеризуется следующими параметрами:

количество узлов – 738;

количество конечных элементов – 720;

общее количество неизвестных перемещений и поворотов – 4263;

количество загрузений – 10;

количество комбинаций загрузений – 4.

Статический расчет системы выполнен в линейной постановке.

В расчетную схему включены конечные элементы следующих типов.

Конечные элементы оболочек, геометрическая форма которых на малом участке элемента является плоской (она образуют многогранник, вписанный в действительную криволинейную форму срединной поверхности оболочки). Для этих элементов, в соответствии с идеологией метода конечных элементов, истинная форма перемещений внутри элемента приближенно представлена упрощенными зависимостями. Описание их напряженного состояния связано с местной системой координат, у которой оси $X1$ и $Y1$ расположены в плоскости элемента и ось $X1$ направлена от первого узла ко второму, а ось $Z1$ ортогональна

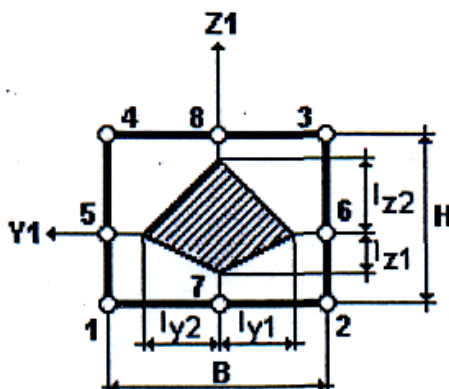
поверхности элемента.

Четырехугольный элемент типа 44, который имеет четыре узловые точки, не является совместным и моделирует поле нормальных перемещений внутри элемента полиномом 3-й степени, а поле тангенциальных перемещений неполным полиномом 2-й степени. Располагается в пространстве произвольным образом.

Вычисление расчетных сочетаний усилий (PCY) приводится на основании критериев, характерных для соответствующих типов конечных элементов, – стержней, плит, оболочек, массивных тел. В качестве таких критериев приняты экстремальные значения напряжений в характерных точках поперечного сечения элемента. При расчете учитываются требования нормативных документов и логические связи между нагрузками.

Основой выбора невыгодных расчетных сочетаний усилий служит принцип суперпозиции. Из всех возможных сочетаний отбираются те PCY, которые соответствуют максимальному значению некоторой величины, избранной в качестве критерия и зависящей от всех компонентов напряженного состояния.

1. Для стержней – экстремальные значения нормальных и касательных напряжений в контрольных точках сечения.

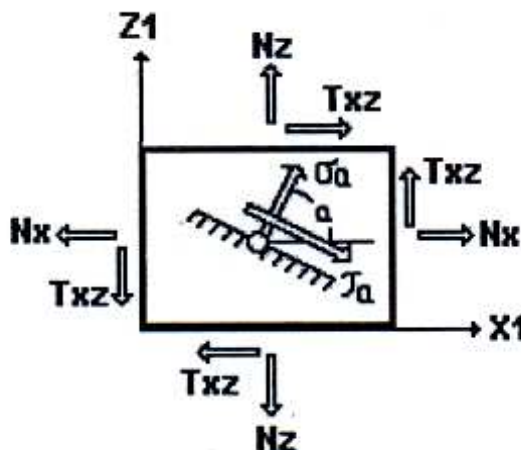


2. Для элементов, находящихся в плоском напряженном состоянии, – по огибающим экстремальным кривым нормальных и касательных напряжений по формулам

$$\sigma(\alpha) = N_x \cos^2 \alpha + N_z \sin^2 \alpha + T_{xz} \sin 2\alpha, \quad (6.4)$$

$$\tau(\alpha) = \frac{1}{2}(N_z - N_x) \sin 2\alpha + T_{xz} \cos 2\alpha. \quad (6.5)$$

Нормальные напряжения вычисляются в диапазоне изменения углов от 90 до -90° , а касательные – от 90 до 0° . Шаг изменения углов 15° .



3. Для плит применяется аналогичный подход – расчетные формулы приобретают вид

$$M(\alpha) = M_x \cos^2 \alpha + M_y \sin^2 \alpha + M_{xy} \sin 2\alpha, \quad (6.6)$$

$$M_k(\alpha) = \frac{1}{2}(M_y - M_x) \sin 2\alpha + M_{xy} \cos 2\alpha. \quad (6.7)$$

4. Кроме того, определяются экстремальные значения перерезывающих сил:

для оболочек применяется аналогичный подход, но вычисляются напряжения на верхней и нижней поверхностях оболочки с учетом мембранных напряжений и изгибающих усилий;

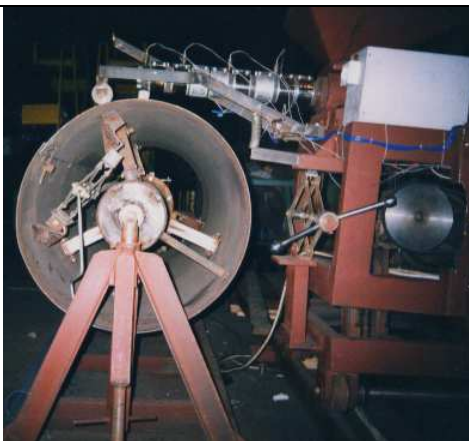

для объемных элементов критерием определения опасных сочетаний напряжений приняты экстремальные значения среднего напряжения (гидростатического давления) и главных напряжений девиатора.

В соответствии с рассчитанными параметрами было выполнено проектное решение восстанавливаемого коллектора (рис. 6.13).

При ремонте и восстановлении трубопровода определенная часть технологических процессов была перенесена в заводские условия. Это прежде всего касается заготовительных работ, и в частности изготовления внутренней обделки трубопровода и установки на него запроектированного арматурного каркаса. Последовательность технологических операций восстановления разрушенного трубопровода с использованием уцелевших его элементов сведена в таблицу (табл. 6.7).

Таблица 6.7




Технологическая последовательность восстановления
Орджоникидзевского трубопровода

Опера-ция	Общий вид	Технологи-ческий процесс	Материал конструкции и оснастка
1	2	3	4
1		Изготовление трубы из ребристого полиэтилена	Ребристый полиэтилен Вязальная проволока
2		Армирование трубы с установкой фиксаторов	Труба, арматура ВрI, А1

Продолжение табл. 6.7

1	2	3	4
3		Подготовка постели для укладки трубы с арматурным каркасом	Бетон на мелком заполнителе В25, W6
4		Укладка блока в сохранившуюся лотковую часть	Блок из полиэтиленовой трубы и арматуры, лотковая часть из старого бетона В20
5		Монтаж инвентарной опалубки с помощью крана	Инвентарная опалубка

Продолжение табл. 6.7

1	2	3	4
6		Закрепление опалубки перед бетонированием	Инвентарная опалубка
7		Бетонирование конструкции	Бетон В25, W 6
8		Подготовка поверхности трубопровода к гидроизоляции	Трубопровод из бетона В25, W6, гидроизоляционные материалы

Продолжение табл. 6.7

1	2	3	4
9		Устройство смотровых колодцев, защищенных от коррозии листовым ребристым полиэтиленом	Бетон В25, W6, ребристый полиэтилен, стальные скобы с антикоррозионным покрытием, арматура ВІ
10		Подготовка смотровых колодцев к гидроизоляционным работам и обратной засыпке	Гидроизоляционные материалы, грунт для обратной засыпки

Труба из профилированного полиэтилена с надетым на нее арматурным каркасом доставляется на строительную площадку в готовом виде. Труба изготавливалась в заготовочном цехе на специальном стенде (табл. 6.7, операция 1). Готовый арматурный каркас надевали на полиэтиленовую трубу (операция 2). При этом соблюдалось главное требование: арматура каркаса должна иметь по всему периметру и по всей длине равное, установленное расчетом расстояние от полиэтиленовой трубы. Данное требование выполнялось путем установки по всей окружности между арматурным каркасом и ребрами полиэтиленовой

трубы специальных проволочных фиксаторов (операция 3). С этой целью в ребрах полиэтиленовой трубы просверливали отверстия и заводили туда элементы крепления, которые другим концом крепили к арматурному каркасу. Изготовленный таким образом арматурно-трубный блок доставлялся на строительную площадку.

На строительной площадке очищают уцелевшую лотковую часть старого трубопровода, от грязи и отложений, после чего на нее равномерным слоем толщиной около 90 мм кладут бетон на мелкозернистом заполнителе (операция 3).

В постель из пластичного бетона В25 W6 укладывают арматурный каркас, таким образом чтобы труба нижней поверхностью легла на бетонную постель (операция 4).

Монтируют и закрепляют инвентарную опалубку (операции 5 и 6), затем следует процесс бетонирования (бетоном В25, W6) по схеме «кран-бадья» (операция 7).

После распалубочных работ и набора бетоном прочности на наружной поверхности трубопровода была выполнена обмазочная гидроизоляция горячим битумом по холодной грунтовке (операция 8). На данном участке сети были смонтированы восемь смотровых колодцев, внутренняя поверхность которых защищена от коррозии листовым ребристым полиэтиленом (операция 9).

Обратная засыпка выполнялась согласно требованиям СНиП 3.02.01–87, с послойным уплотнением грунта и доведением его плотности до 16–17 кН/куб.м. Толщина каждого уплотняемого слоя не превышала 0,1–0,2 м.

На рис. 6.14 представлена циклограмма восстановления трубопровода.

Данные для построения циклограммы и калькуляция трудовых затрат даны в приложении.

Принятые технические и технологические решения позволили

выполнить ремонтно-восстановительные работы в сжатые сроки и с минимальными трудозатратами. Благодаря принятым конструктивным решениям восстановленный трубопровод, по предварительным прогнозам, может эксплуатироваться без ремонта в течение 30–40 лет.

Экономическая эффективность от внедрения открытого способа восстановления трубопровода с использованием монолитного железобетона и профилированного полиэтилена определялась на основе сравнения стоимости рассматриваемых вариантов. Стоимость 1 м трубопровода с использованием толстостенных полиэтиленовых труб – 760 у.е. В нашем варианте стоимость 1 м трубопровода составила около 180 у.е.

6.4. Технология восстановления трубопроводов с применением труб, футерованных шлаковым литьем

В последние годы ведутся исследования материалов и конструкций, которые могут эксплуатироваться в условиях агрессивной среды.

К этим материалам следует отнести широко используемые для ремонта канализационных сетей в странах Европы полиэтилен, стеклопластик, керамика, клинкерный кирпич, высокопрочный бетон и другие.

Как показали исследования проводимые рядом университетов и научно-исследовательских институтов в предыдущие десятилетия, высокие показатели были обнаружены у материалов полученных из каменного и шлакового литья.

Принимая во внимание высокие затраты для получения конструкций из каменного литья, внимание авторов в последние годы было сконцентрировано на конструкциях из шлакового литья. Этому

способствовал тот факт, что в Украине достаточно развита металлургическая промышленность, шлаки от которой не перерабатываются и наносят ощутимый вред окружающей среде.

Исследования проводимые в 70-е годы Харьковским институтом ПромстройНИИпроект показали, что конструкции из шлакового литья могут эффективно использоваться в агрессивной среде на химических и коксохимических предприятиях, благодаря их высокой кислото- и щелочестойкости.

Применение этих материалов и конструкций из них в зданиях и сооружениях канализационных систем по выдвинутому авторами предположению может дать высокий эффект.

Впервые на Украине конструкции из шлакового литья Никопольского ферросплавного завода были применены для замены разрушенных коррозией плит распределительных каналов аэротенков в г. Харькове.

В лабораториях университета строительства и архитектуры города Харькова были проведены комплексные исследования этого материала.

Для определения деформационных характеристик шлакового литья в лаборатории кафедры железобетонных конструкций стандартные образцы были испытаны на сжатие на нагрузку от 1т до 30т. Показания тензодатчиков, расположенных на гранях образца в вертикальном и горизонтальном положении, снимались с помощью тензостанции АИД-4. Полное разрушение образца произошло при нагрузке 30 т.

Давление на см^2 образца составило 2200 кг, коэффициент Пуассона $\mu=0,24$ и модуль упругости $E = 166170 \text{ МПа}$.

Были определены фактические значения разрушающих нагрузок при испытаниях плит с размерами $45 \times 1000 \times 1500$ мм по прочности (первая группа предельных состояний) и фактические значения прогибов и ширины раскрытия трещин под контрольной нагрузкой при испытаниях на

жесткость и трещиностойкость (вторая группа предельных состояний). Нагружение производилось с помощью гидравлического прессы с погрешностью не более 5%. Для измерения усилий были применены манометр и динамометр соответствующие действующим на Украине стандартам. Для измерения прогибов и перемещений применяли механический прогибомер и индикатор часового типа. Плита испытывалась до истребования несущей способностью (до разрушения).

Расчет плиты показал, что толщину конструкции плиты из шлакового лития для перекрытия распределительного канала, можно принять равной 30 мм при допустимом нагружении $[\sigma]=15$ МПа. Для сравнения - плиты из железобетона подлежащие замене имели толщину 120 мм. Было установлено, что армирование плиты не приводит к увеличению ее несущей способности и применять его необходимо только исходя из необходимости транспортировки на большие расстояния.

Коррозионная стойкость оценивалась с помощью ускоренных испытаний образцов путем кипячения в растворе серной кислоты (концентрация 10 г/л) и растворе натриевой щелочи (концентрация 50 г/л). Время кипячения составило 50 часов. Коэффициент химической стойкости определяли по изменению прочности образцов к первоначальной. При этом потеря массы не превышала 1%. Полученные значения по коэффициентам кислото- и щелочестойкости сравнивали со значениями указанными в действующем государственном стандарте. Результаты испытаний позволили отнести исследуемый материал к кислото- и щелочестойкому, так как значения коэффициентов кислото- и щелочестойкости больше 0,8, что верно для приведенной концентрации.

Для получения более достоверных и полных сведений о химической стойкости материала в данных агрессивных средах были проведены испытания образцов никролита в течение 360 суток, в соответствии с методикой по ГОСТ 25881-83. Полученные результаты снижения

прочности никролита под действием агрессивности среды и уменьшение величины коэффициента химической стойкости приведены на рис. 6.15 и рис. 6.16 соответственно. Следует учесть, что минимально допустимое снижение прочности материала под действием агрессивности среды может быть не более 50%. Тогда как в нашем случае, при прогнозировании срока службы материала, принимаемом 50 лет, снижение прочности составило менее 50%, что позволяет сделать вывод о высоких коррозионных свойствах данного материала.

Кроме того, были проведены испытания физико-механических характеристик шлакового литья. Проведенные испытания позволили получить следующие результаты: плотность материала – 2.9 т/м^3 , предел прочности (МПа) при сжатии - 350 и при изгибе- 45, коэффициент истираемости - 0.002, водопоглощение - 0.0%, морозостойкость - более 150 циклов и термостойкость - 800°C .

Таким образом был сделан вывод, что шлаколитые конструкции представляют собой материал, обладающий практически нулевой пористостью, пыле- и влагонепроницаемостью, высокой химической и коррозионной стойкостью, достаточной прочностью сцепления и что очень важно для конструкционных материалов, высокими физико-механическими характеристиками.

Для изготовления сталешлаколитых труб на Никопольском ферросплавном заводе была разработана технология футеровки огненно-жидкими шлаками от производства силикомарганца стальных труб с последующим замораживанием (рис. 6.17). Такие трубопроводы эффективно работают в условиях повышенного абразивного изнашивания и в агрессивных средах.

Проведенные испытания показали, что изготовленные армированные сталешлаколитые трубы могут быть широко применены взамен железобетонных конструкций. Полученный материал соответствует бетону

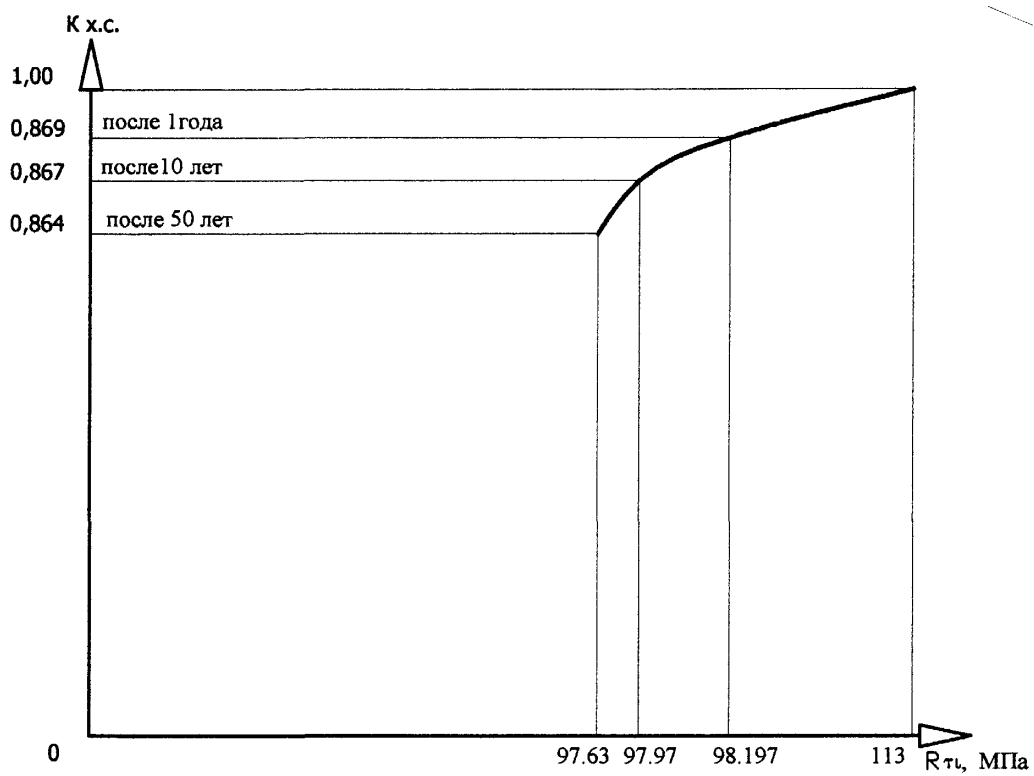


Рис. 6.15. График прогноза уменьшения прочности конструкций из шлакового литья.

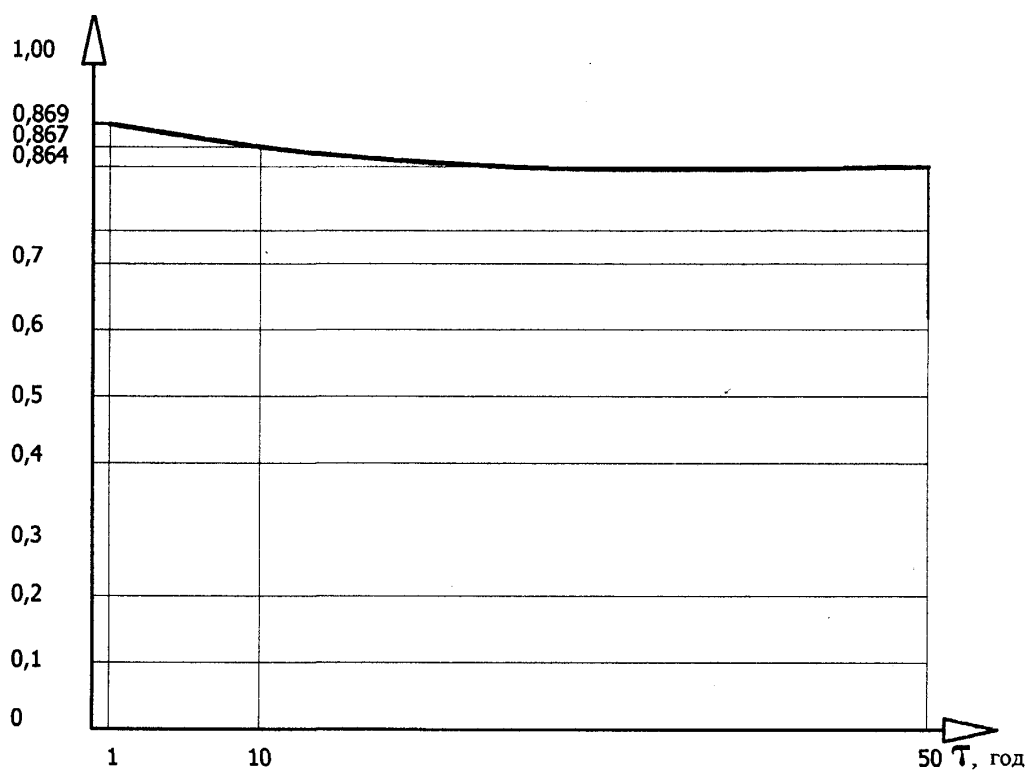


Рис. 6.16. График уменьшения величины коэффициента химической стойкости конструкций из шлакового литья



Рис. 6.17. Стальные трубы диаметром 600 мм, облицованные шлаковым литьем толщиной 90 мм (изготовлены на Никопольском заводе ферросплавов).

марки 600–750, обладает высокой износостойкостью (0,08–0,122 г/см), кислотостойкостью (в концентрированной серной кислоте – 94%) и механической прочностью (3000-7000 кг/см).

Следует отметить, что ранее трубы с футеровкой из шлакового литья применялись исключительно в металлургическом производстве для транспортировки шлама от доменных печей. Поскольку эти трубы впервые использовались в ремонтных работах на сетях канализации, возникла необходимость детальной проработки их стыковых соединений.

Необходимо учесть, что изготовленные таким образом трубы (рис. 6.17) являются двухслойными и, в отличие от труб из других материалов, они в состоянии успешно противостоять различным разрушительным действиям. В первую очередь это касается трубопроводов, которые эксплуатируются в грунтах с высоким уровнем грунтовых вод или в просадочных грунтах.

Самым уязвимым местом таких трубопроводов являются стыковые соединения, поэтому в данном случае необходимо уделить особое внимание их прочности.

Металлический трубопровод, облицованный внутри шлаковым литьем, в обычных условиях работает как оболочка, находящаяся под внешним давлением грунта и внутренним давлением протекающей жидкости. При достаточной длине трубопровода изменение напряженно-деформированного состояния вдоль продольной оси происходит медленно и незначительно, поэтому расчетная схема оболочки может рассматриваться как расчетная схема кругового кольца. Круговое кольцо в дальнейшем является моделью для оценки прочности и жесткости конструкции трубопровода.

При размыве основания подземными водами и либо сточными водами (в случае их утечки из коммуникаций) силовая работа трубопровода существенно меняется, так как происходит явно выраженный прогиб в

сторону размыва. Жесткость металлического трубопровода, облицованного внутри шлаковым литьем (толщина металлической оболочки $\delta_s \geq 0,005$ м, толщина шлакового литья $t \geq 0,05$ м при модуле упругости $E_H = 1,66 \cdot 10^7$ т/м²), является очень большой по сравнению с гибкостью основания ($E_0 \cong 1000 - 3000$ т/м²), поэтому деформацией трубопровода в конечном направлении можно пренебречь. В этом случае расчетную схему трубопровода в месте разрыва упрощенно представляем в виде стержня, состоящего из трех участков: участка размыва длиной l и двух участков по сторонам размыва.

На участке размыва стержень-трубопровод свободно провисает, на двух других участках он опирается на упругое основание. Простейшей моделью основания является модель Винклера-Фуса, которая и принята в настоящей работе. Коэффициент постели основания K_0 зависит от вида грунта, его влажности, толщины слоев грунтового основания (рис. 6.18).

Изгибная жесткость трубопровода (рис. 6.19) определяется как для стержня, состоящего из двух слоев: стальной оболочки ($\delta_s = 0,005 - 0,008$ м) и шлаколитой ($t = 0,05 - 0,09$ м).

На участке размыва основания на трубопровод действует дополнительная нагрузка (рис. 6.20), которую можно представить как сумму нагрузок от собственной массы, массы сточных вод и массы грунта, расположенного выше трубопровода, так как грунт обваливается сверху и висит на трубопроводе.

Используя метод сил для расчетной схемы (рис. 6.21), получаем следующие величины изгибающих моментов, определяющих прочность трубопровода:

$$\text{в сечении } 1, 3 \quad M_{1,3} = -\frac{qL^2}{12} \left(1 - \frac{6}{(\beta L)^2}\right) \frac{1}{1 + \frac{1}{(\beta L)}}; \quad (6.8)$$

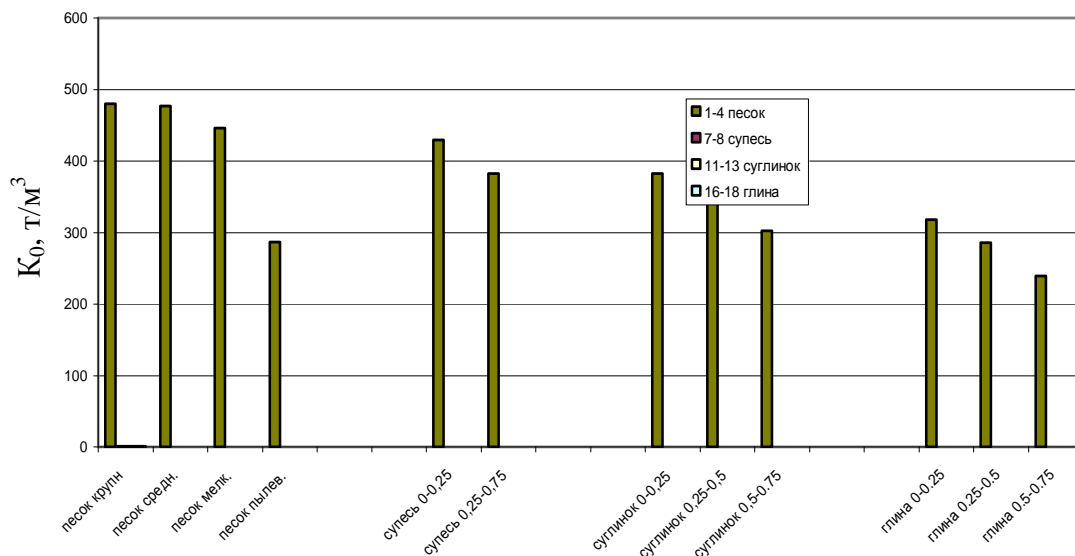


Рис. 6.18. Характеристика жесткости грунтового основания K_0 для различных грунтов (песка, супеси, суглинка и глины) и при толщине слоя 4 м.

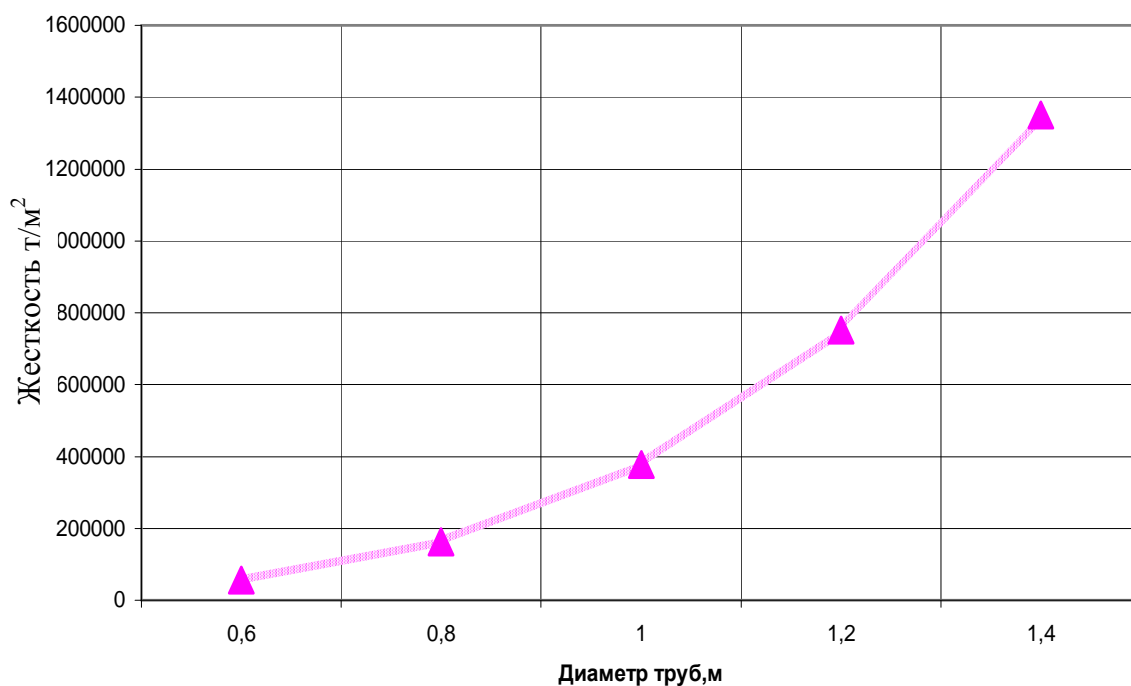


Рис. 6.19. Приведенная изгибная жесткость труб разного диаметра, футерованных шлаковым литьем.

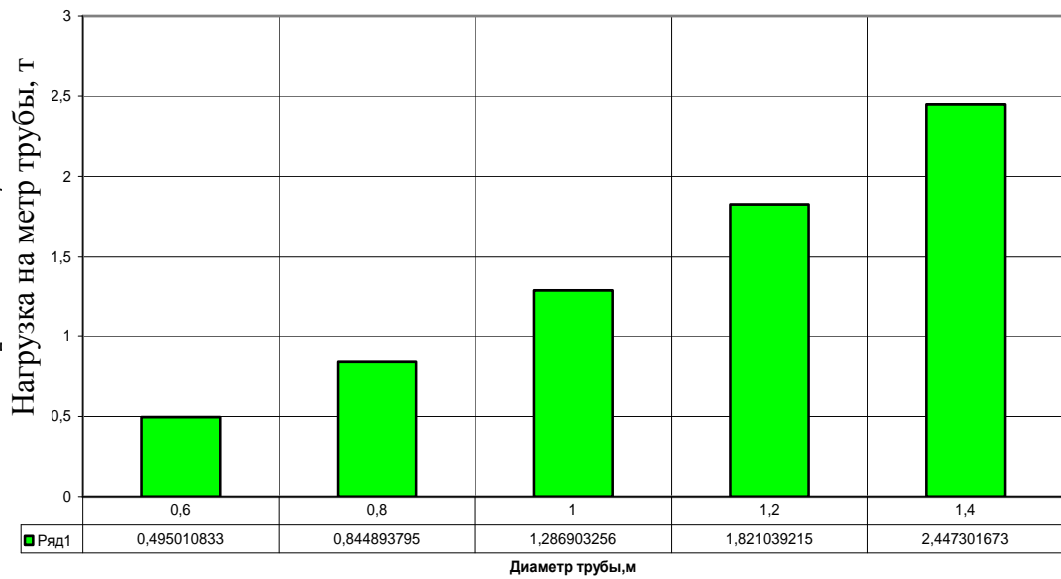


Рис. 6.20. Нагрузка на трубы при размыве основания.

$$\text{в сечении 2 } M_2 = -\frac{qL^2}{8} \left[1 - 1,5 \left(1 - \frac{6}{(\beta L)^2} \right) \frac{1}{1 + \frac{1}{(\beta L)}} \right], \quad (6.9)$$

где q – нагрузка на трубопровод в месте размыва, т;

L - длина размыва, м;

β - коэффициент $\frac{1}{M}$, равный $\beta = \sqrt[4]{\frac{K}{4(EI)_{np}}}$;

$K = K_0 D_H \frac{2}{\pi}$; K_0 - коэффициент постели основания, тс/м³;

D_H - наружный диаметр трубопровода, м;

$(EI)_{np}$ - приведенная изгибная жесткость трубопровода, определяемая

по формуле:

$$(EI)_{np} = \frac{\pi}{8} \left[D_H^3 \delta_s \left(1 - 3 \frac{\delta_s}{D_H} \right) E_s + \frac{\pi}{8} d_b^3 + \left(1 + 3 \frac{t}{d_b} \right) E_H \right]. \quad (6.10)$$

Здесь δ_s - толщина металлической оболочки трубопровода, м;

E_s - модуль упругости металлической оболочки, тс/м²;

d_b - внутренний диаметр трубопровода, м;

t - толщина шлакового литья, м;

E_H - модуль упругости шлакового литья, тс/м².

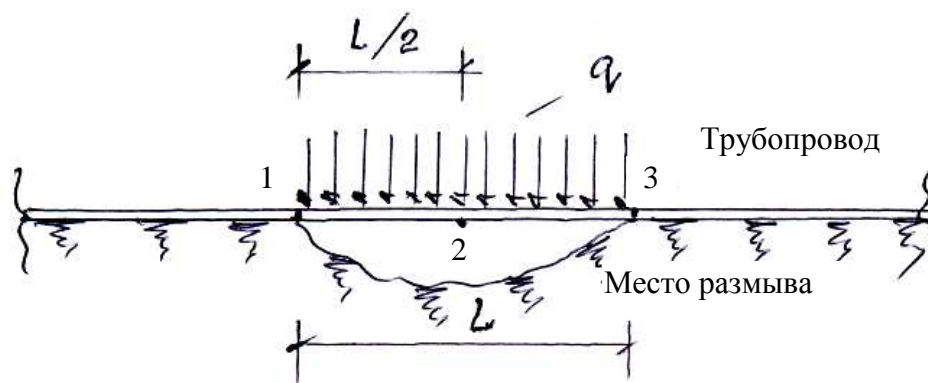


Рис. 6.21. Расчетная схема трубопровода в месте размыва основания.

Значения изгибающих моментов в сечениях 1, 3 и 2 получаются положительными, притом $M_2 > M_{1,3}$.

С увеличением длины размыва основания величина изгибающих моментов возрастает (рис. 6.22).

Слабым местом трубопровода при размыве являются стыки отдельных труб. Стыковые соединения могут устраиваться на фланцах либо на муфтах.

Устройство стыков на фланцах является трудоемкой операцией, требующий использования болтов. Фланцевые стыки подвержены коррозионному воздействию грунта, от которого трудно найти надежную защиту.

Стыки на муфтах значительно практичнее и более надежны по сравнению с фланцевыми соединениями. Их легче защитить от возможной коррозии. Муфта для трубопроводов представляют собой кольцевую накладку, приваренную к металлической оболочке по окружности. Резьба при этом не требуется.

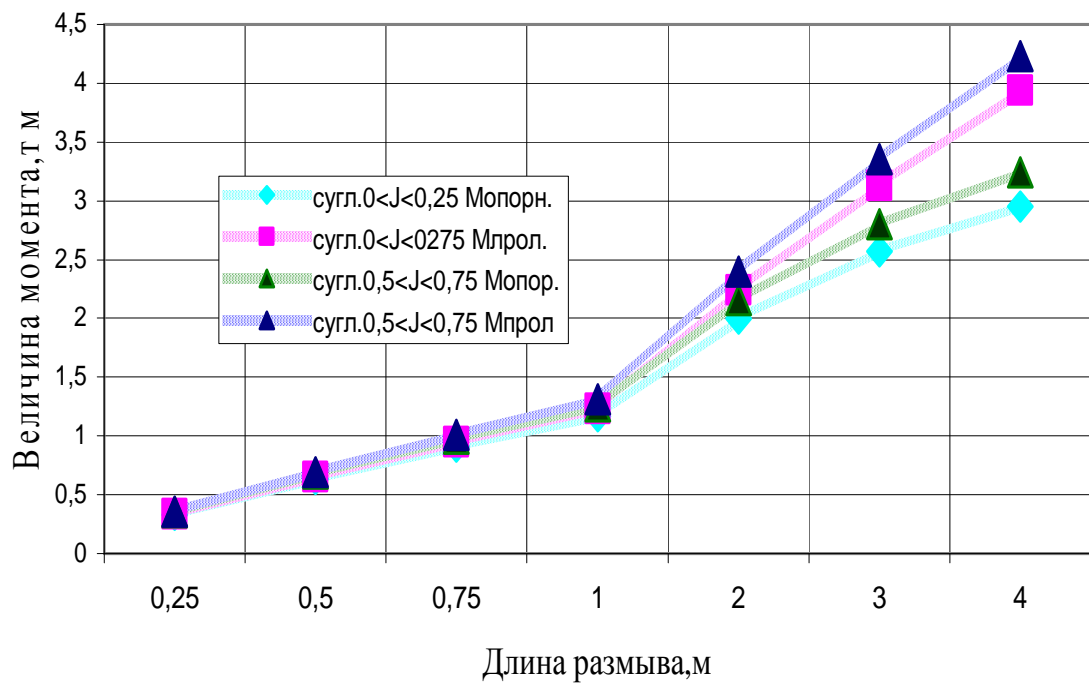


Рис. 6.22. Изгибающие моменты в трубе диаметром 600 мм, облицованной шлаковым литьем, при размыве основания из суглинка.

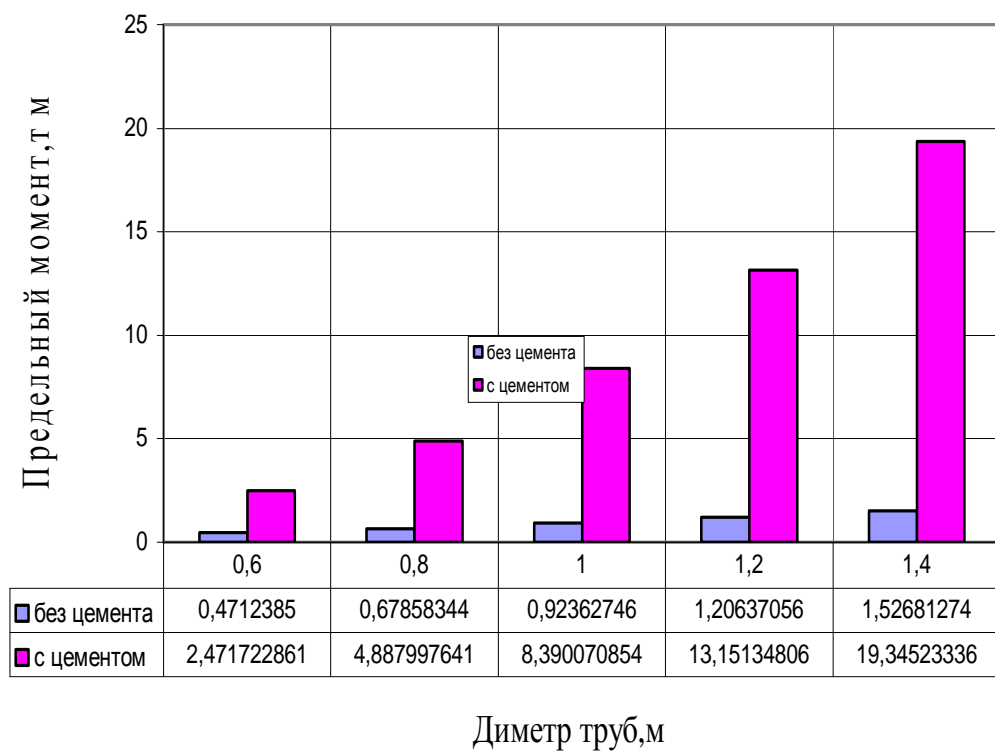


Рис. 6.23. Предельные моменты для труб, соединенных муфтами без клея и с цементным клеем.

Предельный момент муфтового соединения (рис. 6.23) без учета склеивания по торцам шлаколитой оболочки определяется формулой

$$M_{np} = \frac{R_3 D_H^3}{6} (1 - \alpha^3), \quad (6.11)$$

где $\alpha = \frac{(D_H - 2\delta_s)}{D_H}$.

С учетом наличия цементного раствора в зазоре между торцами шлаколитых оболочек предельный момент может быть определен по формуле

$$M_{np} = \frac{R_{bt} (EI)_b}{E_b (0,5D_H - \delta_s)}, \quad (6.12)$$

где $(EI)_b$ – приведенная жесткость места стыка, рассчитываемая по формуле

$$(EI)_b = \frac{\pi}{8} \left[D_H^3 \delta_H \left(1 + 3 \frac{\delta_H}{D_H} \right) \right] E_H + \frac{\pi}{8} \left[d_b^3 t \left(1 + 3 \frac{t}{d_b} \right) \right] E_b. \quad (6.13)$$

Здесь E_b – модуль упругости цементного раствора, тс/м²;

δ_H – толщина муфты, м.

Остальные обозначения приведены выше.

Прочностные и деформационные характеристики раствора соответствуют характеристикам бетона В20.

Условие прочности соблюдается, если выполняется неравенство

$$M_{\max} < M_{np}. \quad (6.14)$$

Таким образом, полученное расчетное решение позволяет оценить несущую способность муфтового соединения звеньев трубопровода, облицованного шлаковым литым, в случае разрыва основания трубы.

Равнопрочности труб и соединения можно добиться лишь при условии, если клеевая адгезия к шлаковому литому будет соответствовать прочности шлакового литого на растяжение.

Без клеевой прослойки прочность муфтового соединения труб при возникновении разрыва основания является довольно низкой.

Анализ известных конструкций стыковых соединений показывает, что по техническому решению наиболее рациональными для соединения сталешлаколитых канализационных труб являются (рис. 6.24):

из отечественных – фланцевый стык, который используется для соединения безнапорных железобетонных труб со стальным цилиндром;

из зарубежных – раструбный стык с полиуретановым уплотнителем (применяется для соединения средненапорных керамических канализационных труб).

В процессе работы в нашем конкретном случае было рассмотрено несколько соединений, которые, на наш взгляд, могут использоваться при ремонте и восстановлении вышедших из строя трубопроводов.

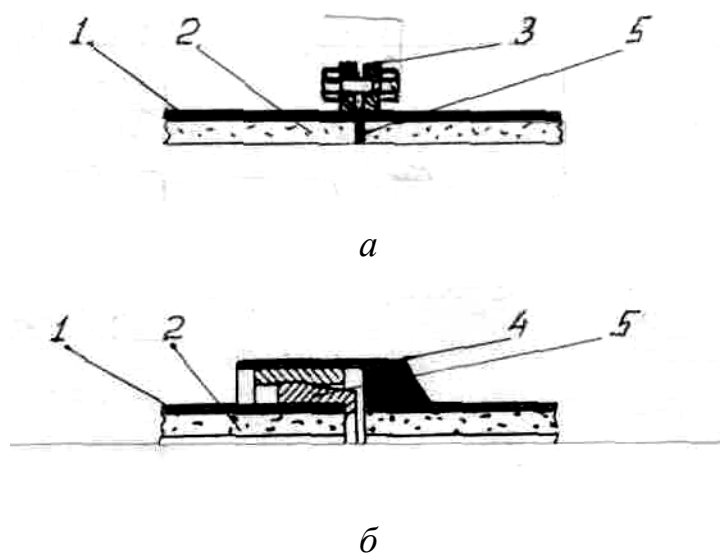


Рис. 6.24. Конструкции стыковых соединений шлаколитых канализационных труб:

а – фланцевый стык с резиновым уплотнителем; *б* – раструбный стык с полиуретановым уплотнителем; 1 – стальная труба; 2 – шлаколитая облицовка; 3 – фланец; 4 – раструб; 5 – уплотнитель стыка.

Фланцевое соединение (рис. 6.26, *а*). Стальные фланцы приваривают к трубе с последующей укладкой в траншею. Для более плотного сжатия труб используют резиновый вкладыш диаметром 30 мм. Трубопровод сжимают путем равномерного стягивания винтами, установленными по периметру фланца.

Соединение стальной муфтой (рис. 6.26, *б*). Перед укладкой в траншею на трубу надевают стальную муфту с внутренним диаметром, незначительно превышающим наружный диаметр трубы. В траншее трубы плотно стыкуют, после чего надвигают муфту на соседнюю трубу. Муфта прочеканивается по периметру каболкой в несколько слоев.

Соединение стеклопластиковой муфтой (рис. 6.26, *в*). Трубы укладывают в траншею и плотно стыкуют. Непосредственно на месте производства работ пропитывают стеклоткань эпоксидной смолой и обматывают ею стык.

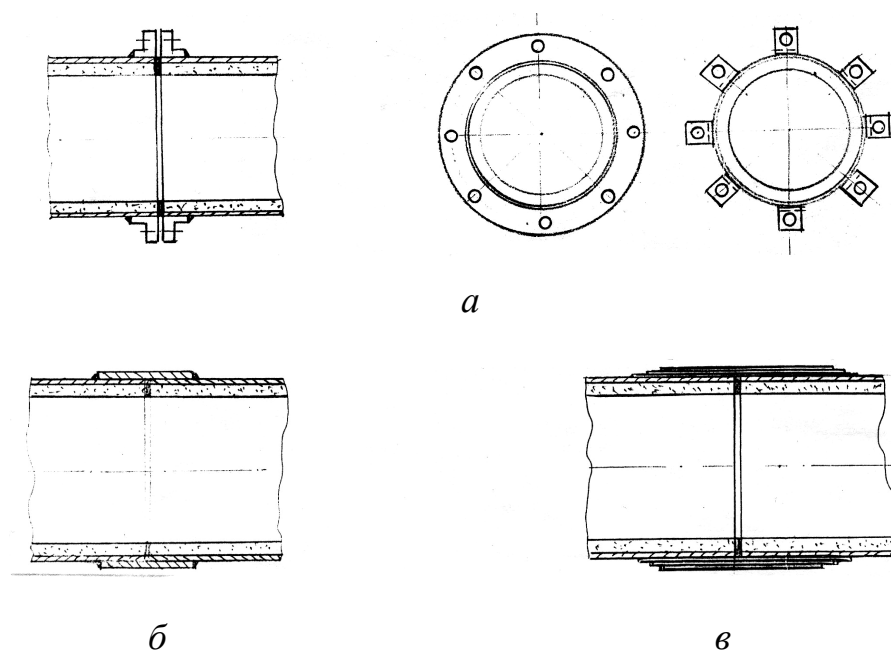


Рис. 6.25. Варианты стыковых соединений труб:

а – фланцевое соединение; *б* – при помощи стальной муфты;

в – с помощью стеклопластиковой муфты.

В ГКП «Харьковкоммуночиствод» для замены полностью разрушенного железобетонного коллектора диаметром 500 мм (по пр. Ильича) были использованы трубы с футеровкой из шлакового литья. Причина быстрого разрушения железобетонного коллектора заключалась в том, что через данный коллектор перекачиваются стоки от 27 насосных станций. Анаэробный режим в напорном трубопроводе обуславливал резкое выделение сероводорода в камере гашения. Замеры газовой среды показали трехкратное превышение концентрации сероводорода, что при наполняемости коллектора на 2/3 привело к быстрому износу сводовой части коллектора. Общая протяженность восстановленного участка составила 210 м. Трубы восстановленного участка трубопровода имели диаметр 600 мм, толщина футеровки составляла 90 мм.

Учитывая необходимую глубину заложения трубопровода, отсутствие грунтовых вод, перекладку трубопровода производили без дополнительного крепления траншей и с устройством фланцевых стыков, поскольку трудоемкость их устройства меньше трудоемкости устройства стыков с помощью муфт.

Последовательность операций перекладки канализационного трубопровода:

- вскрытие экскаватором участка старого трубопровода;
- демонтаж, погрузка и транспортировка остатков старых труб, зачистка дна траншеи;
- монтаж (с помощью автокрана) нового трубопровода (рис. 6.26);
- устройство фланцевых стыков (рис. 6.27);
- обратная засыпка траншеи бульдозером.

Эффективность разработанных решений прокладки (или перекладки) канализационных трубопроводов с использованием стальных труб, футерованных шлаковым литьем определяется путем сопоставления стоимости и эксплуатационной долговечности полиэтиленовых труб и



Рис. 6.26. Монтаж трубы с подготовленным фланцевым соединением.



Рис. 6.27. Устройство фланцевого стыка.

труб с футеровкой из шлакового литья.

Экономический эффект от использования стальных труб, футерованных шлаковым литьем, только при восстановлении канализационного коллектора длиной 210 м (по проспекту Ильича в г. Харькове), осуществленного предприятием «Харьковкоммуночиствод», составил 22 050 у.е.

При этом срок службы пластмассовых труб – 40 лет.

Срок службы сталешлаколитых труб – более 90 лет.

ГЛАВА 7

ЗАКРЫТЫЙ СПОСОБ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

7.1. Особенности закрытого способа ремонтно-восстановительных работ

Закрытый способ ремонта сетей водоотведения позволяет избежать характерных для открытого способа ремонтно-восстановительных работ недостатков. Прежде всего не ограничивается или ограничивается незначительно движение транспорта.

Принципиально различают следующие методы ведения работ закрытым способом:

- использование горных штолен (тоннелей) и тоннельной проходки;
- проходка трубами (прокладка труб);
- прокладка труб путем продавливания.

При использовании горных штолен (тоннелей) из стартового котлована вокруг старой трубы создается штольня (тоннель), при этом происходит укрепление грунта путем подпирания его стальными крепежными арками и дощатыми полами (настилом). В забое земля вынимается под защитой затяжки, которая впрессовывается в землю.

Бьеф и подключения в штольнях высотой в человеческий рост хорошо доступны и могут выполняться без трудностей. Реконструкция может происходить путем укладки нового трубопровода рядом со старым или путем замены старых труб. Для последнего варианта должен прокладываться запасной трубопровод.

Проходка трубами может применяться на территории с интенсивным транспортным движением, но с наименьшим количеством подключенных соединений (например, путевой парк, прохождение выработки под

магистральным транспортом на поверхности).

Преимущества способа проходки трубами:

незначительная эмиссионная нагрузка при устройстве котлованов;

те преимущества, которые относятся к ремонту и восстановлению сетей открытым способом;

минимальное нарушение движения транспорта;

простота прокладки аварийного (запасного) трубопровода;

простота подсоединения других линий.

К недостаткам относятся:

большие объемы выемки грунта;

необходимость предварительного строительства штолен с использованием большого количества материалов (стали, дерева);

опасность усадки при неправильном заполнении штольни и из-за выемки деревянных опор;

невозможность применения закрытого способа в зоне, находящейся вблизи грунтовых вод.

7.2. Ремонт и восстановление трубопроводов и коллекторов путем нанесения противокоррозионных покрытий

Среди керамических кислотоупорных изделий используемых в качестве покрытий наибольшее распространение получили кислотоупорный кирпич и кислотоупорные плитки, которые применяются для возведения сооружений, футеровке различных железобетонных и металлических емкостей, а также фундаментов, каналов, лотков, стен, полов и т.д.

Кислотоупорный кирпич должен иметь кислотостойкость 95-97 % (II и I сорт соответственно), кислотоупорная плитка 96-98 % (в

зависимости от марки). Они обладают высокой стойкостью ко всем видам минеральных кислот (за исключением плавиковой) и растворам различных солей, дающих кислую реакцию. Однако стойкость этих материалов к растворам щелочей и агрессивным газовым средам в несколько раз ниже.

Для противокоррозионной защиты используются также каменное литье, изделия из стекла, ситаллов и шлакоситаллов. Каменные литые изделия обычно изготавливают из диабазовых горных пород. Диабазовые литые плитки имеют в серной кислоте стойкость 99,0-99,8 %, а в соляной 96-99,6 % и не разрушаясь выдерживают воздействие указанных кислот практически любых концентраций. Эти плитки вполне устойчивы к воздействию щелочей и хорошо противостоят ударным воздействиям.

Плитки из ситаллов, шлакоситаллов и силикатного стекла устойчивы к минеральным (кроме плавиковой) и органическим кислотам, щелочам с концентрацией до 35 %. В частности, шлакоситаллы все шире используются в противокоррозионной технике.

Кислотоупорные цементы применяют для приготовления кислотостойких замазок, для получения кладки штучных кислотоупорных изделий, а также для изготовления кислотоупорных блоков и конструкций из растворов и бетонов на их основе (табл. 7.1). В качестве вяжущего в кислотоупорных цементах используют натриевое и калиевое, жидкое стекло с модулем 2,5-3,5. Наполнителями служат тонкомолотые порошки из природных кислотостойких каменных материалов - андезита, базальта, диабаз, гранита, кварцита и их смесей. Кремнефтористый натрий необходим как ускоритель твердения кислотоупорных цементов, который в процессе взаимодействия с жидким стеклом образует гель кремнекислоты - основу структуры искусственного камня. Кислотоупорность цементов должна быть не ниже 98 %. Кислотоупорные замазки, растворы и бетоны отличаются стойкостью в растворах минеральных кислот (кроме плавиковой) любых концентраций. В воде и

щелочах они нестойки. Недостаток кислотоупорных цементов - значительная усадка (1,5-2,0 %) в результате удаления воды, выделяющейся при поликонденсации ортокремниевой кислоты. Из кислотоупорных бетонов изготавливают армированные несущие конструкции для работы в кислых средах.

В соответствии с существующей классификацией органические противокоррозионные материалы подразделяются: на плиточные; листовые; рулонные; мастики, замазки и растворы; лакокрасочные.

Из мастик и замазок наибольшее практическое применение нашли арзамит-замазки, эпоксидные составы, полиэфирные и фурановые мастичные составы. Арзамит-замазки изготавливают на основе фенолоформальдегидного полимера и наполнителей. Арзамит - I и арзамит-4 устойчивы в кислых и нейтральных средах, а арзамит-5 в щелочных. Универсальный арзамит стоек в кислых и щелочных средах.

