Общие сведения о дисциплине

Курс (дисциплина) «Реконструкция систем и сетей водоснабжения и водоотведения» освещает вопросы, связанные с реконструкцией систем водоснабжения и водоотведения, включая сооружения и трубопроводные сети. Она является комплексной дисциплиной, решающей инженерные задачи, связанные с проектированием, строительством и ремонтом систем и сооружений различного назначения.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, получаемых студентами при прохождении общетехнических и специальных дисциплин, в частности: гидрологии, гидрогеологии, гидротехники, математики, гидравлики, насосов и насосных станций, химии воды, гидробиологии, микробиологии, технологии строительного производства и других.

Дисциплина включает несколько разделов, где комплексно рассматриваются базовые вопросы, связанные с состоянием водных ресурсов, используемых в системах водоснабжения и водоотведения, реконструкцией водозаборных и очистных сооружений, водопроводных и канализационных сетей и сооружений на них. В основе решаемых задач лежат конкретные предложения по совершенствованию работы систем и отдельных сооружений, полученные из опыта строительства, эксплуатации и ремонта систем водоснабжения и водоотведения в городах и на промышленных объектах.

В материалах курса наряду с традиционными базовыми вопросами совершенствования работы систем и сооружений водоснабжения и водоотведения путём их реконструкции и модернизации отражены последние достижения в области бестраншейного ремонта, где проанализированы достижения ряда фирм, предприятий и организаций, вносящих вклад в развитие и интенсификацию работы систем и сооружений водоснабжения. Вопросы эффективной работы, модернизации и реконструкции трубопроводного транспорта сопровождаются представлением современной трубопроводной арматуры, обеспечивающей длительную и безаварийную эксплуатацию инженерных трубопроводных коммуникаций.

Актуальность изучения вопросов, отраженных в дисциплине «Реконструкция систем и сетей водоснабжения и водоотведения» подтверждается развитием научно-технического обеспечения по реализации положений принятого в декабре 2011 года Федерального Закона РФ «О водоснабжении и водоотведении» (№ 416-ФЗ). В частности, в п. 4.5 «Предложения по строительству, реконструкции и модернизации линейных объектов централизованных систем водоснабжения» отмечается необходимость включения в проекты совершенствования схем водоснабжения сведений о реконструируемых участках сети, подлежащих замене в связи с исчерпанием эксплуатационного ресурса, а также необходимость решения задачи замены всех стальных трубопроводов без наружной и внутренней изоляции на трубопроводы из некорродирующих материалов, либо их санации в тех случаях, где такая замена возможна в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Раздел 1. Реконструкция систем и сетей водоснабжения

Тема 1.1 Реконструкция наружных водопроводных сетей и сооружений на них

Для понимания основ реконструкции систем водоснабжения необходимо, прежде всего, разобрать основные принципы в области проектирования, строительства и реконструкции систем и сооружений водоснабжения

Проектирование объектов систем водоснабжения является важнейшим этапом инженерной деятельности. Проектирование предшествует другим этапам, в частности строительству и реконструкции объектов, их эксплуатации. От результатов проектных разработок зависят: сметная стоимость строительства, прогрессивность принимаемых инженерных решений, в том числе в плане дизайна, повышение степени экологичности объектов проектирования и т.д.

Качество проектных работ во многом определяет последующую работоспособность и долговечность систем и сооружений. Если например, запроектирована напорная водопроводная сеть из низколегированной стали без изоляции внутренней и наружной стенок, или водоотводящая самотечная сеть с малыми уклонами, не обеспечивающими самоочищающих скоростей, то это, безусловно, отразится на водопроводной сети в виде скорого выхода ее из строя по причине коррозии и трудностях эксплуатации водоотводящей сети, которая будет часто забиваться, что потребует регулярных прочисток с вызовом аварийных служб, а это сопровождается значительными денежными и материальными затратами.

Следует различать проекты нового строительства и проекты реконструкции и модернизации ранее запроектированных объектов. Подход к решению этих проектов имеет некоторые специфические особенности, на которых остановимся подробнее.