Таблица 7.1

Составы кислотоупорных материалов

Компонент	Расход материалов, кг, для приготовления 1 м ³		
	замазки	раствора	бетона
Жидкое стекло	520-590	400-405	300-350
Кремнефтористый натрий	70-90	600	45-52
Тонкомолотый наполнитель	I480-I670	440	525-670
Кварцевый песок	-	-	525-670
Гранитный щебень	-	-	670-1050
Активный кремнезем	-	1320	-

Фурановые составы (фаизолы) готовят путем смешения мономера

ФА и отвердителя БСК с кислотостойкими наполнителями. Фаизол стоек в кислотах (кроме окисляющих), щелочах, маслах, органических растворителях, растворах солей. Полиэфирные мастичные составы, в которых используется полимер ПН-3, отвердители и наполнители, обладают высокой стойкостью к большинству кислот низкой и средней концентрации (кроме окисляющих), к нефтепродуктам, маслам при температурах 120° С.

В последние годы резко возросли масштабы применения эпоксидных составов. На основе эпоксидной смолы изготовляют различные грунтовочные и мастичные материалы, замазки и растворы, являющиеся кислото- и щелочестойкими. Они имеют высокую адгезию к металлу и бетону.

Перхлорвиниловые лаки, эмали и краски очень широко применяют для противокоррозионной защиты строительных конструкций от атмосферной и жидкостной коррозии. В состав перхлорвиниловых лакокрасочных покрытий входят перхлорвиниловая смола (в смеси с другими смолами), растворители и различные добавки. Выпускаются следующие группы химически стойких лакокрасочных материалов: атмосферестойкая (марок ГОШ и ХВ), химически стойкая (марки ХС), фасадная (ХФК), огнезащитная (ПХВО). В каждую из этих групп входят грунты, эмали, лаки.

Перхлорвиниловые материалы (лаки, эмали и краски марок ХВ, химически стойкие эмали марок ХСЭ, сополимеры ВХВД и т.п.) обладают достаточной атмосферостойкостью, низкой паропроницаемостью, высокой химической стойкостью к агрессивным газам, а также к периодическому воздействию растворов кислот и щелочей. Лакокрасочные материалы на основе эпоксидной смолы отличаются высокими адгезионными и механическими свойствами, химической стойкостью к газообразным и жидким агрессивным средам, особенно к щелочам.

Полиуретановые покрытия получают на основе полиизоуретанов полиолитов. Они устойчивы в пресной и морской воде, в парах минеральных кислот и углеводородных растворителях.

Из конструкционных полимерных материалов, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, на первое место необходимо поставить стеклопластики, находящие все большее применение. Они характеризуются высокой удельной прочностью, химической стойкостью.

Одним из эффективных методов восстановления поврежденных железобетонных конструкций тоннельных коллекторов является нанесения антикоррозионного покрытия.

Антикоррозионное покрытие служит для восстановления внутренних стен каналов или повышения сопротивления бетона физическим, биологическим, химическим и биохимическим воздействиям для устранения новых образований инкрустаций, а также увеличения статической несущей способности и водонепроницаемости.

Поперечное сечение бьефа, подлежащего восстановлению, при нанесении антикоррозионного покрытия, как правило, уменьшается.

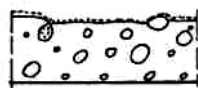
Нанесение покрытия - это собирательный термин, касающийся одного или многих слоев основания, зависящих друг от друга и изготовленных из соответствующих материалов, пригодных для нанесения покрытия.

По толщине слоя различают (рис. 7.1):

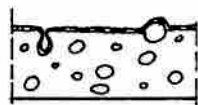
тонкое покрытие толщиной от 0,3 до 1,0 мм;

толстое покрытие (1,0 - 5,0 мм);

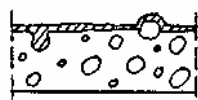
покрытие толщиной свыше 5 мм.



пропитка
не закрытая очень тонкая пленка
верх бугорков не закрыт



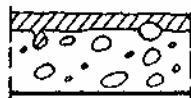
заделка трещин
закрытая пленки толщиной 0,3 мм
поры заполнены или закрыты



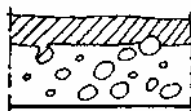
покрытие
закрытые слои с равномерной структурой
поверхности



тонкое покрытие
толщина слоя 0,3...1,0 мм
без выравнивания поверхностей



толстое покрытие
толщина слоя 1,0...3,0 мм
выравнивание поверхностей



покрытие раствором
толщина слоя свыше 5 мм

Рис. 7.1. Обработка бетонных поверхностей конструкций
тоннельных коллекторов

В зависимости от конструкции покрытия возможны нагрузки, вызванные:

процессами диффузии воды с относительно небольшим давлением на малопроницаемые или плотные покрытия, в том числе гидростатическое давление воды;

процессами диффузии агрессивных веществ, например, сероводорода, разрушающих покрытие;

осмотическим давлением, обусловленным регулированием (выравниванием) концентрации водорастворимых субстанций материала покрытий;

давлением воды в капиллярах образуемых порами бетона;

веществами, содержащимися в системах покрытия материалов с уменьшением сцепляемости;

усадочными и сжимающими напряжениями;

температурными деформациями.

Для восстановления конструкций канализационных тоннелей применяют покрытия раствором, так как тонкие и толстые покрытия для этого случая не подходят. Это подтверждается многочисленными испытаниями (в условиях эксплуатации) против коррозионной защиты бетонных и железобетонных конструкций растворами на основе эпоксидной смолы.

Испытаниям подвергались как входящие в растворители, так и свободные от растворителей эпоксидные смолы. Толщина слоя варьировалась от 0,3 до 3 мм. Полученные результаты, несмотря на то, что соблюдались все граничные условия по очистке и сушке бетонной поверхности (очистка струей песка, сушка бетона до остаточной влажности 3 %, нанесение покрытий при комнатной температуре 16⁰ С и относительной влажности воздуха 65 %), оказались отрицательными. При большой толщине покрытия появлялись раковины, наблюдалось

отслаивание, что можно объяснить явлениями осмоса. Подобное встречалось в покрытиях на основе каменноугольного и эпоксидного каменноугольного пека.

С осмотическими явлениями приходится сталкиваться, когда водорастворимые вещества отделены от воды полупроницаемой мембраной. Для каналов, покрытие которых не имеет достаточной плотности против пара, следует рассматривать два основанных на диффузии процесса.

В первом случае диффундирует вода - изнутри канала в имеющиеся пустоты (например, в поры, или в другие пустоты, образованные включениями воздуха в покрытие) а также из-под покрытия, конденсируется здесь и растворяет растворимые в воде составные части покрытия. Ими могут быть растворители, разбавители (разжижители), пластификаторы. Из-за увеличенного диаметра молекул эти вещества сами не могут диффундировать. Такой односторонне протекающий диффузионный процесс называется осмосом. Вода диффундирует дальше в пустоты и расширяет их, создавая высокое осмотическое давление, способное даже разрушить покрытие в этой области.

Во втором случае диффундирует сероводород (H_2S) - через покрытие, растворяется в конденсированной воде в порах бетона окисляется в сернистые кислоты, а затем в серную кислоту и разрушает бетон под покрытием.

Даже в диффузионно плотных покрытиях возможно образование пузырей и отслаивание происходит по следующим причинам:

1. В бетоне постоянно присутствуют поры. Они возникают, если в бетоне имеется вода, особенно в таких ситуациях:

а) труба внутри влажная, а снаружи сухая благодаря подстилающему слою (гравия или песка) - трубопровод над грунтовыми водами;

б) труба внутри сухая (газовая камера), а снаружи влажная -

трубопровод в грунтовых водах или над ними уложенный в водонасыщенный связный бетон.

в) локально различны протекающие процессы гидратации.

Через определенное время (в зависимости от водоцементного отношения и степени плотности) происходит регулирование концентрации. Наличие пористых мест или трещин в бетоне могут сократить продолжительность эксплуатации труб. Как показывают исследования, под герметичным покрытием в результате протекания описанных диффузионных процессов может возникать гидростатическое давление воды.

2. Проникая в капилляры бетона, вода создает капиллярное, гидродавление, которое может достигать 12 Бар. Вследствие этого происходит отслаивание плотного покрытия бетона, если он имеет незначительную прочность на сцепляемость.

Чтобы уменьшить образование пузырей в покрытиях из реактивных смол, рекомендуется применять только свободные от растворителей, полностью неомыляемые системы нанесения покрытий с небольшой набухаемостью от воды. Кроме того, необходимо предусмотреть, чтобы наносимый грунт не имел растворителей и использовался хорошо уплотненный бетон - таким образом можно препятствовать доступу воды к опасной обратной стороне покрытия. Указанное условие следует соблюдать, когда наносят покрытие на массивные элементы конструкции, имеющие низкую температуру.

При покрытии раствором на цементной основе подобные явления не наблюдаются из-за пористой структуры и ее собственной жесткости. В данном случае решающей является коррозионная стойкость. В покрытиях из эпоксидной смолы во избежание ее контакта с водой (причина набухания смолы) бетон перед аппликацией покрытия может быть гидрофобирован. При подаче воды в виде пара в негерметичном бетоне,

находящемся в земле, эти защитные меры со временем становятся недействительными.

Различают следующие методы нанесения раствора:

выпрессования (выдавливания, нагнетания, инъекирования);

вытеснения воды (водоизмещения);

напыления;

метод набрызга.

Планируя работы по нанесению покрытия раствором, необходимо учесть ряд факторов, которые влияют на качество и прочность покрытия.

Важнейшими из них являются:

внешние и внутренние нагрузки;

материал конструкций, на которые наносится покрытие, структура поверхности, ее прочность, степень загрязнения, влажность и температура; длительность эксплуатации конструкции;

время и продолжительность нанесения покрытия;

погодные условия на стройплощадке при выполнении работ;

возможность содержания в исправности коллектора;

состояние водосливного хозяйства.

К материалу, который используется для покрытия раствором, в канализационных сетях, должны предъявляться следующие требования:

хорошая сцепляемость и хорошая внутренняя связь системы;

устойчивость к воздействию щелочей;

устойчивость против напряжений в защитной среде, вызываемых деформацией, изменением влажности и температуры;

беспористость в случае применения реактивных смол;

незначительное набухание и усадка.

Используемые при покрытии растворы можно разделить на группы:

минеральные растворы (цементный, силикатный);

цементный раствор с применением искусственных материалов -

полимерцементный бетон (ГЩБ);

реактивные смолы - полимерный бетон (ПБ).

Рассмотрим растворы, нашедшие широкое применение при устранении повреждений конструкций в тоннельных коллекторах.

Использование покрытия на цементном растворе в качестве защиты от коррозии стальных и чугунных трубопроводов для питьевой воды было известно еще в начале нашего столетия, наносилось оно в заводских условиях или на месте. В обширных исследованиях и многочисленных публикациях на эту тему содержатся сведения о требованиях к покрытию, составе раствора, толщине слоя, роде аппликаций, способности противостоять коррозии.

Однако в канализационных сетях со сточными водами для ремонтно-восстановительных работ редко применяются чистые покрытия на цементном растворе, поскольку такие растворы имеют ряд недостатков: незначительную прочность на растяжение, большую хрупкость, склонность к образованию трещин, небольшую сцепляемость с некоторыми материалами трубопроводов, плохую устойчивость к химическому и биологическому воздействиям. Последний недостаток в значительной мере может быть компенсирован последующим нанесением покрытий из искусственных материалов или пропиткой такими материалами. При воздействии на конструкции серной кислоты в состав раствора вводят сульфатоустойчивые *HS*-цементы или применяют известесодержащие заполнители.

Хотя все марки цемента при воздействии серной кислоты обнаруживают одинаковое поведение, при «средней» степени воздействия следует использовать сульфатоустойчивые *HS*-цементы, так как серная кислота со значением $\text{pH} > 3$ испытывает большое воздействие сульфата.

Известесодержащие заполнители (твердый известняк) замедляют влияние биогенной сернокислотной коррозии. При этом образуется

труднорастворимый водосульфатный сульфат кальция, который придает бетону определенную прочность и тем самым защищает от дальнейшего проникновения коррозии. Опыт строительства в Южной Африке показал более высокий (в 3-5 раз) срок службы бетонов с известесодержащими заполнителями по сравнению с кварцитными. Результаты ряда исследований свидетельствуют, что использование таких заполнителей эффективно только в случае воздействия серной кислоты. При воздействии других кислот отчетливо проявляется незначительная чувствительность к кварцитным или магматическим заполнителям.

Поскольку поведение сортов цемента и заполнителей при кислотных воздействиях несколько различается, необходимы основательные исследования на пригодность их в качестве защиты от коррозии.

Коллоидный раствор готовят смешиванием в два приема. Вначале вода и цемент интенсивно перемешиваются в быстродействующей бетономешалке, так что бинарная система твердое вещество - жидкость цементного клея превращается в коллоид. Затем добавляют любые заполнители или ускорители твердения. Качество полученного таким способом раствора выше, чем обычного цементного. Прочность на растяжение и изгиб увеличивается на 14 Н/мм² (через 28 дней-на 12,5 Н/мм²) при добавке стекловолокна до 25Н/мм².

Используется также силикатный раствор - двухкомпонентный минеральный материал, состоящий из жидкого растворимого стекла (в качестве вяжущего) и кварцевой добавки. Этот материал отличается силикатным схватыванием (связью) заполнителей, которое достигается благодаря твердению щелочных силикатов, растворенных в компонентах жидкости. Для улучшения свойств свежего и твердого растворов или для урегулирования времени твердения к жидкому растворимому стеклу и к заполнителям могут добавляться наполнители и добавки. Силикатный раствор имеет повышенную устойчивость к кислотам, щелочам,

органическим растворителям и солям, повреждающим даже бетон. Его компоненты не содержат растворителей и не горят. Прочность на сжатие составляет более 100 Н/мм^2 , прочность на растяжение - около 12 Н/мм^2 .

Для улучшения прочности на изгиб и растяжение чистых цементных растворов, повышение их устойчивости к химическим воздействиям, а также диффузионного сопротивления предлагаются специальные добавки (эпоксидная смола, водостойкие реактивные смолы дисперсные и полимерные материалы) которые затвердевая вместе с цементом, превращаются в твердые искусственные вещества. Содержание таких добавок в растворе составляет примерно 10-15 % (содержание смолы менее 5 % недостаточно для создания однородной структуры с общим действием вяжущего из смолы и цементного камня). Благодаря добавке из смол возникают две системы: вяжущее (матрица цементного камня) и система искусственных материалов.

Если используются стабильные эмульсии из искусственных смол с размерами капелек не более нанометра (миллимикрона), затвердевшая смола заполняет мельчайшие пустоты гидратных кристаллов цемента и образует в цементном камне «органическую арматуру».

В последнее время делаются попытки использовать покрытия растворами на основе реактивных смол. Однако в этом случае следует учитывать, что срок службы таких смол может быть значительно меньше чем у минеральных материалов, в частности, чем у растворов на цементной основе. Это подтверждается данными из практики высотного и подземного строительства. В настоящее время отсутствуют примеры длительного использования покрытий на основе смол в канализационных сетях со сточными водами.

Растворы из реактивных смол содержат зернистые (гранулированные) и в некоторых случаях волокнистые наполнители (стекловолокно). Последние улучшают в первую очередь прочность

покрытия на растяжение и изгиб и уменьшают усадку. Стекловолокна, однако, не должны выступать из покрытия, так как вода, стекая вдоль них, может проникать в покрытия и разрушать его (капиллярный эффект). По этой причине последний слой обязательно наносят из чистой смолы.

Гранулированные наполнители улучшают прочность на сжатие, повышают прочность на истирание и уменьшают (при их высокой доле) усадку.

В качестве гранулированных (зернистых) наполнителей используется кварцевая мука или песок, распределение гранул которых должно как можно больше соответствовать идеальной кривой гранулометрического состава. Максимальная величина гранул должна быть меньше одной трети минимальной толщины слоя содержащейся в растворе воды и не должна превышать 0,2 % ее массы.

Материалы для покрытия из реактивных смол смешиваются из двух компонентов. Твердение происходит в результате химической реакции непосредственно после перемешивания компонентов. Скорость реакции зависит от температуры и значительно влияет на процесс твердения.

Толщина покрытия определяется содержанием в нем растворителя. Можно получить толстое покрытие благодаря использованию материалов с малым содержанием растворителя или не имеющего его вовсе.

В покрытиях из реактивной смолы необходимо учитывать различные термические коэффициенты. Если коэффициенты теплового расширения смолы и основания различаются, то при изменении температуры происходит нежелательное изменение сцепляемости.

Необходимо также принять во внимание, что реактивная смола при твердении дает усадку 4-8 % объема. Эта цифра зависит в первую очередь от степени сцепления различных типов смол, а затем уже от вида смол. Мягкие, гибкие реактивные смолы сцепляются сильнее и имеют поэтому меньшее значение Е-модуля, чем твердые высокосцепляемые.

Сцепляемость материалов покрытия на основании в большой степени определяется влажностью основания. В принципе с реактивными смолами нужно работать только на сухом основании, хотя сегодня мировая практика уже знает водоневосприимчивые даже перерабатываемые под водой смолы. И все же опыт показывает, что сцепляемость тем лучше, чем суше основание. На процесс высыхания главным образом влияют следующие факторы: относительная влажность воздуха, окружающая температура, движение воздуха, поверхность испарений, структура строительных конструкций и их толщина.

Под ненасыщенными полиэфирными смолами (НПО) понимают растворы ненасыщенных полиэфиров в полимеризованном жидком мономере. Полимеризация (твердение) вызывается органическими пероксидами (в качестве, достаточном для реакции катализа) в сочетании с ускорителями.

Благодаря способности быстро сокращаться в объеме они перерабатываются как высокозаполненные или тощие, т.е. имеют небольшое количество вяжущего в растворе.

Полиэфирные смолы устойчивы к кислоте, к окисляющим кислотам средней концентрации, к растворам солей, бензина и масла; неустойчивы к кетонам, фенолам и хлорированному углеводороду.

Полиэфирные смолы (за исключением некоторых типов) малоустойчивы к щелочам, поэтому применяются для бетона с грунтовкой. Обрабатываемые основания и заполнители должны быть сухими. Покрытия нужно защищать от сырости, пока оно не затвердеет. Температура переработки смеси 15-20° С. Температура воздуха и покрываемой поверхности не выше 15° С. Максимальная влажность и оптимальная водо-химическая устойчивость должны достигаться только благодаря последующему термическому твердению.

Покрытия из эпоксидных смол (ЭС) получают в результате

реакции ступенчатой полимеризации эпоксидных смол с отвердителями, содержащими преимущественно аминогруппы. Покрытия из ЭС отличаются высокой прочностью, хорошей сцепляемостью и химической устойчивостью (против растворителей, солей, щелочей и кислых сред). Благодаря высокой щелочеустойчивости ЭС особенно эффективны для покрытия, бетона.

При переработке ЭС необходимо с особой точностью соблюдать пропорции смешивания и тщательно перемешивать компоненты, а также учитывать срок жизни смолы и температуру твердения, которая должна составлять $+10^{\circ}\text{C}$. Температура переработки и смешивания допускается в пределах $15-25^{\circ}\text{C}$. Толщина слоя покрытий из ЭС с растворителями или без них может быть различной. Основание в любом случае, должно быть сухим. Существуют специальные системы позволяющие наносить покрытия из ЭС на влажные поверхности, однако при этом не достигается оптимальная прочность на растяжение при сцеплении (хотя во многих случаях она считается удовлетворительной).

Полиуретан (ПУ) - это химический термин для гибких и твердых искусственных материалов, которые изготавливаются из полиспиртов и полиизосианатов. Реакция твердения происходит как ступенчатая полимеризация двух компонентов смешиваемых в точной пропорции. Полиуретан находит очень широкое применение благодаря своим высоким качествам: растяжимости (эластичности), прочности на истирание, химической устойчивости (к кислотам, щелочам, растворам солей, растворителям), которая тем больше, чем выше твердость покрытия. Растворителесодержащие полиуретановые смолы (ПУС) позволяют получать тонкие покрытия.

Покрытия на основе ПУС вступают в реакцию с водой, поэтому поверхность, на которую оно наносится, не должна иметь следов влаги. При добавлении адсорбирующей воды во время твердения могут

образовываться пузыри. Относительная влажность воздуха при нанесении двухкомпонентных систем ПУС допускается до 70 %. Температура окружающего воздуха, основания и смешиваемых составных частей не должна превышать +5⁰С.

ПУС могут применяться в сочетании с другими материалами, например с эпоксидными смолами.

Полиметилметакрилатовые смолы (ПММКС) - это полимеры из мономерных или предварительно полимеризованных метилметакрилатов с модифицированными компонентами. Твердение их идет благодаря органическим пероксидам.

В зависимости от типа смолы и модификации можно изготавливать (в зависимости от требований) как твердые, так и мягкие покрытия устойчивые к сырости, слабому выщелачиванию, кислотам солям и растворам. Их устойчивость к растворителям зависит от содержания высокомолекулярных сложных эфиров - метакрилатов. Смолы затвердевают очень быстро. При нормальной температуре - в течение нескольких часов. Температура окружающего воздуха и температура основания при этом должна быть не ниже + 1⁰С.

Недостатком данного вида смол является неприятный запах при обработке и во время твердения, а также тот факт, что эти горючие смолы образуют с воздухом пары горючих смесей.

ПММКС относительно быстро сокращаются в объеме при твердении (усыхают), что необходимо учитывать при использовании.

Внутренние поверхности конструкций перед нанесением смол должны быть подготовлены перед любым способом покрытия для создания основания с необходимой несущей способностью.

Загрязнения, собственные и чужеродные разделительные слои, гладкая поверхность и незакрепленные части ослабляют сцепляемость материалов покрытия и должны устраняться механическим или

химическим способом.

Особое внимание следует обратить на возможное отложение жира так как его всегда трудно удалять.

Подводя итоги сказанному, можно сделать вывод, что предварительная обработка бетонной поверхности может существенно влиять на прочность наносимого материала на растяжение. На поверхности, куда наносится покрытие, не допускаются следы влаги. Вода не должна проникать в эту область. Негерметичные места необходимо уплотнять.

Гибкие и пластичные уплотнители, а также материалы для герметизации швов не должны смешиваться с материалом покрытия, в противном случае уже через короткое время образуются трещины в надрезах и происходит разгерметизация швов (разрыв на боковой стороне шва, разрыв уплотнения швов).

В непроходимых каналах покрытие, как правило, изготавливают сплошным (непрерывным). В фильтрующей грунтовой воде соединения труб необходимо заранее уплотнять, а остатки уплотняющего материала удалять из канала. На трещины с подвижными краями не допускается наносить покрытие обычным образом. Края следует обрезать или заделать, а трещины заполнить материалом покрытия.

Особого внимания заслуживают разработанные в последние годы методы восстановления трубопроводов без их разрушения.

При появлении в стенах тоннельных коллекторов полостей (рис. 7.2, 7.3) в отечественной и зарубежной практике используются методы инъектирования, однако из-за высокой стоимости инъектирования предпочтение отдают, как правило, более приемлемому с экономической точки зрения варианту.

При использовании метода набрызга раствора необходимо предварительно восстановить профиль канала.

Если основание отсутствует или сильно коррозировано, это можно осуществить путем нанесения раствора калибровочным прибором, специальным вытесняющим телом или калибровочным аппаратом, работающим по принципу «сдавливающего ящика squeeze=Box».

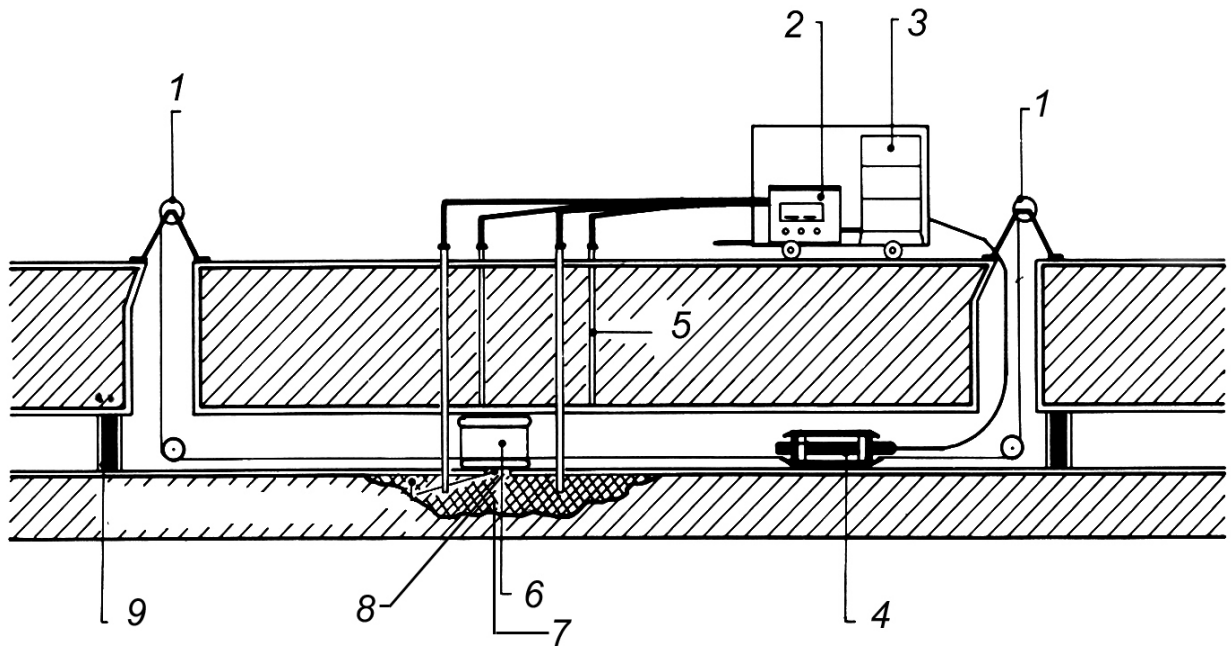


Рис. 7.2. Схема наружного инъецирования поврежденного коллектора:

1 – лебедка; 2 – инъекционный насос; 3 – средства инъекции; 4 – канальная телекамера; 5 – инъекционные трубы; 6 – перемещающаяся в коллекторе ремонтная колба; 7 – инъецируемая полость; 8 – неплотное место; 9 – запрессованная колба.

При больших отверстиях и поломке труб можно использовать пакер (трубный сальник, почвоуплотнитель), с помощью которого токсотропный и быстросхватывающийся раствор впрессовывается в эту область.

Если применяют покрытия бетоном, шприцбетоном или цементным раствором, поверхности следует обрабатывать так же, как в случае

использования покрытий на основе реактивной смолы. Сухие и водопоглощающие основания необходимо смачивать (рис. 7.4).

При использовании метода нагнетания образуется кольцевое пространство (благодаря находящейся в канале опалубке). В это кольцевое пространство вдавливаются соответствующие растворы или бетон на цементной основе из реактивных смол. Работы можно проводить как в проходимых, так и в непроходимых поперечных сечениях. После достижения требуемой минимальной прочности опалубку удаляют. Примером использования метода нагнетания в проходимых каналах является расширение или обшивка тоннелей и штолен с помощью обычных для подобных случаев опалубок. При этом применяются катучая переставная опалубка или специальные шунтовые машины. Для укладки в опалубку бетона или для распалубки в зависимости от величины тоннельной опалубки используется механическое или гидравлическое оборудование. Бетон перекачивается насосом или через отверстие в опалубке за опалубку, уплотняется внутренними вибраторами или вносится через патрубок снизу либо через торец опалубки и наконец уплотняется наружными вибраторами.

Коньковую область приходится часто прессовать инъекционными средствами для создания контакта с дефектным каналом. Такую контактную инъекцию надо выполнять как можно позже, сразу после твердения бетона, чтобы предотвратить усадочные деформации.

При этом методе могут также применяться наружные уплотнения новой оболочки: арматурные сетки или арматурный каркас (рис. 7.5). Кроме того, в процессе бетонирования можно создать внутреннюю антикоррозионную защиту путем укладки на обшивку опалубки прочных полихлорвиниловых плиток или мягкой полихлорвиниловой фольги.

Используется бетон, подающийся насосами.

Установлена высокая ранняя прочность бетона покрытия, выполненного методом нагнетания, которая допускает эксплуатацию восстановленного канала уже через 12 ч после окончания бетонирования.

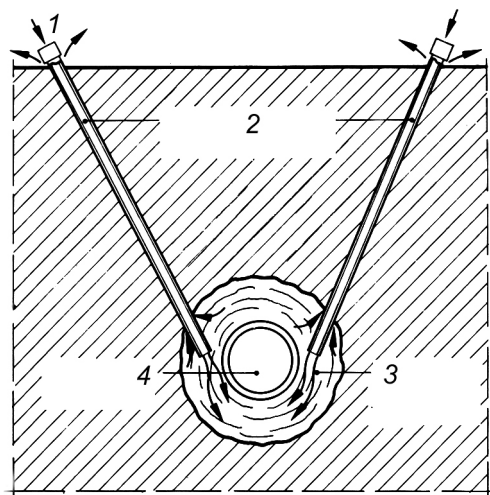


Рис. 7.3. Целенаправленное устройство ограниченной надземной полости:

1 – подача и выход инъекционного материала; 2 – трубы для подачи инъекционного материала; 3 – незаполненная полость; 4 – коллектор.

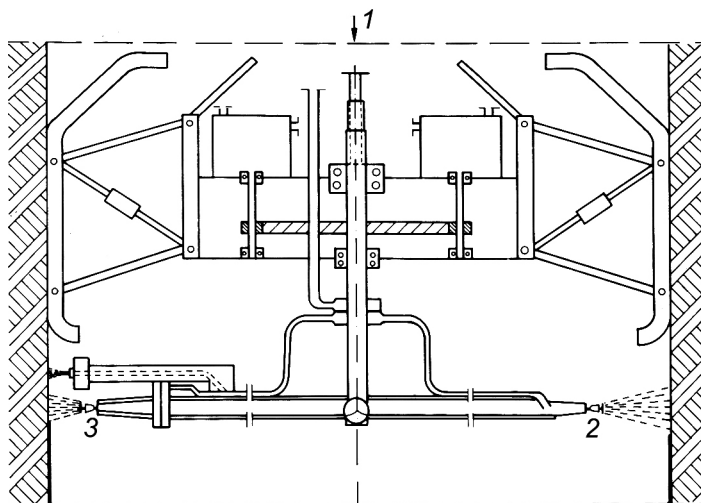


Рис. 7.4. Усиление стен коллектора методами сухого и мокрого шприц-бетонирования:

1 – строительный материал; 2 – быстросхватывающийся строительный материал; 3 – коллоидный цемент.

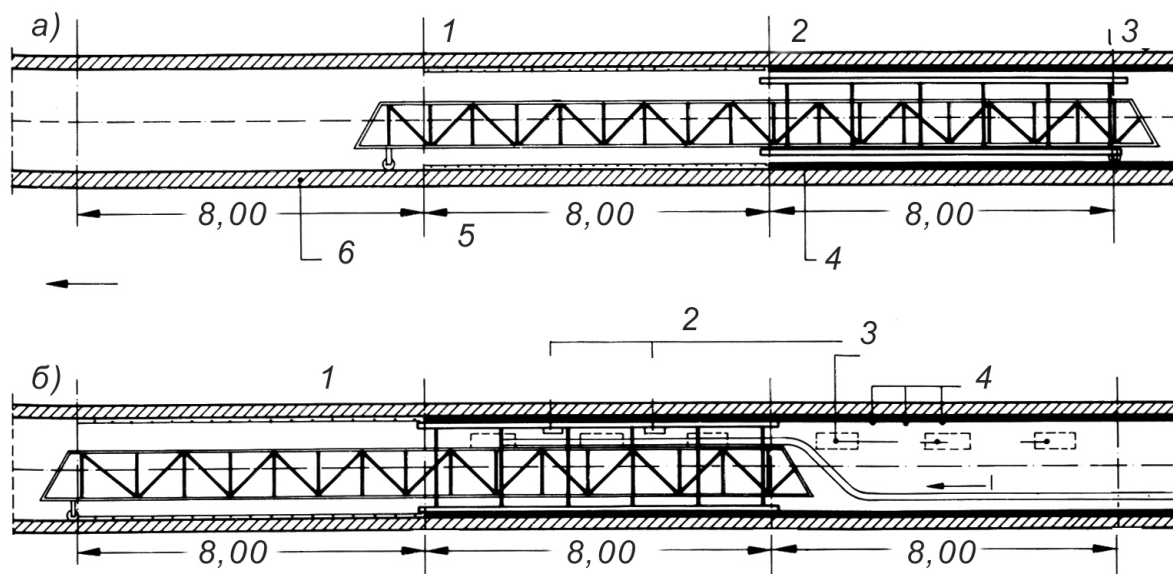


Рис. 7.5. Восстановление обделки тоннельного коллектора:

а – фаза 1; 1 – арматура; 2 – внешний слой; 3 – передвигаемая опалубка; 4 – железобетонная обделка; 5 – приспособление для передвижения опалубки; б – фаза 2; 1 – арматура; 2 – бетонные стойки в гребне конструкции перемещаемой опалубки бетонирования; 3 – окна для бетонирования; 4 – инъецирование.

С расширением поперечного сечения связано воздействие на статическую несущую способность канала. В таких случаях для избежания повреждений необходимо провести соответствующие исследования с применением реальных внешних нагрузок и выполнением краевых (граничных) условий.

Метод вытеснения заключается в том, что вытесняемое тело (его наружный диаметр соответствует толщине наносимого слоя и меньше внутреннего диаметра покрываемой поверхности) центрически вытягивается или сжимается через бьеф.

Находящийся перед ним материал покрытия попадает в щель между поверхностью и вытесняемым телом и придавливается этим телом к внутренней стенке трубы.

Самые известные методы вытеснения - Tate и Situment - разработаны еще в начале 30-х годов в Австралии для покрытия водоводов.

В тоннелях для сточных вод большое применение находил до сих пор Tate-метод: вытесняемое тело работает в комбинации с поршнем пресса. В качестве материала покрытия служит цементный раствор, который заполняется в предварительно дозированном количестве между поршнем пресса и вытесняемым телом. При протягивании последнего через трубопровод и одновременном противодействии поршня цементный раствор прессуется и намазывается на внутреннюю стенку трубы, так что в результате возникает слой обшивки толщиной 5 мм (рис. 7.6).

Акционерное общество подземно-высотного строительства ФРГ разработало двухслойную систему восстановления проходных каналов с использованием шприц-метода. В двухслойной системе первый слой служит анкерровкой (закреплением) для второго. Для первого слоя используется шприцбетон с полиакрилонитриловыми волокнами (ПАЕВ). Его изготавливают с применением вододиспергированной эпоксидной смолы, которая в 2 раза увеличивает относительное удлинение при разрыве, снижает модуль упругости, уменьшает реверберацию и придает тем самым прочность выравнивающему слою бетона на поврежденной поверхности канала.

После аппликации волокнистого шприцбетона он задерживается в процессе твердения на поверхности и потом смывается, так что волокна оголяются. Их заделывают в покрытие из реактивных смол, которое наносят в качестве второго слоя (рис. 7.7), чтобы находящаяся между покрытием из реактивных смол и бетонной поверхностью вода не создавала напора. Покрытие из искусственных материалов наносят под углом 270° . В нижней части, в основании канала, бетон остается без покрытия.

Работа выполняется в следующей последовательности:

глубокая очистка пор покрываемой бетонной поверхности водой (под высоким давлением - до 1200 бар);

заполнение глубоких дыр ПАНВ без волокнистых добавок;

нанесение ПАНВ с толщиной волокон до 2 см;

выравнивание поверхности шприцбетона и нанесение замедлителя (ингибитора) схватывания методом набрызга;

смывание цемента для оголения полиакрилонитриловых волокон (как фибр);

нанесение полиэфирного покрытия в три приема: грунтовка волокнистой фибры, закладка в нее стеклоарматуры и нанесение слоя для получения свободной от пор ровной и гладкой поверхности.

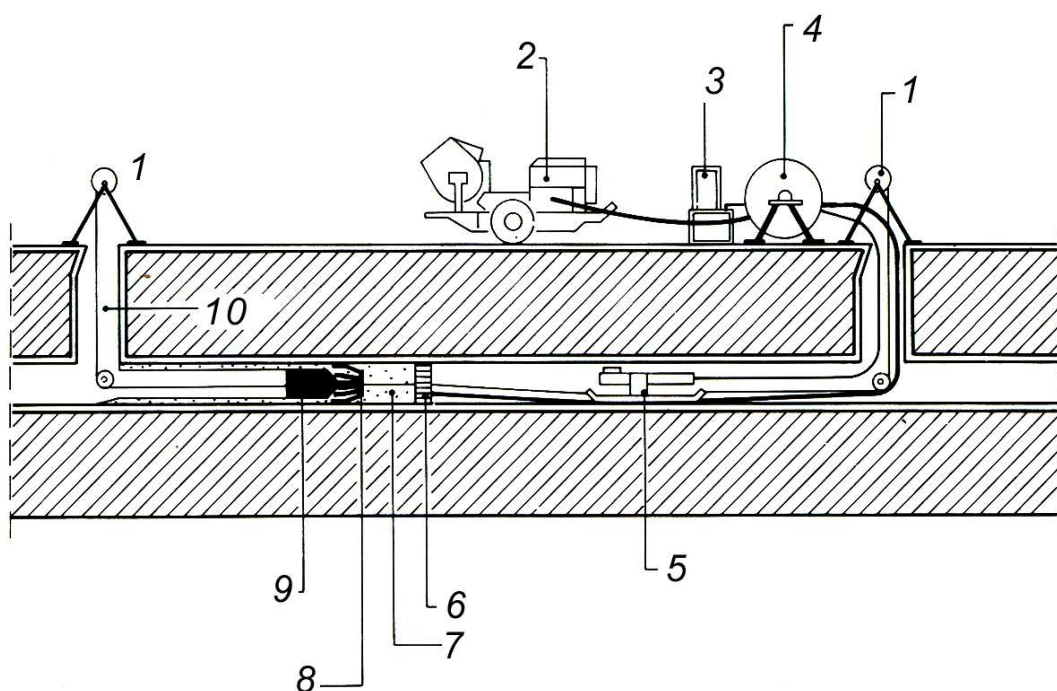


Рис. 7.6. Принципиальная схема метода вытеснения (Тате-метод):

1 – лебедка; 2 – насос и смешивающее устройство; 3 – щит управления; 4 – барабан со шлангами; 5 – телекамера; 6 – направляющее перо; 7 – цементный раствор; 8 – направляющее перо; 9 – вытесняющая головка; 10 – трос.

Описанная система покрытия, по данным фирмы, имеет следующие достоинства.

1. Выравнивающий слой волокнистого шприцбетона, используемый в качестве грунта для покрытия из реактивных смол не имеет трещин благодаря заделыванию водоземлюгаторной эпоксидной смолы в цементно-каменную матрицу.

2. Слой реактивной смолы (выполненный при первом применении в Гамбурге как сложный полиэфир, усиленный стекловолокном) обладает высокой устойчивостью к химическим воздействиям.

3. Покрытие из реактивных смол прочно сцепляется с основанием благодаря заделыванию в смолу и шприцбетон коррозионноустойчивых волокон.

4. Все слои наносятся методом набрызга, поэтому можно тут же на месте выполнить покрытие любой формы.

Центробежный метод нанесения покрытий состоит в том, что материал для покрытия выбрасывается через быстро вращающуюся головку центрифуги на внутреннюю стенку трубы. В водоводах покрытия, как правило, выравнивается специальным оборудованием. В каналах со сточными водами выравнивание возможно только в том случае, если нет смещения трубы и труба круглая. Поскольку в тоннелях со сточными водами подобное бывает крайне редко, там часто отказываются от выравнивания, оставляя поверхность необработанной.

Идея, на которой основан центробежный метод, была предложена еще в 1933 г. фирмой "Centriline" (США). Все применяемые сегодня методы нанесения покрытий представляют ее дальнейшую разработку и называются Centriline-методом.

Разработан он был преимущественно для водоснабжения, для труб или трубопроводов из стали или чугуна.

Центробежный метод имеет следующие преимущества перед другими методами нанесения покрытий:

- его применение не зависит от номинального внутреннего диаметра и длины бьефа;
- позволяет наносить покрытие на бетон, керамику, сталь, чугун, клинкерную кладку;
- допускает работу не только с цементными, но и с искусственно модифицированными цементными растворами или растворами с реактивной смолой;
- обеспечивает более высокую плотность покрытия по сравнению с методом вытеснения;
- дает возможность повышать несущую способность трубопроводов;
- позволяет варьировать толщину слоя;
- по сравнению с методом вытеснения дает меньше повреждений при выступе частей труб, угловом смещении и больших допусках размеров труб и форм поперечного сечения;
- обеспечивается высокая производительность - примерно 150 м в день (от одного до двух бьефов);
- присоединительные каналы не являются существенной помехой в работе.

Вместе с тем центробежный метод имеет ряд недостатков:

- подлежащие восстановлению участки и присоединительные каналы должны быть выведены из эксплуатации;
- основание необходимо тщательно подготавливать в зависимости от выбранного материала покрытия;
- наносить покрытия можно преимущественно при круглом поперечном сечении труб;
- выравнивание поверхности возможно только в круглых водоводах без выступов трубы.

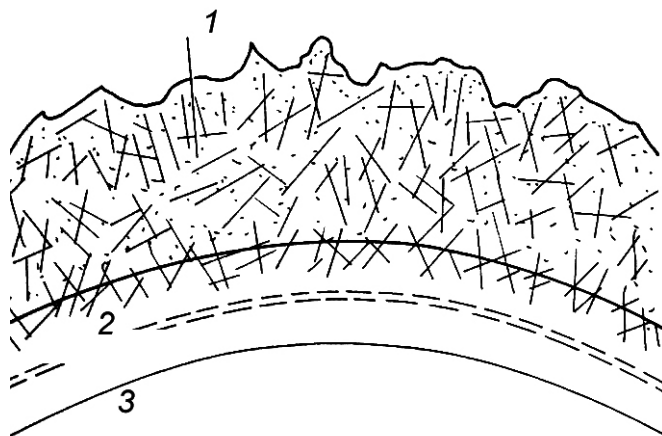


Рис. 7.7. Нанесение шприц-бетонного слоя с использованием в качестве анкеров фибры из стекловолокна:

1 – шприц-бетон с синтетическими волокнами; 2 – стеклоткань; 3 – полиэстер с прокладкой из стеклоткани.

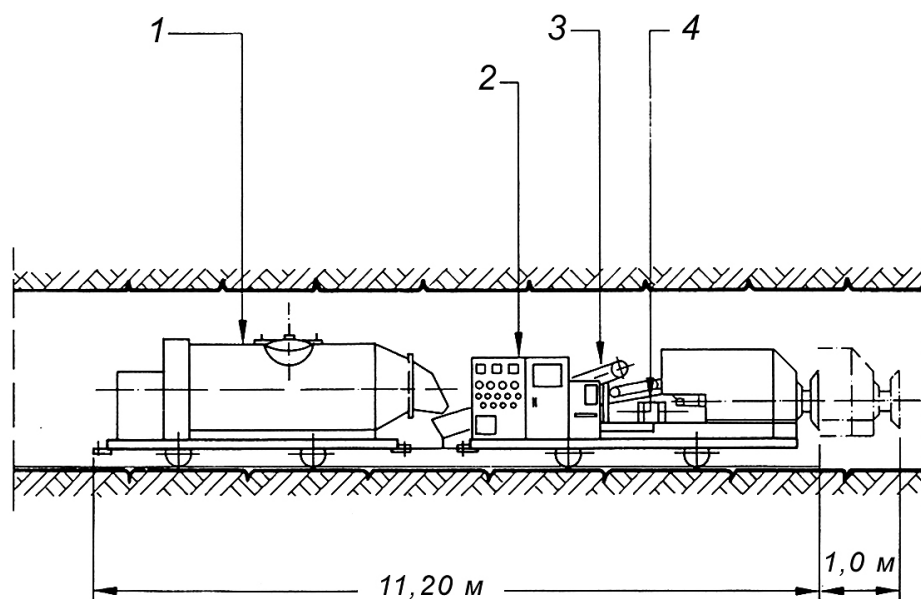


Рис. 7.8. Dynamicrocrete набрызг-машина с устройством для изготовления бетона:

1 – емкость с материалами; 2 – щит управления; 3 – транспортер; 4 – механизм сжижения.

Расходы на восстановление по центробежному методу составляют примерно 20-50 % затрат на укладку нового трубопровода.

Оригинальный метод облицовки тоннелей разработан в Японии, однако применение его для нанесения покрытий в тоннелях со сточными водами неизвестно.

Движущаяся по рельсам центробежное устройство с помощью специального диска наносит на стенки тоннеля бетон с максимальной величиной фракций зерна 15 мм. Производительность - 4-5 м³/ч. Бетон подается по шлангопроводу или трансферкаром вагоном-прегрузателем (рис. 7.8);

В 1984 г. в Англии разработан метод (CSL Polyspray) покрытия трубопроводов или их участков растворами из реактивных смол. Покрытие наносится с помощью центрифуги, состоящей из смесительной камеры, секции желирования и насадки с приводом для разбрызгивания раствора. Оба компонента полиуретановой смолы перекачиваются насосами в смесительную камеру и там интенсивно перемешиваются вмонтированным в камеру пластмассовым статик-смесителем.

Между смесительной камерой и насадкой для разбрызгивания находится секция желирования, где происходит самая первая реакция и застуднение смеси (чтобы смола не стекла по стенкам трубы). Секция желирования имеет подающий шланг, длина которого в зависимости от диаметра и скорости прохождения смеси составляет от 1 до 3 м.

Насадка для разбрызгивания приводится в действие давлением воздуха и представляет собой конусообразную воронку с отверстиями для выхода смолы; скорость вращения - 10 000 об/мин (рис. 7.9).

Широкое применение в высокоразвитых странах, таких, как ФРГ, Англия, США и др., находит облицовка стен тоннелей плиточными материалами.

Плиточные материалы предназначены для футеровки конструкций, работающих в агрессивных жидких и газообразных средах. В кислых средах (в том числе в плавиковой кислоте) применяют прессованные антегмитовые плитки АТС. Антегмит представляет собой смесь углеграфитового прессовочного порошка с фенолоформальдегидной смолой. Высокой химической стойкостью обладают плитки из полиметилметакрилата, которые получают методом литья. На рис. 7.10 представлена схема крепления плит к стенам тоннеля.

Проведенный анализ основных методов восстановления конструкций тоннельных коллекторов дает основание сделать вывод, что в этой области накоплен достаточный опыт, особенно в индустрии высокоразвитых стран. При выборе того или иного метода и материалов в каждом конкретном случае необходимо руководствоваться условиями производства работ, показателями агрессивности среды, а также экономическими критериями.

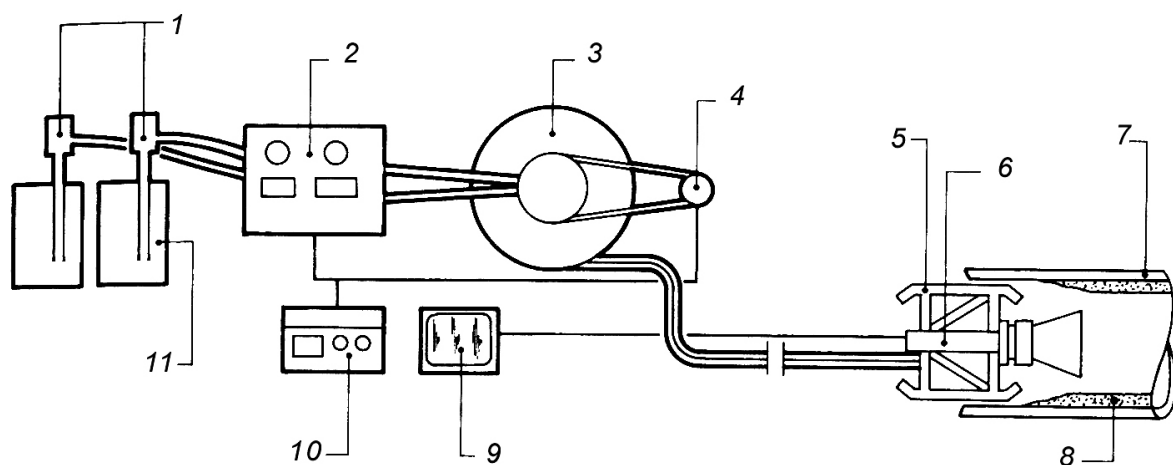


Рис. 7.9. Система восстановления конструкций «Polyspray»:

1 - транспортный насос; 2 - дозировочный насос; 3 - барабан со шлангами; 4 - мотор лебедки; 5 - каретка; 6 - камера; 7 - канал; 8 - нанесение слоя; 9 - монитор; 10 - компьютер; 11 - емкости с полиуретановой смолой.

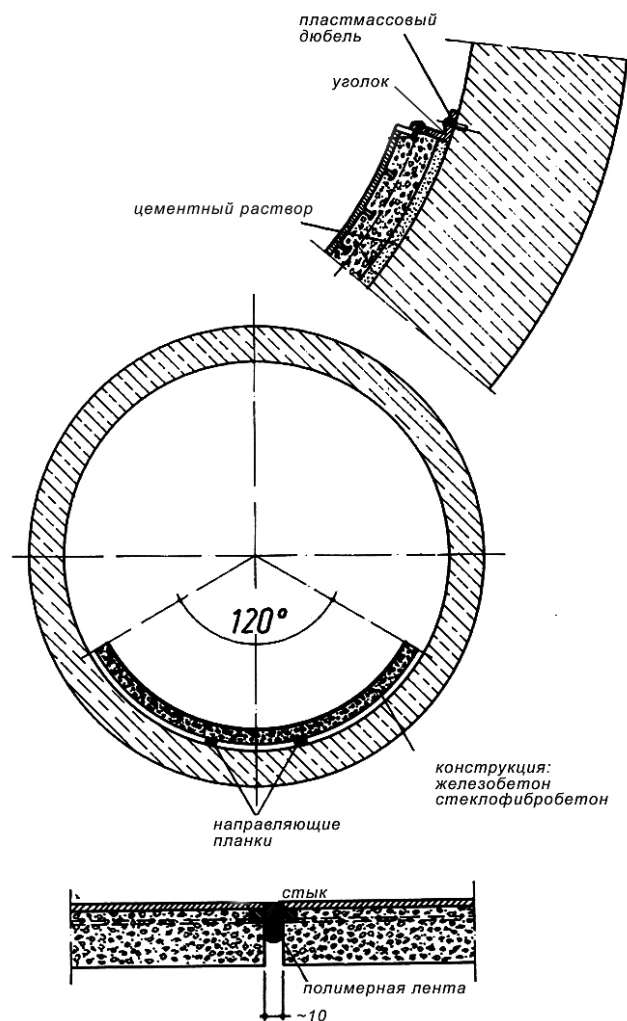


Рис. 7.10. Установка облицовочных листов из искусственных материалов в подошве тоннеля.

7.3. Метод вставок для ремонта поврежденных трубопроводов

Большое распространение получило в последние годы восстановление трубопроводов методом введения в разрушенную трубу новой. При этом используются трубы с различным сочетанием материалов из которых они изготовлены.

Железобетонные и бетонные трубы с футеровкой из керамики или пластмасс (многослойные трубопроводы) характеризуются высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью. Бетонно-керамическая труба представляет собой железобетонную трубу с

керамической футеровкой. Бетонно-пластмассовые трубы имеют внутреннюю, а иногда и внешнюю поверхность из мягкого поливинилхлорида. Связь с бетоном достигается благодаря Т-образным ребрам из жесткого поливинилхлорида, заанкеренным в бетоне. Заводы – изготовители поставляют многослойные трубы практически любых размеров.

Керамические трубы изготавливают из глины с добавкой шамота и покрывают глазурью. После выдержки в камере обжига в течение трех суток при температуре до 1250 °С материал трубы из пластического состояния переходит в твердое. Керамические трубы выдерживают наименьшую разрушающую нагрузку по сравнению с таковой у труб из других материалов.

Глазурь, имеющая состав, близкий к составу стекла, практически водонепроницаема, обладает высокой стойкостью к истиранию и шероховатостью от 0,20 до 0,15 мм. Эти значения шероховатости говорят о хороших гидравлических свойствах. Керамические трубы не подвержены коррозии под действием агрессивных веществ и устойчивы почти во всех средах, кроме плавиковой кислоты. Поэтому область применения таких труб не ограничена.

У пластиковых труб два очень важных достоинства – они обладают химической стойкостью и имеют гладкую поверхность. Отложения в них благодаря этому отсутствуют. Для закрытой подземной прокладки за рубежом используют трубы из упрочненной стекловолокном пластмассы, с усиленной стеклопластиком средней частью, воспринимающей осевое давление. При использовании метода вставок ремонтно-восстановительные работы ведутся закрытым (бестраншейным) способом с использованием смотровых колодцев и специальных ниш траншейного типа. На схеме протягивания нитки трубопровода из отдельных труб с растягивающим усилием (рис. 7.11) видно, что на первую, находящуюся в

пусковой шахте, трубу насаживают специальное устройство, к которому крепится тяговый канат. Затем трубу протягивают по поврежденному трубопроводу так, чтобы ее конец находился в стартовой шахте. Следующая труба соединяется путем зеркальной сварки, резьбового соединения, штепсельного разъема и затем с помощью лебедки протягивается от стартовой до следующей за ней шахты.