Рассмотрим общую последовательность проектирования новых систем и сооружений водоснабжения и водоотведения, которая позволила бы качественно осуществить проектные разработки.

Перед составление проекта системы водоснабжения или водоотведения и в период его составления производятся полевые изыскания на месте будущего строительства, а именно:

-инженерно-геодезические,

-геологические,

-гидрогеологические,

-гидрологические.

Кроме того, во многих случаях требуются санитарные изыскания. Составлению проекта предшествует также сбор данных экономического, экологического и дендрологического характера.

Инженерно-геодезические изыскания - это комплекс геодезических и топографических работ, по окончании которых подготавливаются

рекомендации по учету особенностей инженерно-геологических и геофизических условий при строительстве, что позволяет обеспечить уже на стадии проектирования принятие технически правильных и экономически целесообразных решений.

В свою очередь топографические изыскания для строительства необходимы для того, чтобы получить топографо-геодезические материалы и данные о ситуации и рельефе местности, имеющихся зданиях и сооружениях или других элементах планировки. Материалы требуются для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства и обоснования проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов.

Данные, полученные при помощи инженерно-геодезических изысканий, необходимы для создания и ведения государственных кадастров, выполнения операций с недвижимостью, осуществления управления территорией.

В состав общих инженерно-геодезических изысканий для строительства входят:

-сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет, топографо-геодезических и других материалов и данных;

-рекогносцировочное обследование территории;

-создание планово-высотных съемочных геодезических сетей;

-топографическая съемка;

-обновление топографических (инженерно-топографических) планов в графической, цифровой и иных формах;

-геодезические работы, связанные с переносом в натуру и привязкой горных выработок, геофизических и других точек инженерных изысканий;

-камеральная обработка материалов;

-составление технического отчета.

Топографическая съемка должна производиться заново, если:

-общие изменения ситуации и рельефа составляют более 35%;

-топографические планы с датой составления более 2-х лет.

В результате выполненных геодезических работ формируется технический отчет, содержащий:

-схемы планово-высотных геодезических сетей,

-материалы полевых измерений, уравнивания и оценки точности,

-каталоги координат и высот в требуемых системах.

При топографических изысканиях перед производством работ по проектированию объектов водоснабжения или водоотведения проводят топографическую съемку участков их будущего расположения, к которым могут быть отнесены:

-очистные сооружения,

-насосные станции,

-водозаборные сооружения,

-сооружения для выпуска очищенных сточных вод и т.д.),

-водоводы систем водоснабжения и коллектора систем водоотведения;

Полученные в результате изысканий схемы планово-высотных геодезических сетей должны быть с нанесенными надземными и подземными сооружениями, например, железными и автомобильными дорогами, туннелями, теплофикационными каналами, электрическими кабелями и т.д., влияющими:

-на трассировку водопроводных или водоотводящих сетей,

-на расположение площадки очистных сооружений.

Геологические изыскания являются необходимой основой для любого строительства, разработки документации и планирования всего дальнейшего процесса, начиная с выбора строительной площадки и заканчивая глубиной и типом закладываемого фундамента.

Основу геологических изысканий составляют полевые исследования грунтов.

Полевые методы позволяют получить геологический разрез, точно определить деформационные и прочностные характеристики грунтов, осуществить анализ интенсивности развития на всей территории линейного строительства опасных геологических процессов.

Одним из наиболее востребованных методов полевого исследования на данный момент является статическое зондирование (шурфование). Именно статическое зондирование позволяет получить необходимые инженерно-геологические данные для дальнейшего проектирования и строительства фундаментов зданий, включая обоснование глубины заложения фундамента, выбора несущего слоя грунта и другие геологические особенности строительной площадки.

Статическое зондирование сочетают с лабораторным исследованием грунтов. Лабораторные исследования грунта необходимо проводить, чтобы определить:

-физические свойства грунтов;

-химические свойства грунтов, в том числе степень коррозионной активности грунта по отношению к строительным материалам;

-механические свойства грунтов;

-уровень грунтовых вод.