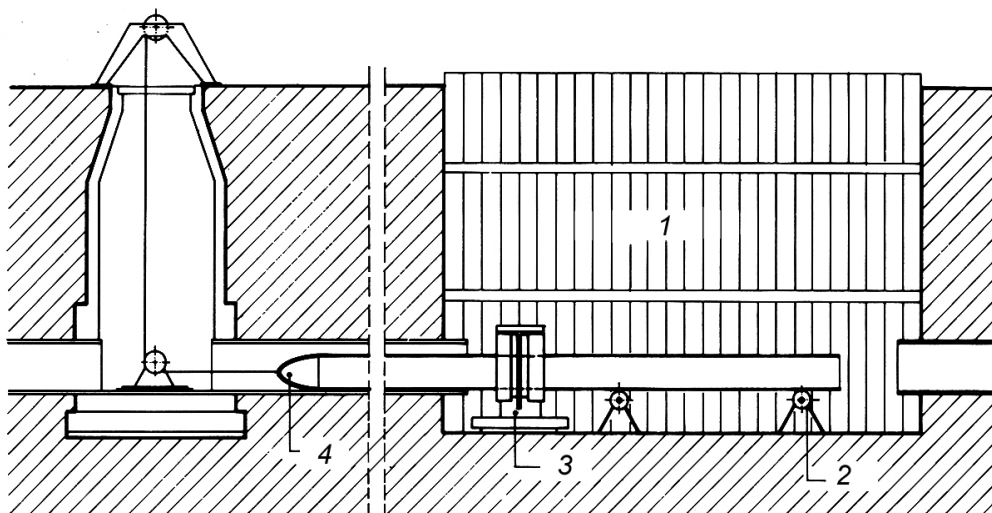


Рис. 7.11. Метод протягивания новых труб в поврежденный трубопровод: 1 – стартовая шахта; 2 – поддерживающие ролики; 3 – сварочный агрегат; 4 – крепежный элемент для троса.

Заслуживает внимания метод, при котором растягивающих усилий между новыми трубами не возникает. Тяговый канат, находящийся внутри нового трубопровода, крепят к опорной траверсе, а ее – к торцу каждой вновь устанавливаемой для наращивания трубы. Поскольку трубы работают только на сжатие, испытывать их на растягивающее усилие нет необходимости (рис. 7.12). Протягивание осуществляется с помощью лебедки. Недостатком метода является то, что в процессе протягивания может произойти перекашивание труб, их смещение, образование трещин. Вероятность этого возрастает, если наружная поверхность восстанавливаемой трубы неровная. В таких случаях проводят

дополнительные мероприятия: на внутренней трубе устанавливают специальные фиксаторы или передвижные транспортные зажимы со скользящими полозьями либо роликами.

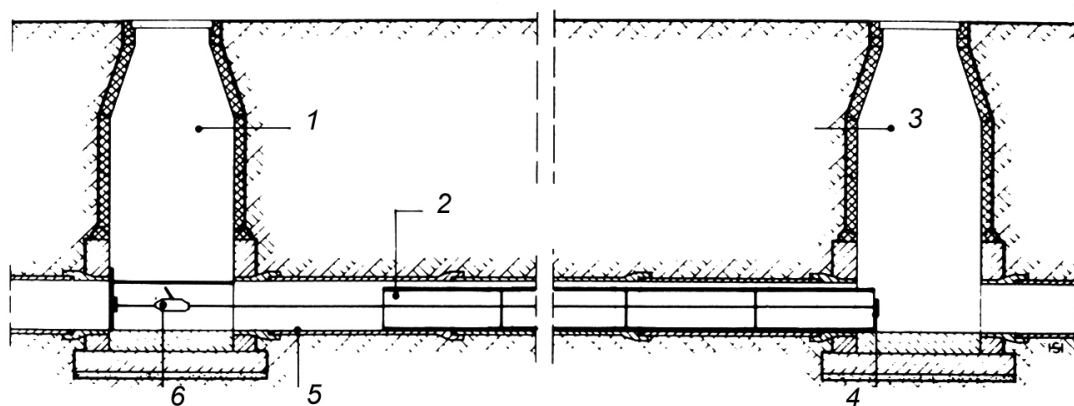


Рис. 7.12. Монтаж нового трубопровода без растягивающих усилий: 1 – целевая шахта; 2 – новые трубы; 3 – стартовая шахта; 4 – опорная траверса; 5 – поврежденный трубопровод; 6 – лебедка.

В протяженных бьефах могут возникнуть деформации при продольном изгибе. Чтобы избежать этого, вводят внутрь монтируемой новой трубы дополнительные тросы. Трубы протягивают через подлежащий санации трубопровод по отдельности и внутри соединяют.

Для фиксации нити трубопровода необходимо точно установить первую трубу в целевой шахте (рис. 7.13). Трубы с непроходимыми площадями поперечных сечений протягивают с помощью продуваемого пакера – трубного сальника для скважин, устанавливаемого на трубе, или специального приспособления для перемещения трубы (рис. 7.14), которое имеет на конце отгибатель краев кверху. Процесс осуществляется с помощью конического наконечника, который укрепляют на вновь устанавливаемой трубе. Сварка труб между собой может производиться через индикаторную катушку, вмонтированную в пакер с помощью индикаторной сварной ленты. Пакер, служащий одновременно каркасом для протягивания, располагают так, чтобы индикаторная катушка

находилась в области соединения труб. Чтобы снизить сопротивление, возникающее в процессе протягивания, а также предотвратить перекосы и повреждения, используют салазки или полозья.

При методе выдвигения (выдвижном методе) трубы соединяют в стартовой шахте и монтируемую нитку трубопровода каждый раз передвигают по старому трубопроводу на расстояние одной трубы.

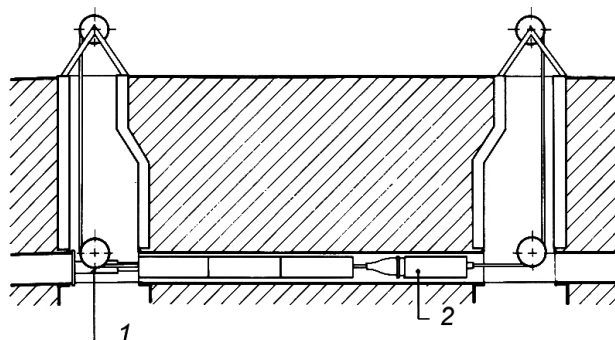


Рис. 7.13. Метод протягивания отдельных труб с фиксацией первой трубы в целевой шахте: 1 – фиксация трубопровода; 2 – вводимая труба.

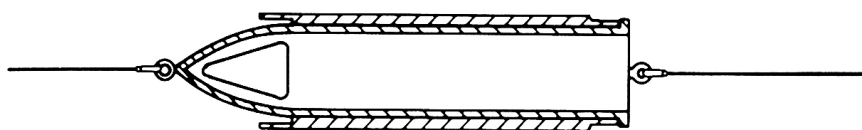


Рис. 7.14. Приспособление для протягивания отдельной трубы.

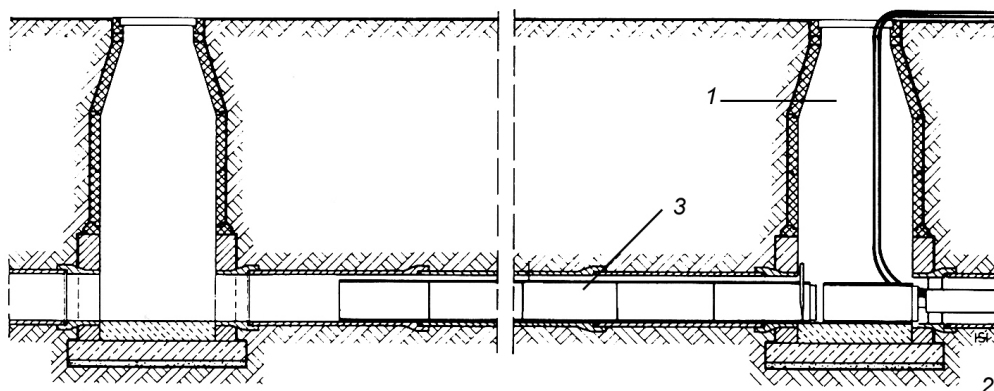


Рис. 7.15. Передвижение труб с помощью гидравлических домкратов: 1 – целевая шахта; 2 – гидравлические цилиндры; 3 – вводимые трубы (Inlinerrohr).

Одним из часто используемых простых способов перемещения труб является их передвижка вручную. Это возможно, если: масса трубы невелика; расстояние, на которое перемещают трубы, небольшое (в зависимости от длины вставок); стенки трубопровода, подлежащего санированию, гладкие. В противном случае трубы передвигают с помощью гидравлических домкратов (рис. 7.15).

Метод спуска отличается от описанных методов тем, что усилие, необходимое для перемещения трубы, прикладывается не непосредственно к трубе, а к оборудованию, на котором перемещается труба. При этом используют сани с полозьями, колесную тележку, тележки на рельсах (рис. 7.16); вилочные погрузчики, монорельсовую подвесную дорогу (рис. 7.17). Перечисленные приспособления могут передвигаться вручную и с помощью лебедки.

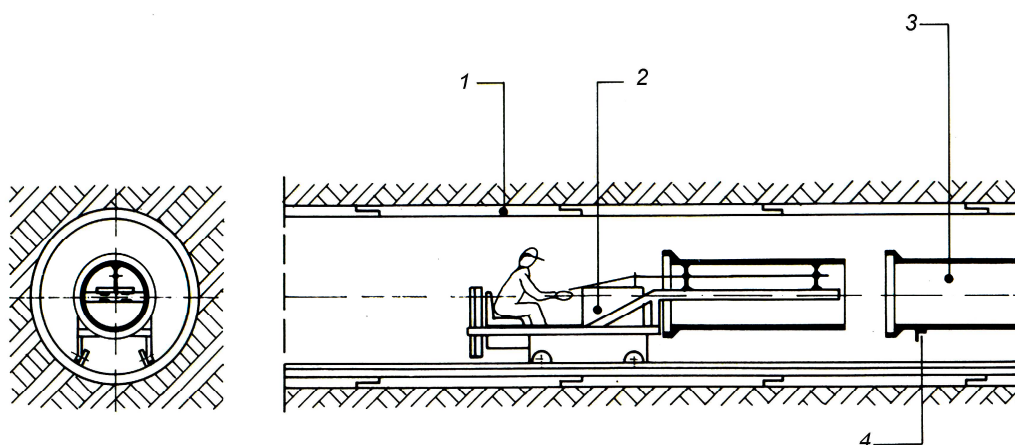


Рис. 7.16. Перемещение труб с помощью тележки на рельсах: 1 – коллектор большого диаметра; 2 – автокар; 3 – керамическая труба; 4 – элемент опирания трубы.

Большой интерес представляет метод «Релайнинг» (Relining): в бьеф вводится пропитанный смолой шланг, который затем припрессовывается к внутренней стене, затвердевает и превращается в так называемую «трубу–Insitu».

В зависимости от способа введения шланга в saniруемый бьеф различают следующие методы: «Insitu-форма», «Copeflex», «KM-Inliner».

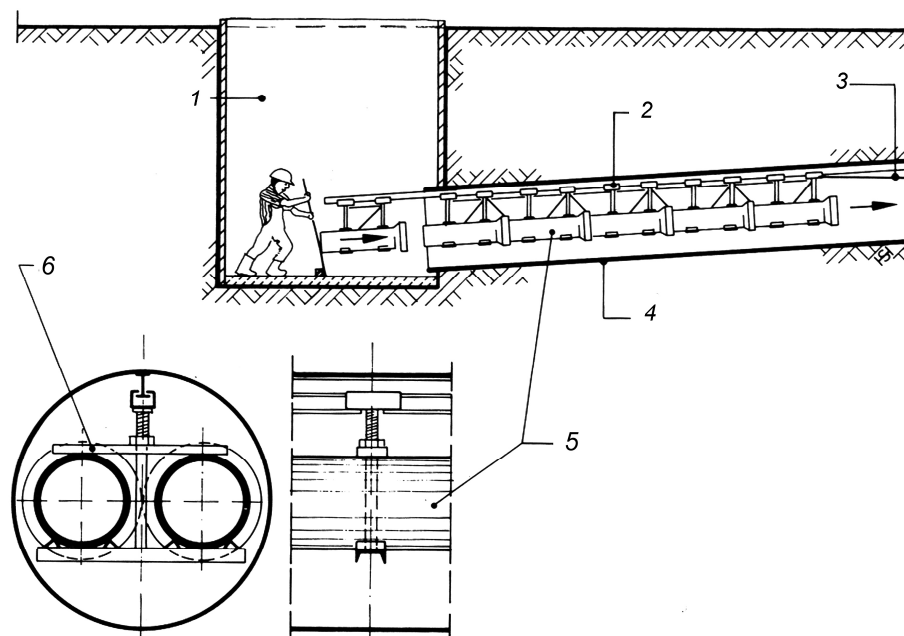


Рис. 7.17. Перемещение труб с помощью монорельсовой линии: 1 – стартовая шахта; 2 – рельсовый путь; 3 – тяговый трос; 4 – существующий трубопровод; 5 – керамические трубы; 6 – подвесное устройство для труб.

Одним из наиболее часто используемых является метод, разработанный в 1971 г. в Великобритании и запатентованный как «Insitu-форма». При этом методе гибкий, пропитанный синтетической смолой полиэстровый шланг из нетканого материала под напором воды вводится в saniруемый бьеф. Твердение смолы происходит благодаря нагреванию содержащейся в шланге воды (рис. 7.18).

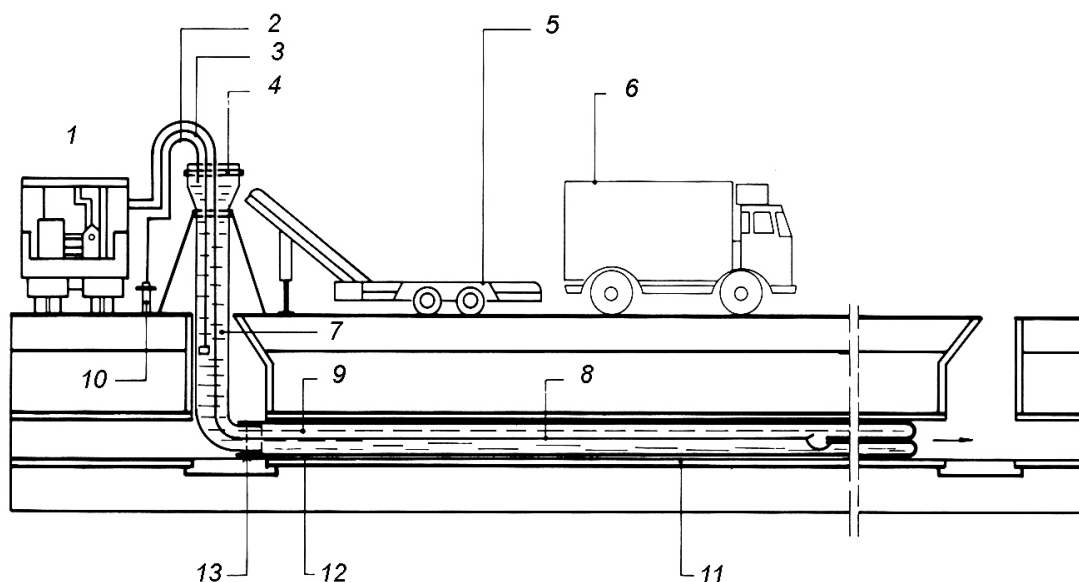


Рис. 7.18. Метод «Insitu-форма»: 1 – насос с агрегатом для подогрева; 2 – шланг для холодной воды; 3 – всасывающая труба; 4 – оборудование для ввода труб и шланга; 5 – конвейер; 6 – автомобиль рефрижератор; 7 – инверсионная труба; 8 – шланг с горячей водой; 9 – заполнение холодной водой; 10 – гидрант; 11 – санируемый канал; 12 – пропитанный смолой войлок из полиэстра; 13 – ввод в санируемый канал.

Метод «Coreflex» предложен французской фирмой и используется с 1977 года. Шланг для протягивания в санируемый трубопровод изготавливают из смолоабсорбирующего (поглощающего смолу) материала толщиной 2–10 мм, например из слоев нетканого материала (войлока и стеклоткани), между которыми могут укладываться незакрепленные стекловолокна.

Материал шланга, подгоняемый по размерам к санируемому трубопроводу, пропитывается эпоксидной смолой. После этого происходит сшивание мата в шланг. На мат предварительно укладывают фольгу из ПВХ, размеры которой с одной стороны подгоняются к внутреннему диаметру шланга, а с другой стороны – к длине бьефа санируемого трубопровода. Затем пропитанный шланг втягивается лебедкой из

смотрового колодца в заранее очищенный и освобожденный от наносных отложений санируемый бьеф (рис. 7.19). При нагнетании сжатого воздуха или воды под давлением 0,1–0,5 бар фольга расширяется и шланг прижимается к внутренней стене.

Время реакции смолы можно регулировать нагревом воды или электрическим подогревом благодаря нагревательной проволоке, вмонтированной в фольгу шланга. В течение 3–8 ч (в зависимости от температуры) поддерживается внутреннее давление. После этого фольгу шланга удаляют, причем она может быть использована в дальнейшем.

Метод «KM-Inliner» был разработан в 1985 г. группой «Канал–Мюллер» (ФРГ). Шланг «Inliner» состоит из поглощающего смолу нетканого материала подкладки, например из войлока или ватного холста (мычки), полученного на основе прочеса и усиленного стекловолокном, а также из внешнего слоя покрытия, например полиуретана (рис. 7.20). В этот шланг на заводе или на строительной площадке вводят распределяемую вальцами смолу в количестве, превышающем меру насыщения. Затем обработанный шланг втягивается в санируемый бьеф и одновременно специальным вальцем пробиваются отверстия в наружном слое шланга. Расширение и придавливание шланга к стенкам трубы происходит с помощью вспомогательного или калибровочного шланга.

Во время расширения избыточная масса вытесняется через отверстия в наружном слое покрытия, заполняя трещины, поры и другие пустоты. Твердение смолы происходит в результате нагревания воды в шланге.

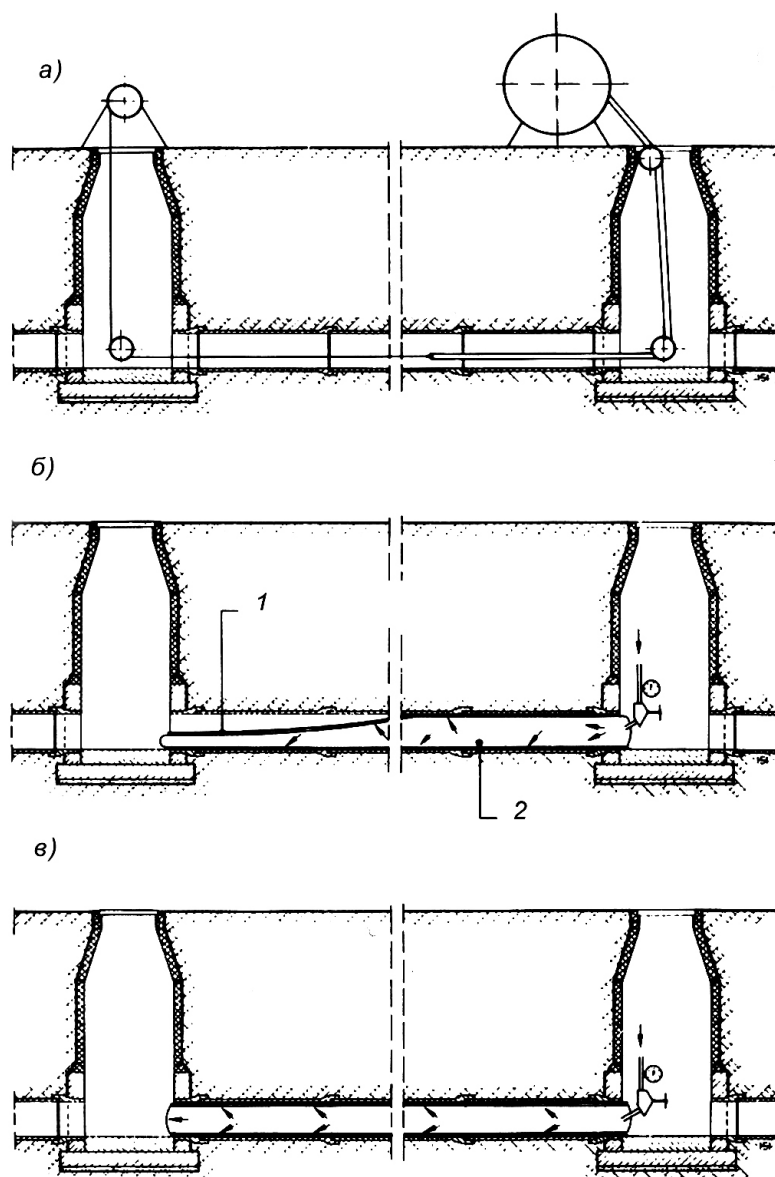


Рис. 7.19. Метод «Coreflex»:

а — протягивание шланга; *б* — заполнение шланга водой; *в* — нагревание воды и приклеивание шланга: 1 — шланг, пропитанный смолой; 2 — облицовка разрушенного трубопровода.

После успешной полимеризации калибровочный шланг удаляют, его можно использовать повторно.

Основные широко применяющиеся методы закрытого ремонта трубопроводов систематизированы и сведены в таблицу (табл. 7.2).

Ремонт конструкций трубопроводов разного назначения приводит к уменьшению в той или иной мере размеров внутренней площади поперечного сечения трубопровода, так как при ремонте на внутреннюю площадь поверхности трубопровода либо наносится покрытие, либо в трубопровод вводится труба–вкладыш с последующим расширением вкладыша или заполнением межтрубного зазора раствором.

В опубликованных источниках нет сведений о составе заполняющих растворов, о технологии нанесения заполнителя, а также (что очень важно) об использовании заполняющего раствора в качестве элемента несущей конструкции при отверждении и наборе прочности (без армирования и с армированием) межтрубного зазора. Отметим, что по методу «Релейнинг» несущая конструкция выполняется из стеклопластика, имеющего высокую стоимость (рис. 7.21). Поиск путей удешевления вкладышей – одна из задач, которую необходимо решать.

Ретроспективный анализ развития способов прокладки, перекладки и восстановления конструкций канализационных трубопроводов указывает во-первых, на тенденцию перехода от открытого (траншейного) способа работ к закрытому (бестраншейному) и, во-вторых, на все более широкое применение коррозионностойких конструкций из пластмасс, керамики или их комбинации с бетоном или железобетоном. Так, проходные коллекторы строятся с использованием щитов 1,1–5,6 м, непроходные – с применением минищитов 100–1080 мм. Вместо защитной (от коррозии) покраски, штукатурки применяется либо футеровка из керамики и пластмасс, либо упрочненная стеклопластиком пластмассовая конструкция труб.

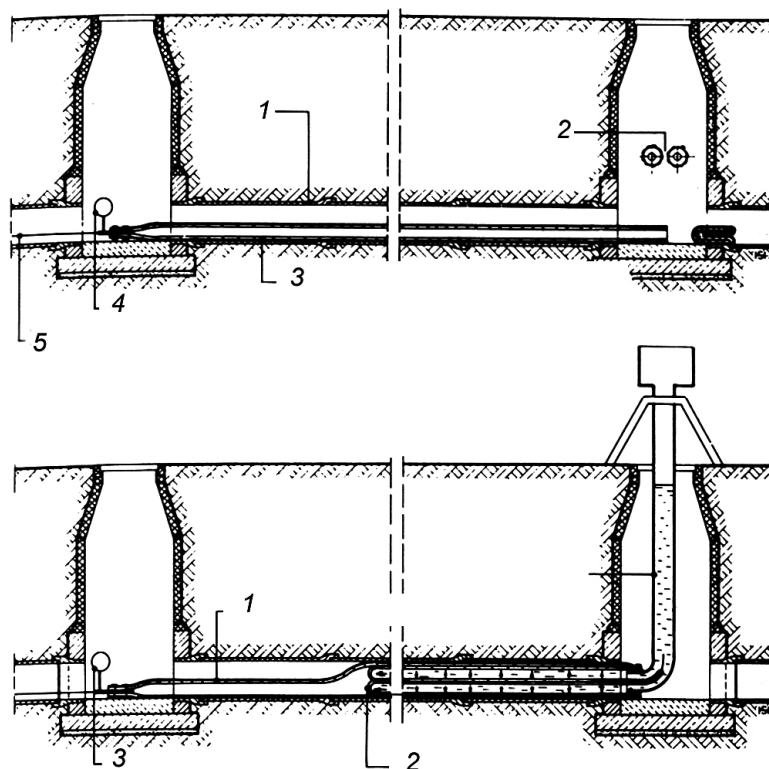


Рис. 7.20. Последовательность применения метода «KM-Inliner»: 1 – saniруемый канал; 2 – перфорационные вальцы; 3 – пропитанный смолой шланг; 4 – удаление воздуха; 5 – (.....) трос.

Таблица 7.2

Методы ремонта трубопроводов различного назначения

№ п/п	Метод ремонта	Страна-разработчик	Материал труб	Транспортируемый продукт	Толщина слоя, мм	Номинальный диаметр труб, мм	Длина участка, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Метод «Суперсилик» Рабочий процесс: 1) заполнение трубопровода жидким стеклом; 2) после откачки жидкого стекла подача стекла под давлением реактивного газа, обеспечивающего твердение	Венгрия	Бетон, керамика	Сточные воды	—	Не ограничен	Не ограничена
2	Метод «Ценетри» Гидроизоляция поврежденных мест многократной пропиткой. Запрессовка двухкомпонентной синтетической смолы в поврежденные места	США	То же	То же	—	150–1000	Ограничена
3	Система «Хеллибартон-Телегрут»	»	»	»	—	150–1000	Не ограничена
4	Метод инъектирования Гидроизоляция поврежденных мест путем инъектирования различных материалов	»	»	»	—	Не ограничен	То же
5	Метод уплотнения с помощью расширяющихся материалов Подача расширяющихся материалов в трубопровод вспучивает пеняковые прокладки муфт и уплотняет соединения	ФРГ	Сталь, чугун (зачеканенные муфты)	Газ	—	300	Не ограничена
6	Метод «Ле Джойнт-Интерн» Уплотнительная манжета, покрытая клеем, надвигается на поврежденное место и фиксируется при расширении упаковки	Франция	Сталь, чугун	»	—	80–550	То же

Продолжение табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Метод «ЗМ» Подача под давлением цементного раствора в кольцевой зазор между пневматической опалубкой и внутренней поверхностью трубы	Германия	Сталь	Питьевая и хозяйственная вода	7	100–250	До 50
8	Метод «Тейт» Заполнение цементным раствором пространства между поршнем пресса и корпусом вкладыша. При протяжке последнего по трубопроводу с одновременным давлением поршня раствор плотно прилегает к стенке трубы и получается гладкая поверхность	Австралия, Англия	Сталь, чугун, бетон	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды	5	75–600	25–90
9	Метод «Эрик» Протяжка электрода, соединенного с отрицательным полюсом источника тока, через трубопровод, заполненный битумной эмульсией и соединенный с положительным источником тока	США	Чугун, сталь	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды	0,4	75–600	25–50
10	Метод «Ситчомент» Заполнение трубопровода цементным раствором и протяжка конического вкладыша	Австралия	Сталь, чугун	Питьевая и хозяйственная вода	Менее 3	80–200	70–150
11	Метод «Прелоуд» Механизированный набрызг и разравнивание цементного раствора на внутренней поверхности трубы	США	Чугун, сталь, бетон, керамика	То же	10	600	100–300
12	Метод «Стелворд» Набрызг битума на внутреннюю поверхность трубы	Англия	Чугун, сталь	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды	1–2	75–2000	50–250

Продолжение табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Нанесение эпоксидного слоя Покрытие трубопровода однокомпонентным дегтевым эластомером	ФРГ	Чугун, сталь	Газ	3,5	До 1000	—
14	Метод «Гидрозан» Набрызг битумно-полимерного диопергента на внутреннюю поверхность трубы	»	То же	Вода	0,5–0,8	80–200	110
15	Нанесение эпоксидной смолы Набрызг двухкомпонентной эпоксидной смолы на внутреннюю поверхность трубы	Англия	То же	»	1–3	75–3000	110
16	Метод «Сетрилайн» Нанесение цементного раствора на внутреннюю поверхность трубы с последующим ее выравниванием	США	»	Питьевая и хозяйственная вода	3–10	80–3600	До 450
17	Метод «Инкомент» Нанесение мелкозернистого цементного раствора, упрочненного пластмассой, на внутреннюю поверхность трубы с последующим ее выравниванием	ФРГ	»	То же	3–10	80–3600	До 450
18	Метод «Фон-Арко» Нанесение на внутреннюю поверхность синтетического каучука с холодной вулканизацией	Швейцария	»	Газ	—	—	400
19	Метод «РФ» Протяжка пленочного рукава, фиксированного в начале и в конце трубы	ГДР	Чугун, сталь, асбест	Питьевая вода	—	8–300	200
20	Пленочный вкладыш Протяжка в трубе пленочного рукава, покрытого клеем. Прижатие к внутренней поверхности трубы сжатым воздухом	Англия	Чугун, сталь	Газ	Пленка около 0,2	80–400	250

Продолжение табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
21	Метод «PR» Пластмассовая труба, протянутая внутрь ремонтируемого трубопровода, расширяется под действием давления и температуры и плотно прилегает к внутренней поверхности трубы	Германия	Чугун, сталь	Питьевая вода	—	80–150	150
22	Метод «PM» Упрочненная стекловолокном труба из пластмассы, протянутая в неполимеризованном состоянии через существующий трубопровод, расширяется под действием внутреннего давления и температуры и плотно прилегает к внутренней поверхности трубы. При остывании происходит полимеризация материала	США	То же	То же	—	—	600
23	Метод «Релайнинг» Протяжка пластмассовой трубы в ремонтируемый трубопровод. Запрессовка кольцевого зазора между пластмассовой и восстанавливаемой трубой	Канада	Чугун, сталь, бетон, керамика, асбест	Питьевая и хозяйственная вода и сточные воды. Газ	Толщина стенок трубы зависит от ее диаметра	Более 80	500
24	Метод «Инситуформ» Войлочный рукав, пропитанный полиэфирной смолой, вводится в трубу и проталкивается под давлением воды. Твердение по месту осуществляется при подаче горячей воды	Англия	То же	То же	Рукав	Не ограничен	200 (при непроходных сечениях)
25	Метод «Этерлинг» Профилированные полосы, имеющие Т-образные выступы, подаются в специальное устройство, которое скручивает их по спирали и превращает в центрическую трубу-вкладыш	»	»	»	—	200–800	—

Создание коррозионностойких конструкций трубопроводов и разработка рациональных способов их прокладки определили технические и технологические решения восстановления работоспособности старых трубопроводов. Ремонтно-восстановительные работы должны проводиться закрытым способом через колодцы (трубопровод диаметром до 250 мм) или через ниши траншейного типа (трубопровод диаметром более 300 мм). Отмечая, что закрытый способ работ предпочтительнее открытого с точки зрения экологии, следует указать на необходимость поиска новых экономически эффективных конструкций, технологий работ и техники.



Рис. 7.21. Использование метода Relining при восстановлении канализационного коллектора в Бангкоке (Тайланд) диаметром 355...710 мм, длина коллектора 9300 м.

Примером разработок современных методов прокладки и ремонта сетей способ может служить одна из ведущих мировых фирм в области строительства туннелей и микротуннелей HERRENKNECHT (ФРГ). На протяжении многих лет эта фирма занимает ведущие позиции в строительстве и ремонте подземных транспортных систем различного назначения включая строительство новых линий метро, сетей водоснабжения, водоотведения и других. Машины выпускаемые фирмой

HERRENKNECHT возводят туннели диаметром от 250 мм до 4 м в сложных геологических условиях.

На рис. 7.22 представлена схема строительства микротоннеля с использованием коротких железобетонных труб.

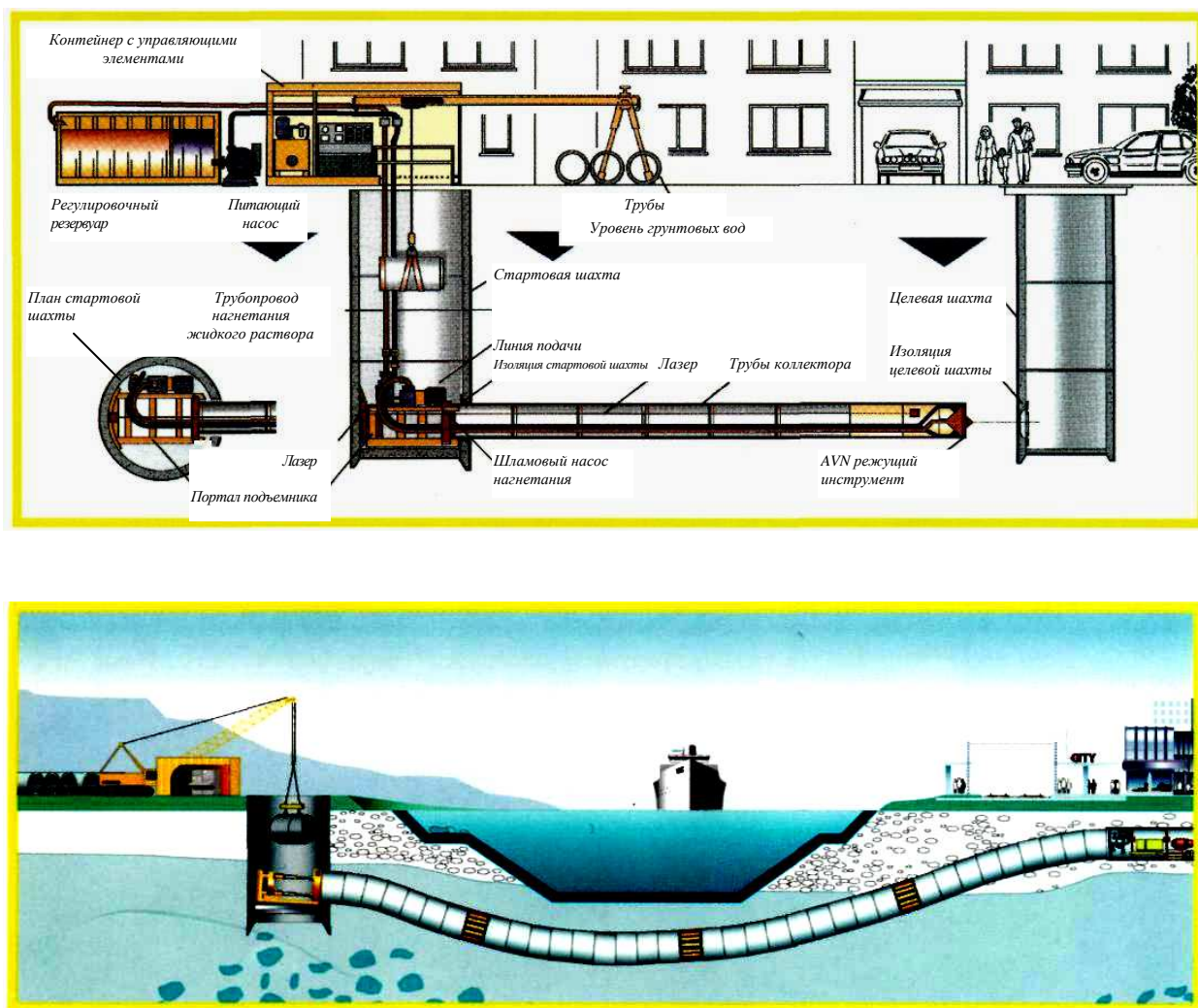


Рис. 7.22. Прокладка микротоннельная с использованием коротких труб.

Одним из участков для применения метода вставок стал 200-метровый участок канализационного трубопровода, проходящий под проспектом Гагарина в городе Харькове.

Работа выполнялась фирмой «Экополимер» с максимальным использованием оборудования отечественного производства.

Канализационный коллектор, глубиной залегания 5,5-7 м, был сооружен в 1963 г. Он был выполнен из раструбных железобетонных труб диаметром 500 мм. Необходимость ремонта была вызвана локальным провалом грунта над коллектором. При проведении диагностики его внутренней поверхности видеокамерой было обнаружено полное разрушение свода коллектора, что стало результатом коррозии железобетона, а также разрушения и смещение труб. Такая ситуация сложилась в связи с тем, что с момента строительства коллектора уровень грунтовых вод вокруг поднялся на 1,5-1,7 м, что привело к образованию плывунов, которые способствовали смещению и разрушению, а также дополнительной фильтрации и заиливанию коллектора песком, который выносится из около-трубного пространства.

Из-за большого, более 80 мм, смещения железобетонных труб и наличия поворотов санация коллектора из неорганического материала трубами при использовании одного стартового котлована практически была невозможно. Поэтому, для сокращения сроков ремонта восстановительных работ и уменьшения объемов земляных работ, было принято решение провести ремонт участка коллектора сварной полиэтиленовой трубой типа ПНД 400⁰ С (рис. 7.23).

Для выполнения работ был вырыт стартовый котлован размером 2,5×7м глубиной 7 м. Из-за большой глубины котлована и стесненных условий, сварка полиэтиленовых труб выполнялась на дне котлована с последующим протягиванием трубы (рис. 7.24).



Рис. 7.23. Протягивание полиэтиленовой трубы в разрушенный трубопровод



Рис. 7.24 Соединение труб с помощью сварки.

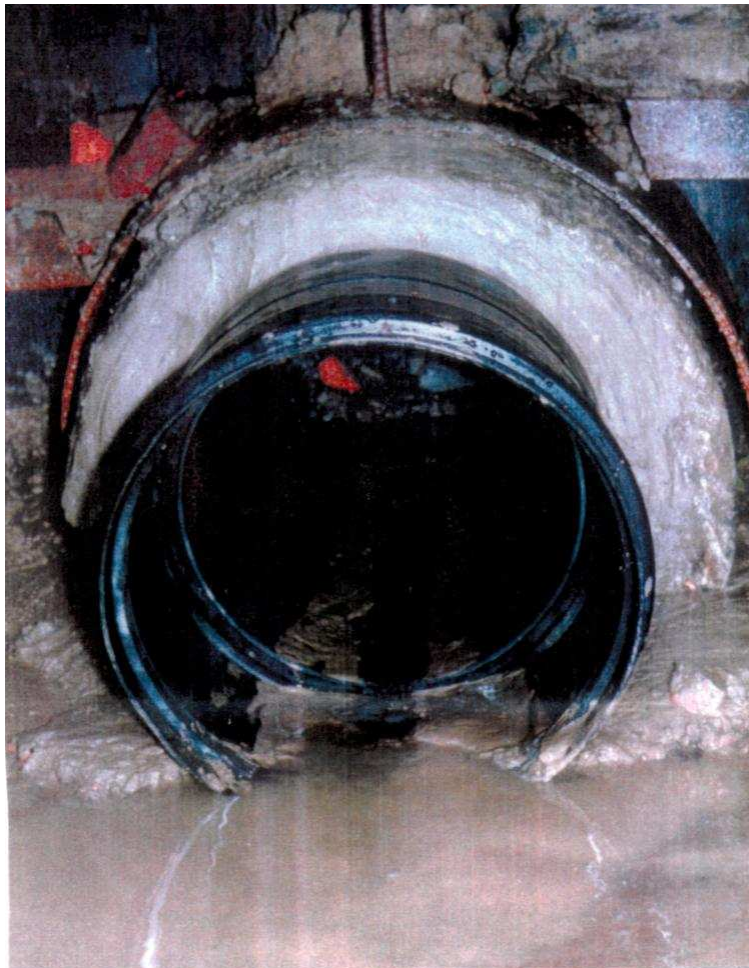


Рис. 7.25. Общий вид восстановленного трубопровода.

На время выполнения ремонтных работ были отключены участки канализационного коллектора с помощью пневмозатворов, перекачивание стоков происходило через поверхность заглубленными насосами. Работы в котловане выполнялись с использованием одной водопонижающей установки и дренажного насоса. Сварка полиэтиленовой трубы выполнялась специалистами НВФ «Экополимер» с использованием установки типа УСПТ-40/63 для стыковой сварки нагретым элементом. После протягивания сварочного полиэтиленового трубопровода из существующих колодцев (рис. 7.25) выполнили инъектирование межтрубного пространства цементно-песчаным раствором.

Работы были проведены за 1,5 месяца. Выполнение этих работ открытым способом заняло бы 4-5 месяцев.

После включения отремонтированного двухсотметрового участка коллектора было установлено, что скорость сточной жидкости в полиэтиленовом коллекторе выше, чем в старом, и несмотря на уменьшенный диаметр коллектора, коэффициент его заполнения по сравнению с железобетонным коллектором практически не изменился и остался равным $h/D = 0,5$.

В таблице 7.2 представлены данные свидетельствующие о преимуществе данного метода ремонта перед открытой перекладкой разрушенных труб.

Таблица 7.3

Сравнительная оценка восстановления коллектора по пр.Гагарина
открытым и закрытым способами (расчет в ценах 1997 г.)

№	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Стоимость, ед., грн.	Способ открытой перекладки		Бестраншейный способ	
				Количество	Общая стоимость, грн.	Количество	Общая стоимость, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Разбивание асфальтового покрытия	м ³	2,33	180	419	2,5	6
2.	Разработка щебеночной основы	м ³	0,22	300	66	3,15	0,7
3.	Разработка грунта П гр. экскаватором из глубины 6,5 м, с обработкой лопатой и загрузкой в автомобиль. Объем ковша 0,25 м ³	м ³	0,22	7750 (с учетом откосов)	1705	135 (с учетом крепления)	30
4.	Водопонижение из расчета одна установка мощностью 15 кВт на каждые 10 м погонной длины	сут.	324	45 (20 установок)	291600	20 (1 установка)	6480
5.	Демонтаж ж/б трубопроводов D=500 мм	м	1,6	200	320	7	ИД
6.	Замена ж/б трубопроводов D=500 мм	м	14,95	200	2990		
7.	Приспособление сб. ж/б колодцев глубиной 6,5 м	шт.	327,5	5	1637,5		

Продолжение табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8
8.	Протаскивание сварной п/э трубы типа ПНД400 в ж/б футляр D=500мм	м	14,92			200	2984
9.	Стыковое сваривание п/э трубы типа ПНД400	м	200				
10.	Крепление стенок траншеи	м	12,5	200	2500	7	87,5
11.	Труба ж/б D=500мм	м	12,5	200	2500	-	-
12.	Труба п/э D=400мм	м	209,3	-	-	400	83720
13.	Металлоконструкции для крепления	т	1375	20	27500	4,5	6187,5
14.	Доска 40 мм (не обрезная для крепления стенок траншей котлована)	м ³	130	25	3200	7	910
Всего					334437,5		90817,5

7.4. Разработка технологии ликвидации локального обрушения канализационного тоннеля

Большая часть канализационных тоннелей глубокого заложения в городах Украины эксплуатируется более 20 лет и в соответствии с “Едиными нормами амортизационных отчислений” полностью выработала свой ресурс. Учитывая, что толщина тоннельных обделок составляет примерно 260-320 мм, а скорость разрушения бетона вследствие газовой коррозии 6-10 мм/год, следует ожидать в ближайшие годы полную потерю несущей способности обделки на некоторых участках.

Надежность канализационных тоннелей зависит в основном от величины горного давления и от прочности конструкции. Исходя из этого, локальные обрушения конструкций могут происходить в зоне повышенного горного давления, т.е. в зоне неустойчивых обводненных грунтов, которые очень часто пересекают канализационные тоннели. Можно предположить, что масштабность разрушений которые могут возникать будет соответствовать масштабам аварий, которые происходят при строительстве тоннелей любого назначения в аналогичных инженерно-геологических условиях. Исследованиями установлено, что в таких аварийных ситуациях, если нет вышележащих крепких пород, земная поверхность деформируется и над местом обрушения образуется воронка. Учитывая, что канализационные тоннели - это гидротехнические сооружения, расположенные в плотно застроенных районах города, экономический ущерб от последствий аварий может многократно превышать полную стоимость плановых ремонтных работ, а несвоевременное отклонение (отвод) сточных вод может привести к непредсказуемым последствиям.

Ниже рассматривается разработанная технология ликвидации локальных обрушений конструкций канализационных тоннелей которые могут возникать в случае расположения тоннеля в обводненных неустойчивых грунтах. Данная технология может быть использована

предприятиями, эксплуатирующими канализационные тоннели, при составлении планов предупреждения и ликвидации аварий на канализационных тоннелях.

В качестве исходных данных для разработки технологии априори предполагается, что в канализационном тоннеле сводовая часть обделки частично разрушена коррозией (рис. 7.26) и в зоне максимального горного давления (в зоне водонасыщенных неустойчивых песчаных грунтов) произошло локальное обрушение обделки, которое привело к глухому завалу с образованием осадки (деформации), поверхности земли (рис. 7.27).

Суть разработанных для таких условий восстановительных работ заключается в следующем. Немедленно отключается тоннель, обследуются все здания и сооружения, находящиеся в зоне опасного влияния восстановительных работ, представителями проектной, эксплуатационной, строительной и других организаций с составлением акта.

В необходимых случаях на зданиях и сооружениях должны быть поставлены реперы и “маяки”, предназначенные для систематических наблюдений за состоянием зданий и сооружений в процессе восстановительных работ.

Для предотвращения дальнейших опасных осадок проектная организация совместно с генподрядчиком восстановительных работ разрабатывает специальные мероприятия, обеспечивающие сохранность зданий и сооружений, расположенных в зоне локального обрушения обделки тоннеля.

Чтобы провести восстановительные работы в сжатые сроки и недопустить при этом дальнейшей деформации земной поверхности, используются способ искусственного замораживания пльвуна жидким азотом и способ продавливания сборных железобетонных колец в зоне локального завала тоннеля. Для искусственного замораживания грунта жидким азотом глубину замораживающих скважин устанавливают с учетом глубины заложения тоннеля, угла наклона скважин и ширины обрушения

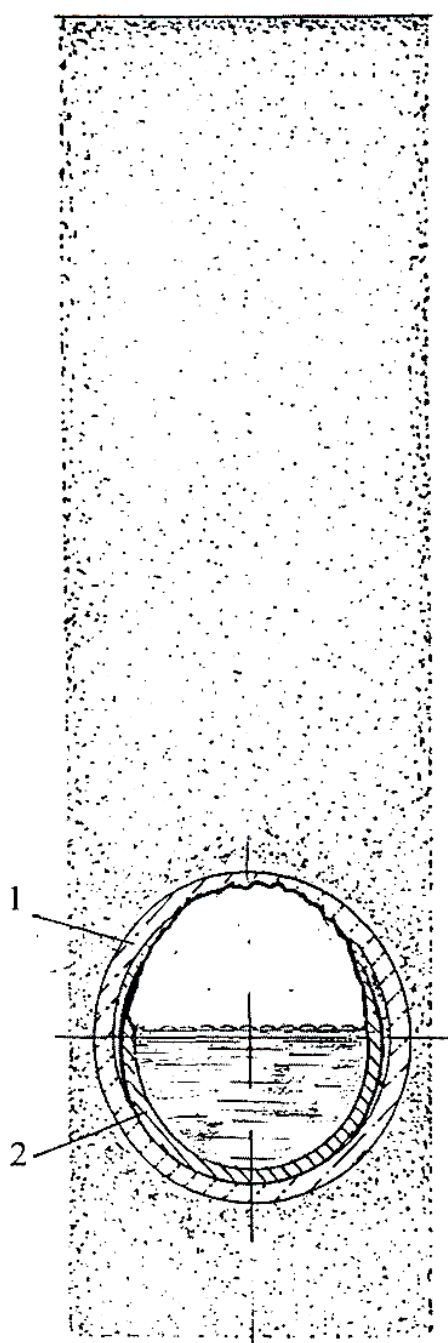


Рис. 7.26. Коррозия свода
обделки канализационного
тоннеля;
1 - сборная железобетонная
обделка; 2- монолитная
железобетонная обделка.



Рис. 7.27. Обрушение свода
обделки канализационного тоннеля;
1 – завал; 2 - монолитная
железобетонная облицовка;
3 – сборная железобетонная
обделка.

сводовой части тоннельной обделки, а замораживающие скважины в плане располагают с учетом контура деформации земной поверхности, размеров строительной площадки, существующих наземных и подземных сооружений и главное – размеров льдогрунтового ограждения (рис. 7.28).

Отличительная особенность льдогрунтового ограждения в том, что при отсутствии водонепроницаемых грунтов не создается искусственное водонепроницаемое днище, так как его роль выполняет не поврежденная коррозией подсводная (лотковая) часть тоннельной обделки. Льдогрунтовое ограждение выполнено в виде “крыши”, отторцованной колонками зонального замораживания грунта. Расстояние между осями замораживающих колонок А и В 1-1,1 м, а между осями колонок В и С – 0,75 м (рис 7.28).

Для бурения наклонных скважин используются станки вращательного действия ТУНБ-150, широко применяемые в странах СНГ для наклонного бурения или немецкие буровые станки “Hausherr НВМ”. Бурят скважины, используя трубы-штанги диаметром 63,5 мм с последующим опусканием замораживающих труб диаметром 114 мм.

Станок ТУНБ-150 позволяет вместо штанг для бурения применять насоснокомпрессорные трубы, которые после окончания бурения скважин можно использовать как замораживающие трубы. Приваренное в этом случае к трубам долото диаметром 145 мм оставляют вместе с трубами в скважине. Отверстие в долоте для прохода глинистого раствора герметизируют путем заливки раствора на расширяющемся цементе или установкой глиняных либо резиновых тампонов.

Процесс бурения осуществляют с промывкой забоя скважины глинистым раствором, который специально готовят на строительной площадке в глинорастворных комплексах. Эти комплексы включают буровые насосы, аппараты для приготовления и очистки раствора от частиц разбуренного грунта. Кроме того, на строительной площадке устанавливают земляные емкости - амбары для хранения резерва промывочной жидкости. Глинистые растворы для бурения замораживающих скважин готовят

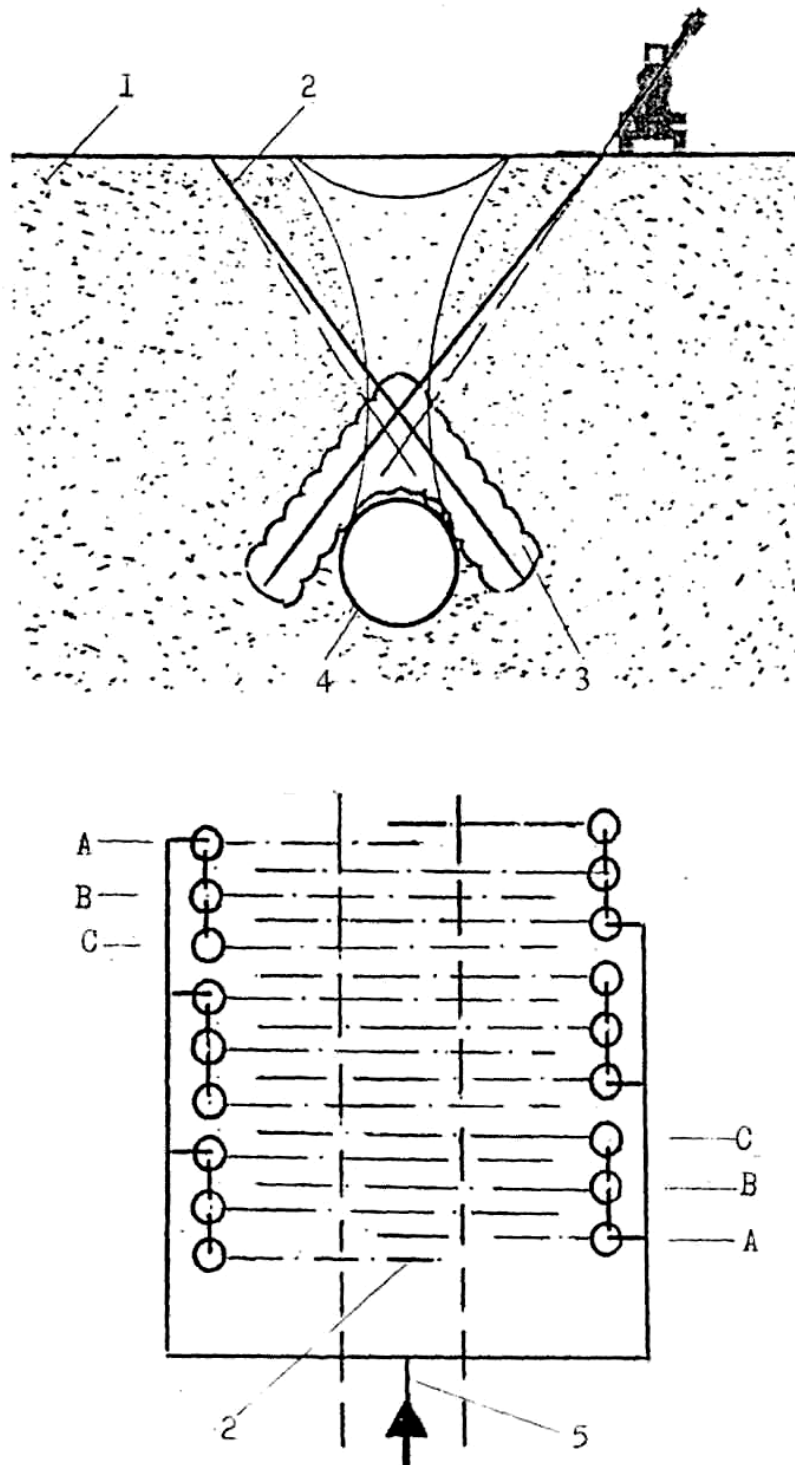


Рис. 7.28. Схема льдогрунтового ограждения вокруг локального обрушения свода тоннельной обделки:

1 - водонасыщенный грунт; 2 - замораживающие скважины;
3 - льдогрунтовое ограждение; 4 - контур тоннеля; 5 - подача жидкого азота в замораживающую сеть.

плотностью 1,15 – 1,30 г/см³ из порошковых глин и реже из комковых глин местных карьеров.

Для нормальной очистки забоя и выноса разбуренного грунта на земную поверхность в потоке промывочной жидкости рекомендуется поддерживать скорость восходящей пульты в затрубном пространстве 1-1,2 м/с в мягких грунтах и 0,7 - 1 м/с - в крепких. Для уменьшения количества глинистого раствора, уходящего в трещины и пустоты, увеличивают плотность глинистого раствора, добавляя в него глину и известь.

Управление работой буровой установки ТУНБ-150 сосредоточено на пульте управления установки, и ориентирование бурового станка в заданном направлении с требуемой точностью производят с помощью оптического наклонметра ВУ-1, позволяющего контролировать положение станка в процессе бурения и измерять отклонения скважин от заданного направления.

Монтаж сети производят после проверки и принятия (с составлением паспорта) замораживающих колонок. В колонки диаметром 60-114 мм опускают питающие трубы из нержавеющей стали диаметром 15-38 мм. Питающие трубы не доходят до башмака замораживающей колонки на 150 мм.

Каждые три замораживающие колонки соединяют последовательно, а затем эти группы колонок присоединяют к распределительной трубе (коллектору).

После монтажа азотной системы ее полностью обезжиривают с помощью четыреххлористого углерода. Для создания льдогрунтового ограждения жидкий азот завозят с кислородного завода на танках типа ТРЖК (транспортный резервуар жидкого азота). Он представляет собой цистерну емкостью 7 м³, смонтированную на шасси КрАЗа. Потери жидкого азота (испарение) при хранении составляют 1,5 кг/ч, а при транспортировке – 5,1 кг/ч.

Схема включения замораживающих колонок для образования льдогрунтового ограждения состоит в следующем (рис. 7.29). Жидкий азот от

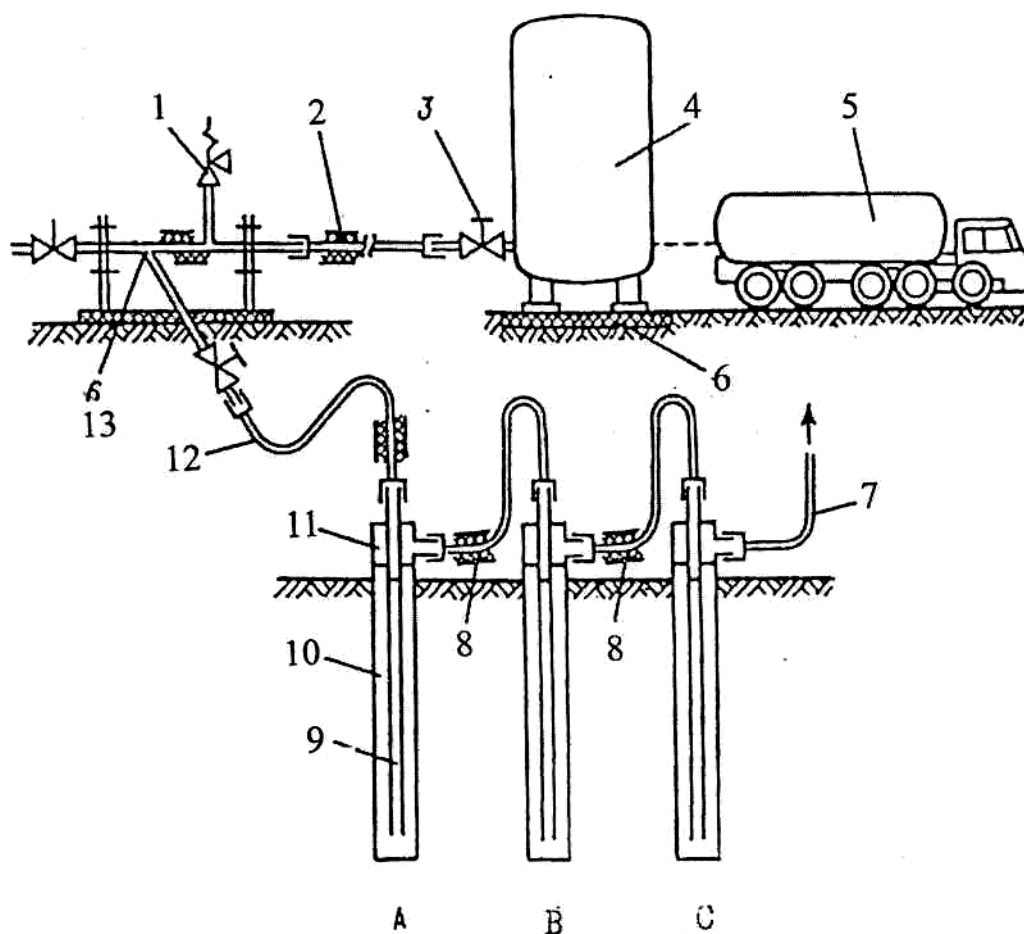


Рис 7.29. Замораживание грунта жидким азотом:

1 - предохранительный клапан; 2 - патрубок с изоляцией; 3 - запорный клапан; 4 - стационарная емкость для азота; 5 - азотовоз; 6 - фундамент для стационарной емкости; 7 - патрубок для отработанного газа; 8 - теплоизоляция; 9 - замораживающая колонка; 10 - трубопровод с изоляцией; 11 - замораживающая скважина; 12 - гибкий трубопровод с изоляцией; 13 - подключение к коллектору.

азотовоза или стационарной емкости по специальному гибкому шлангу подают в распределитель-коллектор, откуда он попадает в каждую из трех последовательно соединенных замораживающих колонок. Из распределителя жидкий азот поступает в питающую колонки трубу А. Эту колонку называют жидкостной. Из нее азот направляется в колонку В, где он частично превращается в парообразное состояние. Колонку В называют парожидкостной. Отсюда азот поступает в колонку С, которую называют газовой.

Во всех замораживающих колонках азот поступает в кольцевое пространство через нижние концы питающих труб и отверстия в нижних частях последних. Площадки отверстий и их расположение в колонках В, и их размеры определяются опытным путем. Азот в процессе замораживания сливают из емкости в замораживающие колонки с такой скоростью, чтобы он при выпуске его в атмосферу имел температуру не ниже -600C . Более низкая температура выходящего газа нецелесообразна по экономическим соображениям.

Начало смыкания замороженных цилиндров по всему контуру устанавливают по наличию отрицательной температуры в термометрических скважинах и подъему уровня воды в гидравлических скважинах, расположенных внутри замораживающего контура, который происходит вследствие увеличения объема льда при охлаждении от 0 до -40C .

После приемки работ по замораживанию выдают разрешение на разработку грунта в канализационном тоннеле в зоне завала, и подачу жидкого азота переводят на режим поддержания проектной толщины льдогрунтовой стенки.

Во время производства восстановительных работ наблюдение за всеми элементами замораживающей системы должно быть особенно тщательным, так как нарушение режима работы хотя бы одной включенной колонки может привести к оттаиванию грунта и прорыву плывунов в выработку.

Параллельно с организацией работ по искусственному замораживанию

грунтов в зоне вывала на заводе ЖБК изготавливают железобетонные кольца-вкладыши для возведения вторичной сборной обделки в зоне локального обрушения.

На рис. 7.30. показано конструктивное решение восстановления обделки применительно к канализационному тоннелю диаметром 2960 мм. Железобетонные кольца-вкладыши с внутренним диаметром 2660 мм могут быть изготовлены на заводе ЖБК с облицовкой поверхности бетона ребристым полиэтиленом. Железобетонные кольца-вкладыши, облицованные полиэтиленом, не только обеспечивают коррозионную стойкость конструкции, но и позволяют значительно уменьшить общую шероховатость ее внутренней поверхности. Пропускная способность колец-вкладышей в результате этого повышается.

После окончания периода образования льдогрунтового ограждения (активного замораживания) и начала периода поддержания отрицательной температуры замороженного грунта (пассивного замораживания) приступают к проходке завала и возведению вторичной обделки, используя при этом способ продавливания.

Разработана следующая технологическая схема способа продавливания.

Вначале проводят подготовительные работы:

пробурируют через завал горизонтальные скважины и протягивают через них стальные канаты;

опускают через смотровые шахтные стволы железобетонные кольца и продавливающие устройства, транспортируя их с двух сторон к месту завала. Затем ведут последовательно с двух сторон завала основные работы:

разрабатывают, погружают и транспортируют грунт;

продавливают железобетонные кольца, используя стальные канаты, пропущенные через завал.

Подземные восстановительные работы (рис. 7.31, 7.32) ведут циклично, заходками, равными длине выдвижения штоков гидродомкратов.

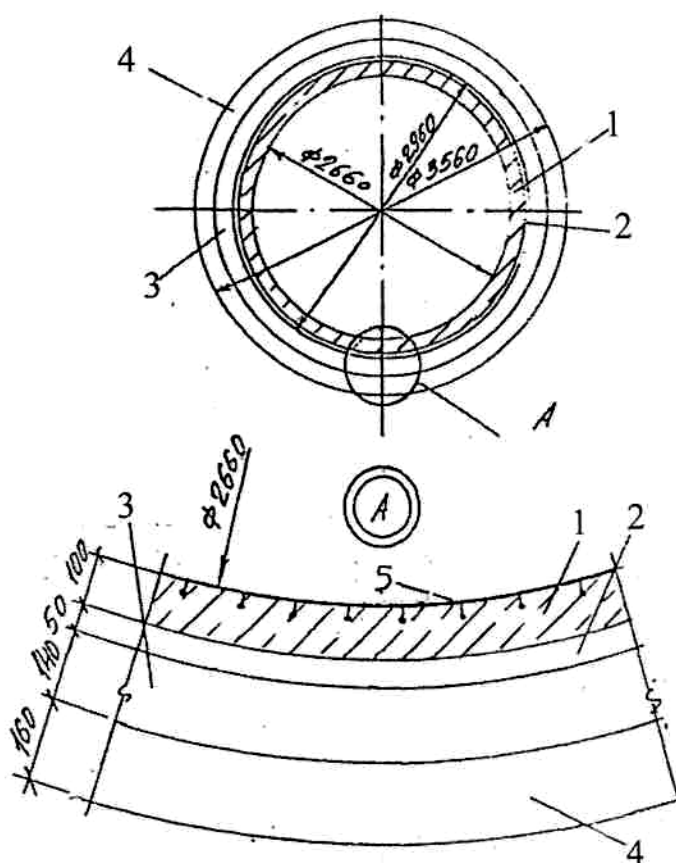


Рис. 7.30. Конструктивное решение восстановления первичной обделки канализационного тоннеля путем введения вторичной обделки:

1 – вторичная обделка из железобетонных колец; 2 - межобделочный зазор, инъецированный цементно-песчаным раствором; 3 - монолитная железобетонная облицовка первичной обделки; 4 - сборное железобетонное кольцо первичной обделки; 5 - антикоррозийное покрытие поверхности бетона вторичной обделки ребристым полиэтиленом.

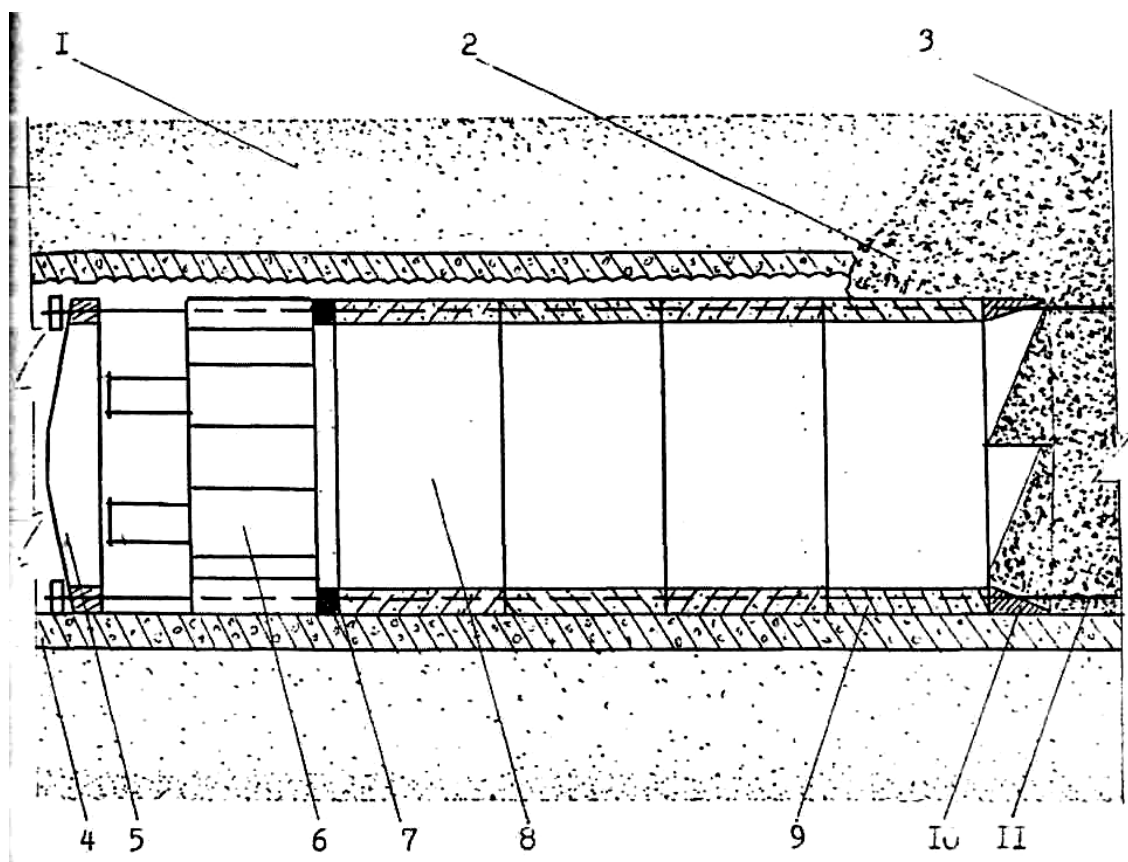


Рис. 7.31. Технологическая схема встречного продавливания через завал вторичной обделки из сборных железобетонных колец:

1- водонасыщенный неустойчивый массив грунта; 2- обрушенная сводовая часть обделки; 3- вывал грунта; 4- обделка грунта; 5- траверса; 6- гидродомкрат; 7- опорное кольцо; 8- железобетонное кольцо; 9-тяговый канат; 10- ножевая часть; 11- горизонтальная скважина для тягового каната.

Продавливающее устройство состоит из двух гидродомкратных установок 6, двух траверс 5 и стальных канатов 9. После очередного цикла штоки гидродомкратов, возвращаясь в исходное положение, подтягивают траверсы, а специальные зажимы на траверсах перекрепляют канаты.

Разработку и удаление грунта производят вручную с помощью

механизированного инструмента, малогабаритными породопогрузочными машинами на колесном ходу типа ПМЛ-4, ПМЛ-5. При наличии в ножевой части горизонтальных площадок грунт при продавливании колец попадает с площадок в поток вторичной обделки, откуда удаляется.

Для транспортировки железобетонных колец, проталкивающих устройств, вагонеток с грунтом и других материалов и изделий используют аккумуляторные автопогрузчики (рис. 7.32).

После проходки завала и возведения вторичной железобетонной обделки производят зачеканку стыков между железобетонными кольцами с помощью быстросхватывающегося расширяющегося цемента, а в заобделочный зазор нагнетают цементно-песчаный раствор. Качество первичного нагнетания, т.е. заполнения пустот, проверяют вторичным контрольным нагнетанием цементного раствора. На заключительном этапе работ выполняют сварку стыков ребристого полиэтиленового покрытия поверхности бетона. Продолжительность ликвидации рассматриваемого локального обрушения, тоннельной обделки может составить 20 суток из них 8 суток затрачивается на бурение скважин тремя буровыми станками ТУНБ-150, производительность которых ниже зарубежных типа “Hausherr НВМ”. Продолжительность ликвидации завалов можно сократить до 10 суток, при наличии аварийного запаса железобетонных (или иных) колец. Кроме этого можно сократить продолжительность бурения, увеличив количество станков или повысив их производительность.

Данные об основном оборудовании и механизмах, необходимых для осуществления описанной технологии ликвидации завала, сведены в таблице 7.4.

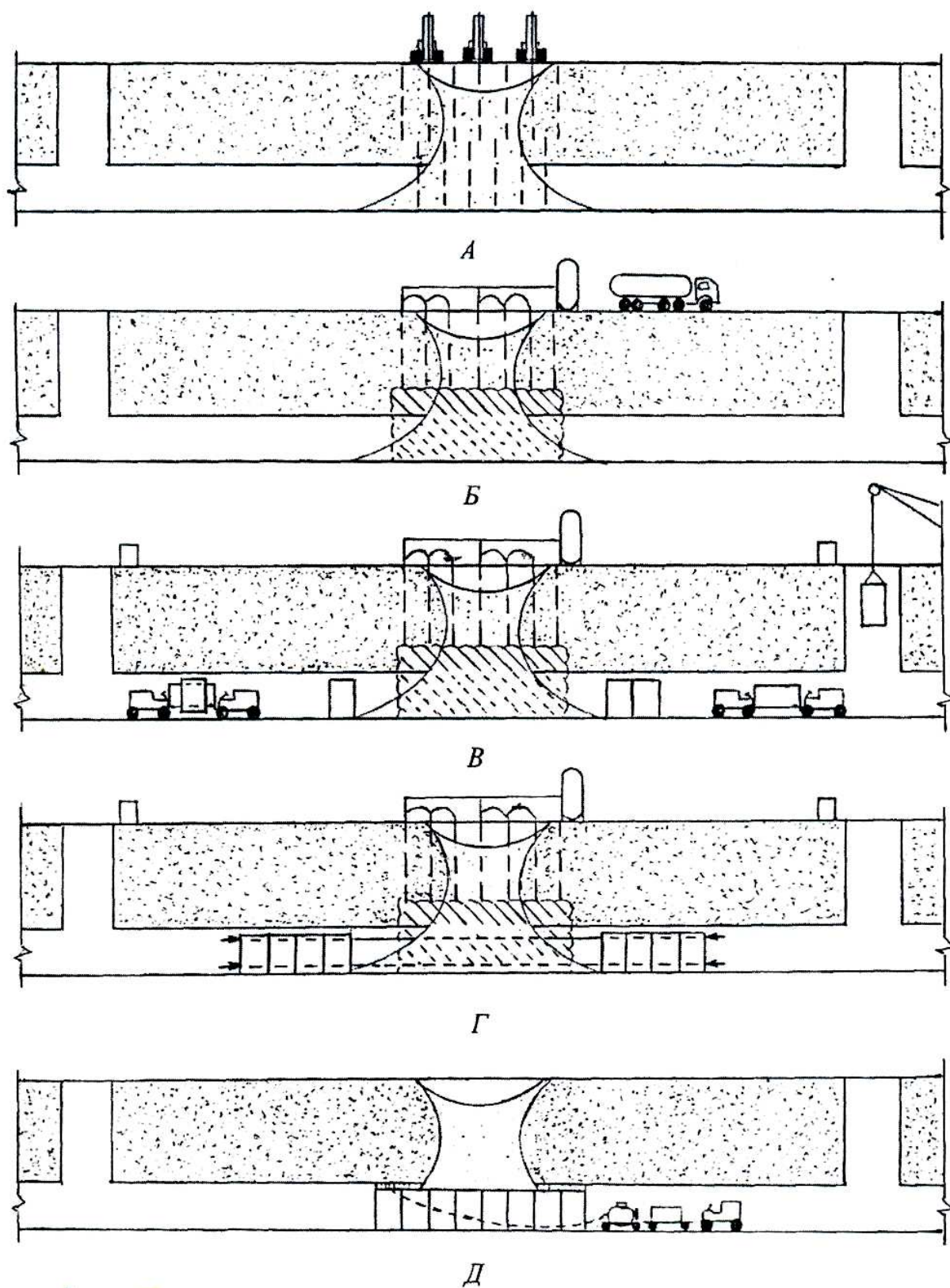


Рис. 7.32 Технологическая схема ликвидации обрушения свода:
 А - бурение скважин; Б - замораживание грунта жидким азотом; В -
 транспортировка железобетонных колец; Г - проходка и продавливание
 железобетонных колец; Д - нагнетание раствора в межобделочные зазоры

Таблица 7.4

Машины, оборудование и механизмы, необходимые для ликвидации
завала в тоннеле

№ пп	Наименование	Количество	Техническая характеристика
1.	Буровой станок ТУНБ-150	3	Угол бурения 30-75°, диаметр обсадных колонн 114-273 мм
2.	Азотовоз (танк) ТРЖК	1	Емкость 7м ³ на шасси КрАЗа
3.	Насос для подачи глинистого раствора ЗИФ-Р-240/40	3	Производительность 200 л/мин
4.	Автопогрузчик АВ-16 (Словацкая республика)	4	Аккумуляторный; грузоподъемность 1600 кг. Габариты: ширина 950, высота - 2123 мм
5.	Гидродомкрат стандартный щитовой Д-60	8	Рабочий ход домкрата от 600 до 1200мм
6.	Вентиляторы СВМ-6м и ВМ-12	2	Производительность 7-35 и 10-32 м ³ /с соответственно
7.	Растворонагнетатель С-862	1	Производительность 3-4,5 м ³ /с. Максимальное давление 0,7 МПа
8.	Плунжерный насос НКН-10	1	Производительность 1-4 м ³ /ч. Давление 1,5 МПа
9.	Станок для бурения горизонтальных скважин Ба-100 (ГП-2)	2	Вид энергии - сжатый воздух (масло под давлением)

Основные материалы и изделия, необходимые для ликвидации рассматриваемого локального обрушения тоннельной обделки:

жидкий азот-120т;

железобетонные кольца-8 шт.

Расход жидкого азота в среднем 1т на 1м³грунта.

В заключении необходимо отметить, что все восстановительные работы на канализационных тоннелях должны выполняться в соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах, ведомственных инструкциях по технике безопасности.

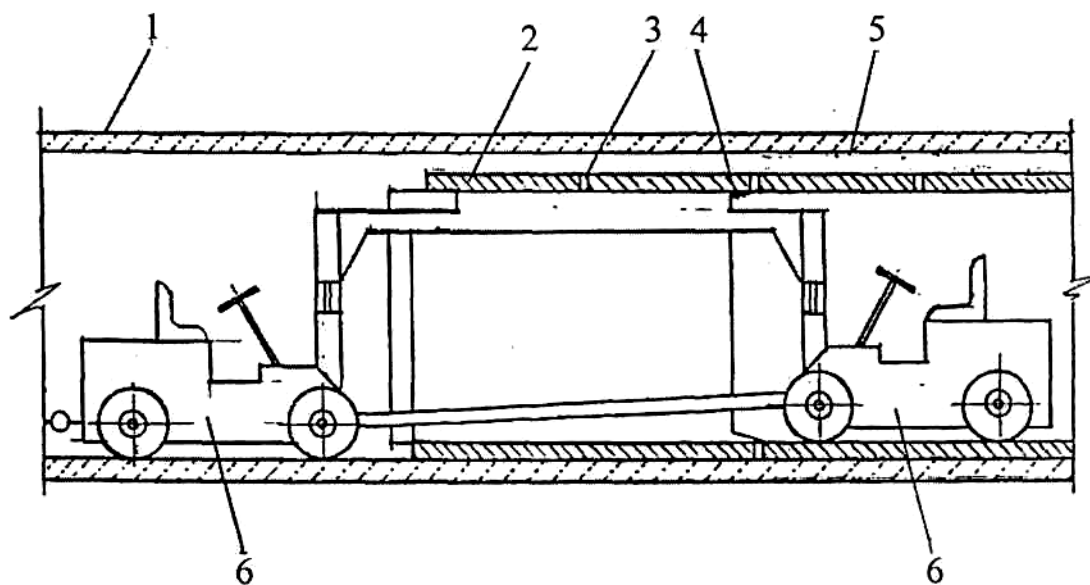


Рис. 7.33. Транспортировка автокарами железобетонных колец в тоннеле:

1 - канализационный тоннель диаметром 2,96 м; 2 - транспортируемое железобетонное кольцо; 3 - установленное железобетонное кольцо; 4 - грузоподдерживающая балка; 5 - отверстие в кольце для нагнетания раствора; 6 - аккумуляторный автокар.

ГЛАВА 8

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ ЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ

8.1. Технология восстановления поврежденных коррозией трубопроводов диаметром 500...1000 мм

В последние годы большие объемы работ по восстановлению сетей водоотведения выполняются с применением полиэтиленовых труб. Сфера применения труб из полиэтилена нового поколения расширяется благодаря тому, что они позволяют использовать повышенное рабочее давление и уменьшать толщину стенки, обеспечивают лучшую пропускную способность трубопровода. Важным фактором притягательности этих труб является их водонепроницаемость и повышенная сопротивляемость растрескиванию, коррозии, износу, механическим повреждениям.

Полиэтиленовые трубы выпускаются по ГОСТ 18599–83. За основу нормализации принят наружный диаметр (D_n), который при изменении толщины остается неизменным. Указанный ГОСТ предусматривает следующий ряд наружных диаметров труб из полиэтилена низкого давления: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000 и 1200 мм. В зависимости от номинального рабочего давления при транспортировании воды с температурой 20 °С полиэтиленовые трубы подразделяются на типы: легкие (Л), среднелегкие (СЛ), средние (С), тяжелые (Т), особо тяжелые (ОТ).

В соответствии с международными стандартами полиэтиленовые трубы обозначаются как ПЭ 100 ($MRS = 10$ МПа), ПЭ 80 ($MRS = 8$ МПа) и т.д.

Широко применяемый закрытый способ восстановления трубопроводов – метод Релейнинга, состоит из двух основных

технологических процессов:

ввод в старый трубопровод новых пластмассовых самонесущих труб-вкладышей;

заполнение межтрубного зазора раствором.

В качестве труб-вкладышей используют стандартные трубы, например фирмы KWN PIPE, с наружным диаметром 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600 мм и более.

Восстанавливаемые трубопроводы, в частности железобетонные и стальные, имеют стандартный внутренний диаметр $D_{\text{вн}}$.

Уменьшение радиуса восстанавливаемого трубопровода составляет

$$D = D_{\text{вн}} - D_{\text{н}} + 2 \delta, \quad (8.1)$$

где D – диаметр трубопровода после восстановления, мм;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний стандартный диаметр трубопровода до восстановления, мм;

$D_{\text{н}}$ – наружный стандартный диаметр полиэтиленовой трубы-вкладыша, мм;

δ – толщина трубы-вкладыша, которая зависит от несущей способности пластмассовой трубы (от внутреннего гидростатического давления), МПа.

Данные для определения предельного значения уменьшения диаметра восстанавливаемого напорного трубопровода представлены в табл. 8.1.

Длина трубопровода-вкладыша зависит от длины участка восстанавливаемого трубопровода, который расположен между смотровыми колодцами или шахтными стволами.

Необходимо отметить, что максимально допустимая толщина трубопровода-вкладыша должна определяться суммой толщины полиэтиленовой трубы-вкладыша плюс средняя высота межтрубного зазора, длина трубопровода-вкладыша должна определяться длиной участка трубопровода между смежными смотровыми колодцами.

Таблица 8.1

Уменьшение радиусов трубопроводов (железобетонных, стальных),
восстановленных методом Релейнинга (ввода самонесущих
полиэтиленовых труб–вкладышей)

ЖБ	Ст	ПЭ		МПа						
D _{вн} , мм	D _{вн} , мм	D _н , мм	Маркировка	0,32	0,4	0,6	0,63	1	1,6	2
600	600	500	ПЭ 63	66	70	80	–	96	–	–
			ПЭ 80	74	–	–	74	87	107	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	80	96	106
Нет	700	630	ПЭ 63	55	60	73	–	93	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	65	82	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	73	93	–
800	800	710	ПЭ 63	67	73	88	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	79	98	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	88	–	–
Нет	900	800	ПЭ 63	75	81	98	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	90	109	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	97	–	–
1000	1000	900	ПЭ 63	78	85	104	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	93	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	104	–	–
Нет	1100	1000	ПЭ 63	81	89	110	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	98	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	110	–	–
1200	1200	Нет	ПЭ 63	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	–	–	–
Нет	1300	1200	ПЭ 63	87	96	–	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	108	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	–	–	–
1400	1400	Нет	ПЭ 63	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	–	–	–
Нет	1500	1400	ПЭ 63	93	104	–	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	–	–	–
1600	1600	Нет	ПЭ 63	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	–	–	–
Нет	1700	1600	ПЭ 63	99	112	–	–	–	–	–
			ПЭ 80	–	–	–	–	–	–	–
			ПЭ 100	–	–	–	–	–	–	–

В то же время следует учитывать, что полиэтиленовые трубы имеют в сравнении с трубами из неорганических материалов высокую стоимость и, соответственно, повышают стоимость ремонтно-восстановительных работ.

В Харьковском государственном техническом университете строительства и архитектуры разработаны методы восстановления коррозионно разрушенных, абразивно-изношенных и разгерметизированных трубопроводов, которые значительно снижают стоимость восстановительных работ и повышают эксплуатационную долговечность восстановленных водопроводов.

Сущность методов следующая. В ветхих трубопроводах возводят самонесущие монолитные, монолитно-сборные или сборно-монолитные трубопроводы-вкладыши. Конструкции «вкладышей» комбинированные (двухслойные) и состоят из бетона или железобетона, внутренняя поверхность которых облицована защитным материалом – профилированным полиэтиленом, керамикой или шлаковым литьем. Необходимо отметить, что комбинированные «вкладыши» уменьшают размеры поперечного сечения трубопровода не более, чем полиэтиленовые «вкладыши» (табл. 8.1).

Рассмотрим разработанную технологию восстановления поврежденных коррозией трубопроводов диаметром 500...1000 мм.

Для восстановления этих трубопроводов применяют монолитные тонкостенные сталеармоцементные трубопроводы-вкладыши, облицованные ребристым полиэтиленом.

При производстве восстановительных работ полиэтиленовый рукав используется в качестве несъемной опалубки-облицовки, образуя при этом межтрубное пространство длиной, равное расстоянию между смотровыми кольцами, т.е. 75...150 м.

До начала производства основных работ выполняют такие подготовительные работы, как вынос трассы трубопровода, отвод стоков,

очистка смотровых колодцев и промывка восстанавливаемого трубопровода, шурфовка существующих коммуникаций, обеспечение энергоснабжения, ограждение места производства работ, устройство стартового котлована.

Основные восстановительные работы выполняют в следующей последовательности.

Вначале (рис. 8.1, *а*) изготавливают гибкий арматурный каркас *1*, который состоит из спиральной стальной арматуры, кольцевых шаблон-салазок *2* и продольной стекловолоконистой арматуры *3*, связывающей шаблон-салазки. Затем (рис. 8.1, *б*) вводят в армокаркас *1* облицовочный полиэтиленовый (или иной гибкий пластмассовый коррозионностойкий) рукав *4* с анкерующей наружной поверхностью.

После этих подготовительных работ на первом этапе (рис. 8.1, *в*) протягивают из стартового котлована *5* в восстанавливаемый напорный трубопровод *6* с помощью лебедки *7* комбинированный армокаркас-рукав. На втором этапе (рис. 8.1, *г*) отторцовывают из смотровых колодцев *12* концы облицовочных полиэтиленовых рукавов *8* и концы межтрубных зазоров *9*, заполняют водой из гидронапорной машины *11* полиэтиленовый рукав *4*, образуя при этом гидропригрузопалубку с гидростатическим давлением P_1 . На третьем этапе (рис. 8.1, *д*) с помощью смесительно-насосного агрегата *13* нагнетают давлением $P_2 = P_1$ цементный раствор в межтрубный зазор *10* и прессуют его (после окончания нагнетания и до начала схватывания раствора) в радиальном направлении с помощью гидропригрузопалубки давлением $P_1 > P_2$, используя при этом гидронапорную машину *11*.

Дополнительное радиальное прессование монолитного армоцементного трубопровода-вкладыша улучшает прочностные характеристики армоцементного камня и, следовательно, повышает величину расчетного внутреннего давления в восстанавливаемом напорном трубопроводе.

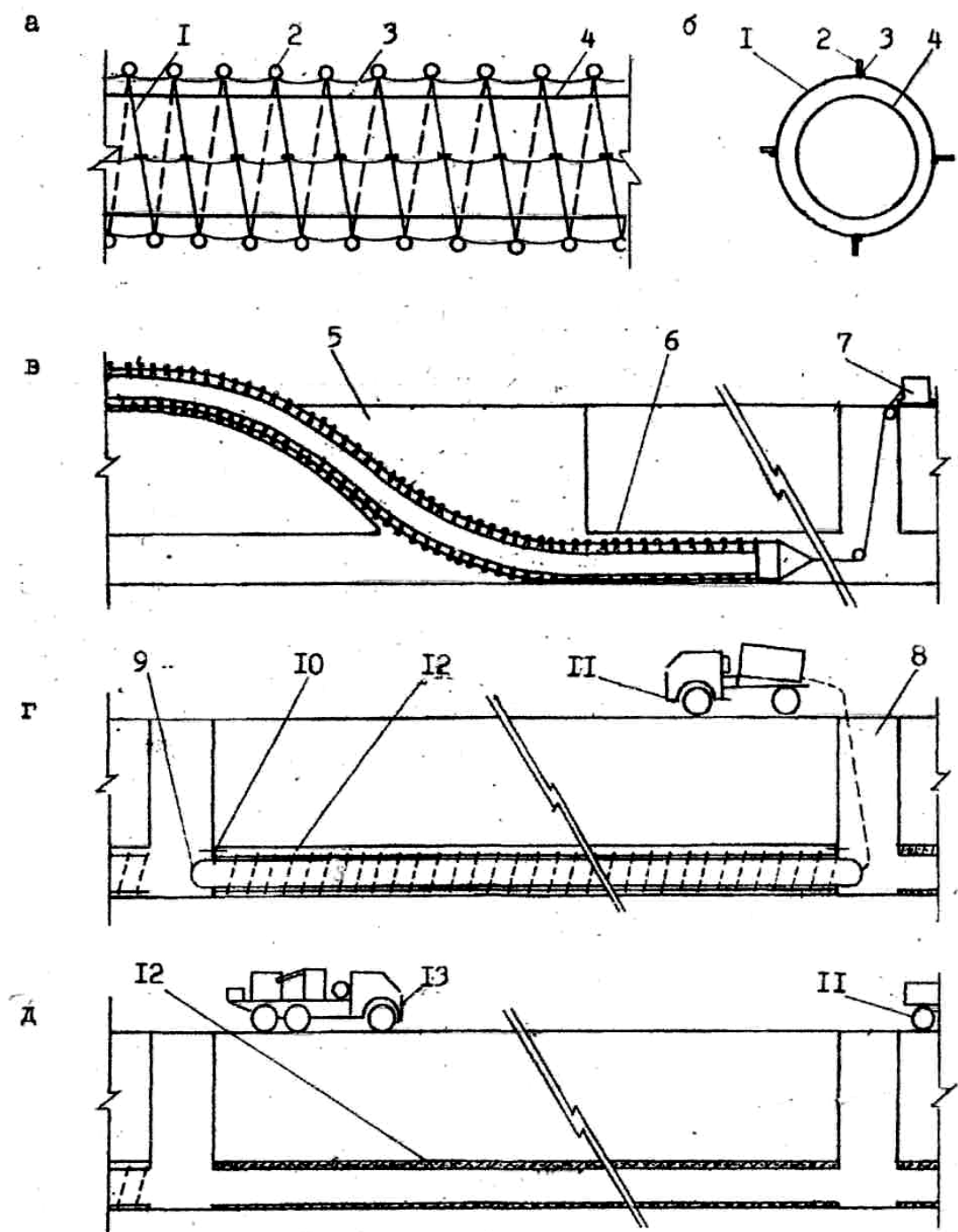


Рис. 8.1. Технологическая схема восстановления непроходного трубопровода методом возведения армоцементного трубопровода-вкладыша:

а, б – конструкция арморукава-вкладыша; *в* – протягивание в восстанавливаемый трубопровод арморукава-вкладыша; *г* – заполнение водой поли-этиленового рукава и образование гидропригрузопалубки; *д* – цементация межтрубного зазора и прессование раствора путем повышения давления в гидропригрузопалубке.

При этом способе восстановления непроходных водоводов положительный эффект достигается благодаря выполнению совокупности следующих процессов, являющихся отличительными признаками данной технологии:

протягивания гибкого спирального сталестекловолоконного армокаркаса (имеющего шаблон-салазки) и вложенного в него облицовочного полиэтиленового рукава с анкерующей наружной поверхностью;

заполнения облицовочного полиэтиленового рукава водой с образованием гидропригрузопалубки;

нагнетания в межтрубный зазор цементного раствора и прессования его в радиальном направлении путем повышения давления воды в гидропригрузопалубке.

Одним из важных вопросов при применении данной и других технологий является заполнение раствором пространства между поврежденной коррозией трубой и полиэтиленовым рукавом.

Нагнетание цементного раствора в межтрубные пустоты не представляет собой технологических трудностей. Для этого обычно используются подвижные цементно-песчаные растворы. Для нагнетания, например в трещины (тампонажа) наиболее часто применяют недорогие и достаточно простые в технологии цементно-водные растворы (суспензии) с В/Ц в пределах 0,8–1,0. Считается при этом, что в процессе нагнетания вода отфильтровывается и остаточное В/Ц снижается до 0,32–0,35. Однако эти составы из-за расслоения при фильтрации неоднородны и обладают невысокой адгезией к стенкам трещин, не исключают полностью обратной фильтрации через затампонированную породу и не обеспечивают долговечности изоляции. Для устранения этих недостатков используют различные добавки: глину, жидкое стекло, водорастворимую карбамидную смолу, карбоксиметилцеллюлозу и др. Однако указанные добавки не устраняют полностью отмеченные недостатки. Полагаем, что

ликвидировать их возможно путем управления реологическими характеристиками составов, в частности вязкостью и проникающей способностью, для чего необходимо представить процесс тампонажа с позиций физико-химической механики дисперсных систем.

В связи с изложенным проанализирован механизм протекания в межтрубном зазоре (рис. 8.2) цементного раствора (суспензии) как жидкообразной высокодисперсной системы.

Зазор представлен в виде заполненного водой бесконечно длинного плоского капилляра периметром b_t , толщиной a .

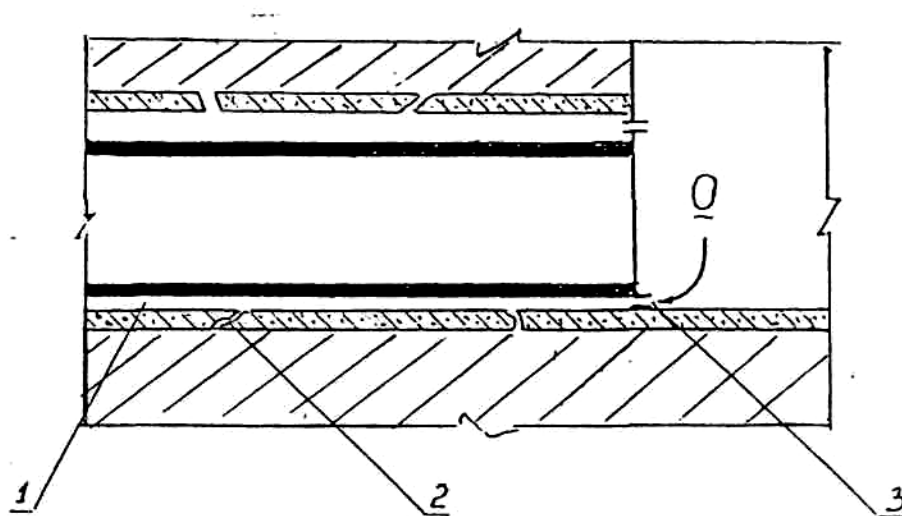


Рис. 8.2 Схема нагнетания в межтрубный зазор:

1- межтрубный зазор; 2- трещины в теле восстанавливаемого трубопровода; 3- инъектор

Раствор протекает по капилляру под давлением нагнетания P_n , при этом течению препятствует внешнее давление столба воды в зазоре P_v и давление P_t от силы трения в зазоре F . В результате выравнивания давлений устанавливается стационарный поток со скоростью V_t . За время нагнетания τ раствор проникает на глубину l . Заполнение зазора целевой водой позволяет пренебречь эффектами, связанными с образованием мениска. С учетом закона течения Пуазейля сила внутреннего трения в потоке равна

$$F = \frac{\eta S_{\pi} V_T}{\delta}, \quad (8.2)$$

где η - эффективная динамическая вязкость раствора, Н·с/м²;

δ - толщина слоя раствора, в котором скорость воды изменяется от нуля до V_T , м; V_T/δ - градиент скорости течения раствора, 1/с;

S_{π} - площадь поверхности части межтрубного зазора заполненной текущим раствором, м²;

$$S_{\pi} = 2(h_T + b_T)l \approx 2b_T \cdot l \quad (8.3)$$

Площадь поперечного сечения межтрубного зазора

$$S_T = b_T \cdot a \quad (8.4)$$

Давление силы трения составит

$$P_T = \frac{F}{S_T} = \frac{\eta S_{\pi} V_T}{S_T \delta} = \frac{\eta \cdot V_T 2b_T \cdot l}{\delta b_T a} = \frac{2\eta \cdot l \cdot V_T}{a\delta} \quad (8.5)$$

Стационарный поток установится при

$$P_T = P - P_B, \quad (8.6)$$

Следовательно,

$$P - P_B = \frac{2\eta \cdot l V}{a\delta} = \frac{2\eta \cdot l^2}{a \cdot \delta \cdot \tau} \quad (8.7)$$

Глубина проникновения раствора будет:

$$l = \sqrt{\frac{(P_n - P_B) \cdot a \cdot \delta \tau}{2\eta}} \quad (8.8)$$

Эта методика расчета проницаемости цементного раствора использована для подбора состава цементного раствора при заполнении не только межтрубного зазора, но и трещин тела и стыков восстанавливаемого канализационного трубопровода, причем за время заполнения пустот $t_{\text{зап}}$ и опрессовки $t_{\text{опр}}$, которое должно быть меньше укладочного возраста цементного раствора $t_{y.B.}$

Одной из главных задач настоящей работы является обоснование состава и свойств цементного раствора, обеспечивающих требуемые проникающую способность раствора, его плотность, водонепроницаемость

и прочность после отвердения.

Исходными данными для решения этой задачи являются: количественные характеристики конструкций труб-вкладышей – длина восстанавливаемого участка до 100 м; толщина кольцевого зазора 0-20 мм в лотке и до 100 мм – в своде; давление опрессовки не более 0,16 МПа ($1,6 \cdot 10^5$ Па, ограничивается прочностью керамических труб): продолжительность опрессовки около 10 мин (600 с), жизнеспособности раствора не менее 1 ч (ограничивается продолжительностью цементации). В затвердевшем состоянии раствор должен обладать водонепроницаемостью, не меньшей, чем водонепроницаемость бетона труб, применяемых для возведения безнапорных коллекторов.

Теоретической предпосылкой для настоящей работы являются исследования, где на основе положений физико-химической механики дисперсных систем выведена зависимость глубины проникновения цементного раствора I , м, в межтрубный зазор высотой a , м, и гидростатического давления воды в зазоре P_B , Па, динамической вязкости раствора η Па·с, давления опрессовки P , Па и ее продолжительности τ , с:

$$I = [(P - P_B) a \delta \tau / 2\eta] - 0,5, \text{ м}, \quad (8.9)$$

где δ – толщина пристенного слоя раствора, в котором скорость течения раствора изменяется от максимального значения до нуля, для обычного цементного раствора – $2,5 \cdot 10^5$ м, для раствора с добавкой-суперпластификатором – $0,8 \cdot 10^6$ м.

Литературные данные о динамической вязкости цементных растворов достаточно противоречивы, поэтому в данной работе использованы данные, полученные на основании как обзора литературных данных, так и экспериментальных исследований, выполненных применительно к цементным растворам с помощью капиллярных вискозиметров ВЗ-1, ВЗ-4, вискозиметра Суттарда ВС. Динамическая вязкость обычного цементного раствора (цементно-водной суспензии ЦВС) при водоцементном отношении В/Ц=0,5 составляет $\eta=2,33$ Па·с.

Динамическая вязкость цементного раствора с добавкой-суперпластификатором (суперпластифицированной цементно-водной суспензии СПЦВС) при $В/Ц=0,5$ составляет $\eta=0,003$ Па·с, а при $В/Ц=0,35$ $\eta=0,061$ Па·с. Уточнение данных о динамической вязкости цементационных растворов выполнилось с помощью разработанного в ХГТУСА нового прибора ЭШ-1.

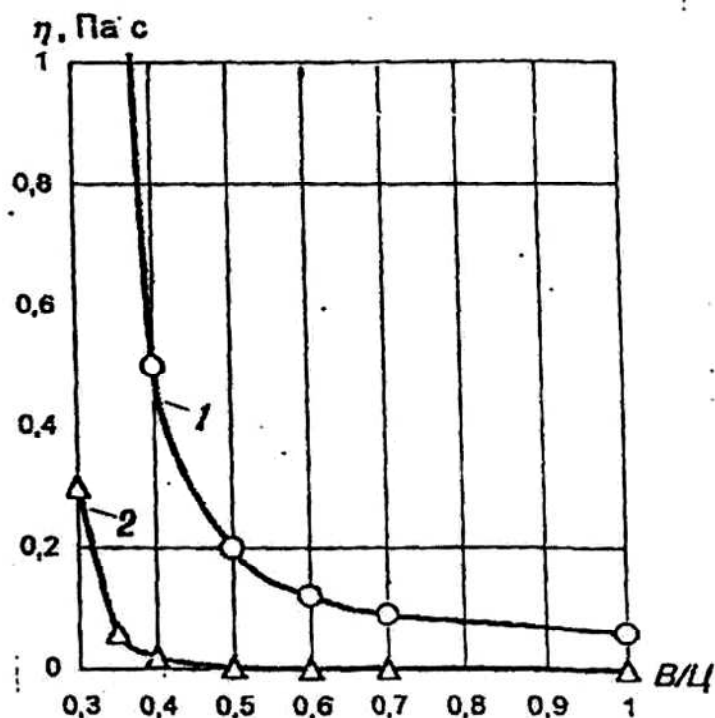


Рис. 8.3 Зависимость динамической вязкости цементного раствора η , от водоцементного отношения $В/Ц$:

1 - обычный раствор (цементно-водная суспензия ЦВС); 2 - раствор с добавкой-суперпластификатором (суперпластифицированная цементно-водная суспензия СПЦВС).

Установлено, что ЦВС не проникает в трещины с шириной раскрытия менее 0,2 мм, тогда как СПЦВС благодаря пептизации цементных частиц проникает в трещины с шириной раскрытия от 0,05мм.

Водонепроницаемость бетона безнапорных канализационных труб согласно ГОСТ 20054 должна составлять W4. Для бетона в соответствии со СНиП 2.03.11 такая марка по водонепроницаемости обеспечивается при

В/Ц не более 0,6. С учетом того, что водонепроницаемость бетона зависит в основном от свойств цементного камня, для цементационного раствора также следует принимать В/Ц не более 0,6.

Степень агрессивного воздействия эксплуатационной среды на свод канализационных коллекторов – до сильноагрессивного определяется по показателю рн. В таких условиях СНиП 2.03.11 предписывает повышать марку бетона по водонепроницаемости до W8, которая обеспечивается при В/Ц не более 0,45.

Таким образом, В/Ц растворов для цементации межтрубного зазора для обеспечения водонепроницаемости и коррозионной стойкости, а следовательно, и долговечности конструкции коллектора, следует принимать не более 0,45, а лучше и менее. Такие В/Ц из условия перекачиваемости насосами могут быть достигнуты только в случае использования цементационных растворов с добавками-суперпластификаторами –СПЦВС.

Исследовав зависимости глубины проникновения раствора от ширины высоты межтрубного зазора (раскрытия трещин) а, подставив в (8.9) получим следующие значения:

гидростатическое давление вытесняемой при опрессовке воды которое принимаем равным для случая, когда горизонт грунтовых вод проходит на 3 м выше коллектора, т.е. высота столба воды $h=3\text{м}$:

$$P_h - p q h - 1000 \cdot 9,8 \cdot 3 \approx 30000 \text{ Па}, \quad (8.10)$$

где p – плотность воды, 1000 кг/м^3 ;

q - ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$;

P -давление опрессовки равное $160\,000 \text{ Па}$, и продолжительностью 600 с ;

толщина пристенного слоя раствора δ , в котором скорость течения раствора изменяется от максимального значения до нуля: для ЦВС $2,5 \cdot 10^5 \text{ м}$, для СПЦВС $0,8 \cdot 10^6 \text{ м}$;

динамическая вязкость раствора η (рис. 8.3): для ЦВС при В/Ц=0,6

0,125, при $V/C=0,45=0,27$, при $V/C=0,35$ 2,33 Па·с; для СПЦВС при $V/C=0,6$ 0,002, при $V/C=0,45$ 0,01, при $V/C=0,35$ 0,061 Па·с.

После соответствующих подстановок (8.7) примет вид

$$l=31,2(a/\eta)^{0,5} - \text{для ЦВС}; \quad l=55,9(a/\eta)^{0,5} - \text{для СПЦВС}. \quad (8.11)$$

Графическая интерпретация (8.11) представлена на рис. 8.4, а, из которого видно, что при $V/C=0,45-0,6$ обычные цементные растворы (ЦВС) не проникают в межтрубный зазор на расстояние более 40 м. На расстояние до 100 м в межтрубный зазор проникают растворы с добавками-суперпластификаторами (СПЦВС) при $V/C=0,35-0,45$, обеспечивающем требуемые водонепроницаемость и коррозионную стойкость цементного камня. Применение таких СПЦВС обеспечивает также цементацию трещин с шириной раскрытия от 0,05 мм на всю толщину существующих труб (рис. 8.4, б).

Таким образом, для цементации межтрубного зазора при устройстве новых трубопроводов внутри поврежденных трубопроводов следует применять цементный раствор с добавкой-суперпластификатором – СПЦВС и с водоцементным отношением $V/C=0,35-0,45$. Для его приготовления необходимо использовать пластифицирующие добавки I группы по ГОСТ 24211 (суперпластификаторы) – Дофен, С-№ (Россия) и т.п. При применении пластифицирующих добавок II группы (сильнопластифицирующих) и ниже, например Релаксола, УПБ и т.п., требуются исследования реологических характеристик растворов по известным методикам, а также соответствующие расчеты проникающей способности и их экспериментальное уточнение.

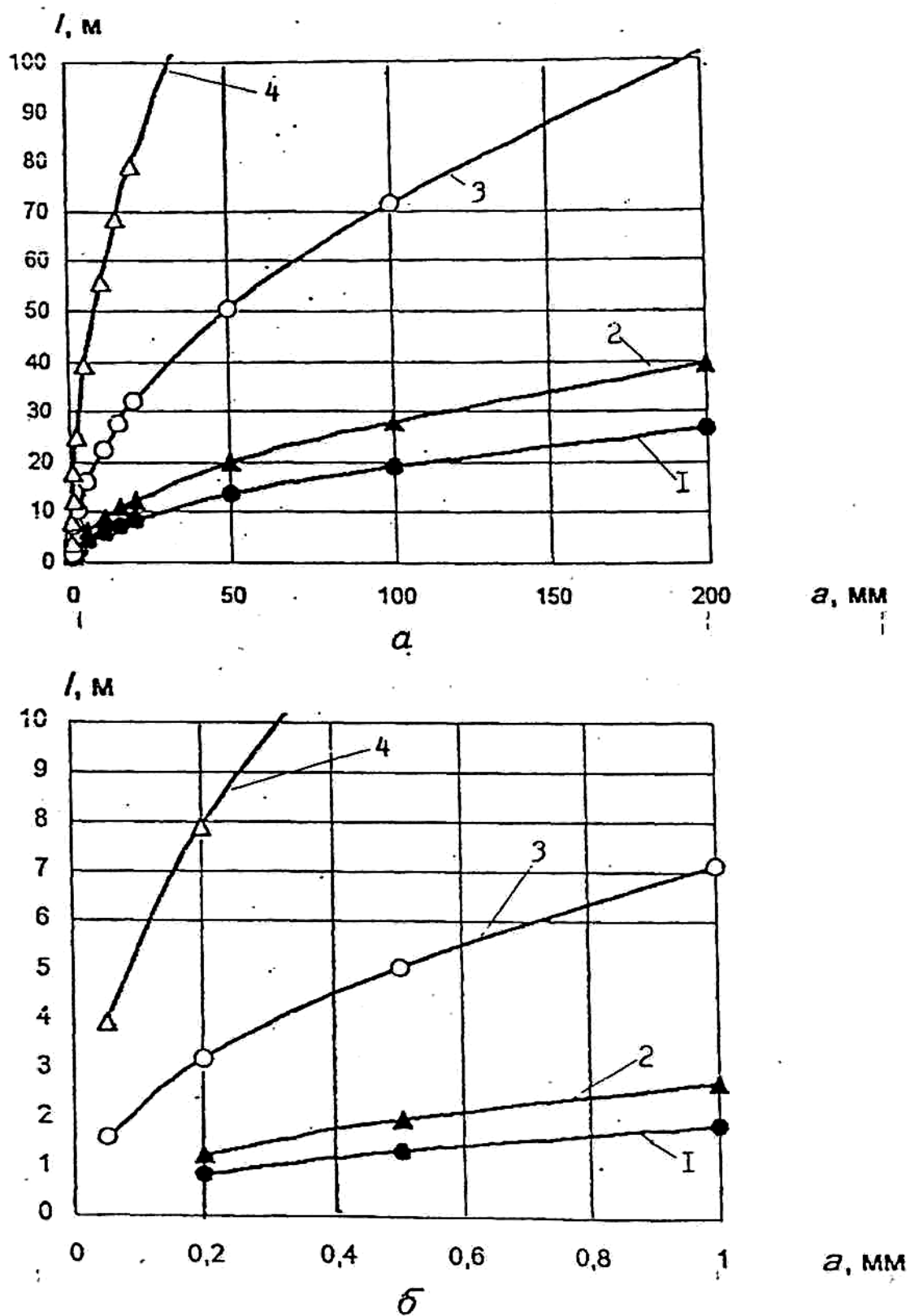


Рис. 8.4. Зависимость глубины проникания цементационных растворов l , м, от ширины a , мм: a -межтрубного зазора; b -раскрытия трещин; 1-ЦВС, В/Ц=0,45; 2-ЦВС, В/Ц=0,6; 3-СПЦВС, В/Ц=0,35; 4-СПЦВС, В/Ц=0,45.