Для качественного проведения лабораторных исследований необходимо соблюдать особый порядок и условия транспортировки образцов в лабораторию, четко следовать инструкциям, методическим указаниями и ГОСТ при проведении исследований. Все лабораторные исследования грунтов должны производиться в строгом соответствии с действующей нормативной документацией, регламентирующей порядок отбора, транспортировки и проведения исследования образцов грунтов.

Бурение может производиться вручную, а также с использованием машин (установки УРБ-2А2, ПБУ-2 и пр.), переносных станков. В итоге выдается техническое заключение по проведенным работам, полученное на основе камеральной обработки результатов лабораторных и полевых

работ. Технический отчет о проделанной работе включает заключение об инженерно-геологических условиях данной площадки и возможности строительства на ней зданий и сооружений.

Гидрогеологические изыскания входят в состав инженерно-гидрометеорологических изысканий, которые в приложении к проектированию объектов водоснабжения и водоотведения заключаются в:

-сборе, анализе и обобщении материалов гидрометеорологической и картографической изученности территории;

-рекогносцировочных исследований для выбора водного объекта или его участка для целей водопользования;

-наблюдении за характеристиками гидрологического режима водных объектов, из которых может забираться природная вода или в которые может сбрасываться сточная вода;

В приложении к проектированию объектов систем водоснабжения и водоотведения рамки гидрологических изысканий расширяются и выходят на уровень гидроэкологических.

К гидроэкологическим изысканиям относят полевые гидрологические исследования и водно-хозяйственные расчеты, а также гидробиологические исследования на водных объектах.

К чисто гидрологическим данным, получаемым в результате изысканий, относятся колебания уровней воды в водоеме, в частности минимальный (или меженный), максимальный (или паводковый), горизонты ледохода (движение льда и ледяных полей) и ледостава (процесс образования сплошного ледяного покрытия), дебиты водоема в разные сезоны года, скорости течения воды, ледовый режим (толщина льда, время ледохода и ледостава, возможность образования донного льда и шуги. По результатам гидроэкологических исследований определяются:

-рельеф дна водоема для определения условий оптимального забора вода или выпуска сточных вод;

-толщина иловых отложений для оценки возможности сброса сточных вод с соответствующей концентрацией взвешенных веществ (в том числе при аварийном сбросе);

-качество воды в источниках водоснабжения или водотоках, где производится сброс сточных вод;

-разновидность гидробионтов, населяющих водоем и формирующих гидроэкосистему.

По результатам гидроэкологических исследований принимаются решения по проектированию соответствующих гидротехнических сооружений (водозаборных сооружений) и формированию экосистемы водоема для улучшения качества воды.

Санитарно-экологическое обследование территории (СЭО) проводится с целью:

-оценки характера и уровня радиоактивного, химического и биологического загрязнения;

-выявления участков загрязнения, требующих проведения санации (или рекультивации) для соответствующих видов функционального использования.

Эти данные необходимы для разработки мероприятий по предотвращению, снижению или ликвидации негативных воздействий на объекты окружающей среды при реализации проектных решений и проведении строительных работ на территориях, прилегающих к городу.

В результате санитарных изысканий определяются условия, при которых спуск сточных вод не ухудшит санитарного состояния водоема. Основная задача санитарного обследования сводится к тому, чтобы определить самоочищающую способность водоема в месте спуска очищенных сточных вод и установить степень очистки сточных вод, а значит и состав очистных сооружений.

Дендрологические исследования проводят обследование и оценку состояния существующих зеленых насаждений с последующим составлением дендропланов и перечетных ведомостей. По результатам выполненных исследований определяют деревья и кустарники, подлежащие сохранению, пересадке либо вырубке в процессе строительства, стоимость компенсационного озеленения. Полученные материалы являются основанием для принятия проектных решений при размещении объектов строительства с целью минимизации вырубки зеленых насаждений.

Дендроплан - это топокарта участка (территории), на которой нанесено положение существующих зеленых насаждений. На дендроплане отмечаются произрастающие на территории и по направлениям инженерных коммуникаций деревья, группы деревьев и кустарники. Каждому растению (или группе), отмеченному в проекте дендроплана, присваивается порядковый номер, который соответствует номеру в перечетной ведомости.