8.2. Технология восстановления абразивно изношенных трубопроводов диаметром 600...1000 мм

Для восстановления абразивно-изношенных трубопроводов можно использовать монолитно-сборные трубопроводы-вкладыши. Конструкции трубопроводов-вкладышей должны состоять из безраструбных керамических труб, толщиной которая уменьшает размеры восстановленного трубопровода в тех допустимых пределах, которые указаны в табл. 8.1.

Керамические трубы по ГОСТ 286-82 внутренним диаметром 450 мм и внешним диаметром – 518 мм но без раструбов могут быть использованы для восстановления трубопроводов диаметром 600 мм. Межтрубный зазор заполняется цементным раствором.

Трубы-вкладыши проталкивают из стартового котлована, длина которого определяется длиной проталкивающего устройства и длиной звена трубы-вкладыша. Межтрубный зазор заполняют раствором со стороны смотровых колодцев, около которых на поверхности устанавливают насосы. Поэтому снижение количества стартовых котлованов и промежуточных проталкиваемых устройств за счет увеличения длины проталкивания и следовательно, снижение общих затрат на восстановление канализационного трубопровода большой протяженности – является одной из решаемых задач.

Данная технология предусматривает проталкивание керамических труб-вкладышей в эксплуатационный трубопровод.

При проталкивании керамических труб в разрушенном железобетонном трубопроводе на трубы действуют те же силы сопротивления, что и при проталкивании железобетонных труб.

При жестком соединении керамических труб величина силы проталкивания может быть найдена по формуле:

$$F > \frac{\pi}{4}(D_H^2 - D_B^2)L f_2 \gamma + \Delta f_2 \left(\frac{2\pi}{4l_0} \right)^3 \cdot \frac{\pi}{64} [D_H^4 - D_B^4] E_k \frac{L}{l_0} \quad (8.12)$$

где: D_H - наружный диаметр керамической трубы, м;

D_B - внутренний диаметр керамической трубы, м;

γ - объемный вес керамики, кН/м³;

L - длина плети керамических труб, м;

f_2 - коэффициент трения керамики по мокрому бетону, $f_2 = 0,6$;

Δ - допуск на размер внутреннего диаметра железобетонной трубы, м, $\Delta = 0,004$ м;

l_0 - длина звена железобетонной трубы, м, $l_0 = 5$ м;

E_k - модуль деформации керамического материала, кПа/м².

При проталкивании керамических труб, соединенных между собой полиэтиленовыми прокладками, касание стенок труб происходит в местах переломов плети, так как плеть принимает пилообразный вид.

При длине керамических труб, равной 1 м, количество звеньев керамических труб в пределах одного звена железобетонной трубы равно пять.

С учетом этого фактора величина силы проталкивания становится равной

$$F > \frac{\pi}{4}(D_H^2 - D_B^2)\gamma f_2 L + 0,6 \frac{\Delta}{4} f_n \frac{\pi}{64} (D_H^4 - D_B^4) \frac{E_n}{t} \frac{25}{4l_0^2} \frac{L}{2l_0} \quad (8.13)$$

Здесь: D_H - наружный диаметр керамической трубы, м;

D_B - внутренний диаметр -//-, м;

γ - объемный вес керамики, кН/м³;

L - длина плети керамических труб, м;

f_2 - коэффициент трения керамики по мокрому бетону;

Δ - допуск на размер внутреннего диаметра железобетонной трубы, м;

l_0 - длина одного звена железобетонной трубы, м, $l_0 = 5$ м;

f_n - коэффициент трения полиэтилена по бетону;

E_n - модуль упругости полиэтилена низкого давления, $E_n = 150 \cdot 10^3$ КПа;

t - толщина полиэтиленовой прокладки.

С помощью формул (8.12) и (8.13) можно получить зависимость между длиной клетки керамических труб и силой проталкивания:

- при жестком соединении

$$L \leq \frac{F}{\left[\frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_B^2) \gamma f_2 + \frac{\Delta}{l_0} f_2 \left(\frac{\pi}{2l_0} \right)^3 \frac{\pi}{64} [D_H^4 - D_B^4] E_k \right] \gamma_c} \quad (8.14)$$

- при соединении с помощью полиэтиленовых прокладок:

$$L \leq \frac{F}{\left[\frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_B^2) \gamma f_2 + \frac{0,6}{4} \frac{\Delta}{2l_0} f_n \frac{\pi}{64} [D_H^4 - D_B^4] \frac{E_n}{t} \frac{25}{4l_0^2} \right] \gamma_c} \quad (8.15)$$

Коэффициент надежности должен быть принят не менее $\gamma_c = 1,5$

Предельную силу проталкивания найдем из условия предельного сопротивления керамической трубы на изгиб совместно со сжатием:

$$\sigma_{\max} = E \frac{\Delta}{2} \left(\frac{\pi}{2l_0} \right)^2 \frac{D_H}{2} + \frac{F}{\frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_b^2)} \leq R_{из} \quad (8.16)$$

Используя зависимость (8.16) получим предельную силу проталкивания

$$F_{np} = \left[R_{из} - E \frac{\Delta}{2} \left(\frac{\pi}{2l_0} \right)^2 \frac{D_H}{2} \right] \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_b^2) \frac{1}{\gamma_f} \quad (8.17)$$

Здесь $R_{из}$ - предел прочности керамики при изгибе, $R_{из} = 1,5 - 4$ кН/см²;

E - модуль упругости керамики, $E = 5000$ кН/см²;

Δ - допуск на величину внутреннего диаметра железобетонных труб,
 $\Delta = 0,4$ см;

l_0 - длина одного звена железобетонных труб, $l_0 = 500$ см;

D_H - внешний диаметр керамической трубы, см;

D_B - внутренний диаметр керамической трубы, см;

γ_F - коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_F = 1,1$.

При проталкивании керамических труб, соединенных между собой полиэтиленовыми прокладками, продольная сила проталкивания определена из условия предельного сопротивления керамической трубы на изгиб совместно со сжатием, а также из условия предельного сопротивления полиэтиленовой прокладки также на изгиб и сжатие. Поскольку прочность полиэтилена на изгиб $R_U^n = 7 - 17$ МПа, оказывается ниже, чем такая же прочность для керамики $R_U = 15 - 40$ МПа, предельная сила проталкивания будет определяться несущей способностью полиэтиленовых прокладок.

Максимальное напряжение в полиэтиленовой прокладке будет равно:

$$\sigma_{\max} = E_n \frac{5}{l_0} \frac{\Delta}{8} \frac{\sin \frac{\pi}{5}}{t} \frac{D_H}{2} + \frac{F}{\frac{\pi}{4}(D_H^2 - D_B^2)} \leq R_U^n \quad (8.18)$$

Используя зависимость (8.18) находим предельную силу проталкивания

$$F_{np} = (R_U^n - E_n \frac{1,25\Delta}{4l_0} \frac{0,5878}{t} D_H) \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_B^2) \frac{1}{\gamma_F} \quad (8.19)$$

Здесь: R_U^n - предел прочности полиэтилена при изгибе, $R_U^n = 7 - 17$ МПа;

E_n - модуль упругости полиэтилена, $E_n = 150 \div 200$ МПа;

t - толщина полиэтиленовой прокладки, м;

Δ - допуск для внутреннего диаметра железобетонных труб, м;

l_0 - длина одного звена железобетонных труб, $l_0 = 5$ м;

D_H - внешний диаметр керамической трубы, м;

D_B - внутренний диаметр керамической трубы, м;

γ_F - коэффициент надежности по нагрузке;

F_{np} - предельная сила проталкивания, 10^{-3} кН.

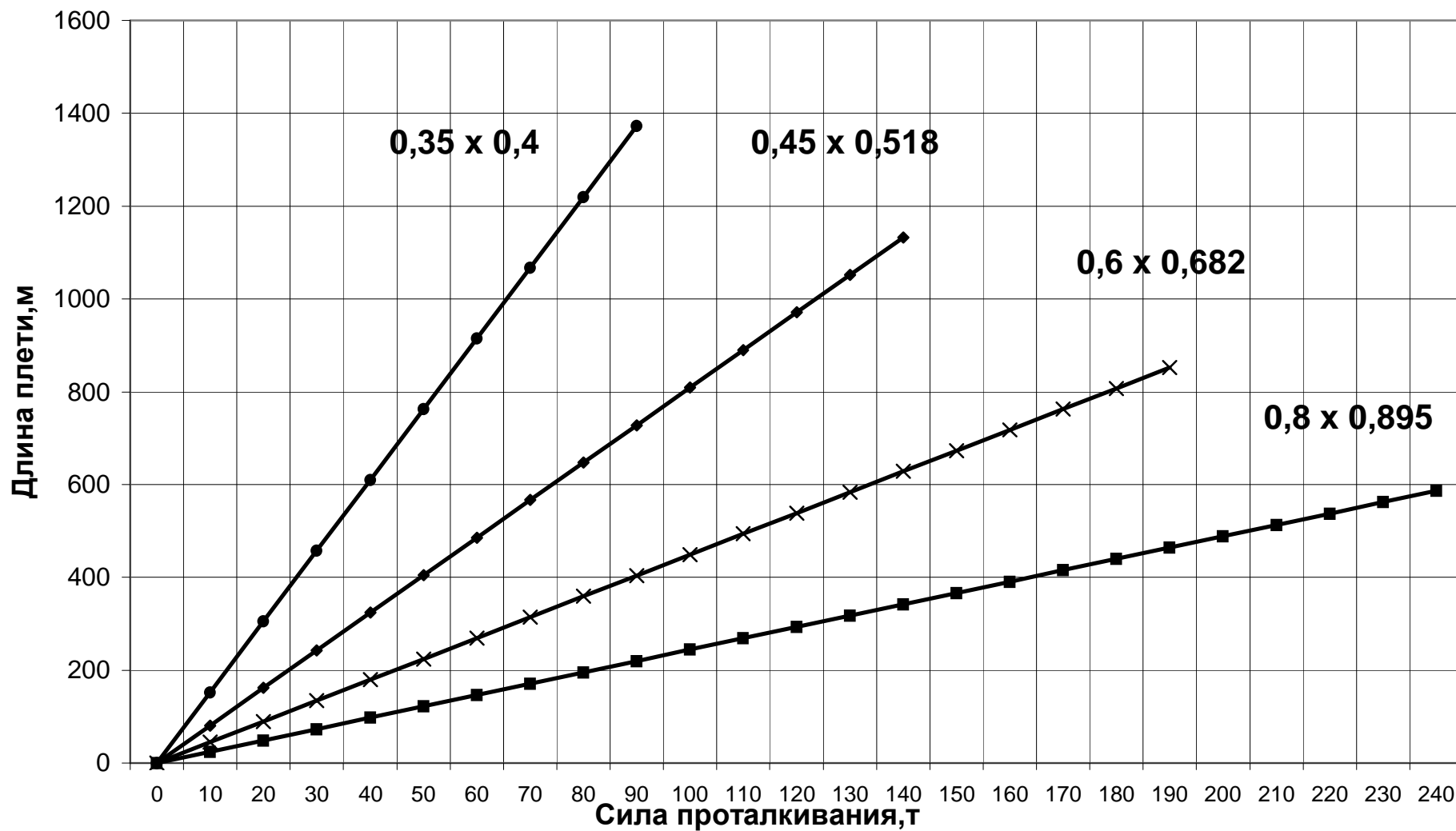


Рис. 8.5 Зависимость длины плети керамических труб от проталкивающей силы.

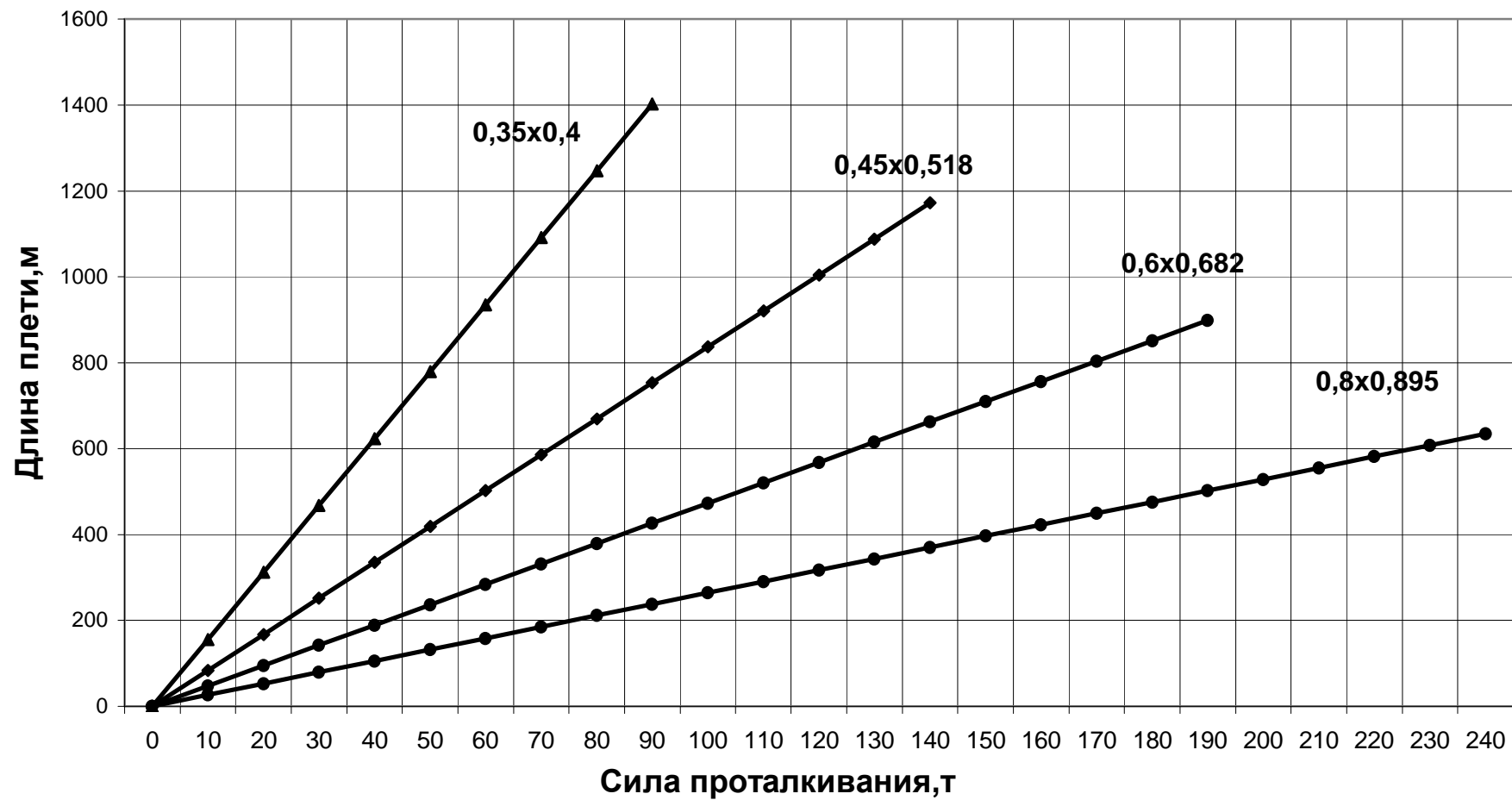


Рис. 8.6 Зависимость длины плети керамических труб с полиэтиленовой прокладкой от проталкивающей силы.

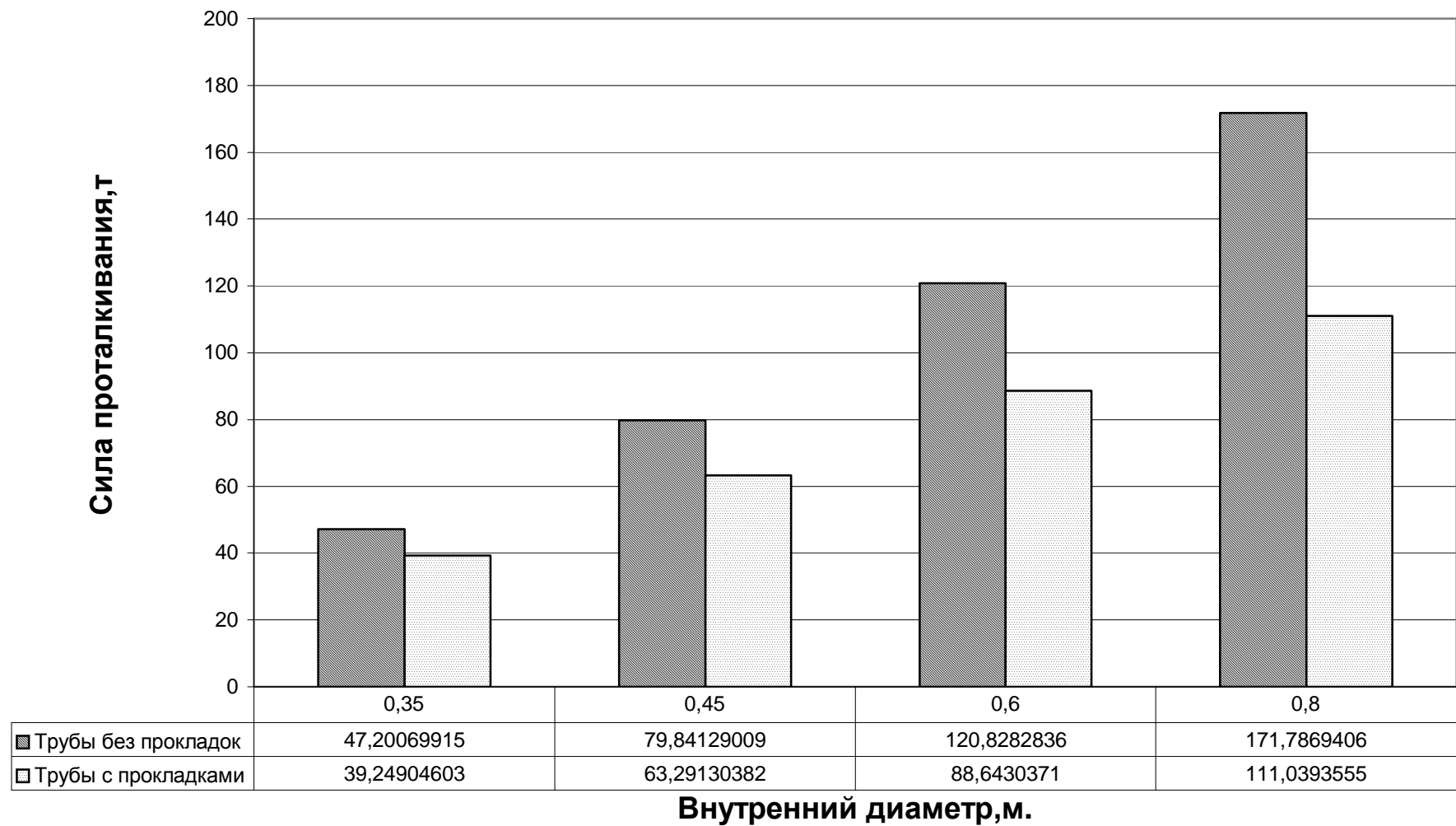


Рис. 8.7 Предельные силы проталкивания керамических труб без прокладок и с полиэтиленовыми прокладками.

На рис. 8.5 и 8.6 приведены графики зависимости длины плети керамических труб при проталкивании от проталкивающей силы и условия соединения труб между собой. На рис. 8.7. приведен график для определения предельных проталкивающих сил в зависимости от диаметра труб.

8.3. Технология восстановления непроходных трубопроводов.

Технология восстановления и защиты непроходных трубопроводов осуществляется следующим образом (рис. 8.8). На первом этапе (рис. 8.8 а) раскрывают стартовый котлован 1, устанавливают проталкивающее устройство 2, последовательно опускают в стартовый котлован новые трубы-вкладыши 3 и проталкивают их в старый трубопровод 4 на длину восстанавливаемого трубопровода. На рис.8.8 а показан восстанавливаемый трубопровод длиной (в одну сторону), равной длине двух участков: стартовый котлован – колодец №1; колодец №1 – колодец №2.

На втором этапе (рис. 8.8 б) в трубопровод – вкладыш вводят, а затем заполняют водой) гидроопалубку из мягкой оболочки 5, которая не только перекрывает все стыки трубопровода-вкладыша, но и служит пригрузом от всплывания.

На третьем этапе (рис. 8.8 в) выполняют цементацию межтрубного зазора отдельно на каждом участке. Для чего на концах межтрубного зазора устанавливают торцевые опалубки (рис 8.8 в) и трубки 6 для нагнетания цементного раствора, выхода воздуха и контроля. Цементируют межтрубный зазор через нижнюю трубку нижнего (по уклону) торца под давлением P_1 , которое должно быть равно давлению воды в гидроопалубке P_2 , т.е. $P_1 \approx P_2$. После окончания цементации и набора необходимой прочности цементного камня 7 гидроопалубку 5

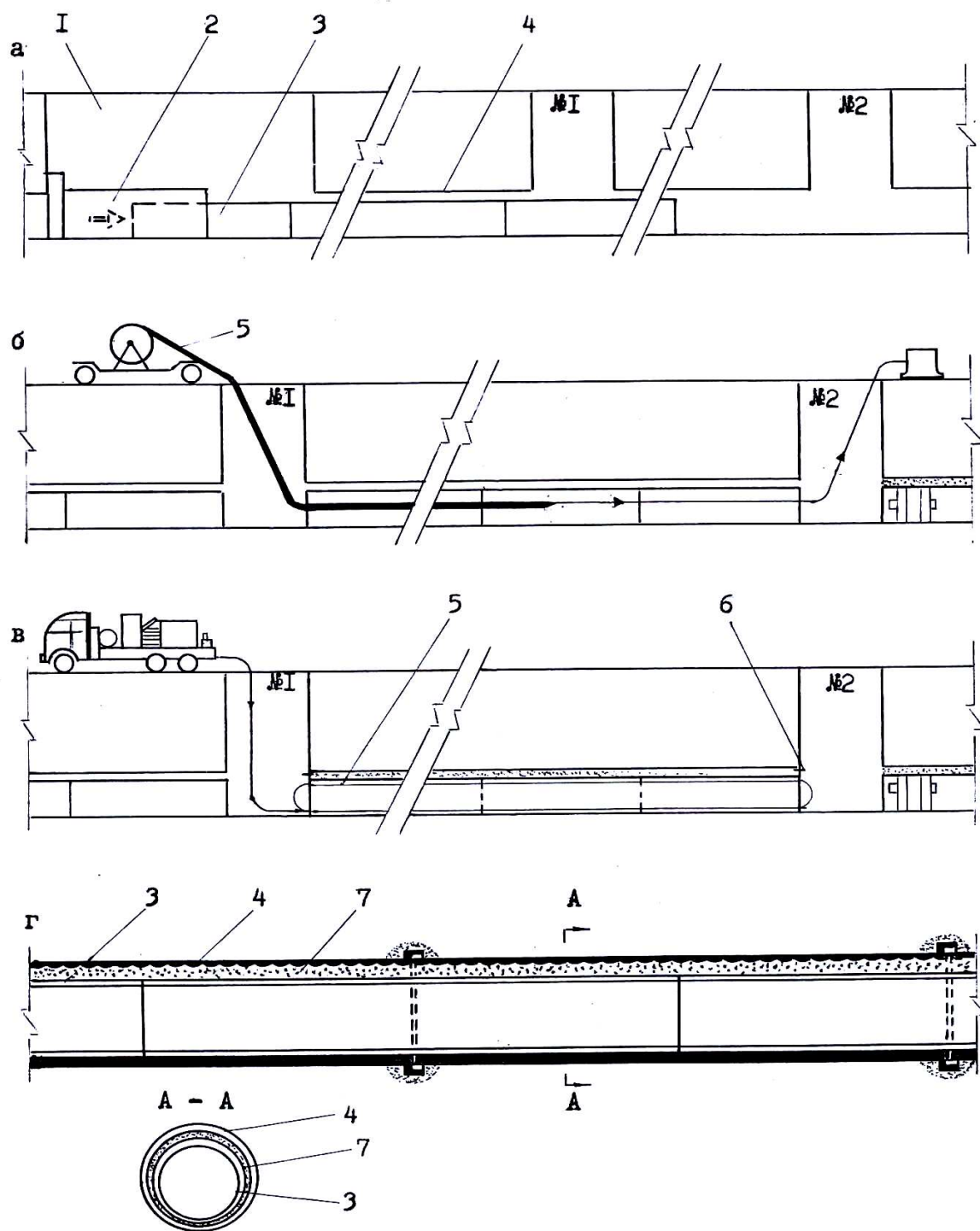


Рис. 8.8. Технологическая схема восстановления трубопроводов $D_{\text{вн}} < 1000$ мм:

а– ввод керамических труб-вкладышей; б– установка гиброопалубки-пригруза; в– цементация межтрубного зазора; г– перевязка звеньев новых труб со старыми.

снимают и приступают к цементации межтрубного зазора нижерасположенного участка.

Разработанная технология восстановления трубопроводов путем проталкивания керамических труб-вкладышей и заполнения межтрубного зазора раствором отличается тем, что трубы-вкладыши изготовляют из недорогих неорганических материалов, безраструбные и длиной, равной длине старых труб, а располагают их в старом трубопроводе с перевязкой стыков новых и старых труб; вводят в трубопровод-вкладыш гидроопалубку из мягкой оболочки, которая перекрывает стыки труб-вкладышей и одновременно служит пригрузом от всплывания; межтрубный зазор цементируют.

8.4. Технология восстановления высоконапорных трубопроводов-водоводов диаметром 600...2000 мм

Данная технология разработана для восстановления несущей способности высоконапорных трубопроводов и их защиты от абразивного износа, коррозии и водопроницаемости.

Конструкция сборно-монолитного трубопровода-вкладыша состоит из сталешлаколитых труб и бетона в качестве заполнителя межтрубного пространства.

Сталешлаколитые трубы представляют собой стальные трубы толщиной 5 мм и диаметром до 2000 мм облицовываемые в заводских условиях шлаковым литьем толщиной 50 мм. Теоретически и практически подтверждена возможность использования сталешлаколитых труб в качестве труб-вкладышей при восстановлении высоконапорных водоводов.

Тонкостенные стальные трубы-вкладыши, облицованные шлаковым литьем были исследованы на прочность от воздействия радиальных и

осевых нагрузок.

Исследования проводились методом численного эксперимента с использованием ЭВМ.

Выполнение облицовки металлических труб шлаковым литьем требует проверки несущей способности полученного двухслойного изделия на прочность, особенно при наличии внутреннего давления. Решение задачи осесимметричной деформации двухслойной трубы методом сил в рамках плоской задачи приводит к такому выражению контактного давления между слоем шлакового литья и металлической трубой:

$$P_l = P \cdot \eta, \quad (8.20)$$

где P – внутреннее давление в трубе, МПа,

η – коэффициент, равный

$$\eta = \frac{2k^2}{(1-k^2) \left[\left(\frac{1+k^2}{1-k^2} - \mu_n \right) + \left(\frac{1+k_l^2}{1-k_l^2} + \mu_s \right) \frac{E_n}{E_s} \right]}, \quad (8.21)$$

$$k = \frac{R}{R+h}, \quad k_l = \frac{R+h}{R+h+\delta},$$

h – толщина слоя шлакового литья, м;

R – внутренний радиус полученной двухслойной трубы, м;

δ – толщина стальной трубы, м;

μ_n, μ_s – коэффициенты Пуассона для шлакового литья и металла соответственно;

E_n, E_s – модули упругости, МПа, для шлакового литья и металла соответственно;

В слое шлакового литья возникает осесимметричное напряженное состояние, главные напряжения которого определяются величинами

$$\sigma_1 = P \frac{(1+k^2) - 2\eta}{(1-k^2)}; \quad \sigma_3 = -P. \quad (8.22)$$

В стальной трубе возникает аналогичное напряженное состояние при

таких главных напряжениях:

$$\sigma_1 = P\eta \frac{1+k_1^2}{1-k_1^2}; \quad \sigma_3 = -P\eta \quad (8.23)$$

Используя третью теорию прочности, которая создаст некоторый запас для несущей способности трубы по сравнению с теорией Мора для материалов с различными прочностными характеристиками при растяжении и сжатии, получаем формулу для определения предельного избыточного давления

$$P_{np} = \frac{\sigma_p^{\oplus}(1-k^2)}{2(1-\eta)}, \quad (8.24)$$

где σ_p^{\oplus} – предел прочности шлакового литья при растяжении.

Величину допускаемого избыточного давления можно получить из (8.24), снижая $P_{кр}$ по крайней мере в два раза. Поэтому имеем:

$$P_{озн} = \frac{\sigma_p^{\oplus}(1-k^2)}{2(1-\eta)} = \frac{\sigma_p^{\oplus}h}{R(1-\eta)} \frac{\left(1 + \frac{h}{2R}\right)}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2}, \quad (8.25)$$

где $P_{озн}$ – допускаемое внутреннее давление, МПа, $R=D/2$.

Для металлической трубы без шлаколитой облицовки получаем допускаемое внутреннее давление, равное

$$P_{доп.м} = \frac{\delta}{(R+h)} R_s, \quad (8.26)$$

где R_s – расчетное напряжения для баллонов, принятое $R_s=160$ МПа.

На рис. 8.9 приведена диаграмма предельных давлений для металлических труб разного диаметра, облицованных шлаковым литьем. Для сравнения приведены также величины давлений для металлических труб без шлаколитой облицовки. Сравнение показывает, что шлаколитая облицовка, несмотря на ее хрупкость, повышает несущую способность металлической трубы. Однако после разрушения облицовки возникает пластическая деформация металла стенки.

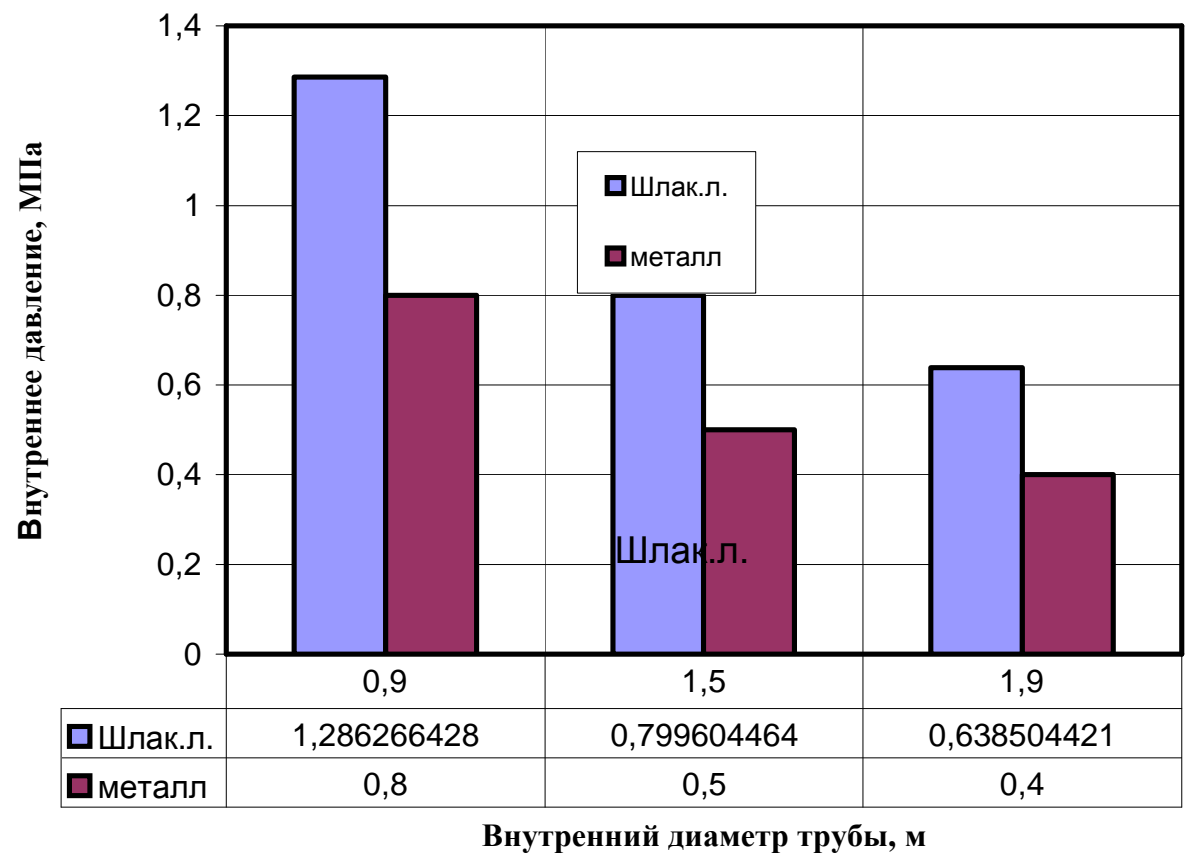


Рис. 8.9. Допускаемые давления для стальных труб с облицовкой из шлакового литья.

Ввод сталешлаколитых труб-вкладышей в восстанавливаемый коллектор предполагается осуществлять гидродомкратным проталкивающим устройством.

Сила, необходимая для проталкивания одного погонного метра трубы, может быть найдена из соотношения

$$F \geq \left[\pi D \delta \gamma_s + \frac{\pi}{D} [D^2 (D - 2h)]^2 \gamma_n \right] \left[(f \pm i) \left[1 + \frac{D}{2k} \right] \right], \quad (8.27)$$

где F – сила проталкивания, кН/м;

D – диаметр стальной трубы, м;

δ – толщина металлической трубы, м;

γ_s – объемный вес металла, кН/м³;

h – толщина облицовки шлакового литья, м;

γ_n – объемный вес шлаковым литьем, кН/м³;

f – коэффициент трения стен о мокрый бетон, $f = 0,35$ [78];

k – величина, равная 1 м;

i – уклон коллектора. Знак принимается в зависимости от наклона – вверх \oplus , вниз \ominus .

На рис. 8.10 приведена диаграмма значений F . Величина проталкивающей силы возрастает с увеличением диаметра. Длина плети стальных труб, облицованных шлаковым литьем, может быть найдена из соотношения

$$[\sigma]_s = \frac{1,5Fl \frac{E_s}{E_n}}{\frac{\pi Dh}{2} \left[\left(1 - \frac{2h}{D} \right) + \frac{\delta}{h} \frac{E_s}{E_n} \right]}, \quad (8.28)$$

где l – длина плети;

$[\sigma]_s$ – допускаемое напряжение металла, кПа.

На рис. 8.11 приведены диаграммы значений l для разных диаметров труб.

Для сравнения полученных результатов на рис. 8.12 и 8.13 приведены аналогичные диаграммы для полиэтиленовых труб марки

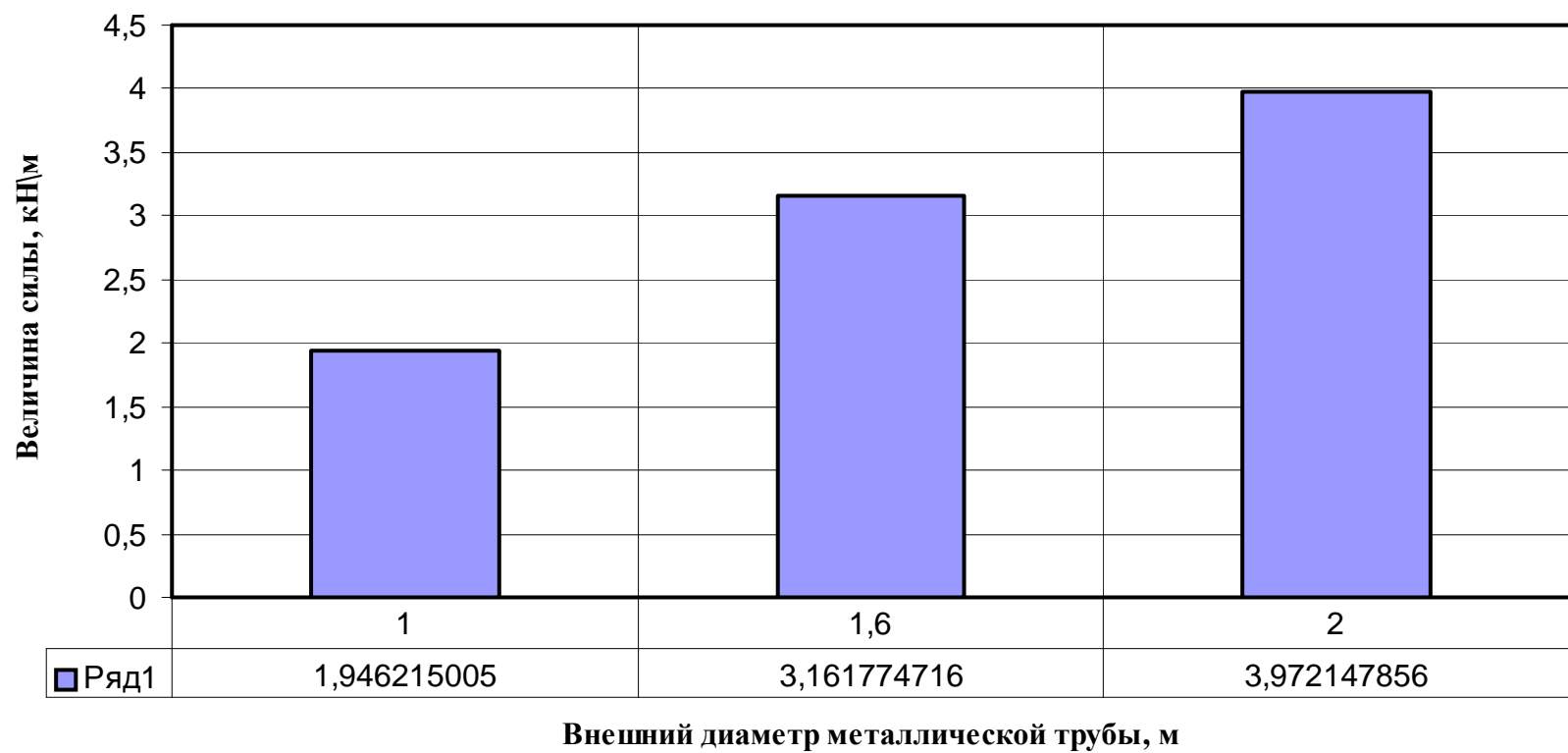


Рис. 8.10. Величины сил для проталкивания труб с облицовкой из шлакового литья.

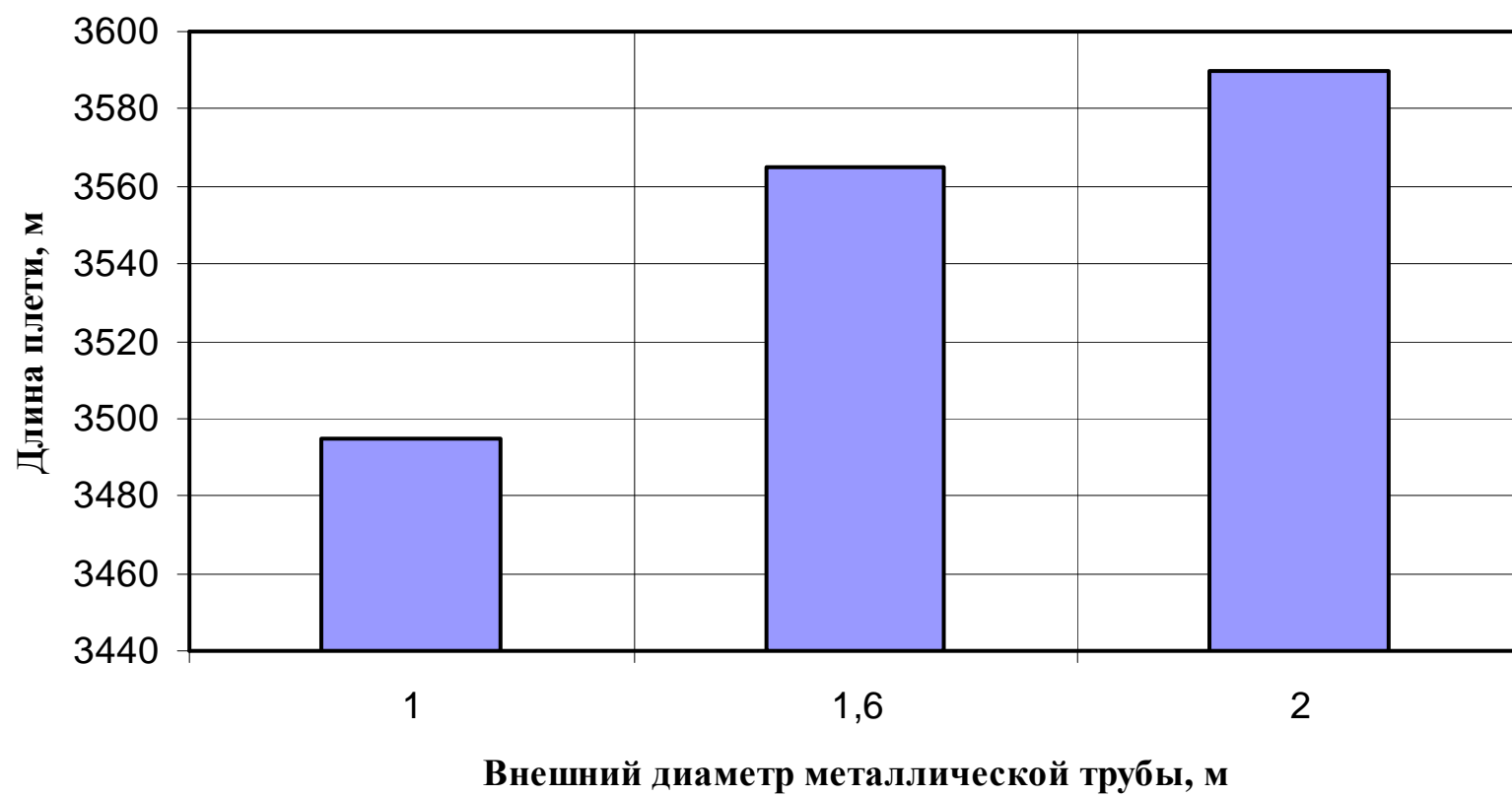


Рис. 8.11. Предельные длины плети труб, облицованных шлаковым литьем при проталкивании.

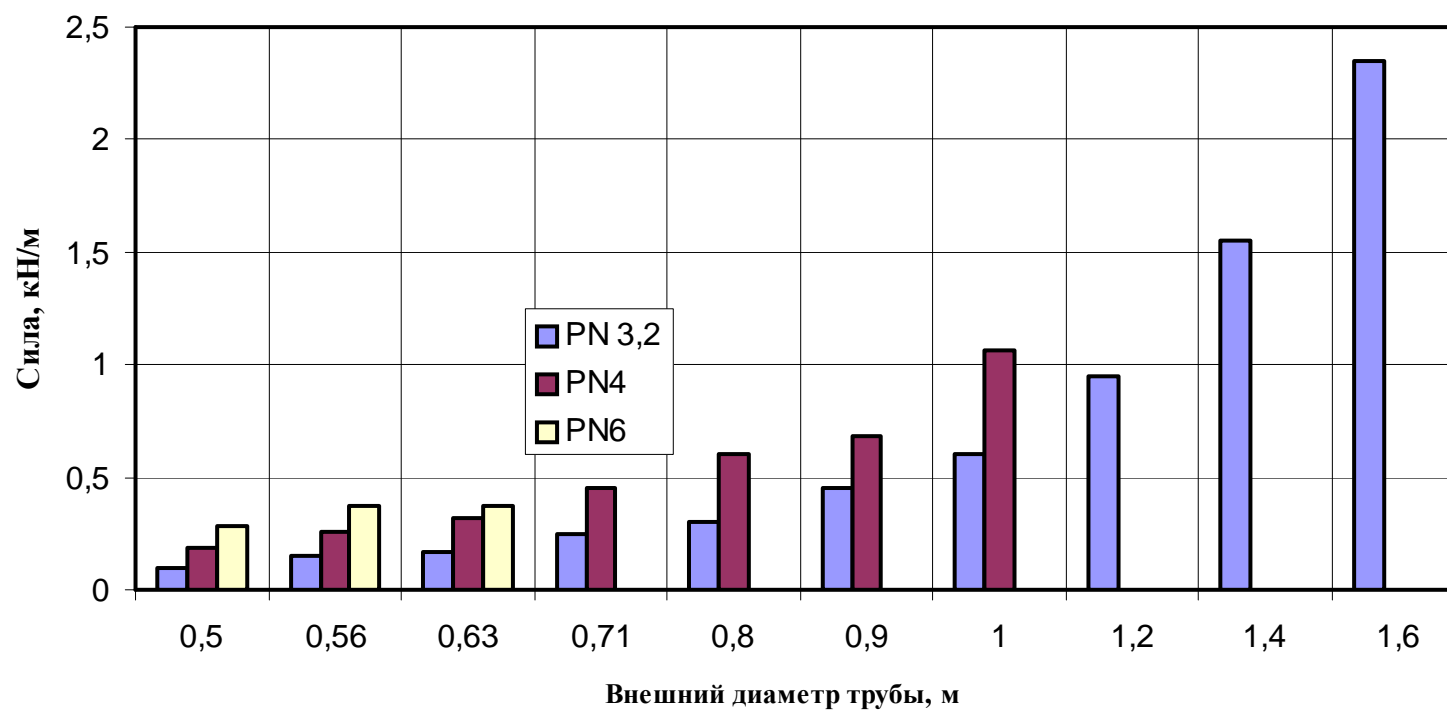


Рис. 8.12. Величина силы для проталкивания труб ПЭ 63.

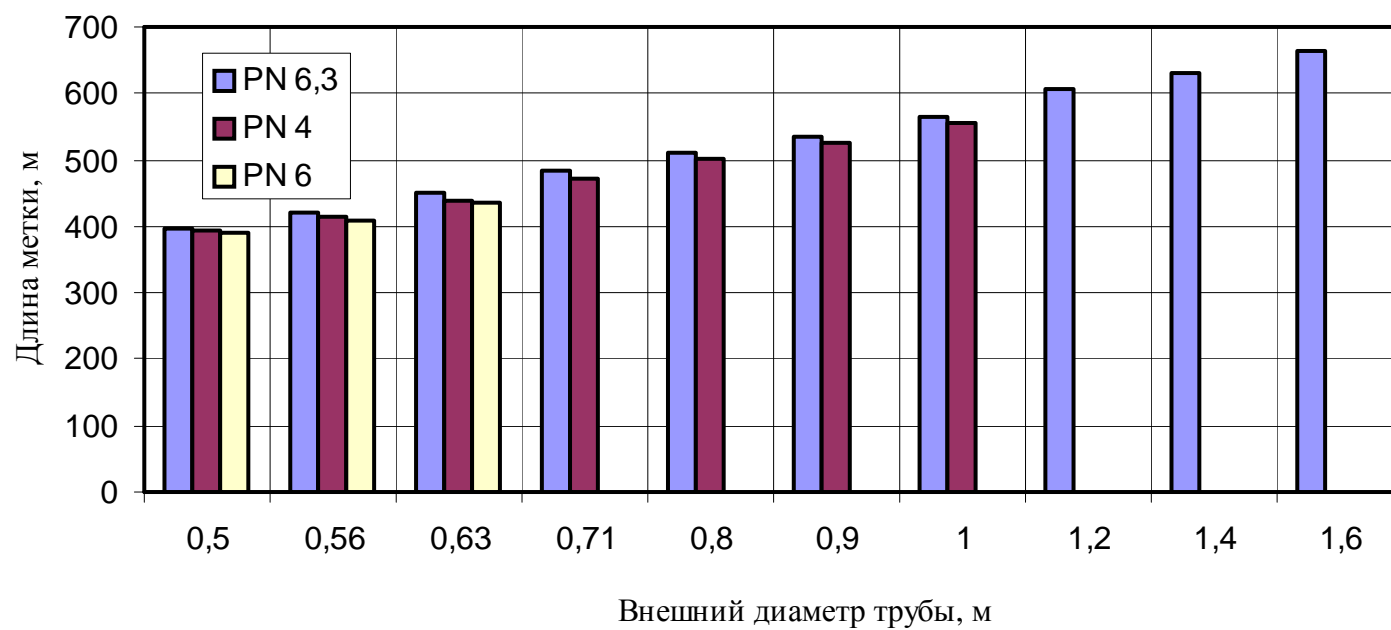


Рис. 8.13. Длина плети из полиэтиленовых труб ПЭ 63 при проталкивании в железобетонных трубах.

ПЭ 63, используемых также при реконструкции трубопроводов.

Как видно из составленных диаграмм, величина проталкивающей силы возрастает для стальной трубы с шлаковым литьем по сравнению с полиэтиленовой трубой из-за увеличения ее массы. В то же время высокая прочность шлакового литья при сжатии позволяет проталкивать плеть значительной длины.

Одним из важнейших элементов конструкции самонесущего вкладыша-трубопровода-вкладыша, обеспечивающих эксплуатационную надёжность восстанавливаемого коллектора, является стыковое соединение. Оно должно обеспечивать оптимальные расчётные давления, как с внешней, так и с внутренней стороны транспортной системы.

В настоящее время в результате высоких требований к охране окружающей среды, стыковое соединение должно гарантировать отсутствие утечек сточных вод в течение не менее 50 лет. Этим обусловлены жесткие требования как к производственному технологическому оборудованию (формам, калибровочным машинам, испытательным стендам), так и к качеству стыковых соединений.

На основании исследований современных конструкций тоннельных комбинированных (двух, трёхслойных) обделок с металлической оболочкой и железобетонных труб диаметром более 1 м с металлическим цилиндром стыковые соединения, которые используются в этих конструкциях можно разделить на два типа: жесткие (стыковые сварные соединения) и гибкие (раструбные с кольцом скольжения) Кольцо скольжения – это когда раструбная стальная часть с резиновым кольцом, находящимся в канавке специального профиля, скользит по предварительно смазанной наружной поверхности втулки.

Результаты исследования выявили возможность разработки новых водонепроницаемых стыковых соединений полужесткого типа в частности, стыкового соединения гофрированным бандажом на сварке.

Сущность новой конструкции соединительного стыкового

соединения состоит в следующем. Стальные трубы-вкладыши, облицованные шлаковым литьем, соединяются между собой специальными гофрированными накладками-бандажами. Накладки-бандажи состоят из двух полуколец, которые при сварке образуют гофрированное кольцо (накладку-бандаж). Новизна стыкового соединения гофрированных бандажом на сварке заключается в том, что это стыковое соединение является достаточно гибким т.е. полужестким при угловых отклонениях труб относительно друг друга в осевом и радиальном направлениях.

Известны стыковые соединения керамических раструбных труб, в которых в качестве уплотнителя используется полиуретан (рис. 8.14; 8.15; 8.16). Эти стыковые соединения применяются в странах Европы. Отличительная особенность их в том, что конструкция допускает значительные смещения соединительных труб при полной герметизации стыка. Такие стыковые соединения, в нашем случае стальных раструбных труб-вкладышей, облицованных шлаковым литьем рекомендуются применять при восстановлении канализационных коллекторов построенных открытым способом, и в неустойчивом массиве грунта (табл. 8.2)

Конструкции стальных труб-вкладышей, облицованные шлаковым литьем должны изготавливаться полной заводской готовности. Например, труба-вкладыш внутренним с диаметром 1600 мм, длиной 3 м и весом 4,5 т должна иметь одно отверстие на середине трубы диаметром 75 или 100 мм для подключения бетоновода; торцы стальных труб должны быть обработаны под жесткое стыковое соединение сваркой, а при полужестком соединении сваркой каждая труба-вкладыш должна иметь один комплект гофрированного бандажа и т.д.

На рис. 8.17 дано устройство для проталкивания труб – вкладышей, которое состоит из вертикальной железобетонной упорной плиты 1, имеющей по оси коллектора проём не более внутреннего диаметра

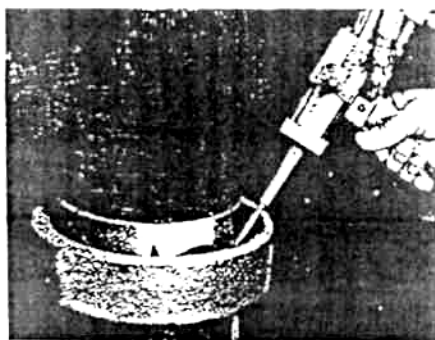


Рис. 8.14. Заливка полиуретана в форму для создания стыкового уплотнителя.

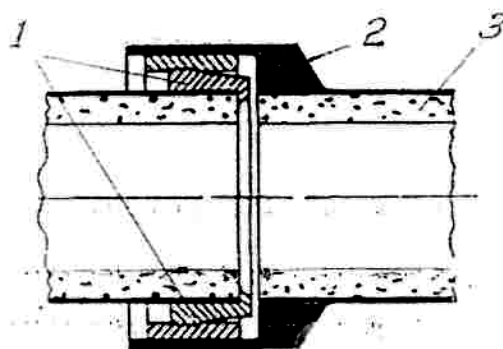


Рис. 8.15. Конструкция стыкового соединения стальных труб вкладышей, облицованный шлаковым литьем:

1 - полиуретановый наполнитель; 2 - раструбная стальная труба; 3 – облицовка из шлакового литья.

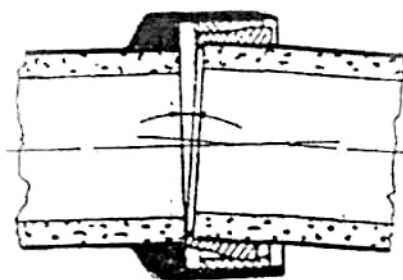
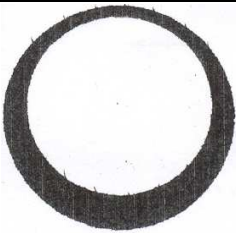
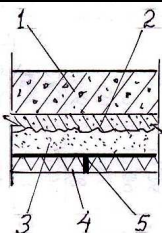
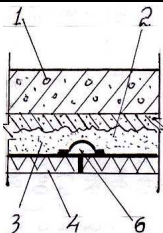


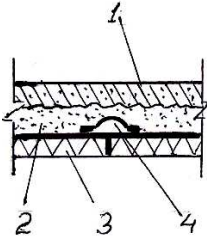
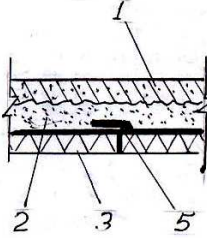



Рис. 8.16. Допускаемое смещение соединенных стальных труб-вкладышей, облицованных шлаковым литьем.

Таблица 8.2

Конструкции восстановления и защиты канализационных коллекторов

Исходные данные			Конструкции восстановления	
способ строительства	разрушения		грунтовый массив устойчивый	грунтовый массив неустойчивый
	причина	вид		
Закрытый (щитовой)	Коррозия свода			
	Износ лотка		1. Сборная железобетонная обделка 2. Монолитная железобетонная облицовка 3. Монолитный бетон 4. Сталешлаколитой трубопровод-вкладыш 5. Стыковое соединение на сварке 6. Стыковое соединение гофрированным бандажом на сварке	
Открытый (траншейный)	Коррозия свода			
	Износ лотка		1. Железобетонный трубопровод 2. Монолитный бетон 3. Сталешлаколитой трубопровод-вкладыш 4. Стыковое соединение гофрированным бандажом на сварке 5. Стыковое соединение раструбом на резиновом или полиуретановом уплотнителе	

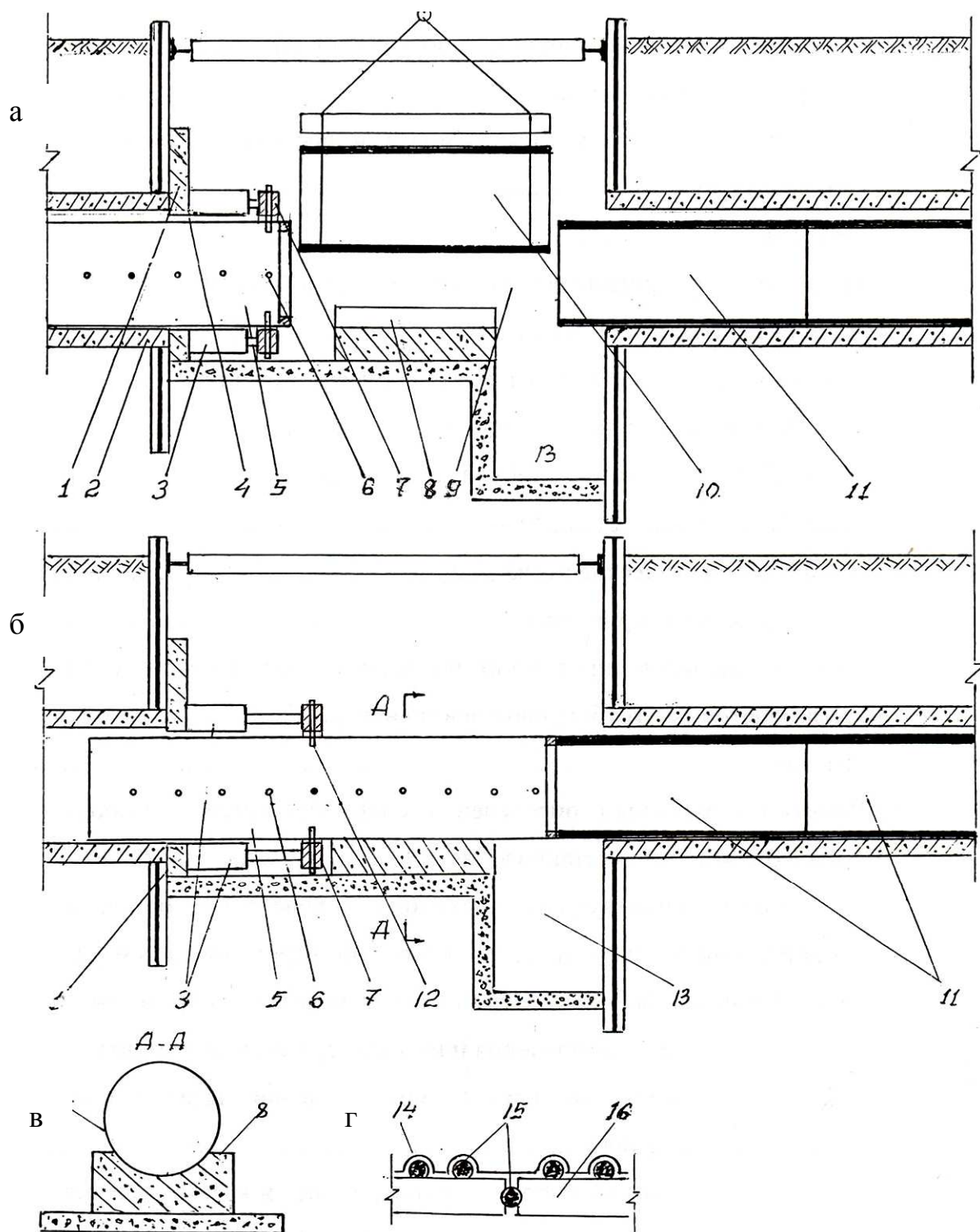


Рис. 8.17. Технология восстановления канализационного коллектора диаметром 1000–2000 мм и проталкивающее устройство: а – установка труб-вкладышей на стартовую площадку; б, в – проталкивание трубы-вкладыша; г – гибкое стыковое соединение (компенсатор).

коллектора 2; неподвижной домкратной батареи 3, гидродомкраты которой расположены на внешней поверхности стальной обоймы 4, закрепленной в проёме упорной плиты, штокового удлинителя-толкателя 5, типа стального цилиндра диаметром, равным диаметру труб – вкладышей; штоковый удлинитель-толкатель имеет отверстия 6 для циклического поступательного закрепления штокового кольца 7.

Задача решается благодаря тому, что устройством проталкивают стальные трубы – вкладыши, облицованные шлаковым литьем, снаружи сваривают стыки стальных труб, изнутри стыки шлаковым литьем облицовки заполняют полиуретаном, а устройство для проталкивания труб – вкладышей состоит из неподвижной домкратной батареи и подвижной подвижного штокового удлинителя-толкателя.

Технология восстановления высоконапорных трубопроводов и работа устройства осуществляются следующим образом. На первом этапе (рис. 8.17, а) вначале устанавливают устройство для проталкивания в исходное положение; штоковый удлинитель-толкатель 5 введён в коллектор 2; штоки гидродомкратной батареи 3 задвинуты в домкраты, штоковое кольцо 7 закреплено на первом ряде отверстий 6 штокового удлинителя-толкателя 5.

Затем опускают и устанавливают на стартовую площадку 8 котлована 9 очередную трубу-вкладыш 10, стыкуют её стальную оболочку с помощью сварочного агрегата со стальной оболочкой трубопровода-вкладыша 11, проверяют качество сварного стыкового соединения, используя при этом спецкамеру 13 котлована 9.

На втором этапе (рис. 8.17, б) проталкивают трубопровод-вкладыш 11 на расстояние, равное длине трубы-вкладыша. Для этого вначале штоки гидродомкратной батареи 3 выдвигают вперёд и через штоковое кольцо 7 и соединительные упоры болтового типа 12 передвигают штоковый удлинитель-толкатель 5 и трубопровод-вкладыш 11 на расстояние, равное длине выдвижения штоков. Затем штоки и штоковое кольцо 7 передвигают

назад, соединительные упоры 12 болтового типа при этом переставляют на второй ряд отверстий 6 штокового удлинителя-толкателя 5 и цикл работ повторяют до полного проталкивания трубопровода-вкладыша на расстояние, равное длине трубы-вкладыша 10, т.е. до полного освобождения стартовой площадки 8 для опускания и установки очередной трубы-вкладыша. На рис. 8.17, в показана стартовая площадка 8 (поперечное сечение А–А) и расположенный на ней штоковый удлинитель-толкатель 5, а на рис. 8.17, г – конструкция нежесткого стыкового соединения труб-вкладышей в местах возможных их подвижек, где 14 – стальная обойма, 15 – упругие удлинители, 16 – стенки труб-вкладышей. Межтрубное пространство заполняют традиционно мелкозернистым бетоном, а качество заполнения межтрубных пустот проверяют контрольным нагнетанием цементного раствора (рис. 8.18).

На заключительном этапе восстановительных работ зазоры в стыках шлаколитых облицовок заполняют полиуретаном или иным коррозионостойким абразивоустойчивым пластиком или схватывающимся раствором, например, на расширяющемся цементе.

Для этой цели используется простое приспособление, которое применялось при восстановлении Запорожского коллектора диаметром 1250 мм для цементации разгерметизированных стыков.

Приспособление (пакер) состоит (рис. 8.19) из двух полуколец стальной полосы шириной 80 мм, толщиной 4 мм 8, которое после соединения двумя фаркопами 5 образует кольцо на 50 мм менее внутреннего диаметра ремонтируемой трубы. С наружной стороны на кольцо одевают резиновое кольцо, склеенное из полосы транспортёрной ленты 4 шириной 230 мм, с укрепленными на нём двумя резиновыми шлангами, выполняющими роль упругой прокладки между этим приспособлением и бетонной поверхностью коллектора. По окружности кольцо имеет 3 стальных штуцера 3 диаметром 18 мм для подключения приспособления к растворопроводу, контроль за поступлением в стык

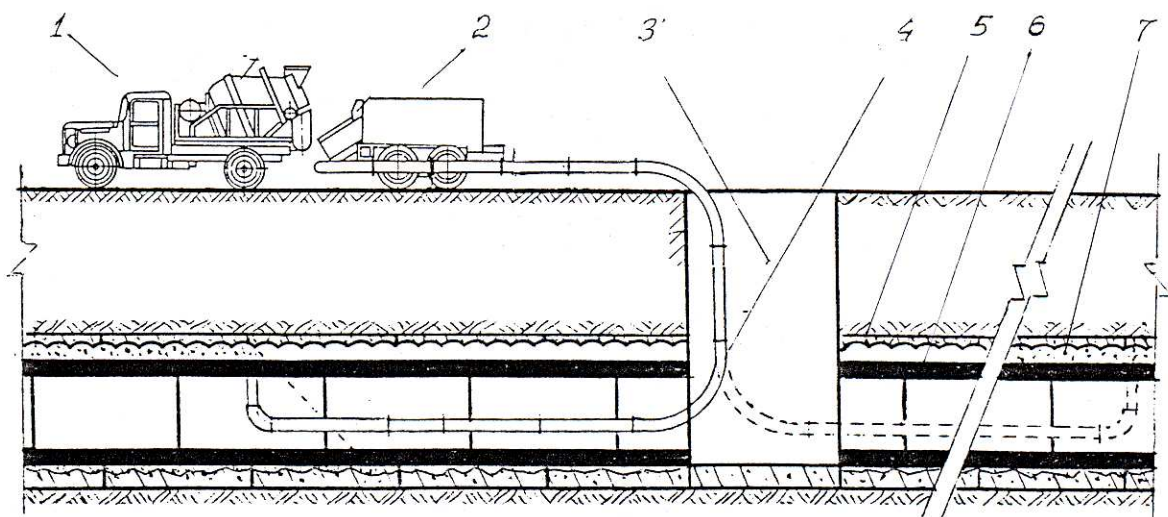


Рис. 8.18. Бетонирование междутрубного пространства: 1 – бетоновоз; 2 – бетононасос; 3 – смотровой шахтный ствол; 4 – бетоновод; 5 – обделка коллектора; 6 – трубы-вкладыши; 7 – междутрубное пространство.

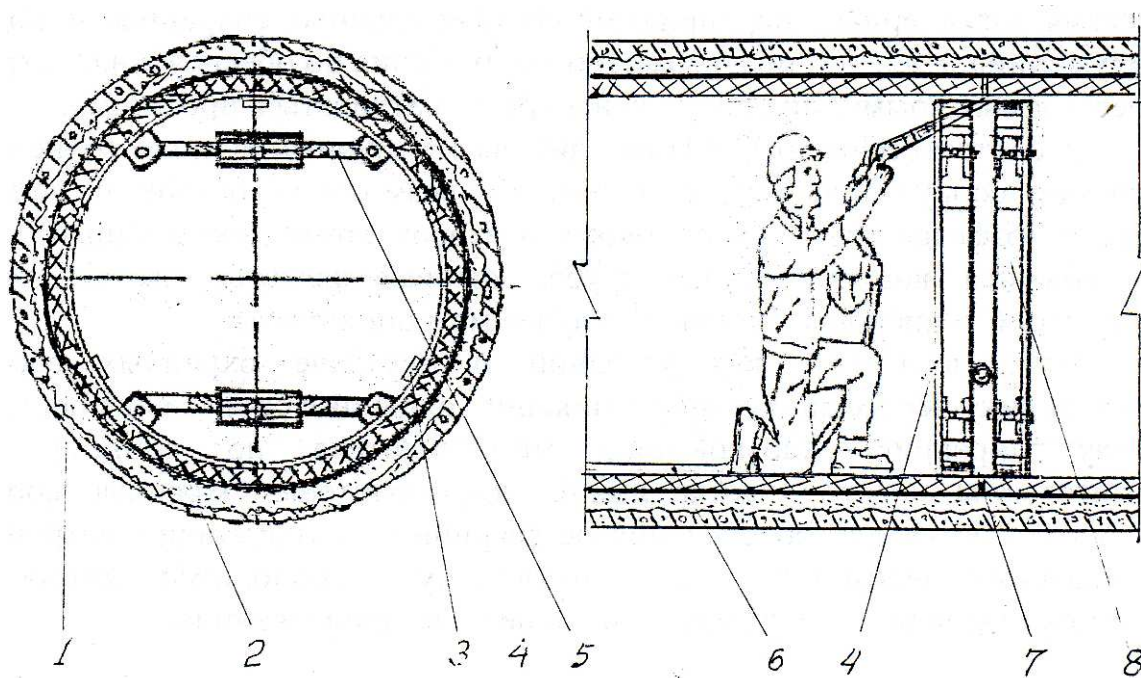


Рис. 8.19. Способ заполнения уплотнителем межторцевого зазора и приспособление для осуществления способа: 1– обделка коллектора; 2 – труба-вкладыш; 3 – транспортный штуцер; 4 – транспортерная лента; 5 – фаркоп; 6 – резиновый шланг; 7 – торцы труб-вкладышей; 8 – металлическое прижимное кольцо.

нагнетаемого раствора и выпуска вытесняемой воды.

В заключении следует отметить, что на мировом рынке широко рекламируются самонесущие пластмассовые трубы, которые повсеместно применяются для прокладки новых трубопроводов разного назначения. Эти трубы используются для восстановления и защиты канализационных сетей путём ввода в трубопровод новых пластмассовых труб-вкладышей. Однако эти трубы имеют недостатки.

Во-первых, эти трубы дорогостоящие (табл. 8.3).

Таблица 8.3

Фирма UPONOR трубы жесткость класса В			Фирма KWN-PIPE трубы П7-ВД тип СПИРО			
размер	ед.	цена, у.е.	размеры		ед.	цена, у.е.
1000	м	498,41	800	900	м	285,89
1200	м	600,19	900	1013	м	386,25
1300	м	835,82	1000	1125	м	404,29
1600	м	1421,29	1050	1175	м	нет данных
2000	м	2182,47	1200	1350	м	нет данных

Экономический эффект от применения сталешлаколитых труб диаметром 1600 мм только по стоимости одного метра составляет порядка 4000 грн.

Во-вторых, полиэтиленовые трубы имеют меньшую прочность на внутреннее гидростатическое давление в сравнение со стальными трубами, облицованными шлаковым литьем. Например, как показали исследования, полиэтиленовая труба-вкладыша диаметром 1000мм выдерживает внутреннее гидростатическое давление равное 1 МПа, в то время как сталешлаколитая труба-вкладыш – 1,6 МПа; полиэтиленовая труба-вкладыш, имеющая максимальный диаметр 1600 мм, может выдерживать

давление равное 0,4 МПа, а сталешлаколитая труба-вкладыш этого диаметра – 0,7 МПа.

В-третьих, при заполнении межтрубного зазора бетоном полиэтиленовый трубопровод-вкладыш всплывает и бетонный монолитный заполнитель не работает; при заполнении межтрубного зазора бетоном использую гидропригруз. Сталешлаколитой трубопровод-вкладыш не только не всплывает, но и может иметь любое фиксированное положение в восстанавливаемом коллекторе в частности, путём применения лотковых габаритных опорных салазок.

В-четвертых, сборно-монолитный сталешлаколитой трубопровод-вкладыш, приобретает (благодаря бетонному заполнителю) дополнительную несущую способность и антикоррозийную защиту для стальных цилиндров, а уменьшение размеров поперечного сечения восстановленных коллекторов не превышает уменьшение этих размеров при восстановлении коллекторов полиэтиленовыми трубами-вкладышами (табл. 1).

В-пятых, трубы-вкладыши можно изготавливать на отечественных заводах.

В-шестых, изделия из шлакового литья – это один из примеров рационального использования отходов производства на стадии их образования, когда они обладают наибольшей химической активностью.

ГЛАВА 9

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СМОТРОВЫХ КОЛОДЦЕВ И ШАХТНЫХ СТВОЛОВ НА СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

9.1 Существующие технологии ремонта и восстановления

Как смотровые колодцы, так и смотровые шахты подвержены целому ряду разрушающих факторов в первую очередь коррозии. В связи с этим поиск материалов и методов ремонта представляет сегодня весьма актуальную проблему, требующую решения.

Как показали проведенные исследования, на канализационных трубопроводах в городах Украины, интенсивному разрушению под действием коррозии поддаются смотровые колодцы. Значительная часть их в последние десятилетия сооружена из железобетонных колец и не защищена под действием агрессивной среды, в которой они эксплуатируются. На рис. 9.1. показан вид разрушенного колодца после 5-летней эксплуатации. На этом фоне полностью обоснованы интенсивные поиски альтернативы бетону, которые ведутся в последнее время. Среди вариантов особенное внимание обращает на себя керамика, коллекторы из которой показали на практике свою долговечность, обеспечивая десятикратное уменьшение аварийности после эксплуатации в течении многих десятилетий.

Керамические трубы с диаметром до 800 мм, выпускающиеся ведущими мировыми производителями, не имеют перспективы широкого использования на отечественных канализационных сетях из-за высокой цены, а трубы большого диаметра вообще не выпускаются по ряду технологических трудностей.

Привлекательной является идея использования железобетонных труб, футерованных керамическими плитками, то есть соединение относительной дешевизны железобетона со стойкостью керамики. На пути реализации этой идеи необходимо преодолеть две основные проблемы: обеспечить надежное



Рис. 9.1 Смотровой колодец после пятилетней эксплуатации.

сцепление между бетоном и футеровочной керамической плиткой (далее ФКП); герметизировать стыки, как между отдельными плитами, так и между трубами.

Что касается сцепления, то здесь самым распространенным является путь простого наращивания площади сцепления, например, за счет призматических рубцов, как в керамической плитке полусухого прессования, которая выпускается на многих заводах Украины. Большую надежность сцепления ФКП с бетоном можно обеспечить, заменив призматические рубцы пирамидальными (типа «хвост ласточки»). Такие рубцы, обеспечивают прочность стыка на уровне прочности составных материалов, и их можно выполнить только по технологии пластического формования путем экструзии ленты и ее разрезания на плитке необходимой длины. Развернуть производство такой плитки возможно на действующих заводах по производству высококачественного керамического кирпича методом пластического формования.

Герметизировать стыки целесообразно бактерицидной эпоксидной композицией БЭ-1, которая вместе с оборудованием для ее нанесения разработана на кафедре химии ХГТУСА. Композиция имеет 100%-ый бактерицидный эффект по отношению к тионовым бактериям и адгезией к керамике.

Первая попытка реализации идеи производства футерованных керамикой труб диаметром 1 м была осуществлена в 2001 году. ФКП были сформированы на поршневом экструзийном прессе комплекса УСМ-55, который серийно выпускается Харьковским машиностроительным заводом «Красный Октябрь». Форма и размеры плитки обеспечивались специальным мундштуком, изготовленным из полиэтилена низкого давления. После природной сушки обжиг проводился в печи кирпичного завода Новоселовского ГОК.

Для производства раструбных труб базовой была выбрана широко распространенная технология железобетонных колец колодцев. На Харьковского АО ЗЖБК-13 комплект устройства для реализации традиционной

технологии, который состоит из сердечника и кожуха с двумя навесными вибраторами, был дополнен раструбообразователем, защищенным патентом Украины. Последний решал задачу обеспечения одинакового внутреннего диаметра с обоих концов трубы при ее формовании на конечном сердечнике. ФКП кольцами в три яруса укладывалась и закреплялась вокруг сердечника и дальше процесс формования принципиально не отличался от принятого на предприятии. Для надежного бездефектного удаления сердечника из свежеформованной трубы на него надевался рукав из полиэтилена.

Обследование труб, изготовленных по описанной технологии, подтвердило их соответствие требованиям нормативных документов, как по размерам, так и по прочности.

Недостатком, ухудшающим внешний вид трубы, были трещины в ФКП, которые имели место в нижних поясах трубы. Их анализ показал, что причиной были неожиданно большие распорные усилия, которые сопровождают процесс виброуплотнения печи. Попытки уменьшения этих усилий снижением интенсивности вибрации к успеху не привели.

Учитывая приобретенный опыт, были разработаны новые более прочные ФКП с усовершенствованной схемой опирания на сердечник. Процент брака в процессе их формования, сушки, транспортировки и обжига был значительно ниже, чем в предыдущей серии. В сентябре 2003 года на ЖБК начато производство по описанной технологии экспериментальной серии футерованных ФКП колец для использования их в смотровых колодцах в сетях водоотведения (рис.9.2; 9.3).

Предварительные оценки свидетельствуют, что стоимость труб, изготовленных с использованием предложенной технологии, по крайней мере, меньше по сравнению с импортными керамическими трубами. Весомым преимуществом такой технологии является также возможность формования труб и колец колодцев большого диаметра, большего, чем 1 м. Широкое применение труб большого диаметра, футерованных керамическими плитками, содействуют повышению долговечности и надежности сетей водоотведения.



Рис. 9.2. Монтаж кольца смотрового колодца.



Рис. 9.3. Монтаж третьего кольца смотрового колодца.

Наиболее эффективным с точки зрения качества и стоимости является профилированный полиэтилен, который очень хорошо зарекомендовал себя в качестве антикоррозионных покрытий на объектах разных отраслей химической промышленности. Для ремонта смотровых колодцев и шахтных стволов впервые на Украине его применили как антикоррозионное покрытие во время ремонта шахтных стволов на канализационном коллекторе Харьковского тракторного завода.

Перед применением профилированной полиэтиленовой пленки была разработана методика расчета на отрывную нагрузку, каким является давление грунтовых вод, просачивающихся через железобетонные стены и накапливающихся между пленкой и стенами. Учитывая равномерный характер давления в горизонтальном направлении и в незначительной мере характер давления, меняющегося по высоте шахты, в качестве расчетной схемы полиэтиленовой ребристой облицовки была принята полоса пленки длиной 1 см. Ребра, заложенные в бетонную толщу, являются опорами, а сама пленка работает по схеме неразрывной балки с пролетами, ширина которых равняется расстоянию между ребрами с равномерно разделенной нагрузкой.

Выполненные расчеты дали возможность получить данные об оптимальном соотношении характеристик пленки (с учетом уровня грунтовых вод) соответственно к ее затратам при проведении антикоррозионных работ (табл. 9.1).

На основе реальных выходных данных были разработаны конструктивные решения для восстановления разрушенных стен шахтных стволов. В этих конструктивных решениях используется монолитный и сборный железобетон и коррозионностойкие профилированные полиэтиленовые покрытия.

Предложенные конструктивные решения восстановления стен смотровых колодцев и шахтных стволов предусматривают их применение при трех степенях разрушения обработанного слоя железобетонных стен: *первый* - защитный бетонный слой полностью разрушен, арматура не оголена; *второй* -

защитный бетонный слой разрушен, арматура оголена; *третий* - бетон, разрушенный на глубину больше толщины защитного слоя, при этом площадь поперечного сечения арматуры уменьшилась.

Таблица 9.1

Характеристика и затраты ребристой полиэтиленовой пленки в зависимости от
уровня грунтовых вод

Уровень грунтовых вод, Н, м	Расстоя- ние между ребрами, см	Толщина пленки, см	Высота ребра, мм	Диаметр головки, мм	Толщина ребра, мм	Относи- тельные затраты
10	3,3	0,17	4,5	3,5	1,0	0,75
20	2,3	0,17	4,5	3,5	1,0	0,81
30	1,86	0,17	4,5	3,5	1,0	0,87
40	1,60	0,17	4,5	3,5	1,0	0,91
50	1,40	0,17	4,5	3,5	1,0	0,95
60	1,25	0,17	4,5	3,5	1,0	1,00

В зависимости от степени разрушения разработаны такие конструктивные решения восстановления стен: защитное пленочное покрытие; монолитный железобетон с ребристым полиэтиленовым покрытием и сборный железобетон, который имеет профилированное полиэтиленовое покрытие.

При выполнении полиэтиленовых листов принимались во внимание такие требования:

- анкерные ребра полиэтиленовых листов в покрытиях размещаются только вертикально, чтобы исключить образования пустот;

- полиэтиленовые листы изготавливаются в заводских условиях и таких габаритов, чтобы количество швов было минимальным;

- демонтажное укрупнение элементов на строительной площадке выполняют в зависимости от технологии ремонта.

Были разработаны такие технологические схемы ремонта и восстановления шахтных стволов: с использованием блочной и скользящей

опалубок; с использованием торкретбетона; путем установки цельносекционных железобетонных блоков, укрупнение которых выполняется на строительной площадке.

В условиях разрушения стен шахтных стволов более чем на 100 мм и значительных повреждений от коррозии арматуры (стены шахтных стволов армированы стальными профилями) было принято решение применить технологию с использованием цельносекционных бетонных блоков с внешним полиэтиленовым покрытием.

Шахтный ствол, на котором строительной организацией АО «Южато́мспе́цэнерго́монтаж» проводились восстановительные работы, имел размеры в плане 4,45×3,5 м. Глубина шахтного ствола 15 м. Диаметр канализационного коллектора, проходящий через него - 1,84 м. В процессе подготовки работ, учитывая небольшую глубину ствола, было принято решение вместо подвесного помоста смонтировать шахтный подъемник.

Заранее изготовленные на заводах облицовочные панели (рис. 9.4) доставлялись на строительную площадку, где с помощью автомобильного крана укрупнялись в цельносекционные блоки (рис. 9.5).

Технологическая схема выполнения работ предусматривала очищение поверхности стен, разрушенных коррозией. После подготовки стен производили монтаж цельносекционных блоков. Зазор между смонтированными секциями и стенами ствола заполняли бетоном и приступали к монтажу следующей секции (рис. 9.6). Заканчивался монтаж секций свариванием стыков профилированного полиэтилена (рис. 9.7). Плиты покрытия шахтного ствола изготавливались также с покрытием внутренней поверхности профилированным полиэтиленом, который в данном случае рассчитан на восприятия гидростатического давления атмосферных осадков. Вода, которая может проникать через бетонную толщину стен, стекает по запленочному зазору через отводной шланг в тоннель. По верхнему и нижнему пленочному покрытию устанавливаются прижимные шины, включающие диффузию агрессивных газов в запленочный зазор.



Рис. 9.4. Железобетонная панель облицованная в заводских условиях ребристым полиэтиленом.



Рис. 9.5. Монтаж блока из облицованных ребристым полиэтиленом железобетонных панелей.



Рис. 9.6. Вид на строительную площадку в период бетонирования межстенного пространства:

1 – автобетоносмеситель; 2 – автокран; 3 – место укладки бетона.



Рис. 9.7. Сваривание стыков полиэтилена.

Заслуживает внимания зарубежный опыт ремонта смотровых колодцев.

Одним из методов ремонта смотровых колодцев является их облицовка локально изготовленными трубами (метод «Flap-Loc») со спирально навитым ребрением.

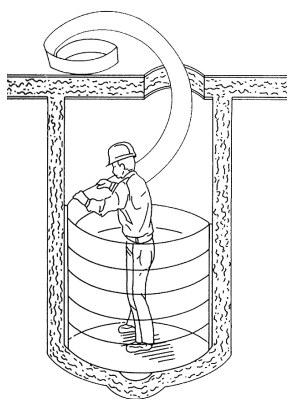
После удаления скоб для подъема рабочих, впусков и дождеприемников, а также очистки всего колодца профиль колодца облицовывают вручную плитами таврового сечения (Flap-Loc-Profil) шириной 140–250 мм, которые раскраивают на весь объем колодца. Стыки соединяют специально сконструированным замком. Каждый последующий профиль вбивается вибромолотком в предыдущий через уплотнительную кромку.

При этом необходимо следить за тем, чтобы уже при первой обмотке профиль плотно прилегал к стенке колодца и пространство между ними было минимальным. Это пространство после окончания обмотки и обрезания концов заполняют раствором на быстросхватывающемся цементе (рис. 9.8).

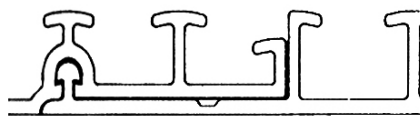
Представляет интерес разработанная в США специальная облицовка «Poli-Triplex-Liner-система» (рис. 9.9).

В колодец опускается многослойный шланг Inliner с пропиткой эпоксидной смолой и с непроницаемой фольгой (шланг изготавливается согласно размерам санируемого колодца). При помощи калибровочного пузыря он под давлением крепится к стене и при температуре 120 °С затвердевает в течение одного - двух часов. После охлаждения (давление сохраняется) калибровочный пузырь удаляют.

Представляет интерес облицовка из искусственных материалов с применением интегрированных анкерных элементов. К этой группе относится, например, система «Permaform Manhole». Несамонесущая облицовка крепится с помощью плит таврового сечения толщиной 50–75 мм, выполненных из монолитного бетона. Внутри смотрового колодца помещают съемную стальную опалубку (рис. 9.10), которая воспринимает массу антикоррозионного слоя бетона. После схватывания бетона опалубку удаляют. Как показывает опыт, большинство санируемых по этому методу колодцев уже через день могут

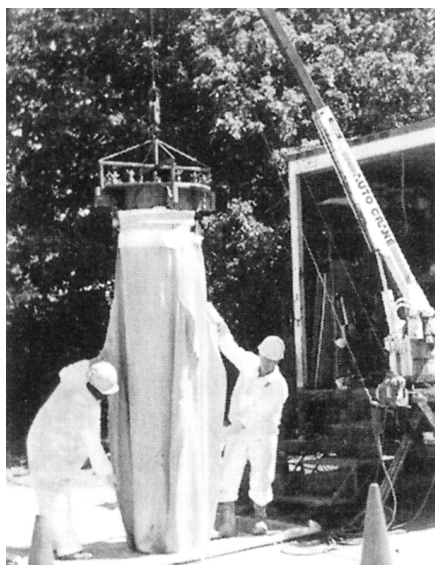


а

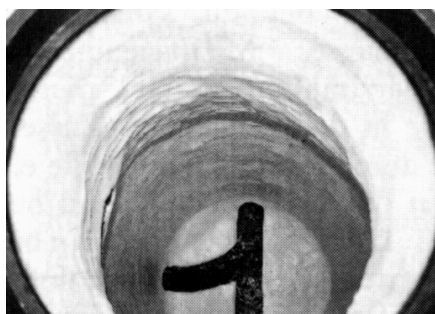


б

Рис. 9.8. Ремонт смотровых колодцев с использованием «Flap-Loc-метода»: *а* – намотка профиля на стены; *б* – соединение полос профиля.



а



б

Рис. 9.9. Устройство облицовки шахты с последующим отведением методом «Poli-Triplex-Liner-система»:

а – нанесение эпоксидной смолы на ткань; *б* – вид отремонтированной шахты.

эксплуатироваться.

В колодцах правильной формы необходимый эффект достигается благодаря использованию системы ВКУ. При этом методе полихлорвиниловый профиль прикрепляют шурупами и дюбелями всей главной поверхностью к бетонной стенке колодца. Швы в углах и в стыках плит закрывают аруластиком. В случае подпора воды пространство между стеной и облицовкой бетонируют.

Широко применяют стеклопластиковые сегменты шириной 1,0–1,5 м, длиной 4 м и толщиной до 5 мм. В случае проникновения грунтовых и атмосферных вод через стены колодца на них приклеивают дренажный слой-ковёр из клеестружечной или волокнистой массы, который вбирает в себя воду и направляет в желоб колодца. По верху дренажного слоя-ковра укладывают стеклопластиковые сегменты и прикрепляют к стене колодца с помощью болтов и дюбелей. Образовавшиеся между сегментами швы шириной 1 см заклеивают клеящей лентой.

При небольшом или отсутствующем давлении грунтовых вод от дренажного слоя-ковра, как правило, отказываются, а стеклопластиковые сегменты крепят непосредственно на очищенную внутреннюю стену колодца. Переходы к желобам, пересечение каналов, поверхности дюбелей и другие поверхности облицовывают ламинатом.

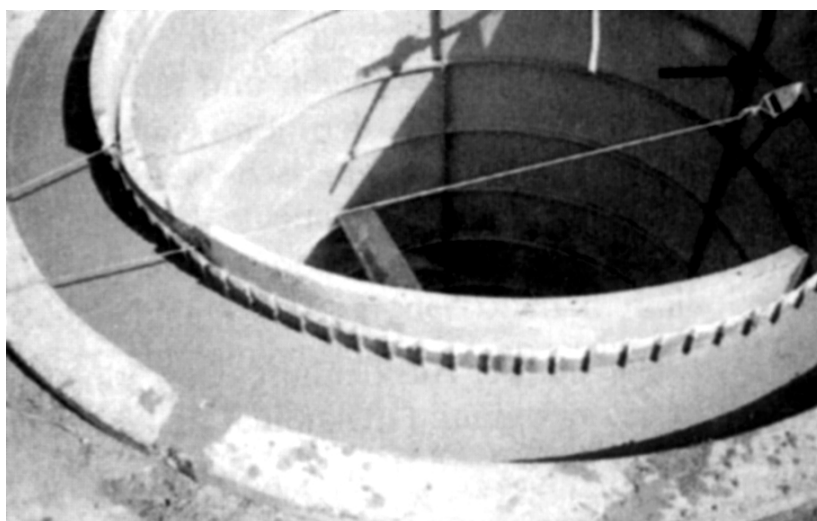
Для облицовки стен колодцев большой площади используют крупноформатные ламинаты, представляющие собой смолистую массу с волокном.

Они могут быть самонесущими и соединяться элементами крепления. Предпочитаемые области применения – колодцы из монолитного бетона.

Рассматривая канализационные сети как один из главных элементов систем жизнеобеспечения, необходимо отметить важность их безаварийной эксплуатации. Использование рассмотренных методов ремонта и восстановления смотровых колодцев и шахт даст возможность значительно повысить эксплуатационный ресурс сетей.



а



б

Рис. 9.10. Устройство облицовки смотрового колодца с использованием системы «Permaform Manhole».

Восстановление разрушенных коррозией конструкций смотровых колодцев может производиться путем обшивки стен колодцев короткими трубами или ламинатом из стеклопластика. В том и другом случае появляется возможность выполнять обшивку колодцев некруглой формы. Для этой цели используют готовые трубы из стеклопластика, бетона с добавлением реактивной смолы, раствора со стекловолокном или соединения различных материалов, например железобетона с антикоррозионной защитой.

В Германии в последние годы для защиты от коррозии применяются облицовочные материалы, по своим характеристикам аналогичные материалам трубопровода, поэтому здесь редко возникает проблема устойчивости к воздействию агрессивных сточных вод.

К мерам антикоррозионной защиты относятся: облицовка стен колодцев и шахтных стволов полихлорвиниловой прочной пленкой, укрепленной на опалубке; сокращение количества кантов и кромок; исключение перфорации пленки в процессе укрепления ее на опалубке; фабричная обшивка сборных колец тубингов шахтного ствола твердой полихлорвиниловой пленкой; устройство стыков с последующим уплотнением синтетическим каучуком; облицовка ламинатом из стеклопластика с толщиной слоев 5–7 мм; армирование стеклом, обеспечивающее высокую механическую прочность; фабричная облицовка сборных колец тубингов шахтного ствола с Inliner из стеклопластика.

Технологический процесс ламинирования состоит в следующем. Зачищают бетонные поверхности и удаляют остатки масла. Затем на разделительный подслей из клеевостружечной или волокнистой массы наносят дисперсионный клей из синтетической смолы (полосками 1 см, в том числе и в углах), заклеивают швы клеевой лентой. После этого покрывают вторым защитным слоем. Он состоит из порошкообразного устойчивого к коррозии стекломатериала (450 г/м^2), например ECR-стекла фирмы «Овенс Корнинг», и ненасыщенной катализированной полиэфирной смолы на основе изофатной кислоты (например, ALPOIT746 фирмы ХЕХСТ А6). Наносят третий и

четвертый слой, проверяют наличие раковин во всех четырех слоях ламината; в зоне лестницы и рабочей поверхности укладывают пятый и шестой слои (к последнему добавляют 5%-ный парафиновый раствор) и набрызгивают свежий слой корунда в зоне рабочей поверхности. Толщина слоя всего нанесенного ламината на рабочей поверхности 7 мм, на стенах – 5 мм.

Канализационная система и коллектор дождевой канализации завода Дормаген химического гиганта Байер (г. Леверкузен) имеет протяженность около 155 км. Единственным прямым доступом к этой подземной системе каналов являются смотровые колодцы. Во время планового профилактического осмотра было установлено, что эти смотровые канализационные колодцы в некоторых местах требуют санирования и, хотя стены колодцев не разрушены, кое-где их толщина уменьшилась на несколько сантиметров. Причиной были микроорганизмы, которые превратили содержащуюся в фекалиях и моющих средствах серу в серную кислоту. Вследствие этого бетон стал пористым и грунтовая вода начала просачиваться через колодец в канализационную сеть.

Эксплуатационники пришли к выводу, что просачивающаяся вода может ускорить процесс разрушения колодцев. Это особенно опасно в промышленной зоне, где при авариях стоки производственного предприятия попадают в грунтовые воды.

Сотрудники фирмы разработали новый эффективный метод санирования колодцев путем набрызга на его стены полиуретана PUR Bautes, состоящего из двух компонентов. Этот материал уже хорошо зарекомендовал себя при санировании смотровых колодцев.

Главные преимущества данного полиуретана – высокая реактивность и простота использования. Кроме того, PUR Bautes, как и все полиуретаны, быстро и надежно схватывается на всех материалах и не содержит ни пластификаторов, ни растворителей.

Обработка стен колодцев слоем полиуретана происходит при комнатной температуре с помощью разбрызгивателя, работающего при низком давлении. Оба компонента через двадцатиметровые шланги поступают в

расплывающуюся головку и там перемешиваются.

Разбрызгиватель выполнен очень легким и компактным. Благодаря этому материал удобно наносить в труднодоступных местах смотровых колодцев, имеющие глубину 5 м. Под давлением воздуха смесь набрызгивается на стены колодца, где она сразу реагирует и благодаря тиксотропным свойствам становится такой вязкотекучей, что, даже нанесенная на потолки, не стекает каплями и, таким образом, потери сводятся к минимуму.

Полиуретан хорошо схватывается с бетонным основанием и заполняет трещины и зазоры при набрызге. Время отверждения – всего 8–16 с, в течение которых образуется 5 мм покрытия, и смотровой колодец готов к эксплуатации.

Перед набрызгом полиуретана забетонированные канализационные смотровые колодцы были очищены с помощью водяного пара, подаваемого под высоким давлением. Поскольку PUR Bautes на увлажненной поверхности сам быстро превращается в пленку, после чистки можно полностью отказаться от высушивания основания. Таким образом, времени для отвода сточных вод требуется очень мало. При производительности 2 кг/мин процесс разбрызгивания в одной шахте занимает не более 30–45 мин. Подготовка к комплексному санированию и само санирование одного смотрового колодца длится не более 3 часов.

Спустя два-три года все saniрованные колодцы были тщательно проверены, на их поверхности не обнаружено никакого изменения цвета или каких-либо повреждений в виде трещин (рис. 9.11). Не в последнюю очередь благодаря бесшовной обработке PUR-слоя, конструкции оставались герметичными, надежно защищенными от эксфильтрации и инфильтрации.

Полиуретаны нейтральны по отношению к окружающей среде, что доказали испытания, проведенные институтом Рурской области в Гельзенкирхене. Полиуретан Bautes после затвердевания не позволяет органическим веществам попадать в грунтовые воды.

Метод санирования колодцев путем набрызга полиуретана является эффективной альтернативой традиционному методу на новостройках, поскольку

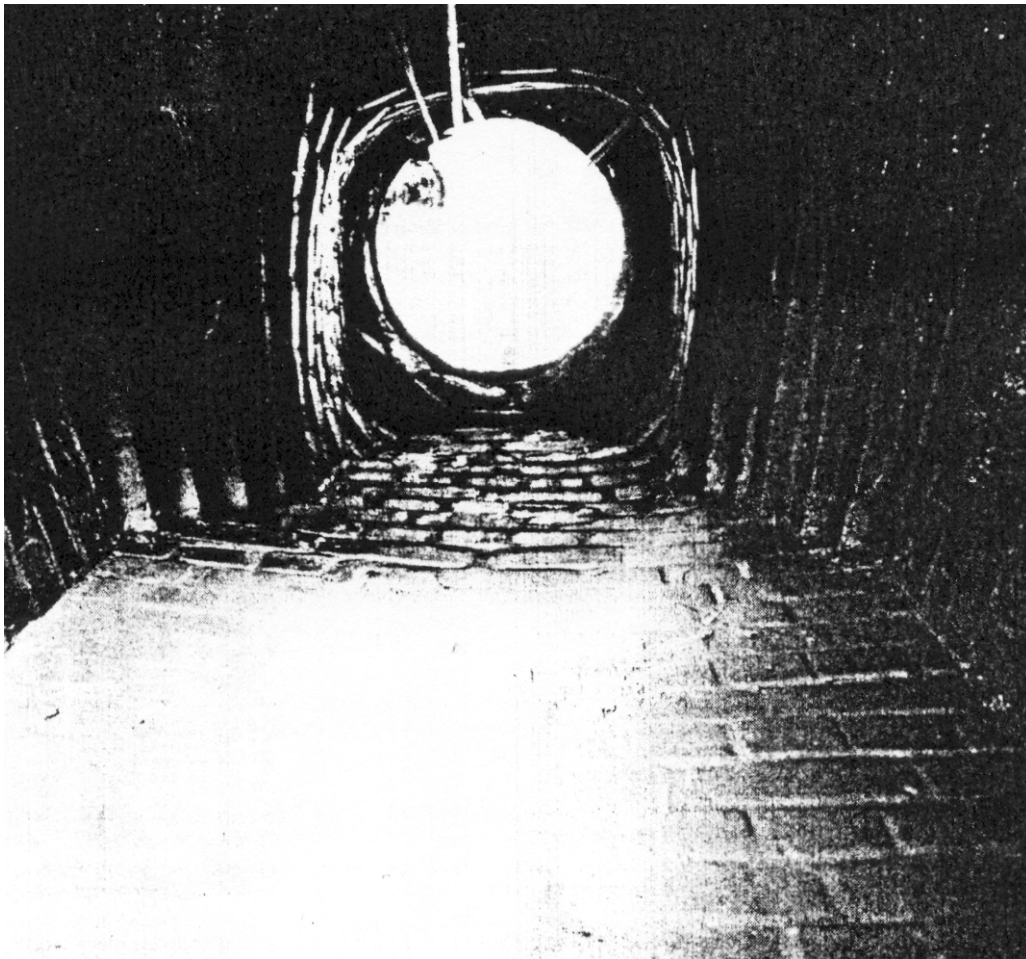


Рис.9.11. Колодец после санирования полиуретаном.

позволяет обходиться без дорогостоящих земляных работ. Этот метод гораздо проще реализовать, чем другие методы санирования поврежденных смотровых колодцев, такие, как покрытие цементным раствором или облицовка сложным полиэфиром со стекловолокном. Затраты на полиуретан относительно невелики. Чем больше смотровых колодцев saniруется полиуретаном, тем меньше загрязненной воды попадает в канализационную сеть.

Немецкой фирме «Loos PUR» (Нойенраде) поступил заказ на санацию насосной шахты и защиту сооружения от биогенной коррозии.

Проблема подверженности канализационных систем сернокислотной коррозии стоит весьма остро, однако в течении многих лет не находит эффективного решения, поскольку применявшиеся для этих целей материалы на минеральной основе не полностью удовлетворяют необходимым требованиям. Химикам фирмы «Relius Coatines» (Ольденбург), которая имеет двадцатипятилетний опыт работы в области защиты поверхностей от биогенной коррозии и исследования полиуретана, удалось создать материал Oldodur WS56, обладающий необходимыми характеристиками для применения его во влажных сооружениях канализационных систем. Благодаря этому стало возможным наносить на влажный матированный подстилающий слой покрытия, имеющие промышленное качество (с хорошим сцеплением, без образования пены или пузырей).

На основе разработанного материала (Oldodur WS56) и машинной технологии LOOS была выполнена санация вышеупомянутой насосной шахты. Данная шахта, состоящая из шахтных колец на основе сборных бетонных элементов, была сильно повреждена биогенной сернокислотной коррозией. Сооружение постоянно подвергалось давлению грунтовых вод. В насосную станцию входили два напорных канализационных водовода диаметром 100 мм.

Согласно принятой технологии, стенки шахты, вплоть до несущего основания, были обработаны с помощью песчаных струй, а затем очищены водой, подаваемой под высоким давлением. Свободно лежащую арматуру потребовалось очистить от имеющейся коррозии и защитить от новой коррозии

соответствующими материалами. Затем стенки и покрытия были репрофилированы специальным раствором, дно обновлено слоем цемента. После проверки качества поверхности были начаты работы по нанесению покрытия. Материал Oldodur WS 56 наносили методом напыления (вручную) с толщиной слоя 4 мм. Все сооружения на сети имели бесшовную герметизацию.

Предусматривалось также применение мобильной, пригодной для любой строительной площадки дозировочной установки MRS 20. С помощью насоса установка подает Oldodur WS 56 через шланги общей длиной 50 м в пистолет. В нем состоящий из двух компонентов полиуретан смешивается и начинает реагировать через несколько секунд.

На большие поверхности покрытие наносилось напылением вручную. Санация шахты производилась методом набрасывания полиуретана с помощью так называемой «треноги» – установки «Dreibein» MSS 1500 (рис. 9.12). При таком способе Oldodur WS 56 выливается на вращающуюся тарелку и автоматически набрасывается на стенки. Этот процесс гарантирует точное распределение полиуретана и равномерное покрытие стен шахты слоем толщиной, как правило, 2–3 мм.

Простая, но эффективная техника не только сокращает сроки санации – с ее помощью на стройплощадке можно изготовить продукт промышленного качества. Дефекты, возникающие при смешивании и переработке материала, можно исправить вручную. Конечный продукт гарантирует не только герметичность на длительное время, но и защиту от коррозии.

9.2. Адгезионная прочность шлаколитых панелей к бетону

Монолитная бетонная крепь применяется почти во всех вертикальных стволах смотровых шахт (более 90% их протяженности). Горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации стволов, закрепленных монолитной бетонной крепью, разнообразны и зачастую очень сложны. Это приводит

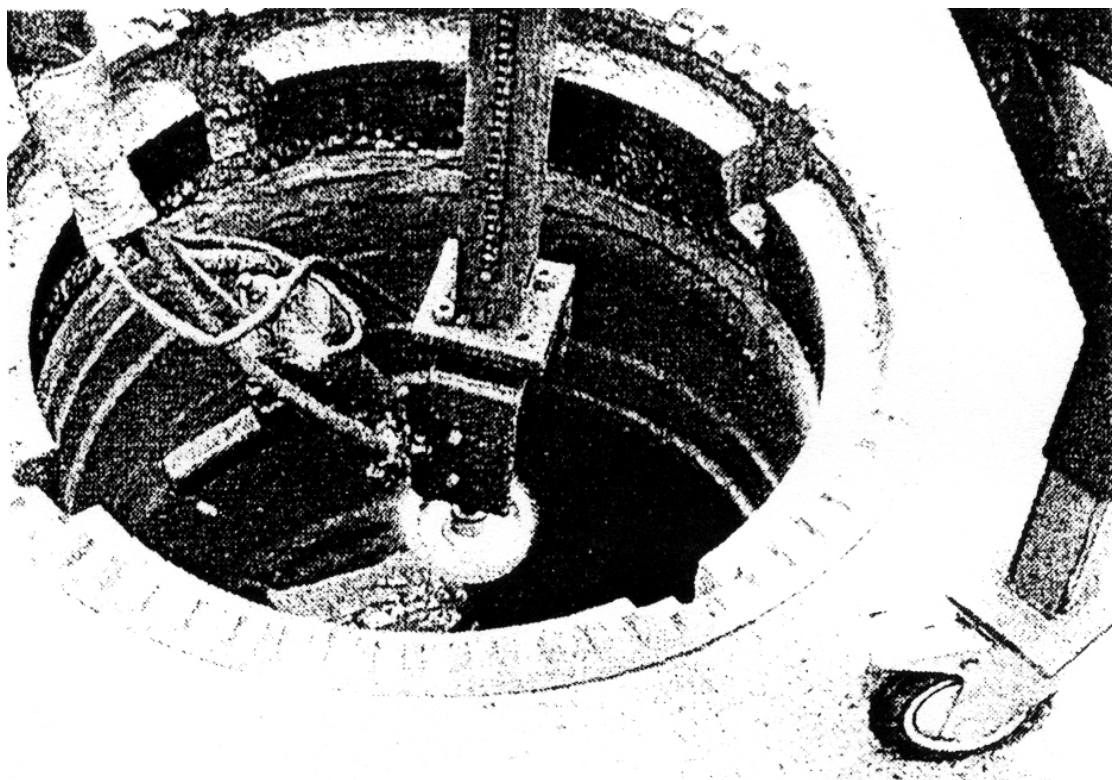


Рис. 9.12. Нанесение полиуретана на стены шахты методом центрифугирования установкой «Dreibein» MSS 1500.

к нарушению бетонной крепи стволов вследствие геомеханических воздействий. Оно проявляется в виде отдельных трещин, систем пересекающихся трещин, отслоений, заколов и вывалов бетона. Нарушения крепи развиваются, как правило, постепенно, переходя от незначительных к более существенным и охватывая всё большие участки. Плавность этого процесса дает возможность своевременно принять меры. На начальных стадиях развития нарушений в большинстве случаев достаточно усилить крепь в местах трещин и отслоений. Образование заколов и вывалов требует нового крепления участков.

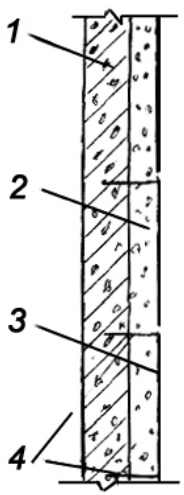
При выборе конструктивно-технологических решений по ремонту шахтных стволов важную роль играет достоверность оценки степени нарушенности крепи и определения ее фактической несущей способности с учетом имеющихся нарушений, включая и те, что вызваны процессами коррозии.