Для составления проекта дендроплана необходимо наличие:

-ситуационного плана в М 1:2000 с границами участка работ;

-геоподоснова (в электронном виде);

-вся полученная на момент проектирования исходно-разрешительная документация и ТУ.

По окончании работ над дендропланом он совмещается с генпланом.

Перечетная ведомость – это перечень всех зеленых насаждений, существующих на данной территории и обозначенных на дендроплане. В перечетной ведомости приводится описание деревьев и кустарников с указанием вида растения, ствольности, диаметров стволов, высоты. Также обязательно отмечается наличие сухих ветвей (в процентах), морозобойных трещин, механических повреждений, дупел и т.д. Обязательным пунктом перечетной ведомости является компенсационная стоимость за вырубаемые зеленые насаждения. При невозможности

проведении работ в зоне зеленых насаждений без их удаления необходимо получение порубочного билета и разрешения на пересадку, которые могут быть выданы лишь при наличии дендроплана и перечетной ведомости.

Необходимо подчеркнуть, что в случае уничтожения деревьев и кустарников необходимо внести платежи за вырубку в размере компенсационной стоимости и возместить ущерб, причиненный уничтожением зеленых насаждений (так называемое компенсационное озеленение).

Экономические изыскания. К данным экономического порядка, которые должны быть собраны перед составлением проекта, относятся:

-условия электроснабжения (для строительства и эксплуатации);

-наличие местных строительных материалов;

-наличие дорожной инфраструктуры (дороги, мосты и т.д.);

-расселение рабочих занятых на строительстве соответствующих объектов проектирования.

В качестве резюме отметим, что основная часть перечисленных выше изыскательских материалов, т.е. инженерно-геодезических, геологических, гидрогеологических, гидрологических, санитарных, экономических, экологических и дендрологических должна быть получена проектировщиком до составления проекта. При дальнейшем проектировании уточняются полученные ранее данные и в случае необходимости объем изысканий расширяется.

Теперь рассмотрим особенности проектирования реконструкции систем и сооружений водоснабжения.

При проектировании реконструкции в основном используется вся изыскательская документации по первоначальному строительству объекта. При ее отсутствии (по причине утери) она восстанавливается в том объеме, который требуется для проведения работ по реконструкции объектов.

Исходя из того, что реконструкция определяется степенью изношенности объекта или необходимостью повышения производительности (увеличение расхода обрабатываемых или транспортируемых вод) или качества получаемого продукта (например, степени очистки питьевой воды или обработки сточных вод, осадков и т.д.), то производится уточнение соответствующих параметров, влияющих на эффективность реконструкции.

В зависимости от характера проекта может происходить корректировка всех изыскательских материалов, их части или единиц изыскательских материалов из числа (напомню): инженерно-геодезических, геологических, гидрогеологических, гидрологических, санитарных, экономических, экологических и дендрологических.

Приведем простой пример реконструкции старого водопроводного или водоотводящего трубопровода путем протаскивания в него нового из полимерных материалов. В данном случае отпадает необходимость рассмотрения большинства изыскательских материалов, кроме санитарных (лучше сказать санитарно-гигиенических), если речь идет о водопроводных сетях. А если речь идет о реновации водоотводящих сетей, то отпадает необходимость в рассмотрении всего комплекса изыскательских мероприятиях.

И, наоборот, при проектировании реконструкции водопроводных или канализационных очистных сооружений, где предусматривается расширение площадей строительства, то здесь спектр изыскательских работ практически остается тем же как и в случае строительства нового объекта.

Таким образом, к каждому объекту проектирования необходимо подходить дифференцированно в зависимости от конкретных условий его строительства и последующей эксплуатации. Однако основным критерием принятия того или иного решения будут являться результаты технико-экономического сравнения результатов

Основным научно-техническим пособием для качественного производства проектных работ служат специальные справочники, которые называются «Справочниками проектировщика», а также СНиПы (имеются в виду не только старые, но и новые, которые в ближайшее время будут возрождены), Технические условия (ТУ), Своды правил (СП), Технологические регламенты на производство соответствующих работ (ТР) и т.д.