В городе Харькове были разработаны технологические решения ремонта шахтных стволов прямоугольного сечения путем облицовки армированными шлаколитыми панелями, имеющими максимальные размеры 2500×2000 мм при толщине 50 мм (табл. 9.2, рис. 9.13).

Поскольку такие панели должны обеспечивать надежную работу под действием собственного веса и давления грунтовых вод, были проведены исследования, направленные на определение адгезионной прочности панелей облицовки и монолитного бетона, укладываемого между очищенной стеной и панелью.

Для достижения прочности и долговечности конструкций и сооружений, бетонируемых в несъемной опалубке-облицовке, необходимо обеспечить надежное сцепление с ней бетона массива. В некоторых случаях требуется равнопрочность шва-контакта между опалубочной (облицовочной) панелью и бетоном массива. Как правило, эту задачу можно успешно решить с помощью специальных конструктивно-технологических мер.

Конструкции облицовочных покрытий и область их применения

Конструкция покрытия	Конструктивные элементы	Область применения
	1 – железобетонная обделка ствола; 2 – бетонная смесь; 3 – армошлаколитые панели; 4 – анкера крепления панели	Антикоррозионная защита канализационных смотровых шахтных стволов прямоугольного поперечного сечения

Рассмотрим методику расчета адгезионной прочности несъемной бетонной опалубки, по шероховатости близкой к шлаколитым изделиям, и монолитного бетона.

Одной из конструктивных мер, способствующих повышению адгезии, является устройство шероховатой активной поверхности, анкерующих выпусков и змеек.

Надежному сцеплению между бетоном и опалубочными панелями способствуют приварка последних к подкондукторным стойкам, а также крепление их в блоках бетонирования. Важное значение для надежного сцепления имеет шероховатость активной поверхности плит.

Исследования показали, что наибольшее сцепление наблюдается при мелкой, равномерной шероховатости без сплошной цементной пленки. Такую шероховатость можно обеспечить путем срезки «горбуши», то есть свежееотформованного верхнего слоя, у плит, формируемых активной поверхностью вверх. Аналогичные результаты дает обработка плит на обдирочных установках после пескоструйной их очистки или пропарки с последующей промывкой и продувкой сжатым воздухом.

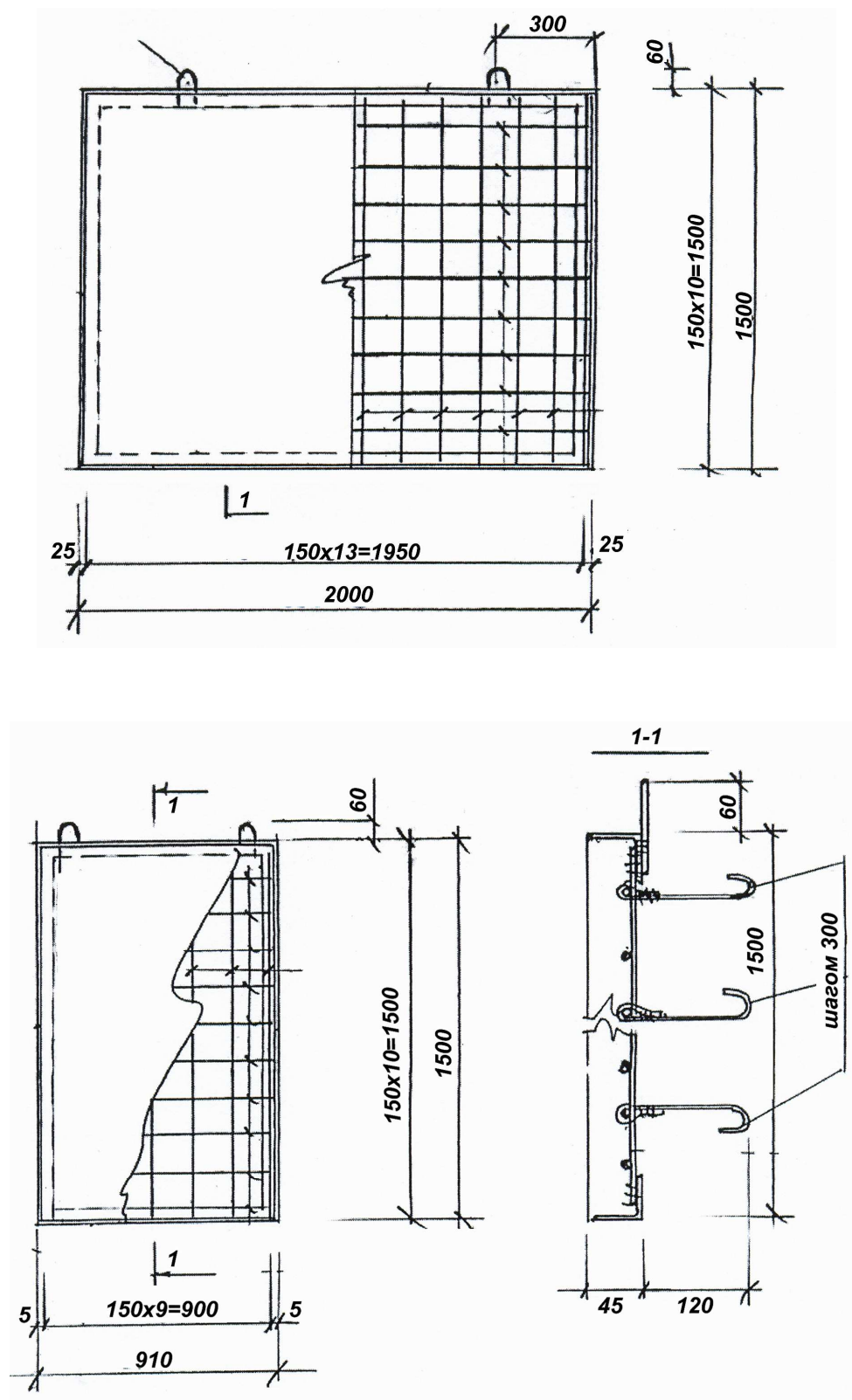


Рис. 9.13. Конструкции облицовочных армированных панелей.

Для увеличения шероховатости активной поверхности свежеотформованную плиту, формуемую на поддоне, посыпают щебнем фракции 10 – 15 мм, затем утапливают в бетон на половину сечения щебенки. Лучший эффект достигается, если вместо щебня использовать стальную или чугунную крупноломанную стружку. Наполовину утопленные в бетон кусочки стружки образуют множество микроанкеров и обеспечивают надежное сцепление между бетоном и несъемной опалубкой-облицовкой.

Доказано также, что сцепление зависит от подвижности бетонной смеси, укладываемой в несъемную опалубку. Наибольшее сцепление может быть достигнуто при средней подвижности смеси ($B/C = 0,4-0,5$; рис. 9.14). В случае использования литых или очень жестких смесей сцепление уменьшается.

Благодаря увеличению шероховатости, оптимизации реологических свойств и тщательной укладке бетонной смеси и раствора можно обеспечить 50 – 60 % проектной прочности. Недостающую прочность в зоне контакта, то есть дефицит сцепления ΔR шва-контакта при требуемой его равнопрочности с бетоном массива, обеспечивают за счет анкерующих выпусков, змеек, анкеров и т. п.

Количество их определяется из условия

$$\sigma_p K_{yc} + \Delta R_p \geq R_p, \quad (9.1)$$

$$\tau K_{yc} + \Delta R_c \geq R_c, \quad (9.2)$$

где σ_p - нормальное сцепление между бетоном и плитой без учета анкеров

(табл. 9.3), кгс/см²;

τ - то же тангенциальное (сцепление при срезе), кгс/см²;

R_p - предел прочности бетона массива при растяжении, кгс/см²;

R_c - то же при срезе, кгс/см²;

K_{yc} - коэффициент условия работы при укладке бетона массива, в летних условиях равный 0,75, в зимних – 0,6;

ΔR_p - дефицит сцепления при отрыве, кгс/см²;

ΔR_c — то же при срезе, кгс/см².

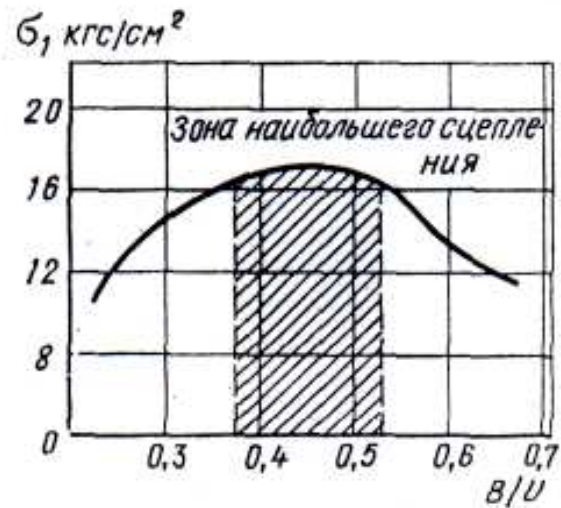


Рис 9.14. Зависимость сцепления бетона с опалубкой облицовочной плиты от подвижности бетонной смеси.

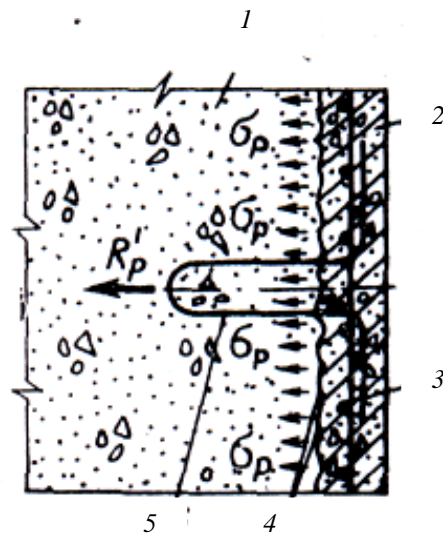


Рис. 9.15. Расчетная схема для определения количества анкеров:

1 – бетон массива; 2 – опалубочная облицовочная плита; 3 – армокаркас;
4 – активная поверхности; 5 – анкер.

Отсюда:

$$\Delta R_p = R_p - \sigma_p K_{yc}, \quad (9.3)$$

$$\Delta R_c = R_c - \tau K_{yc}. \quad (9.4)$$

При условии равнопрочности шва-контакта дефицит сцепления должен погашаться анкерами. Тогда их количество равно

$$n = \frac{\Delta R F}{R'} \quad (9.5)$$

где F — суммарная площадь активной поверхности плиты, см²;

R' — усилие, воспринимаемое одним анкером, кгс.

При двухветвенном анкере и надежной заделке анкера в плите и в бетоне усилие, воспринимаемое одним анкером, равно

$$R'_p = 2F_a R_{a.y.}; \quad (9.6)$$

$$R'_c = 2F_a R_{a.c.}; \quad (9.7)$$

где F_a - площадь, сечения ветви анкера, см²;

$R_{a.y.}$ - условное расчетное сопротивление арматуры анкера при растяжении, кгс/см²;

$R_{a.c.}$ - то же при срезе, кгс/см².

Отсюда

$$n = \frac{F(R_p - \sigma_p K_{yc.})}{2F_a R_{a.y.}}, \quad (9.8)$$

$$n' = \frac{F(R_c - \tau K_{yc.})}{2F_a R_{a.c.}}, \quad (9.9)$$

где n - количество анкеров, определяемое с учетом действующих на опалубочную плиту отрывающих усилий;

n' - то же с учетом срезающих усилий.

Из двух значений n и n' принимают наибольшее.

Таблица 9.3

Показатели сцепления при различных характеристиках поверхностей

Активная поверхность	Сцепление, кгс/см ² , при марке бетона массива		
	M100	M150	M200
Нормально срезанная	9,0	12,5	16,0
Гладкая, отформованная на металлическом поддоне со сплошной цементной пленкой	7,5	9,5	12,5
То же после обдирки стальными щетками	8,7	11,3	13,6
С полуутопленным щебнем	8,4	10,5	12,8
С полуутопленной металлической стружкой	11,5	14,0	18,5

При рассмотрении необходимости заполнения пространства между шлаколитыми панелями и очищенными от коррозии стенами шахт тяжелым бетоном в наших исследованиях закономерно встала задача определения прочности сцепления (адгезии шлаколитой панели с цементным бетоном или раствором).

Для ее решения были изготовлены пять образцов балочек размером 4×4×16 см, причем половинка балочки была выпилена из шлаколитого образца, а вторая половинка наращена до соответствующих размеров свежим бетоном марки М200 (рис. 9.16).



Рис. 9.16. Двухслойный образец-балочка.

Поскольку жесткость бетонной смеси была менее 20 с, то укладку бетона в форму производили на вибростоле. В предварительно обработанные смазкой формы вкладывали образцы шлаколитой призмы, а остальное пространство формы заполняли бетонной смесью. Формование образцов на вибростоле прекращали, когда бетонная смесь полностью оседала, ее поверхность выравнивалась и на ней появлялся тонкий слой цементного теста. Изготовленные образцы твердели в нормальных условиях (при температуре $20\pm 2^\circ\text{C}$ и влажности воздуха не менее 95%). Поскольку данные образцы предназначались для испытаний на растяжение при изгибе, то их распалубка производилась на пятые сутки после изготовления, а общий срок твердения образцов в ванне с водяным затвором составил 28 суток (по ГОСТ 10180).

Испытания образцов на растяжение при изгибе выполняли на лабораторном прессе ПСУ-10 по схеме, приведенной на рис. 9.17.

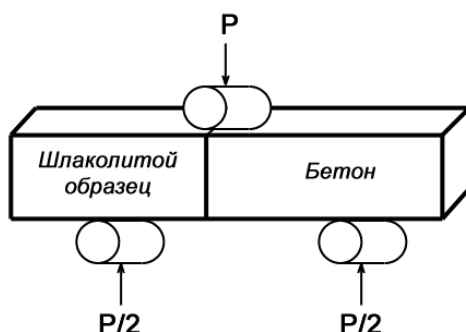


Рис. 9.17. Схема испытаний образцов на растяжение при изгибе

Натурное испытание образцов производили в лаборатории ХГТУСА (рис. 9.18).

Визуальный осмотр подвергнутых испытанию образцов показал, что на поверхности шлаколитого образца остался тонкий слой (≈ 1 мм) цементного раствора (рис. 9.18), что свидетельствовало более о высокой адгезионной прочности бетона и шлаколитого образца, чем о когезионной прочности цементного раствора, образовавшегося при формировании двухслойных образцов балочек из шлаколитого образца и бетона (табл. 9.3).

Таблица 9.3

Результаты испытаний адгезионной прочности бетона
и шлаколитого образца

Номер образца	Разрушающая нагрузка, показания шкалы прессы, Р, кгс	Предел прочности на растяжение при изгибе, R _{из.} , МПа
1	85,3	1,61
2	89,7	1,75
3	59,7	1,12
4	99,8	1,87
5	79,5	1,49

Примечание. Среднее значение предела прочности 1,57 МПа.

Если учесть, что адгезионная прочность эпоксидных клеев (эпоксидные клеи обладают самыми высокими адгезионными характеристиками) и бетонных подложек находится в пределах 2,0–3,0 МПа (20-30 кг/см²), то полученные результаты адгезионной прочности шлаколитого образца и тяжелого бетона являются весьма удовлетворительными и, следовательно, изготовление двухслойных конструкций бетон – шлаколитой образец представляется вполне возможным.

С учетом полученных результатов адгезионной прочности было заполняемым бетоном с помощью анкеров, которые конструктивно принято решение увеличить сцепление армированных шлаколитых панелей с устанавливаются при изготовлении шлаколитых панелей.

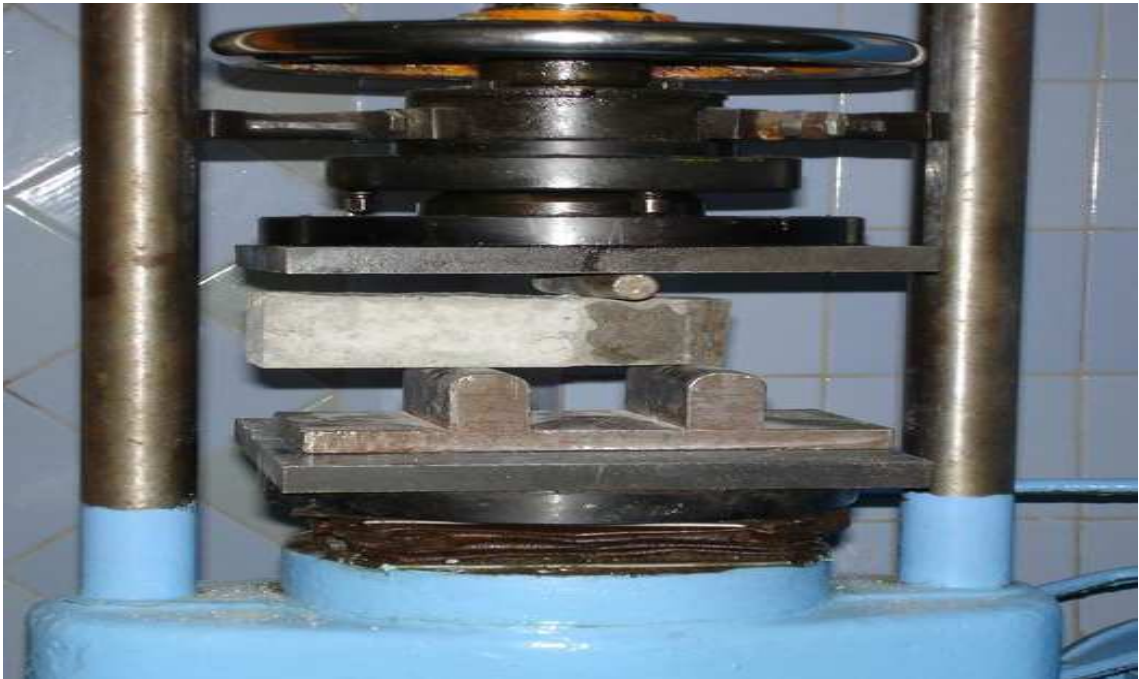


Рис. 9.18. Испытание образцов на растяжение при изгибе.



а



б

Рис. 9.19. Вид образцов в период испытаний на адгезионную прочность:
а – следы раствора на шлаколитом образце; *б* – общий вид кубиков из
 бетона и шлаколитого образца после испытаний.

9.3. Методика расчета крепления армированных шлаколитых панелей

Одной из важных задач при использовании шлаколитых изделий для облицовки шахтных стволов является обеспечение их надежного крепления с учетом высокого давления грунтовых вод.

Облицовка смотровых шахт армированными шлаколитыми панелями дает конструкции шахты надежную коррозионную защиту от воздействия агрессивной среды канализационных коллекторов.

При ремонтно-восстановительных работах панели крепят к стенке шахты с помощью металлических анкеров, зазор между стенкой и плитой заполняют цементно-песчаным раствором или бетоном с мелким заполнителем.

Крепление должно обеспечивать надежную работу облицовочных панелей, на которые действуют их собственный вес и давление воды (в случае ее просачивания через стенки шахты, находящиеся в обводненных местах). Эксперименты, проведенные в ХГТУСА, свидетельствуют о том, что между армированной шлаколитой панелью и бетоном достигается надежная адгезионная связь, прочность которой оценивается величиной $\sigma_p = 1,57$ МПа.

Наличие такой связи позволяет в случае отсутствия давления воды использовать в расчете прочности облицовки армошлаколитыми панелями те же соотношения, что и в расчете надежности сцепления несъемной опалубки с бетоном. Эти соотношения получают из условия обеспечения такого крепления, при котором величина сил сцепления (с учетом анкеров) становится равной расчетному сопротивлению бетона при растяжении.

В случае просачивания грунтовой воды через стенку шахты на единицу площади водонепроницаемой панели будет действовать давление, равное

$$P_H = H A_{пор} ; \quad (9.10)$$

где $A_{пор}$ – относительная суммарная площадь поперечного сечения открытых пор, обращенных к панели (доли единицы);

H – напор грунтовой воды, кПа;

P_H – давление, кПа.

Усилие прочного соединения панели с бетоном (раствором) шахты запишется в виде

$$\sigma_p k_{yc} + \Delta R_p - P_H \leq R_{bt}, \quad (9.11)$$

где σ_p – нормальное сцепление между бетоном и панелью, кПа;

k_{yc} – коэффициент условий работы при облицовке; может быть принят по [3]: в летних условиях равным 0,75, в зимних – 0,6;

ΔR_p – дефицит сцепления при отрыве, кПа;

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение, кПа.

Величину P_H можно определить, если известны напор H и относительная суммарная площадь A_{nop} . Напор, как правило, зависит от гидрологических условий места расположения шахты. Величину A_{nop} можно найти, если известны плотность скелета бетона (раствора) и плотность твердых частиц бетона (раствора). Тогда коэффициент пористости бетона (раствора) равен

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1, \quad (9.12)$$

а относительный объем пор

$$n = \frac{e}{1 + e}, \quad (9.13)$$

где ρ_s – плотность твердых частиц бетона (раствора);

ρ_d – плотность скелета бетона (раствора).

Для бетона со средними величинами $\rho_s = 2,72 \text{ т/м}^3$, $\rho_d = 2,2 \text{ т/м}^3$

$$e = \frac{2,72}{2,2} - 1 = 0,236; \quad n = \frac{0,236}{1 + 0,236} = 0,19.$$

Предполагая, что поры в бетоне равномерно распределены по объему, получаем связь между пористостью и относительными размерами площади поперечного сечения пор (рис. 9.20), выходящей на одну сторону элементарного объема $1 \times 1 \times 1$:

$$n = 3A_{\text{пор}} - 2A_{\text{пор}} \sqrt{A_{\text{пор}}}. \quad (9.14)$$

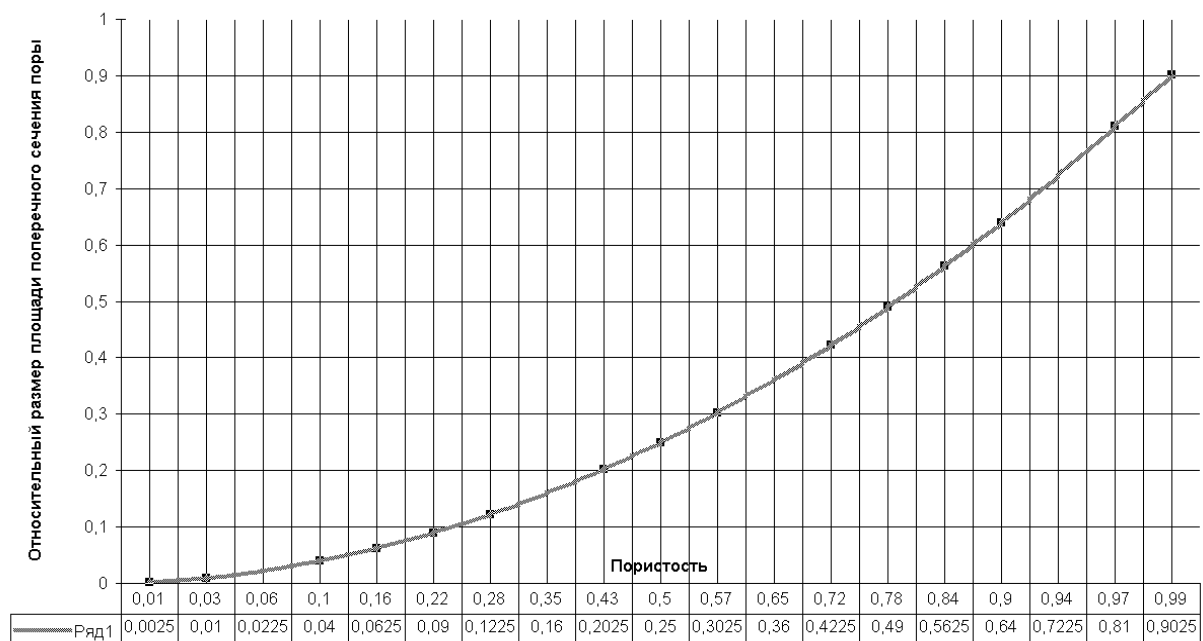


Рис. 9.20. Относительные размеры поперечного сечения пор в зависимости от пористости цементного раствора.

Таким образом,

$$P_H = H f(n),$$

где $f(n)$ – функция (рис. 9.20).

Дефицит сцепления должен компенсироваться анкерами. Их количество на одну панель может быть найдено из условия

$$n \geq \frac{[R_{bt} + H f(n) - \sigma_p k_{yc}] A}{F_{ан}}, \quad (9.15)$$

где A – площадь облицовочной панели, м²;

$F_{ан}$ – несущая способность одного анкера, кН.

Несущая способность анкера определяется из условия его разрыва либо из условия его выкалывания из бетона по формулам

$$F_{ан} = R_s A_s; \quad F_{ан} = 0,5 A_h R_{bt}; \quad (9.16)$$

где R_s – расчетное сопротивление стали на растяжение;

A_s – площадь поперечного сечения анкера;

A_h – площадь проекции на плоскость поверхности выкалывания, нормальную к анкеру, которая равна $A_h = l_a^2$, (l_a – длина заделки анкера);

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение, кПа.

В случае отсутствия обводнения ($H=0$) облицовка армошлаколитыми панелями надежно удерживается на поверхности шахты благодаря высокой адгезионной прочности бетона и шлаколитых конструкций. По данным, полученным в лаборатории ХГТУСА [21], предел адгезионной прочности бетона и шлаколитого образца для бетона В15 составляет $\sigma_p = 1,57$ МПа. К сожалению, данные, касающиеся адгезионной прочности шлаколитых образцов и бетонов более высокого класса, отсутствуют.

Если же принять значение $\sigma_p = 1,57$ МПа, например, и для бетона класса В30, то количество анкеров и их параметры следует подбирать так, чтобы анкера могли воспринимать нагрузки: при размере плиты $2,0 \times 1,5$ м – 69 кН, при размере $0,91 \times 1,5$ м – 31,4 кН. Для бетонов класса В20 и В25 анкера устанавливают конструктивно.

Необходимо отметить, что условие (9.10) и (9.11) является довольно жестким. Его выполнение позволяет сделать прочность соединения облицовочных панелей соответствующей прочности бетона шахты на растяжение.

Более мягким является условие

$$\sigma_p k_{yc} - H f(n) > 0, \quad (9.17)$$

которое просто делает невозможным отрыв облицовочных панелей от бетона шахты в случае просачивания грунтовой воды сквозь поры бетона. При высокой плотности бетона и значении пористости $n \leq 0,28$ условие (9.17) выполняется для всех напоров, вплоть до значения $H = 600$ кПа.

При таком подходе анкерное крепление идет в запас надежности и может рассчитываться на дополнительное давление $q = Hf(n)$. Если пористость составляет $n=0,2$, на один анкер приходится выдерживающая сила, значение которой приведено в табл. 9.4.

При нарушении сцепления шлаколитой панели с бетоном (раствором) характер работы облицовочных панелей меняется кардинально. Облицовка начинает работать на изгиб, как плита, закрепленная анкерами в отдельных

точках. Несущая способность облицовки в данном случае обеспечивается прочностью армошлаколитых панелей на изгиб в двух направлениях. Для ее оценки с помощью программного комплекса SCAD был выполнен численный эксперимент. При этом панель моделировалась прямоугольными элементами размером 0,1×0,1 м. В качестве теории прочности была принята четвертая энергетическая теория, наиболее подходящая для такого упругого материала, как шлаколитая конструкция (рис. 9.21 – 9.23).

Таблица 9.4

Значение выдергивающих сил, кН, для расчета анкеров
при наличии напора грунтовой воды

Размер плиты, м	Напор, кПа					
	50	100	200	300	400	500
2,0×1,5	3,875	7,65	15,3	22,95	30,6	38,25
0,91×1,5	2,61	5,22	10,44	15,7	20,9	26,1

Используя полученные с помощью численных экспериментов решения, запишем выражение предельного напора для армошлаколитых панелей (размеры панелей 2×1,5 м; 0,91×1,5 м; 1×1 м)

$$H = \frac{R_u (h/10)^2}{kl^2}, \quad (9.18)$$

где h – толщина панели, см;

l – минимальное расстояние между анкерами, м;

коэффициент k принимает значения:

для панели 2×1,5 м – 277,31;

для панели 0,91×1,5 м – 299,0;

для панели 1×1 м – 189,18;

R_u – расчетное сопротивление армошлаколитых панелей на изгиб, равное 45 000 кПа.

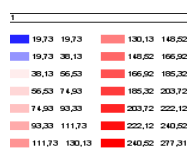
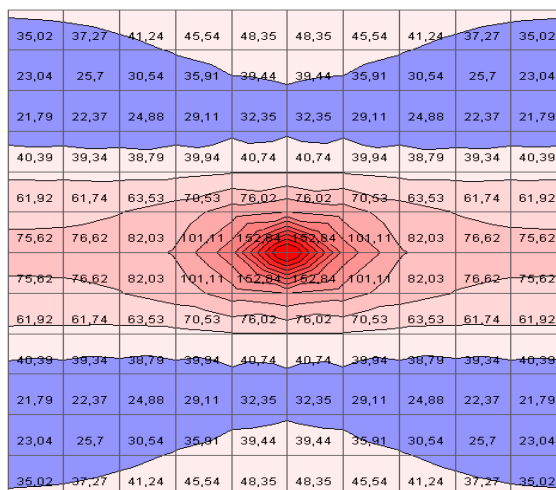


Рис. 9.21. Расчетные напряжения в облицовке по четвертой теории прочности (панелями 2×1,5 м).

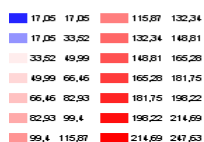
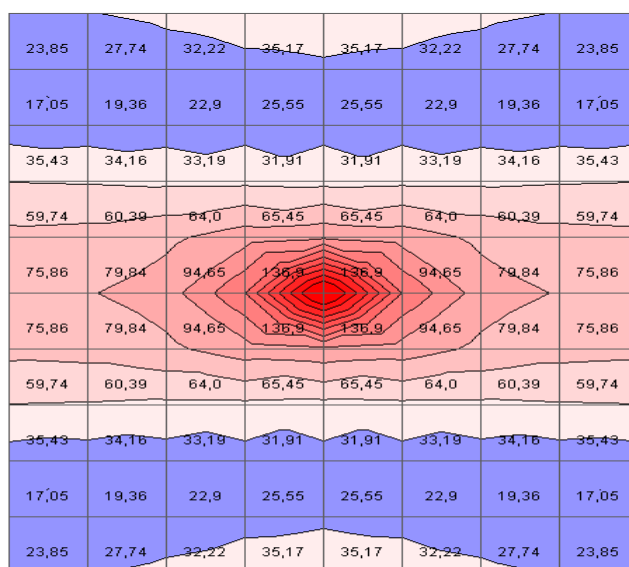


Рис. 9.22. Расчетные напряжения в облицовке по четвертой теории прочности (панелями 0,91×1,5 м).

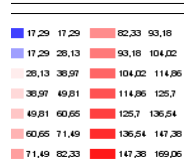
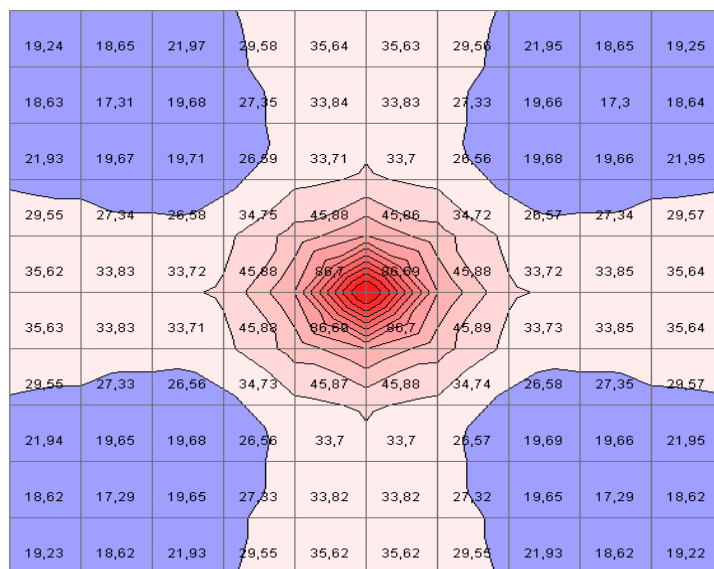


Рис. 9.23. Расчетные напряжения в облицовке по четвертой теории прочности (панелями 1×1 м).

С учетом соотношения (9.18) при толщине панели $h = 50$ мм получаем предельное значение величины напора H , при котором облицовка не будет разрушена в случае полного нарушения сцепления бетона с шлаколитой конструкцией:

Один анкер должен быть рассчитан на выдергивающую силу, F :

40,56 кПа (панель 2×1,5 м);

30,98 кПа (панель 0,91×1,5 м);

59,47кПа (панель 1×1 м).

В случае уменьшения размеров панели полностью надежную облицовку можно выполнить для больших напоров. Так, для облицовочных панелей, размеры которых 0,5×0,5 м, величина напора может быть достигнута до отметки 237,88 кПа.

9.4. Технологическая последовательность ремонтно-восстановительных работ с использованием шлаколитых панелей

Ремонт и восстановление шахтных стволов водоотведения представляет собой комплекс технологических процессов, выполняемых в заранее предусмотренной последовательности.

До начала облицовки поверхности бетона обделки канализационного смотрового шахтного ствола производятся следующие работы:

освоение околоствольной строительной площадки;

установка основного и вспомогательного оборудования;

подготовка поверхности бетона для установки облицовочных панелей.

Для ремонта и восстановления канализационных смотровых шахтных стволов глубиной более 20 м, как правило, используется оборудование, которое применяется при строительстве шахтных стволов – основное (грузоподъемное оборудование, подвесные полки, тихоходные лебедки) и вспомогательное (оборудование для вентиляции, освещения, связи, сигнализации и т.п) (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Основное оборудование, машины

Наименование	Марка (чертеж)	Характеристика
Автокран	КС-3571	Грузоподъемность, т – 10 Скорость подъема и опускания груза, м/мин – 0,1–16
Подвесные полки	См. рис. 9.4	
Бадья	См. рис. 9.4	Емкость, м ³ – 3
Вентилятор	ВМ	Осевой с электроприводом Подача, м ³ /мин – по расчету

В качестве грузоподъемного оборудования вместо стационарных горных комплексов используется временное передвижное оборудование: автокраны или установки ПК-1, ППУ-1, разработанные Донгипро-оргшахтстроем, и др.

Подвесные полки, предназначенные для проходки стволов, должны быть конструктивно выполнены для производства облицовочных работ. В нашем случае, учитывая небольшую глубину шахты (до 20 м), вместо подвесных полок использовали стационарную оснастку с лестницами.

Стволы проветривались путем нагнетания воздуха, так как при этом хорошо удаляются вредные газы. Кроме того, такая схема проще и экономичнее всасывающей или комбинированной схемы. Для предотвращения засасывания выходящего из ствола отработанного воздуха вентилятор устанавливается на расстоянии не менее 15 м от устья ствола. Расход воздуха для проветривания определяется в зависимости от количества ядовитых газов, наибольшего числа работающих в стволе людей и минимально допустимой скорости движения воздуха. Рекомендуется использовать вентиляторы типа ВМ, а вентиляционные трубы – гибкие (прорезиненные или ЧЛХВ).

Рабочие места в стволе освещаются светильниками «Проходка-2», которые предназначены для проходки стволов на газовых шахтах. Спуск и подъем бадьи, ставов труб, армошлаколитых панелей и т.п. обеспечиваются с помощью связи и сигнализации. Благодаря ей осуществляется оперативное управление работой в смотровом шахтном стволе.

Разработанные календарные планы ремонта и восстановления канализационного смотрового ствола можно представить в виде линейного графика и циклограммы.

Для линейно протяженных сооружений, каким является данный шахтный ствол, характерна повторяющаяся каждый раз очередность работ. Циклограмма, представляющая собой план организации работ, увязывает все производственные процессы одного цикла. Систематическое выполнение цикла при планомерном чередовании отдельных операций определяет цикличную организацию работ.

Цикличная организация подземных работ может предусматривать последовательное или параллельное выполнение операций. В первом случае основные операции следуют в определенном порядке одна за другой, поэтому для сокращения продолжительности цикла необходимо свести к минимуму время каждой операции. Во втором случае некоторые из них выполняются одновременно – целиком или частично. К примеру, в нашем случае совмещаются во времени такие операции, как бурение шпуров, установка анкеров на эпоксидном клее, выдержка бетона в инвентарном поддерживающем устройстве и установка заанкеренной продольной арматуры.

Подготовка поверхности бетона обделки стволов для облицовки осуществляется согласно СНиП 3.04.01-87 и ДБН В 2.6-22-2001.

В соответствии с разработанными технологическими и организационными решениями ремонтно-восстановительных работ была обустроена строительная площадка смотровой шахты №8 Немышлянского коллектора г. Харькова (рис. 9.24).

Основание шахты должно быть прочным, без видимых разрушений. При местных нарушениях обделки на глубину до половины толщины стены эти места необходимо усилить путем установки анкеров, арматурной сетки, а также бетонированием.

Облицовка поверхности бетона обделки ствола выполнялась снизу вверх отдельными заходками, равными высоте монтируемой панели.

Технологический цикл производства облицовочных работ (рис. 9.25) состоит из четырех основных последовательно выполняемых операций: 1) установка анкеров и направляющего крепежного профиля; 2) монтаж армированных шлаколитых панелей; 3) заполнение бетонной смесью засекционного пространства; 4) покрытие стыков плит модифицированным эпоксидным полимером или полиуретаном.

Облицовочные работы ведутся круглосуточно, в четыре смены. Последовательность облицовочных работ на заходке (в цикле) следующая. В первую смену устанавливают анкера. Для этого с подвесных полков



Рис. 9.24. Общий вид обустроенной строительной площадки смотровой шахты перед началом ремонтно-восстановительных работ.

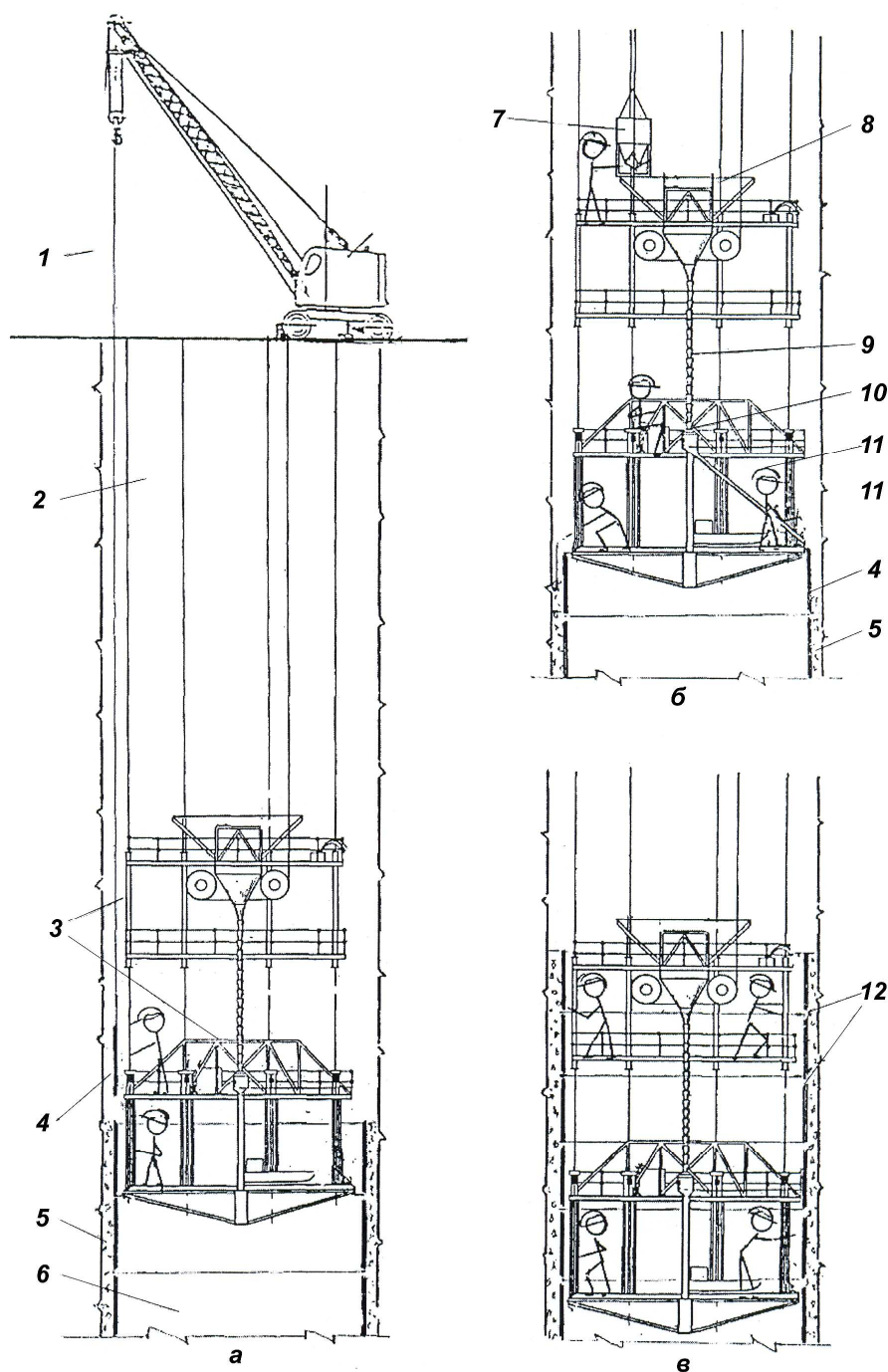


Рис. 9.25. Типовая технологическая схема выполнения облицовочных работ с использованием армированных шлаколитых панелей шахтного ствола прямоугольной формы:

а – подача панелей в шахтный ствол; *б* – укладка бетонной смеси в засекционное пространство; *в* – покрытие клеем-герметиком стыковых швов;

1 – кран; 2 – ствол; 3 – подвесные полки; 4 – армошлаколитая панель; 5 – бетон;

6 – облицовка ствола; 7 – бадья для бетонной смеси; 8 – бункер; 9 – хобот;

10 – пульт механизма поворота лотка; 11 – лоток; 12 – стыки панелей.

(стационарной установки) по верхнему периметру очередной облицовочной секции через 1 м намечают места расположения анкеров, затем перфоратором бурят шпуры на глубину 250 мм, куда вводят полиэтиленовые ампулы, заполненные эпоксидным клеем, а вслед за ними и металлические стержни анкеров с заостренными концами, которые разрушают ампулу и закрепляются в шпуре. Расчетное сцепление $\tau_{сц}$ арматурного стержня периодического профиля, омоноличенного составом на основе полимерных смол суточного возраста, достигает 10–15 МПа. Анкера приваривают электросваркой к направляющему профилю, к которому затем будут крепить облицовочные панели (рис. 9.26).

Во вторую смену в смотровой шахтный ствол краном 1 опускают с поверхности армошлаколитые панели (каждую в отдельности к месту установки). Монтаж панелей ведут в двух направлениях, от одного угла ствола прямоугольной формы к другому, до соединения панелей в цельную прямоугольную секцию, одновременно жестко закрепляя каждую панель (рис. 9.27–9.29).

В третью смену засекционное облицовочное пространство заполняют бетонной смесью, которую в бадье опускают краном в ствол, перегружают в бункер, а затем по хоботу направляют в распределительный вращающийся лоток и засекционное пространство. Вибрирование бетонной смеси осуществляют послойно глубинными вибраторами с гибким валом.

В четвертую смену стыки панелей забетонированной облицовочной секции (рис. 9.30) очищают от налипшего бетона, а внешнюю (видимую) поверхность ребра окантовочных стальных уголков зачищают до блеска, затем поверхность стыков очищают сжатым воздухом от пыли и наносят антикоррозионные покрытия.

При разработке циклограммы продолжительность цикла, как отмечалось выше, рекомендуется устанавливать такой, чтобы за смену или за сутки завершалось целое число циклов либо чтобы цикл укладывался в целое число смен при большом объеме работ (рис. 9.31).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии изложены исследования направленные на решения крупной народнохозяйственной проблемы повышения эксплуатационной долговечности сетей водоотведения, учитывающих их конструктивные решения, условия эксплуатации и состояние, особенности выполнения ремонтно-восстановительных работ на действующих или временно выведенных из эксплуатации сетях, обеспечивающих минимальную продолжительность работы при возможной минимизации затрат на проводимые мероприятия.

На основе выполненного анализа установлено, что в настоящее время эксплуатируются сети, построенные в прошлом и позапрошлом столетии, и в то же время выходят из строя трубопроводы, проложенные 10-15 лет назад. Полученные результаты являются свидетельством того, что в последние десятилетия практика проектирования и строительства инженерных коммуникаций, в том числе сетей водоотведения была основана на нормативной базе, основным принципом которой были требования минимизации капитальных вложений и стоимости строительно-монтажных работ.

Представленные в монографии классификация методов подготовки сетей к инспектированию и методов инспектирования сетей позволили установить, что наиболее эффективным среди них является метод, основанный на телевизионном контроле, имеющий большое преимущество особенно при диагностике действующих трубопроводов.

Результаты исследования основных факторов, влияющих на эксплуатационную долговечность трубопроводов водоотведения, показали, что главной причиной разрушения конструкций трубопроводов, коллекторов смотровых колодцев и шахт является коррозия. В городах Украины до 40% разрушений в сетях водоотведения происходит по этой причине. В то же время в других странах, например в Германии, на фактор

коррозии приходится лишь около 70% разрушений, что объясняется более качественной очисткой сточных вод перед сбрасыванием в сеть водоотведения, более высоким качеством изготовления характеристиками труб и конструкций, а также лучшим уходом за сетями (вентиляция, промывка, транспортирование смешанных вод и др.).

Приведенные результаты исследований показали, что в последние годы значительно повысилась концентрация газов в смотровых шахтах, а в некоторых случаях она на несколько порядков превышает предельно допустимую.

Основной причиной коррозионных процессов в трубопроводах и коллекторах является большая концентрация сероводорода. В монографии рассмотрены основные источники появления сероводорода, его воздействие на цементный камень железобетонных трубопроводов, коллекторов и стен смотровых колодцев и шахтных стволов и возможные пути предотвращения образования и уменьшения концентрации сероводорода.

Широко исследованы существующие как отечественные, так и зарубежные технологии ремонта и восстановления конструкций трубопроводов, коллекторов, смотровых колодцев, шахт и используемых при этом материалов и конструкций.

Рассмотрены способы повышения эксплуатационной долговечности трубопроводов и коллекторов среди которых дается приоритет облицовке и покрытию внутренних поверхностей трубопроводов коррозионностойкими материалами и конструкциями, а также аэрации сети и сооружений, добавке в сточные воды химических составов и др.

При выборе материалов и конструкций для ремонта и восстановления трубопроводов предпочтение отдано материалам и конструкциям, производство которых осуществляется в Украине, с учетом их стоимостных показателей. При этом главным критерием выбора оставалась сопротивляемость агрессивной среде.

Разработанные методологические основы пространственного и качественного моделирования сетей водоотведения позволили создать систему, классифицирующую сети водоотведения в зависимости от их состояния, определять категоричность участков сети и устанавливать приоритетность при установлении очередности ремонтно-восстановительных работ.

Совокупностью выполненных исследований научно обоснованы, разработаны и усовершенствованы организационно-технологические решения ремонтно-восстановительных работ в проходных, полупроходных и непроходных трубопроводах и коллекторах, в основе которых лежит возведение комбинированных монолитных и монолитно-сборных вторичных обделок с применением материалов отечественного производства, что позволяет при минимальной продолжительности работ и минимальной их стоимости повысить эксплуатационную долговечность сетей.

В качестве примеров в монографии приведена разработка конструктивных решений восстановления Орджоникидзевского коллектора города Харькова. Вновь создаваемый трубопровод возведен из монолитного железобетона. Основой для нового трубопровода служит сохранившаяся лотковая часть, а в качестве обделки устанавливается труба из профилированного полиэтилена. Приведена методика расчета прочностных характеристик разрабатываемой конструкции на базе метода конечных элементов. Расчет производился с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD.

Технология восстановления трубопровода предусматривает изготовление в заводских условиях трубы из ребристого полиэтилена и арматурного каркаса, сборку блоков, в которые входят труба и арматурный каркас с установленными между ними фиксаторами, что позволило значительно снизить трудоемкость и уменьшить стоимость выполняемых работ.

Для ремонта и восстановления железобетонного трубопровода подверженного влиянию коррозии и работающего в неустойчивых грунтах, когда может происходить подмыв основания, рекомендованы трубы, футерованные шлаковым литьем, производство которых осуществляется на заводах ферросплавной промышленности Украины.

Разработанная методика расчета стыковых соединений труб позволяет в случае воздействия на стыки значительных усилий вследствие подмыва грунта определять допустимые границы этих воздействий.

В монографии рассмотрено использование в качестве антикоррозионных покрытий смотровых шахт на сетях глубокого заложения армированных шлаколитных панелей. С этой целью разработаны конструкции панелей, получаемые путем шлакового литья из шлаков ферросплавной промышленности.

Исследование адгезионной прочности бетона и изделий из шлакового литья показало, что она составляет 1,57 МПа. Поскольку адгезионная прочность эпоксидных клеев и бетона – около 2,0 МПа, можно констатировать, что адгезионная прочность бетона и шлакового литья удовлетворительна, а устройство трехслойных сборно-монолитных конструкций «армированные шлаколитые панели – монолитный бетон – существующий бетон обделки» представляется вполне возможным.

Разработана методика расчета крепления армированных шлаколитых панелей, учитывающая их высокую адгезию к бетону и влияние гидростатического давления грунтовых вод. Установлено, что при рекомендуемой в методике схеме крепления и при уменьшении размеров панелей до 0,5 x 0,5 м их можно использовать до отметки 237,88 м.

Большинство из разработанных технологических, технических и организационных решений внедрены при производстве ремонтно-восстановительных работ на сетях водоотведения г.Харькова.

Отдельные разработки являются перспективными и будут внедрены в ближайшие годы.

Комплексом выполненных исследований решается проблема повышения эксплуатационной долговечности сетей и сооружений водоотведения Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович И.А. Сети и сооружения водоотведения. Расчет, проектирование, эксплуатация.- Харьков: Глобус, 2005.- 288 с.
2. Абрамович И.А. Новая стратегия проектирования и реконструкции систем транспортирования сточных вод. – Харьков: Основа, 1996. – 316 с.
3. Андреюк Е. И., Билай В. И., Коваль Э. З. и др. Микробная коррозия и ее возбудители. – К.: Наук. думка, 1980. – 287 с.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
5. Бабаев В.Н. Восстановление и защита канализационных коллекторов методом возведения тоннельных вторичных обделок // Наук. вісн. будівництва. – Харків, ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 1998.– Вип.4. – С. 3–6.
6. Бабаев В.Н., Гончаренко Д.Ф. Восстановление и антикоррозионная антифильтрационная защита канализационных тоннелей. Передовые технологии в промышленности и строительстве на пороге XXI века. – Сб. докл. междунар. школы-семинара молодых ученых и аспирантов – Белгород: БелТАСМ, 1998. – С. 443–447.
7. Бабаєв В.М. Дослідження та розробка технологічних рішень зведення тонкостінних вторинних обробок при відновленні каналізаційних колекторів: Автореф. дис. канд. техн. наук – Харків, ХДТУБА 1999. – 14 с.
8. Бакалин Ю.И., Рудь А.Г., Микитенко В.И. Особенности производства работ при прохождении стволов на действующих канализационных тоннелях // Коммунальное хозяйство городов. – 2001. – № 30. – С. 7.
9. Бабиченко В.Я., Юрченко В.А., Коринько И.В. Коррозионное разрушение канализационных коллекторов как фактор, повышающий техногенную опасность сооружений водоотведения для подземного

пространства городов // Мат. доповідей і повідомлень Міжнар. конференції «Нагальні проблеми ліквідації підтоплення ґрунтовими водами територій міст і селищ міського типу України». – Харків, 1998. – Ч. II. – С. 64–65.

10. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций. – Харьков: Вища школа, 1989. – 167 с.

11. Бабушкин В.И. Мокрицкая Л.П. Гонтовой С.В. О влиянии рН и Ph паровой жидкости на коррозию и пассивность стали в цементном камне и бетоне // Журнал прикладной химии. – 1972. – №3. – С. 508–513.

12. Бабушкин В.И. Мокрицкая Л.П. Процессы коррозии арматуры в железобетоне // Строительные материалы, детали и изделия. – Вып.1. – 1965. – С. 162–174.

13. Басе Т.М. Уличная канализационная сеть: Производство работ и эксплуатация. – Харьков – Киев: Гос. науч.–техн. изд-во Украины, 1934. – 280 с.

14. Башмаков В.М., Мостков В.М. Современная техника и технология подземных работ // Гидротехническое строительство. – 1996. – №7. – С. 1–9.

15. Библия. Ветхий Завет. – Славянское Евангельское общество, 1987. – 1500 с.

16. Биоповреждение, обрастание и защита от него. – М.: Наука, 1996. – 143 с.

17. Биоповреждения / Под ред. В. Д. Ильичева. – М.: Высш. шк., 1987. – 426 с.