Стойкие тенденции широкого освоения бестраншейных технологий строительства и ремонта подземных инженерных сетей в городах с развитой инфраструктурой настоятельно требуют использования новых типов труб, защитных покрытий, арматуры и т.д., а также разработки и совершенствования методов продавливания труб в подземном пространстве или протягивания в старые трубопроводные системы.

Используемые в бестраншейном строительстве и реконструкции подземных инженерных сетей трубы можно классифицировать как протягиваемые и продавливаемые. Материалами для изготовления протягиваемых труб являются: сталь, чугун с шаровидным графитом, полиэтилен (ПЭ) и поливинилхлорид (ПВХ).

Материалами для изготавливления продавливаемых труб служат: базальт, полимербетон, керамика, сталь, железобетон, полиэфирная смола, усиленная стекловолокном. С недавнего времени и в ограниченном объеме в качестве материала для продавливаемых труб используются пластмассы, такие как поливинилхлорид (ПВХ) и полипропилен (ПП). Возможно также использование неармированного бетона, бетона, армированного рассеянным стальным волокном, а также другими волокнами. В ряде стран западной Европы осуществлено несколько пилотных проектов с продавливаемыми трубами из чугуна с шаровидным графитом.

При использовании в бестраншейных технологиях полиэтиленовых труб они должны быть изготовлены с дополнительным специальным стойким к порезам внешним слоем (защитным рукавом). Защитный слой, например из полипропилена, оберегает трубу не только от порезов, но и от точечной

нагрузки, например, от камней или других выступающих объектов, встречаемых по трассе протягивания. Однако, мировая практика показывает, что полиэтиленовые трубы с защитным рукавом изготавливаются с ограниченным диапазоном диаметров, поэтому не исключается возможность применения известных полиэтиленовых труб для традиционных траншейных методов в качестве внешних защитных оболочек. Необходимо отметить, что в этом случае возрастают затраты на производство работ из-за необходимости увеличения диаметра проходки, увеличения рабочего цикла и т.д.

Полиэтиленовые трубы для систем водоснабжения могут быть трехслойными, т.е. иметь специальный алюминиевый слой (фольгу), который располагается между слоем с ПЭ и внешним полипропиленовым слоем (ПП), высота которого составляет порядка 25 % тощины стенки трубы. Наличие дополнительного алюминиевого слоя является антидиффузионной защитой. Такие трубы целесообразно прокладывать в местах, расположенных в непосредственной близости к автозаправочным станциям, или одновременно в одной траншее с водоотводящими трубами.

Использование для протягивания стальных труб позволяет проводить ремонтно-восстановительные работы в широком диапазоне диаметров (от 100 до 3000 мм). Данные трубы характеризуются высокими прочностными параметрами на сжатие и растяжение. Однако недостаток этих труб состоит в высокой коррозионной активности. На предприятиях по производству труб, а также на месте их использования для защиты стали от воздействия агрессивных факторов проводится обработка поверхностей (как внутренних, так и внешних). В качестве внешнего покрытия используются: битумная облицовка, покрытие из полиэтилена, полипропилена, эпоксидной смолы и других материалов. В свою очередь, в качестве внутреннего покрытия используется цементное, цементное покрытие, усиленное стекловолокном и другие облицовки.

Трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, используемые в бестраншейном строительстве подземных инженерных сетей, имеют специальные замковые соединения в виде пологого (низкого) раструба или

внутреннего раструба за счет относительно большой толщины стенки. Эти соединения характеризуются высокой степенью сопротивляемости к осевой силе, которая появляется в процессе протягивания труб, а также позволяют иметь возможность углового отклонения при каждом соединении одной трубы с другой. В углубление замкового соединения помещают резиновые прокладки, обеспечивающие его герметичность в установленном диапазоне угловых отклонений. На свободном конце трубы находится наплавка, которая является опорным элементом для анкерного кольца, размещаемого в раструбе трубы в процессе монтажа. Преимуществом замковых соединений труб из ВЧШГ является возможность быстрого соединения отдельных труб в плеть при наличии небольшой монтажной площадки.

В качестве примера замковых соединений следует привести следующие: неподвижное замковое соединение типа FASTITE производства США (рисунок 1.1.1а.), раструбно-сварочное соединение типа НЗ (рисунок 1.1б.), раструбно-фиксированное соединение типа ВРС (рисунок 1.1.1в.).

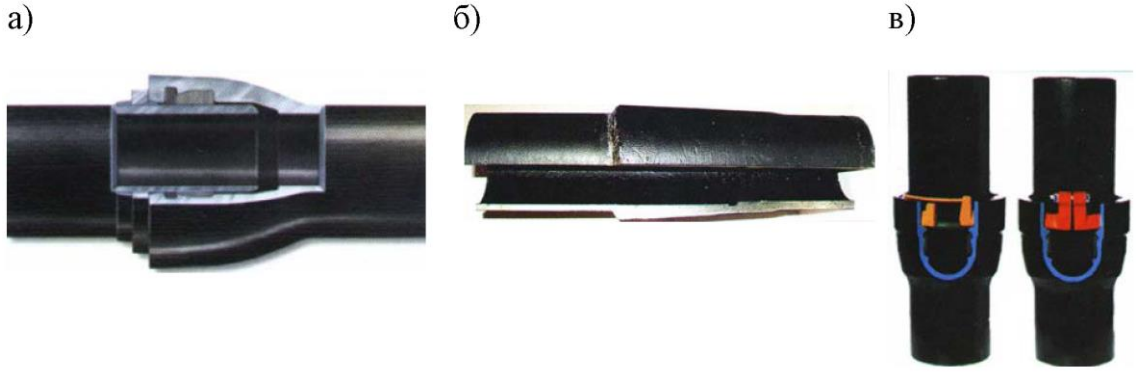


Рис. 1.1.1. Неподвижное соединение труб типа FASTITE (а), раструбно-сварное соединение труб типа НЗ (б) и раструбные соединения типа ВРС (в)

Наибольшее распространение в нашей стране нашло замковое соединение труб ВРС. Бестраншейная прокладка трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом с раструбным соединением типа ВРС, как правило, осуществляется в три этапа: бурение пилотной скважины в грунте по заданной проектом траектории; последовательное расширение скважины; протягивание трубопровода в свободное пространство. Невозможность нарушения

соединения отдельных труб обеспечивается наличием сварного наплыва (наварного валика) на гладком конце трубы и двух стопоров, вдвигаемых после стыковки труб в выемку раструба и фиксируемых стопорной проволокой (рисунок 1.1.2.).

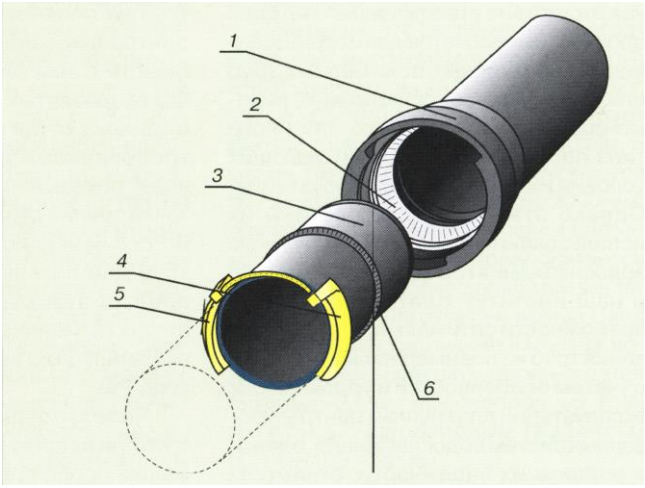


Рис. 1.1.2. Элементы замкового соединения ВРС. 1-раструбная часть трубы, 2-уплотнительная манжета; 3- гладкий конец трубы; 4- стопор правый; 5- стопор левый; 6- наварной валик

Соединение ВРС позволяет использовать трубопровод при давлениях до 2,5 МПа.