18. Болотских Н.С. Водопонижение. – Харьков: Вища школа, 1981. – 144 с.

19. Болотских Н.С. и др. Вакуумное водопонижение на объектах канализации // Жилищное и коммунальное хозяйство. – 1980. – №2. – С. 10–11.

20. Болотских Н.С., Клейн Е.Б., Олейник Е.И. Водопонижение при

производстве ремонтных работ на канализационных коллекторах: Обзорная информация. – М.: Минжилкоммунхоз РСФСР, ЦБНТИ. Сер. «Водоснабжение и канализация», 1975, №1/28. – 53 с.

21. Болотских Н.С., Клейн Е.Б., Олейник Е.И. и др. Опыт применения передвижной установки вакуумного водопонижения ПУВВ-1 // Водоснабжение и санитарная техника. – 1976. – №3. – С. 34–35.

22. Болотских Н.С., Клепиков Ф.Н., Самусь О.Р. и др. Создание эффективной технологии строительного водопонижения. – Харьков: ВСНТО Харьк. обл. правление НТО стройиндустрии; ХИСИ, 1987. – 52 с.

23. Болотских Н.С., Тиховидов Б.Д., Иванов В.П. и др. Опыт применения новых средств механизации и технологии строительного водопонижения. – Киев: УкрНИИНТИ и ТЭИ ГОСПЛАНА УССР, 1978. – 40 с.

24. Болотских Н.С., Тиховидов Б.Д., Олейник Е.И. и др. Применение установок вакуумного водопонижения при прокладке канализационного коллектора // Стр-во трубопроводов. – 1979. – №8. – С. 33–34.

25. Ботук Б.О., Федоров Н.Ф. Канализационные сети. – М.: Сторойиздат, 1976. – 272 с.

26. Бочевер Ф.М. Проектирование водозаборов подземных вод. – М.: Стройиздат, 1976. – 148 с.

27. Воблых В.А., Кичаева О.В., Коваленко А.В. Несущая способность железобетонных блочных обделок тоннеля при коррозии бетона и арматуры // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 2002. – №18. – С. 359–363.

28. Воблых Г.А., Гончаренко Д.Ф., Дамекин Г.А. и др. Прочность облицовки керамической плиткой тоннельных коллекторов при их восстановлении // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – №8. – С. 20–27.

29. Воблых В.А., Гончаренко Д.Ф., Кирюшин В.Н. Проталкивание железобетонных труб при реконструкции трубопровода// Наук.вісн.будівництва.- Харків. ХДТУБА ХОТВ АБУ.- 2003.- Вип. 21.- С. 25-32.

30. Воблых В.А., Кичаева О.В., Кирюшин В.Н. Проталкивание керамических труб при восстановлении трубопровода. Коммунальное хозяйство городов. Київ.- 2003. Вип. 51.- С. 56-61.

31. Воблых В.А., Гончаренко Д.Ф., Кичаева О.В., Вороненко В.А. Обеспечение надежности крепления армопоролитовых плит при ремонте смотровых шахт сетей водоотведения// Наук.вісн.будівництва.- Харків. ХДТУБА ХОТВ АБУ.- 2006.- Вип. 34.- С. 35-39.

32. Гончаренко Д.Ф., Вороненко В.А., Добряев А.А. Использование армированных шлаколитых конструкций для ремонта сооружений систем водоотведения// Сб. материалов междунар. конгресса «ЭКВАТЭК–2006».– М., 2006. – С. 884–885.

33. Гончаренко Д.Ф., Добряев А.А. Ремонтно-восстановительные работы на сетях водоотведения с применением труб, футерованных поролитом// Наук. вісн. буд-ва. ХДТУБА ХОТВ АБУ.– 2005.– №30.– С. 85 – 89.

34. Гончаренко Д.Ф., Клейн Е.Б., Коринько И.В. Ремонтно-восстановительные работы на канализационных сетях в водонасыщенных грунтах. – Харьков: Прапор, 1999. – 158 с.

35. Гончаренко Д. Ф., Коринько И.В., Коваленко А.Н. и др. Возведение коррозионно-стойких монолитных обделок в повреждённых канализационных трубопроводах // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 1998. – Вип. 1. – С.10–13.

36. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В. Разработка методики определения состояния сетей водоотведения и выбора стратегии их санации // Сб. докл. Междунар. конгресса “ЭТЭВК–2003”, Крым, г. Ялта, 2003г. с.

252-254.

37. Гончаренко Д. Ф., Коринько И.В., Санков Г.А. Стан облицювання стін шахтних стволів каналізаційних колекторів і способи їх ремонту // Будівництво України. – 1997. – № 4.

38. Гончаренко Д.Ф. Санков Г.А., Коринько И.В. Компонировка комплексов механического оборудования на канализационных тоннелях // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 1998. – Вип. 3. – С.7–11.

39. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В., Соловей Д.А. Застосування нікроліта при заміні залізобетонних конструкцій станцій аерації // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Рівне. Зб. наук. праць. – 2003. – Вип. 9. – С. 430–434.

40. Гончаренко Д.Ф., Бабаев В.Н. Метод возведения тонкостенных вторичных обделок канализационных коллекторов // Инф. листок № 109–98. – Харьков: ХАРПНТЭИ, 1998. – 4 с.

41. Гончаренко Д.Ф., Бабаев В.М., Коринько И.В. Водовідведення – QVO-VADIS // Будівництво України. – 2001. – №2. – С. 40–43.

42. Гончаренко Д.Ф., Бабаев В.М., Санков Г.О. Ковзна опалубка для зведення вторинних облицювань / Патент UA 50796 7E21D11/10; заявл. 21.04.1999. Опубл. 15.11.2002. Бюл. №11.

43. Гончаренко Д.Ф., Яковлева Р.А., Костюк Т.Н., Лотарец Е.В., Вороненко В.А. Технология ремонта смотровых шахт сетей водоотведения с использованием шлакокаменного литья// Рівне, Зб.наук.праць Національний університет водного господарства та природокористування. Вип. №13, 2006 р.– С315-321.

44. Гончаренко Д.Ф., Воблых В.А., Коринько И.В. и др. Полиэтиленовая облицовка шахтных стволов при их реконструкции // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – №12. – С. 4–9.

45. Гончаренко Д.Ф., Воблых В.А., Санков Г.А. и др. Методика расчета рациональных параметров шнекового устройства для радиально-

осевого прессования бетонных смесей // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 1999. – Вип.6. – С. 67–74.

46. Гончаренко Д.Ф., Дамекин Г.А. Способы определения повреждений конструкций канализационных коллекторов // Тез. докл. науч.-техн. конференции ХГТУСА, 1996. – С. 125–126.

47. Гончаренко Д.Ф., Дамєкін Г.О., Коваленко О.М. Методи відновлення конструкцій тунельних колекторів // Будівництво України. – 1997. – №1. – С. 15–17.

48. Гончаренко Д.Ф., Кирюшин В.Н. Коринько И.В. Восстановление с использованием коррозионностойких конструкций канализационных трубопроводов // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2001. – Вип. 16, С.41–44.

49. Гончаренко Д.Ф., Кирюшин В.Н., Коринько И.В. Восстановление сетей водоотведения с использованием керамических труб за рубежом // Коммунальное хозяйство городов. – 2002. – Вып. 38, С. 40–43.

50. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В. Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений. – Харьков: Рубикон, 1999. – 365 с.

51. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В. Сучасні проблеми експлуатації систем водовідведення міст України - шляхи їх рішення // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2000. – Вип. 9. – С. 41–51.

52. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В., Коваленко А.Н. и др. Возведение коррозионно-стойких монолитных обделок в поврежденных канализационных трубопроводах // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 1997. – Вип.1. – С. 10–16.

53. Гончаренко Д.Ф., Казимагомедов И.Э., Костюк Т.А., Вороненко В.А. О получении двухслойных конструкций плит из никролита и тяжелого бетона// Наук.вісн.буд. ХДТУБА, ХОТВ АБУ.– 2005.– №33.– С.309-311.

54. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В., Санков Г.А. Восстановление и антикоррозийная защита железобетонных обделок канализационных шахтных стволов // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 1998. – Вип. 2. – С. 3–6.

55. Гончаренко Д.Ф., Коринько І. В., Піліграм С.С. Ремонт зруйнованих газовою корозією шахтних стволів на каналізаційних мережах Харкова // Будівництво України. – 2000. – №2. – С. 23–25.

56. Гончаренко Д.Ф., Коринько І.В., Коваленко А.В. и др. Спосіб ліквідації локального відкритого завалу каналізаційного тунелю / Деклараційний патент № 47926А. Заявка №2001117633 від 8.11.2001.

57. Гончаренко Д.Ф., Коринько І.В., Санков Г.О. Затворний пристрій тунельного водоводу / Деклараційний патент № 2002043528.

58. Гончаренко Д.Ф., Коринько І.В., Санков Г.О. Саморушне траншейне кріплення / Деклараційний патент № 2002043529.

59. Гончаренко Д.Ф., Коринько І.В., Санков Г.О. Стан облицювання шахтних стволів каналізаційних колекторів і способи їх ремонту // Будівництво України. – 1997. – №12. – С. 10–12.

60. Гончаренко Д.Ф., Коринько І.В., Санков Г.О., Кірюшин В.М. Спосіб відновлення і захисту каналізаційних трубопроводів / Деклараційний патент № 2002043530.

61. Гончаренко Д.Ф., Санков Г.А., Бабаев В.Н. Восстановление и антикоррозионная защита канализационных коллекторов // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 1998. – Вип. 3. – С. 3–6.

62. Гончаренко Д.Ф., Санков Г.А., Бабаев В.Н. Восстановление несущей способности канализационных коллекторов методом возведения вторичной обделки из монолитно-прессованного бетона // Коммунальное хозяйство городов. – 1998. – №15. – С. 86–89.

63. Гончаренко Д.Ф., Санков Г.А., Клейн Е.Б. Производство ремонтно-восстановительных работ на канализационных сетях // Инф.

листок о науч.-техн. достижении. Харьков ХАРПНТЭИ. – 1997. – № 110–97. – 2 с.

64. Гончаренко Д.Ф., Корінько І.В., Саков Г.О., Кірюшин В.М. Спосіб відновлення і захисту каналізаційних трубопроводів/ Деклараційний патент №54858А. Опубл. 17.03.2003. Бюл. №3.

65. Гончаренко Д.Ф., Яковлева Р.А., Костюк Т.Н., Лотарец Е.В., Вороненко В.А. Технология ремонта смотровых шахт сетей водоотведения с использованием шлакокаменного литья// Зб.наук.праць Укр. держ. ун-ту водного господарства та користування. Рівне – 2006.– Вип. №13.– С315-321.

66. Гончаренко Д.Ф., Куровский И.И. Способ комбинирования облицовки канализационного тоннеля и устройство для его осуществления// Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2004. – Вип. 26. – С. 78–83.

67. Гончаренко Д.Ф., Санков Г.О., Кісь В.М. Спосіб відновлення напірних непрохідних водоводів/ Патент №75735. Опубл. 15.05.2006. Бюл. №5.

68. Гончаренко Д.Ф., Санков Г.А., Коринько И.В. Механическое оборудование на участках главного и дублирующего канализационных тоннелей в районе городской насосной станции // Коммунальное хозяйство городов. – 1998. – Вып. 15. – С. 67–71.

69. Горох Н.П., Коринько И.В., Коваленко А.В. Защита конструкций систем водоотведения полимерными материалами // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: Сб. докл. междунар. науч.-техн. конференции. Т. 2. – Харьков, 2000. – С. 404–406.

70. ГОСТ 5382-91. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа. – Взамен ГОСТ 5382-73, ГОСТ 9552-76. Введ. 01.07.91. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – С. 46–144.

71. Государственный стандарт на трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. ГОСТ 12586.0–83, ГОСТ 12586.1–81. – М.: Изд-во стандартов, 1984.

72. Гранковский И.Г. Структурообразование в минеральных вяжущих системах.- Киев: Наукова думка, 1984.- 300 с.

73. Гусенцова Я., Дрозд Г. Вентиляция систем водоотведения.– Луганск: Луганский нац. аграрный ун-т, 2004.– 135 с.

74. Гюрхнер, Бенцель. Канализация города: Пер. с нем. – М. – Л.: Госнаучтехиздат, 1931. – 172 с.

75. Дамєкін Г.О. Розробка технологічних рішень відновлення конструкцій тунельних колекторів: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Харків, 1997. – 19 с.

76. Данилов Д.Т. Эксплуатация канализационной сети. – М.: Стройиздат, 1977. – 127 с.

77. Деклараційний патент № 30165А. Кислотривка в'яжуча композиція / Бабушкін В.І., Корінько І.В., Пługін А.А. та ін.

78. Дмитриев В.Д. и др. Эксплуатация систем водоснабжения и газоснабжения. – Л.: Стройиздат, 1988. – 384 с.

79. Добряев А.А. Опыт ликвидации аварий на сетях водоотведения в г. Харькове// Наук. вісн. буд-ва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ.– 2004.– №26.– С. 89-94.

80. Донець О.В., Пługін А.А., Тітов Д.М., Бабушкін В.І. Новий спосіб контролю якості будівельних сумішей для систем керування їх приготуванням// Наук. вісн. будівництва.- ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2002. – Вип. 17. – С. 150-155.

81. Дрозд Г.Я. Повышение эксплуатационной долговечности и экологической безопасности канализационных сетей: Автореф. дис. докт. техн. наук. – Макеевка, 1998. – 36 с.

82. Дрозд Г.Я. Надежность канализационных коммуникаций –

актуальная технико-экономическая проблема // Подземное пространство мира. – 1994. – №5–6. – С. 18–23.

83. Дрозд Г.Я. Необхідність підвищення рівня надійності каналізаційних мереж України // Будівництво України. – 1997. – №1. – С. 10–13.

84. Дрозд Г.Я., Иванов Ф.М. Бетонные и железобетонные канализационные коллекторы // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 1988. – №2. – С. 8–10.

85. Дюженко М.Г., Водовозов Н.П., Мусін С.О. Нові засоби механічного проектування і застосування їх для масового виробництва армоторкретних пластин та ін. виробів. – Сб. праць Між нар. науч.-техн. конференції «Нові машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій, сучасні будівельні технології». – Полтава, 2001, с. 35-41.

86. Дьяков Ю.Ф., Ситническая Г.М., Эткин С.М. Пути повышения качества и средств службы городских подземных сооружений. – М.: ГОСИНТИ, 1977. – 32 с.

87. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 224 с.

88. Івков А.Г., Корінько І.В., Окатий О.В. Розроблення алгоритму системи управління періодичністю контролю складу виробничих стічних вод, що скидаються підприємствами до міської каналізації м. Харкова. – Екологія и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов.: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конференции. – Т.3. – Харьков, 2001. – С. 602–609.

89. Калицун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М.: Стройиздат. – 1988. – 250 с.

90. Каравайко Г.И., Жеребятьева Т.В. Бактериальная коррозия бетонов // Докл. АН СССР. – 1989. – Т. 306. – № 2. – С. 477–481.

91. Кірюшин В.Н. Розробка технології відновлення напірних

трубопроводів водовідведення з використанням профільованого поліетилену: Автореф.канд.дис.– Харків: ХДТУБА, 2003.– 18 с.

92. Кислый Н.И., Гончаренко Д.Ф., Добряев А.А. Организационно-технологические решения ремонта сетей на примере г. Киева// Наук. вісн. буд-ва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ.– 2006.– №35.– С. 87-91.

93. Клейн Е.Б. Опыт эксплуатации канализационной сети Харькова. – Промышленные и коммунальные канализационные системы: Сб. науч. трудов. – М., 1966. – С. 31–37.

94. Клейн Е.Б. Система водоотведения г. Харькова // Городское хозяйство Украины. – 1989. – №4. – С. 17–18.

95. Клейн Е.Б., Болотских Н.С. Создание эффективной технологии водопонижения при эксплуатации сетей канализации. – Экономия материальных и энергетических ресурсов в строительстве: Сб. науч. трудов ХИСИ. – Киев, 1989. – С. 86–95.

96. Клейн Е.Б., Выставной Г.М. По пути совершенства. Очерк развития Харьковской городской канализации. – Харьков, 1994. – 63 с.

97. Клейн Е.Б., Пономарев И.Г. Коллектор восстановлен без разрытия // Городское хозяйство Украины. – 1985. – №1. – С. 24.

98. Клейн Ю.Б. Водозниження під час ліквідації аварій на мережах каналізації. – Київ: НМК ВО, 1992. – 104 с.

99. Клейн Ю.Б. Підвищення ефективності ремонтно-відновлювальних робіт на каналізаційних мережах, розташованих в водонасичених ґрунтах. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Харків: ХДТУБА, 1997. – 14 с.

100. Коваленко А.В. Разработка решения по восстановлению канализационного тоннеля // Зб.наук. праць. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Харків. – 2001. – Вип.9. – С. 8–12.

101. Коваленко А.В. Разработка технологических решений,

повышающих эффективность работ при ликвидации аварий в канализационных коллекторах: Дисс. канд. техн. наук. – Харьков: ХГТУСА. – 2002. – 138 с.

102. Коваленко А.Н. Аварийно-восстановительные работы на водоотводящей сети // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – №41. – С. 22–24.

103. Коваленко А.Н., Коваленко А.В., Коринько И.В. Технологические решения, повышающие эффективность работ по ликвидации аварий на канализационных коллекторах // Коммунальное хозяйство городов. – 2000. – Вып. 23. – С. 3–6.

104. Койда Н.У., Федоров Н.Ф. Технико-экономический расчет канализационной сети с помощью ЭЦВМ. – Л.: Стройиздат, 1971. – 119 с.

105. Коринько И.В. Способ восстановления канализационных трубопроводов // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2002. – Вип.17. – С. 75–78.

106. Коринько И.В., Соловей Д.А. Анализ конструктивных и технологических решений восстановления отстойников очистных сооружений // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: Зб. наук. праць. КДТУБА – 2002. – Вип. 10. – С. 3–11.

107. Коринько И.В., Коваленко А.В. Обеспечение надежности эксплуатации канализационных тоннелей // Комунальне господарство міст. – 2001. – Вип. 27. – С. 21–25.

108. Коринько И.В., Коваленко А.В. Проведение ремонтно-восстановительных работ на сетях канализации бестраншейным методом с применением полиэтиленовых труб // Коммунальное хозяйство городов. – 2000. – Вып. 22. – С. 155–157.

109. Коринько И.В. Бестраншейные технологии при ремонте канализационных коллекторов в г. Харькове // ВСТ. – 2000. – № 12. – Ч. 2.

– С. 23–24.

110. Коринько И.В. Влияние сточных вод, транспортируемых канализационными коллекторами, на создание коррозионно-агрессивной среды в этих сооружениях // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – Вып. 11. – С. 88–92.

111. Коринько И.В. Ремонт смотровых шахт и коллекторов, построенных методом щитовой проходки – Сб. докл. III междунар. выставки-конференции «Вода и здоровье 2000»: Актуальные проблемы водоподготовки и водоснабжения, Одесса. – ОЦНТЭИ, 2000. – С. 119–120.

112. Коринько И.В. Биогенная коррозия конструктивных материалов канализационных коллекторов // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – Вып. 11. – С. 96–100.

113. Коринько И.В. Влияние сточных вод, транспортируемых канализационными коллекторами, на создание коррозионно-агрессивной среды в этих сооружениях // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – №11. – С. 88–92.

114. Коринько И.В. Водоотведение Харькова - состояние, проблемы и их решение. – Сб. докл. междунар. конгресса «ЭКВАТЕК-2002». Под ред. Л.И. Эльпинера. – М., 2002. – С. 394–395.

115. Коринько И.В. Научное обоснование и разработка организационно-технологических решений, повышающих эксплуатационную долговечность систем водоотведения. Дисс. на соискание уч. степени докт. техн. наук. - Харьков: ХГТУСА. - 2003. - 415 с.

116. Коринько И.В. Пути повышения эффективности и надежности систем водоотведения. – Сб. докл. Междунар. конгресса «ЭТЭВК-2001» – Ялта: Проспект, 2001. – С. 212–215.

117. Коринько И.В., Коваленко А.В. Обеспечение надежности эксплуатации канализационных тоннелей жилищно-коммунальных хозяйств городов. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – С. 21–25.

118. Коринько И.В., Коваленко А.В. Способ ликвидации обрушений канализационных тоннелей // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2001. – Вип. 15. – С. 49–52.

119. Коринько И.В., Коваленко А.В., Пухачев В.М. Выполнение работ по восстановлению канализационного коллектора в г. Харькове с использованием отечественного оборудования. – Сб. докладов Междунар. конгресса «ЭТЭВК – 2001». – Ялта, 2001. – 223–226.

120. Коринько И.В., Соловей Д.А. Восстановление гидроизоляционной способности бетона в сооружениях водоотведения // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2002. – Вип. 19. – С. 91–96.

121. Коринько И.В., Соловей Д.А. Исследование факторов, снижающих долговечность строительных конструкций очистных сооружений // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2001. – Вип. 15. – С. 118–125.

122. Коринько И.В., Федоров Г.Д., Савченко А.Г. и др. Разработка и изготовление бетонных труб канализационных коллекторов, футерованных керамическими плитками // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2001. – Вип. 13. – С. 188–193.

123. Коринько И.В., Юрченко В.А. Аэробный хемосинтез как фактор экологической безопасности водоподготовки, отведения и очистки сточных вод // Коммунальное хозяйство городов. – 2002. – Вып. 45. – С. 82–87.

124. Коринько КВ., Клейн Е.Б., Пилиграмм С.С. К вопросу повышения надежности канализационных сетей// Наук. вісн. будівництва ХДТУБА, ХОТВ АБУ. 1998. – №4 – С. 87–89.

125. Коринько І.В. Розробка технологічних і організаційних рішень ремонту та відновлення оглядових колодязів і шахтних стволів каналізаційних мереж: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Харків: ХДТУБА,

1998. – 13 с.

126. Круглицкий Н.Н., Гранковский И.Г., Вагнер Г.Р. и др. Физико-химическая механика тампонажных растворов.- Киев: Наукова думка, 1974.- 289.

127. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. – М.: Наука, 1989. – 286 с.

128. Лавренченко А.С. Элементы теории надежности: учеб. пособие. – М., 1966.– 20 с.

129. Лавров Н.Г., Марков Ю.Г. Планирование в условиях неопределенности // Экономика и математические методы. – 1975. – Т. XI – Вып.2. – С. 237–238.

130. Латорец Е.В., Яковлева Р.А., Юрченко В.А., Попов Ю.В., Данченко Ю.М. Экспериментальные исследования бактерицидных свойств наполненных эпоксиполмеров// Наук. вісн. буд. ХДТУБА, ХОТВ АБУ.– 2002.– №28.– С. 242-246.

131. Ли Л. Новое в ремонте трубопроводов // Строительство в США. – 1990. – №11. – С. 18.

132. Лолейт А.Ф. Экономические предпосылки для применения и современное воззрение на природу бетона и железобетона. – М., 1930.

133. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Канализация: Примеры и расчеты сети и насосных станций / Уч. пособие для вузов по специальности «Водоснабжение и канализация». – М.: Стройиздат, 1964. – 263 с.

134. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 448 с.

135. Максимовский Н.С. Канализационная сеть: Практика проектирования. – М.: Стройиздат, 1964. – 177 с.

136. Мареный Я.И. Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона. – М.: Транспорт, 1985. – 271 с.

137. Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхарда: В 3-х т. –

М.: Мир, 1982. – Т. 1. – 536 с.

138. Молчанов Ю.А. Повышение надежности подземного хозяйства города – важнейшая задача // Городское хозяйство Москвы. – 1965. – №10. – С. 9–13.

139. Надежность систем энергетики. Терминология. – М.: Наука, 1980. – 43 с.

140. Нормы и технические условия проектирования канализации населенных мест. НИТУ 141-56 – М.: Госстройиздат, 1957. – 111 с.

141. Огороков В.Р. Надежность производственных систем. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1972. – 167 с.

142. Ольгинский А.Г. Оценка и регулирование структуры зоны контакта цементного камня с минералами заполнителя: Дисс. докт. техн. наук: – 05.23.05 / ХАДИ: – Харьков, 1994. – 397 с.

143. Орлов В.А., Харькин В.А. Разработка стратегии восстановления городских водоотводящих сетей // РОСТ. – 2001. – №3. – С. 20–27.

144. Орлов В.А., Харькин В.А. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов. – М.: ТИМР. – 2000. – С. 179.

145. Оснастка для формування бетонних труб. Федоров Г.Д., Савченко О.Г., Крот О.Ю., Корінько І.В. / Деклараційний патент № 2001042768.

146. Перелік атестованих тимчасово допущених до використання методик визначення складу, властивостей та забруднюючих речовин проб природних та стічних вод. Узгоджено листом Держстандарту України від 12.05.1997 № 1864/5-3 до 31.12.2002. Введено на заміну Переліку № 2 «Методик визначення вмісту речовин-забруднювачів навколишнього природного середовища, які тимчасово (до 01.01.97 р.) допущені для використання в лабораторіях аналітичного контролю». – К., 1997. – 180 с.

147. Пилиграмм С.С., Зеленский Б.К, Коринько И.В. Екологічна безпека як фактор комунальної технології // Коммунальное хозяйство

городов. – 1998 – Вып. 15. – С. 3–8.

148. Пилиграмм С.С., Зеленский Б.К., Коринько И.В. Экономические аспекты внедрения полимеров в сооружениях водоотведения // Коммунальное хозяйство городов. – 2002. – Вып. 43. – С. 269–273.

149. Плугін А.М., Калінін О.А., Плугін Арт.М., Шумик Д.В., Плугін А.А.//Експериментальні дослідження проникної здатності тампонажних розчинів. Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: Зб.наук.праць- ХарДАЗТ, 2000. Вип. 37. С. 3-13.

150. Плугин А.Н., Коринько И.В., Плугин А.А., Донец А.В., Кирюшин В.Н. Цементация межтрубного зазора при ремонте коллекторов водоотведения методом вставок// Наук. вісн. будівництва ХДТУБА ХОТВ АБУ. 2002. – №19. – С. 35-41.

151. Плугин А.Н., Плугин А.А., Калинин С.В. Проницаемость гидроизоляционных составов при нагнетании в трещины скальных пород// Наук. вісн. будівництва ХДТУБА ХОТВ АБУ. 1999. Вип.5. – С. 31-37.

152. Правила обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель і споруд. – Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України; Держнагляд охорони праці України, 1997. – 145 с.

153. Про забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель споруд та інженерних мереж. Постанова Кабінету Міністрів України № 409 від 5 травня 1997р.

154. Проблема реконструкции старых канализационных коллекторов в Нью-Йорке // Гражданское строительство. – 1978. – № 2. – С. 12–13.

155. Програма ремонту, реконструкції та розвитку каналізаційного господарства м. Києва на період 2000-2005р.р. – Київ: ВАТ «Київпроект», 1990. – 32 с.

156. Продоус О.А. Совершенствование методов использования

бестраншейных технологий для ремонта городских канализационных сетей: Автореф. дисс. докт. техн. наук. – М.: МАИ, 1999. – 41 с.

157. Пупырев Е.И. Перспективы модернизации систем водоснабжения и водоотведения в России. – Сб. материалов конгресса «АКВАТЭК-2002». – М., 2002. – С. 339–340.

158. Райзер В.Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1995.

159. Рожанская А.М. Микробная коррозия железобетонных строительных конструкций: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Киев: Ин-т микробиологии и вирусологии АН УССР, 1990. – 16 с.

160. Ромейко В. Еще раз о трубопроводах жилищно-коммунального комплекса России // Трубопроводы и экология. – 2002. – №1, С. 2–6.

161. Ромейко В.С. Состояние трубопроводов России.- «Подземный Чернобыль»// Сб.докл. V Междунар. конгресса «ЭКВАТЭК-2002».- Москва. 2002. С. 776-779.

162. Санков Г.А., Коринько И.В., Коваленко А.Н. и др. Восстановление канализационных железобетонных трубопроводов, разрушенных газовой коррозией // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – Вып. 7. – С. 121–125.

163. Семенов П., Оганесов Г., Дорман. И. Сейсмостойкие конструкции перегонных тоннелей // Метрострой. – 1976. – №5. – С. 13–14.

164. Семчук Г.М. Про хід виконання постанови Кабінету Міністрів України від 17.11.97 №1268 «Про Програму розвитку водопровідно-каналізаційного господарства». – Тези доп. наук.-практ. семінару «Бестраншейні технології відновлення водопровідно-каналізаційних мереж». – Суми, 1999. – С. 1–8.

165. Семчук Г.М. Стан та проблеми нормативно-правового забезпечення діяльності підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України. – Зб. доп. Міжнар. конгресу «ЕТЕВК–2001». – Ялта,

2001. – С. 5–9.

166. Сидоров В.Н. Оценка риска при проектировании строительных конструкций. – Междунар. симпозиум «Исследования и строительство в экстремальных условиях»: Тез. докл. – М., 1996.

167. Сидоров В.Н. Оценка риска при строительстве и эксплуатации транспортных сооружений // Транспортное строительство. – 1998. – №4. – С. 23–25.

168. Сидоров В.Н., Курбатов А.С., Еремеев П.Г. и др. Научные основы нормирования риска при проектировании строительных конструкций. – М.- Стройиздат, 1995.- 236 с.

169. Складнев Н.Н. Вопросы практического применения теории оптимизации и прикладной теории надежности железобетонных конструкций. – Всес. конференция по бетону и железобетону: Тез. докл. – М., 1983.

170. Смирнов Н.Н. Современное состояние и тенденции развития строительства тоннелей коммунального назначения: Обзор. – М.: ВНИИНТПИ, 1990. – 95 с.

171. СНиП 2.02.01–83 «Основания зданий и сооружений». М.: 1985.

172. СНиП 2.03.01–84* «Бетонные и железобетонные коррозии». М.: Госстройиздат, 1986.

173. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

174. Спосіб визначення ступеня агресивності експлуатаційного середовища по відношенню до споруд із бетону, які зазнають впливу біогенної сірчаноокислої агресії. Корінько І.В., Юрченко В.О., Бабушкін В.І., Клейн Ю.Б., Піліграм С.С., Зеленський Б.К., Коваленко О.М. / Рішення про видачу деклараційного патенту на винахід № 46384 від 13.08.2002.

175. Справочник инженера-проектировщика. Водопровод и

канализация. Т VI. – М.–Л.: Госстройиздат, 1933. – 480 с.

176. Станченко И.А. и др. Справочник по осушению горных пород. – М.: Недра, 1984. – 575 с.

177. Тимашев С.А. Надежность больших механических систем. – М., Техника, 1982.- 325 с.

178. Федоров Н.Ф. и др. Новая программа расчета бытовой канализационной сети. – Л.: ЛИСИ, 1970. – С. 83–84.

179. Федоров Н.Ф., Аксельрод А.С. Городские подземные сети и коллекторы: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1972. – 303 с.

180. Филатов Л.Г., Юнаш Р.И., Кузьмин Л.Н. Изучение процесса кристаллизации расплавов и стекол на основе доменного шлака// Проблемы каменного литья.– 1968.– Вып. 2. с. 52-56.

181. Фомин К.Л. Бестраншейные технологии ремонта трубопроводов, применяемые датской компанией PER AARSLEFF A/S. – Сб. материалов конгресса «АКВАТЭК-2002». – М., 2002. – С. 765.

182. Хан Б.Х. Развитие научных исследований в области петрургии// Проблемы каменного литья.– 1968.– Вып. 2.– С. 196-197.

183. Хог Э., Чой К., Комков В. Анализ чувствительности при проектировании конструкций. – М., 1988.

184. Храменков Г.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей. – М.: ТИМР. – 2000. – 177 с.

185. Храменков С.В. и др. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов // ВСТ. – 1998. – № 3. – С. 6–9.

186. Храменков С.В. и др. Оценка надежности трубопроводов системы водоснабжения Москвы. Проблемы, перспективы. – М. – 1998. – № 7.

187. Храменков С.В., Примин О.Г. Стратегия восстановления городской водопроводной сети // ВСТ. – 1999. – № 9. – С. 17–20.

188. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей. – М.: ТИМР, 2000. – 179 с.

189. Храменков С.В., Шведов В.Н., Косыгин А.Б. Ремонтные телероботы и бестраншейный ремонт подземных трубопроводов // ВСТ. – 1999. – №5. – С. 30.

190. Храпов В.Г., Демешко Е.А., Наумов С.Н. и др. Тоннели и метрополитены. – М.: Транспорт, 1989. – 383 с.

191. Черкес Д.С. Канализация г. Харькова и ее очистные сооружения. – Харьков: 4-я Гостипография, 1922. – 29 с.

192. Черкес Д.С. Краткий справочник проектировщика канализации. – Харьков–Киев: ОНТИ НКГП ГосНТИ Украины, 1937. – 425 с.

193. Черкес Д.С., Малишевский Н.Г. Пояснительная записка к проекту канализации г. Харькова. – Харьков, 1908.

194. Читошвили Т.Г., Гуджеджиани Э.Н. Тионовые бактерии как фактор коррозии бетонных сооружений, омываемых сероводородными минерализованными водами: Биоповреждения в строительстве / Под ред. Ф.Ш.Иванова, С.Н. Горшина. - М.: Стройиздат, 1984. – С. 193–203.

195. Чернявский В.Л., Гиль Ю.Б., Макаренко О.В. Влияние структуры бетона на экологическую безопасность и долговечность конструкций строительных объектов// Материалы II науч.-практ. семинара.– Ровно, 2002.– С. 132–138.

196. Чернявский В.Л., Булгаков А.В., Гуркаленко Б.А. Обеспечение долговечности конструкции при ремонте с учетом резерва первичной защиты бетона// Тр. Междунар. семинара «Теория и практика строительства и строительных материалов». Вып. 1.– Суммы, 1994.– С. 79–80.

197. Чернявский В.Л., Гуркаленко Б.А. К вопросу нормирования агрессивности среды по отношению к бетону// Технология строительства

сельскохозяйственных зданий и сооружений из местных материалов.– Новосибирск, 1997.– С. 8–11.

198. Шифрин С.М. Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. – Л.: Стройиздат, 1976. – 342 с.

199. Шматченко В.И., Коринько И.В., Пилиграмм С.С., Добряев А.А. Опыт ремонтно-восстановительных работ на сети водоотведения открытым способом// Наук. вісн. буд-ва.– 2004.– №27.– С. 163–166.

200. Шматченко В.І., Шмуклер В.С., Гончаренко Д.Ф., Добряєв О.А. Технологія відновлення трубопроводу водовідведення відкритим способом в м. Харкові// Будівництво України.– 2006.– №5.– С. 15 – 19.

201. Шмуклер В.С., Шмуклер И.В. Патенты Украины №4638, 10955. Патенты России №2000398, 2052592.

202. Шутенко Л.Н., Пустовойтов В.П. Прогрессивные материалы и конструкции в городском строительстве и хозяйстве.– Харьков: ХГАГХ, 1999.– 125 с.

203. Юрченко В.А., Бабушкин В.И., Коринько И.В. Роль микробиологического фактора в эксплуатационной надежности бетонных сооружений водоотведения // Наук. вісн. будівництва. ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2002. – Вип. 19. – С. 248–253.

204. Ягодин В.В., Ягодин В.П. Глубинный межбьефный переход. А.с № 1086057 SU, Е 02 В 8\04; заявл. 15.10.82. Оpubл. 15.04.84. Бюл. №14.

205. Ягодин В.В., Ягодин В.П. Затвор для перекрытия входного отерстия глубинного водовода. А.с № 1161636 СССР А SU, Е 02 В 8\04; заявл. 24.11.83. Оpubл. 15.06.85. Бюл. №22.

206. Яковлев С.В. и др. Канализация. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.

207. Яковлева Р.А., Назарова Р.А., Данченко Ю.М., Латорец Е.В., Юрченко В.А. Потенциометрическое определение ионов водорода и количественная оценка жизнедеятельности тионовых бактерий в эпокси-

амидоаминных композициях// Наук. вісн. буд. ХДТУБА, ХОТВ АБУ.– 2003.– №22. С. 226–230.

208. Alsdorf R. Kanalreinigung und Wasserrückgewinnung: Magazin Entsorgungswirtschaft. – 1986. – H.4. – S. 22–23.

209. ATV – A 133: Erfassung, Bewertung und Fortschreibung des Vermögens Kommunaler Entwässerungseinrichtungen (08.81).

210. ATV-M 143 Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Entwässerungskanälen und –leitungen. Teil 2: Optische Inspektion (06.91).

211. ATV-M 143: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und –leitungen. Teil 1: Grundlagen (12.1989).

212. ATV-M 149 (Entwurf): Zustandsklassifizierung und –bewertung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden (01.98).

213. Baig N., Grenning E.M. The Use of Bacteria to reduce Clogging of Sewer Lines by Grease in Municipal Sewage. Biological control of Water Pollution. – 1976.

214. Baur Rolf, Kerk Andren. Erneuerungs bedarfsprognosen für alternde Kanalisations systeme // KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, – 2000. – №2. – S. 203–206.

215. Bericht der Arbeitsgruppe ”Zustandsklassifizierung und –bewertung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden: Beschreibung des überarbeiteten Kürzelsystem nach ATV-M 143 Teil 2 für die Feststellung und Beurteilung des Istzustandes von Abwasserkanälen und –leitungen außerhalb von Gebäuden”. Korrespondenz Abwasser (KA) 45 (1998), H.2.

216. Bergmann G. Neue Schachtrohrfertignug// BFT.– 2000.–№5.– S. 58-61.

217. Berger Christian, Lohaus Johaness, Wittner Andreas, Schäfes Ruth. Zustand der Kanalisation in Deutschland// KA-Wasserwirtschaft, Abwasser.– 2002 (49).– №3.– S. 302 – 311.

218. Bennerscheidt Christoph. Sanierung von Schachtabdeckungen//

Wasser, Abwasser.– 2003.– №3.– S. 209-210.

219. Brümmer Günter Schachtsysteme – sind heutige Konstruktionen noch zeitgemäß// Wasser, Abwasser.– 2004.– №6.– S. 34-38.

220. Boegly W.I., Griffith W.L. Utility tunnels enhance urban renewal areas. – The American City, 1969. – H.2.

221. Bonfig, K.W.: Technische Durchflußmessung unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Durchflußmeßverfahren. 2. Auflage, S. 231. – Essen: Vulkan-Verlag, 1987.

222. Campbell, G., Rogers, K., Gilbert, J.: PIRAT – A system for quantitative sewer assessment. Documentation, International NO DIG '95. – Dresden, 1995.

223. Gravitz Sanitary Sewerage Design and Construction. Use of manuals and reports on Engineering. Practice No. 60 WPSF manual of Practice No. FD–5 New York. 1982.– 229 p.

224. Collins, H. J.: Einige Ergebnisse der Vermessung von Längsschnitten verlegter Dränrohre // Wasser und Boden 35 (1983). – H. 8. – S.358–361.

225. Cremer Sabine, Dettmar Joachim. Entwicklungen in der Kanalisationstechnik // KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall. – 2000. – №1. – S. 16–22.

226. Der Sonomolch - Ultraschalltechnik zur Detektion und Lokalisation von Schäden in Abwasserkanälen // Finneninformation IBMT Fraunhofer-Institut, St. Inigbert.

227. Dietrich Stein. Instandhaltung von Kanalisation / 3 Aufl. – Berlin: Ernst, 1998. – 941 p.

228. Dilg Rainer. Qualitätssicherung und Langzeiterfahrungen mit dem Schlauch relining Insituform // UTA 1998. – №5. – S. 359–363.

229. DIN EN 752-1 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäude: Teil 1. Allgemeines und Definitionen (01.1996).

230. DIN EN 752-5 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäude: Teil

5. Sanierung (10.1995).

231. DIN EN 752-5 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäude: Teil

5. Sanierung (11.1997).

232. Douthik, K. G., Trummert, O.: Luft als Prüfmedium für Rohrstränge.
AC Underground Tiefbau Canalisation (1983), H.16, S. 16-18.

233. Dunbur, W.Ph.: Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage.
München: Verlag R. Oldenbourg, 1907.

234. DIN 19549. Schächte für erdverlebte Abwasserkanäle und
Leitungen; Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (02.89).

235. Doris Longe, Jörn Reinhardt Betriebliche Probleme und Lösungs-
ansätze bei Geruch und Korrosion in Abwassersystemen// Wasserwirtschaft,
Abwasser.– 2002.– №3.– S. 323-328.

236. Gregor A.I. Field investigation of sewer corrosion.– Corrosion of
Concrete Sewers, 1958.

237. Gross Werner. Sanierung von Kanalschächten mit Polyurethan//
Wasser, Abwasser.– 2000.– №2.– S. 34-36.

238. Jay B., Schrock. Existing Sewer Evaluation and Rehabilitation//
Water Environment Federation. ASCE, 1994.– 262 p.

239. Ellerhorst Stephan, Schröder Markus. Wirtschaftlichkeit von
Maßnahmen zur Schadensbehebung im öffentlichen Kanalnetz // KA –
Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall. – 2000. – №5. – S. 674–680.

240. Ergänzungen zum ATV-M 143 Teil 2: Inspektion, Instandhaltung,
Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen, Teil 2:
Optische Inspektion. Korrespondenz Abwasser (KA) 41 (1994), H. 6, S. 983.

241. Firmen information JT elektronik GmbH, Landau.

242. Firmen information, Firma DMT – Institut für Lagerstätten, Essen,
1997/98.

243. Fischer H. Korrosionen in Abwasserleitungen – insbesondere in
Weinbrandgemeinden – Möglichkeiten der Sanierung. Technische Akademie

Südwest Seminar 05.11.1982.

244. G. Keller: Ein neues Verfahren zur Inspektion von Entwässerungskanälen und -leitungen mittels opto-hydraulischer Zustandserfassung. Korrespondenz Abwasser (KA) 38 (1991), H. 11. S. 1476-1483.

245. Goncharenko D.F., Voblich V.A., Kichaeva O.V. Strength deterioration and renewal of reinforced concrete piping. World journal of Engineering; Sun Light Publishing Canada. 2005. vol 2. №4 p. 25-33.

246. Gürsehner Benzel. Der Schachtloche Tiefbau, III. Teil Stadtentwässerung, H: Auflage, Verlag von B.G. Tenbues in Leipzig und Berlin. – 1921. – 155s.

247. Harding P. The options for sewer renewal // Civil Engineering. – 1980. – №6.

248. Herz R. und Trujillo Alvarez 1994d: Lebenserwartung und Erneuerungsraten von Graugußrohren im Wasserrohrnetz der Technischen Werke der Stadt Stuttgart AG. Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung der Universität Karlsruhe (unveröffentlicht), 45 S.

249. Hlozek Herbert, Smetaczek Alois. Rationeller Kanalbau für Profilkänäle mit der Pneumosehabing // Korrespondenz Abwasser. – 1998. – №6. – S. 1107–1109.

250. Hochstrate Klaus, Schönborn Fred. Finanzierung und Werterhaltung von Kanälen – Selektive Kanalinspektionsstrategien // UTA. – 1996. – №3. – S. 249–251.

251. Hormann K., Hormann F.-J., Schmidt M. Stability of concrete against biogenic sulphuric acid corrosion - a new method for determination. // Proceedings of the 10th International Congress on the chemistry of cement. Gothenburg, Sweden, June 2–6, 1997. – V. 4 – 4iv038.

252. Hösel, G. Unser Abfall aller Zeiten, eine Kulturgeschichte der Städtereinigung. – München: Jehie Verlag, 1987.

253. Horstmann J., Pfannenschmidt P. Geokunststoffe im

Rohrleitungsbau// Erd und Grundbau, 2002.– S. 29–33.

254. Illi, M.: Von der Schachtgruob zur modernen Stadtentwässerung. – Verlag Neue Züricher Zeitung, 1987.

255. Imhoff, K.R.: Die Entwicklung der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes seit 1868. GWF 1979, 120. Jahrgang, S. 563.

256. Ing Sala S.A. Societa del Gres // Via G. Narconi, 1 24010 Petosino (BG) Italia.

257. Inspection stems Seattle's sewer slump. – Underground. – 1986. H.1. – S. 26–27.

258. Inspector Handbook for Sewer Collection System Rehabilitation. The National Association of sewer Services Companies (NASSCO). – Winter Park, Florida, USA 85.

259. Inspector Handbook for Sewer Collection System Rehabilitation. The National Association of Sewer Services Companies (NASSCO). – Fifth Edition. Altamonte (USA), 1989. – 230 s.

260. ISYBAU Zustandsklassifizierung und –bewertung (01.96).

261. Journal Pollution Control Federation. – 1970. – № 9.

262. Klauss R. Imhoff Geschichte der Abwasserentsorgung // Korrespondenz Abwasser. – 1998. – №1. – S. 32–38.

263. Klingmüller, O., Schmidt, R.: Entwicklung akustischer Meßverfahren zur Detektion des Kanalzustandes. – Documentation, 4. Internationaler Kongress Leitungsbau. – Hamburg, 1994.

264. Knorr, M.: Die Salubrität vor 100 Jahren und Einfluß auf die Wasserhygiene. – GWF, 1958. – S. 681.

265. Kuhne, V., Dellen, R., Dohrmann, B.: Die Bauwerksprüfung als Grundlage der Bauwerkserhaltung bei Stahlbetonkonstruktionen. – Bauwirtschaft (1985). – H. 45. – S. 1659–1662.

266. Kuliezkowski A. Metodyka projektowania optymalnego wariantu kolektora odciażującego układ kalisacyin // Gas, woda; technica sanitarna. –

1980. – № 9–10.

267. Keinnow, Kenneth K. And Pomeroy, Richard D., Corrosion Resistant Design of Sanitary Sewer Pipe. Presented at Session No. 48, ASCE Convention. Chicago Illinois, October, 1978.– 211 p.

268. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Richtlinien zur Durchführung von Kosten Vergleichsrechnungen. Ausgearbeitet von LAWA – Arbeitskreis Nutzen – Kosten – Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, 1993.

269. Lenz I., Wielenberg M., Grüß D. Reinigung von Abwasserkanälen durch Hochdruckspülung. – Essen: Vulkan Verlag, 1996.

270. Maronne, G., Thepot, O.: Présentation d'un outil d'auscultation in-situ des conduits visitables enterrés - précédé MAC. – Tunnels et ouvrages Souterrains, 1996. – H. 135.

271. Mattyvs Einsparmöglichkeit und Energiekosten für Wasserförderung durch Einsatz Würzbehälters // GWF–Wasser / Abwasser. – 1981. – 122 s.

272. Milaczewicz W., Romsn H. Problem optimalisacji transportu scieaow I rozstan oczyszczalni soiek wow w liniowych ukladach urbanistycznych // Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. – 1976. – № 50

273. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW: Entwurf eines Leistungsverzeichnisses für die optische Inspektion zum Pilotprojekt "Erfassung des Kanalzustandes und Sanierung". – Düsseldorf, 1990.

274. Möllers K. Entwicklung eines Grundmodells zur Zustandsbewertung. – IfK – Ingenieurbüro für Kanalstandhaltung, Bochum.

275. Möllers K. Sanierungs-Prioritäten setzen mit KAPRI. – IfK Report, Ingenieurbüro Kanalstandhaltung, Bochum.

276. Müller GmbH+Co. KG: Abwasserkanalerhaltung ein Beitrag zum Umweltschutz unserer Zeit. – Tiefbau BG, 1984. – S. 523–525.

277. Müller-Winterstein, R., Hotz, R.: Was sollen, was können Modelle zur Zustandserfassung und –bewertung von Kanalenetzen leisten? //

Korrespondenz Abwasser (KA). – 43 (1996). – H.1. – S. 24–40.

278. Natutoshi Nata, Jun-ichi Masuda, Toshio Takatsuka. Deep Ground-Penetrating Radar Technology for Surveying Buried Objects. International NO DIG '97, Proceedings. – Taipei, Taiwan, 1997.

279. Neck Ulrich. Leistungsfähigkeit von Beton in Bauwerken zur Abwasserentsorgung // Beton. – 1997. – №7. – S. 400–405.

280. NEN 3399: Abflußsysteme außerhalb von Gebäuden – Niederländisches Klassifizierungssystem für die Sichtprüfung von Kanalisationsanlagen (09.94).

281. Niederste Hollenberg, Otterpohl Ralf. Innovative Entwässerungskonzepte // WWT AWT. – 2000. – №2. – S. 23–26.

282. Okun A. Daniel, Ponghis George. Community Wastewater collection and disposal. World health organization. – Geneva, 1975.

283. Operation and Maintenance of Wasterwater Collection Systems. Manual of Practice №7. – Washington: Water Pollution Goutrol Federation, 1985.

284. Plugin A.N., Prokorova I. G., Wild S. Plugin A.A. The Mechanism of water and Ionic permeability of Cocrete/Proc. Of the 10th International Congress of the Chemistry of Cement, Gothenburg, Sweden, June 2-6, 1997 – Goteborg: Inform Trycket AB, 1997. V.

285. Pomeroy R.D. and J.D. Parkhurst. The Forecasting of Sulphide Buildup Rates in Sewers. Progress in Water Technology. vol 9. Pergamon Press, New York, 1977.– 69 p.

286. Pomeroy, Richard D., Process Design Manual for Sulphide Control in Sanitary. Sewess, Environmental Protection Agency, October, 1974.

287. Product catalogue// KWH PIPE (Poland) 01–918 Wasaw ul. Nocznickiego 33.

288. Riehle, R., Karle, H. P. Praktische Erfahrungen mit der Kohärenz- / Korrelationsmethode bei der Leckortung auf Rohrleitungen. – Dokumentation 1.

Internationaler Kongreß Leitungsbau. – Hamburg, 1987. – Teil I. – S. I/201–I/208.

289. Rüsch, W. Untersuchungen von Entwässerungskanälen mit der elektronisch gesteuerten Fernsehkamera // Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau (TIS). – 28 (1986). – H. 2. – S. 63–66.

290. Rybicki, R. Bauschäden an Tragwerken. Teil 2 // Beton und Stahlbetonbauten. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 1979.

291. Sand W. Importance of Hydrogen Sulfide, Thiosulfate and Methylmercaptan for growth of Thiobacilli during simulation of concrete corrosion // Appl. Environ. Microbial. – 1987. – V. 53. – P. 1645-1648.

292. Sawatzki J. Verfahrensmodell zur Klassifizierung von Entwässerungskanälen // Korrespondenz Abwasser (KA). – 38 (1991). – H.12. – S. 1632–1639.

293. Schwing Objekt Bericht 13 / Baumaschinen – Fabriken, 1980. – 4 p.

294. Sieber H.-U. Inkrustation und Seclimentation in Staumaner Entwässerungs Clitterungen und Verfahren zur Regenerierung der Entwässerungs-systeme // Wasserwirtschaft und Wassertechnik (WWT). – 1981. – H.6. – S. 211–214.

295. Smolia O. Analysis of economic sewage list station design // Water and Sewage Works. – 1977. – S. 24–28.

296. Sanierung eines Pumpeschachtes mit Polyurethan// Wasser, Abwasser.– 2004.– №7-8.– S. 526-527.

297. Steenbock, R.: Abschreibungssätze der Abwasserbeseitigung // Steinzeug Kurier. – 1984. – № 3.

298. Stein D. Instandhaltung von Kanalisation. – Ernst, 1998. – 941 S.

299. Stein D., Niederehe W. Instandhaltung von Kanalisationen. – Kanal Müller Gruppe, 1987. – 356 S.

300. Stein D., Bosseler Bert H. Beurteilung von Verformungsmessungen an Abwasserkanälen aus biegeweichen Rohren // Korrespondenz Abwasser. –

1998. – №7. – S. 1266–1288.

301. Stein, D., Maaß, H. U., Brune, P.: Meß- und Steuertechnik beim unterirdischen Rohrvortrieb. Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau (TIS). – 28 (1986). – H. 2. – S. 67–77.

302. Steven R., Kramer, P.E. The Invisible infrastructure // Civil Engineering. – 1998. – №2. – S. 48–55.

303. Strell, M. Die Abwassertrage in ihrer geschichtlichen Entwicklung bis zur Gegenwart. – Leipzig: Verlag F. Leineweber, 1913.

304. Tarres I.P., Boncher I.P. Oxygenation de l'effluent de la Station de relevage, du phohible Marseille. – La technigue de lean, 1977. – 10 S.

305. Tchobanoglous G. Wastewater Engineering: Collection and pumping of wasterwater. – New York: Metcalf & Eddy, Inc. Mc Graw – Hill Book Company, 1989.

306. Veltrup E.M. Wirtschaftliches Reinigen von Rohren mit der Hochdruckwassertechnik // Maschinenmarkt. – 89 (1983). – H.70. – S. 1593–1595.

307. Verner Striegler Tunnelbau. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1993. – 343 S.

308. Wagner Volker. Kanalsanierung: Standsicherheit von Linern // KA – Wasserwirtschaft, Abwasser. – 2000. – №2. – S. 209–212.

309. Walski Th. M. Selection an economical Water Main Rehab // Civil Engineering / ASCE 54. – 1984. – H.9. – S. 68–70.

310. Walter Reinhart Umweltauswirkung defekter Abwasserkanäle. – UTA. – 1996. – №2. – S.118–121.

311. Weil, G. J.: Remote Infrared Thermal Sensing of Sewer Voids, Four Year Update. Proceedings No-Dig 88. – Washington, 1988.

312. Winkler U. Druckrohrleitung in Buxtehunde nach Hamburg.– Wasserwirtschaft, 2003.– S. 44–46.