Значения максимальных сил протягивания, воспринимаемых указанными выше соединениями труб, их максимальных угловых отклонений при соединении друг с другом, а также минимального радиуса поворота трубы из чугуна с шаровидным графитом представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1

Основные параметры труб из ВЧШГ и технологического процесса

Диаметр трубы , м	Максимально допустимая сила протягивания, кН	Максимальное угловое откло-нение трубы на соединении, градусы	Длина труб, м	Минимальный радиус поворота (сгибания) трубопровода, М
100	40	3	6,0	115
150	80	3	6,0	115
200	110	3	6,0	115
250	160	3	6,0	115
300	200	3	6,0	115
400	300	3	6,0	115

500	460	3	6,0	115
600	700	2	6,0	172
700	800	2	6,0	172
800	950	2	6,0	172
900	1150	2	6,0	190
1000	1340	2	6,0	190

В процессе протягивания труб из ВЧШГ возможно появление повреждений, порезов внешней поверхности, а в последствии – появление коррозии, даже в случае мокрого бурения с использованием бентонитовой смазки. В связи с этим, внешняя поверхность труб из чугуна с шаровидным графитом защищается наружным покрытием (рукавом), выполняемым из цинка и полиэтиленовой пленки.

Базальтовые трубы. Впервые базальтовые трубы на объектах бестраншейного строительства в Европе появились в 2001 году. На сегодняшний день единственным массовым производителем труб в Европе является чешская компания EUTIT, которая изготавливает трубы из натурального сырья – базальта при температуре 1280°С (рисунок 1.1.3.). Технология производства состоит в том, что расплавленный базальт заливают в формы, где происходит его рекристаллизация. После получение соответствующей стойкости к деформациям отливки вынимают из форм и перевозят в холодильные камеры на 18-21 часов до полного остывания.

Переплавленный базальт характеризуется высокой химической стойкостью, малой величиной шероховатости (порядка 0,04 мм), хорошей износостойкостью, а также высоким сопротивлением к сжатию 300-450 МПа. В таблице 1.1.2 представлены основные типоразмеры труб и технические параметры бестраншейной технологии продавливания.

Рис. 1.1.3. Базальтовые продавливаемые трубы

Таблица 1.1.2

Одельные технические параметры базальтовых продавливаемых труб

Диаметр, мм	Длина, мм	Масса трубы, кг	Максимальная сила продавливания, кН
100	996	22	830
150	996	30	1200
200	996	39	1500
250	996	51	1900
300	996	73	3000
350	996	99	4300
400	996	128	5800
500	996	205	9900
600	996	254	11600

Необходимо отметить, что прочностные свойства и высокая химическая стойкость базальта позволяет использовать его для плиточной облицовки внутренней поверхности железобетонных продавливаемых труб.

Трубы из полимербетона. Главным компонентом полимербетона являются содержащие кварц наполняющие сухие материалы, такие как песок и

минеральный гравий. Процентное содержание этих элементов в материале составляет около 90%. Остальную часть приходится на смолу, исполняющую функцию вяжущего средства (по аналогии с цементом). В зависимости от типа используемой смолы различают несколько типов полимербетона: эпоксидный, полиэфирный, винилоэфирный и другие.

Продавливаемые полимербетонные трубы производятся по разным технологиям, однако наиболее распространенной является вибропрессование. Сущность его состоит в том, что подготовленный под контролем компьютерного управления полимербетон вводится в вертикальные стальные формы, состоящие из стержня и обшивки. После сгущения труба затвердевает по форме – вплоть до получения требуемой прочности к деформации. Последующий процесс затвердевания проходит под воздействием соответствующей температуры в специальном греющем туннеле.

Трубы из полимербетона характеризуются хорошей химической стойкостью в границах pH=1-10, высокому сопротивлению сжатию (от 50 до 200 МПа), низкой степенью шероховатости внутренних поверхностей (≤ 0,02 мм), а также высокой износостойкостью (менее 0,2 мм после 100 000 циклов испытаний на истирание).

Стыки продавливаемых труб из полимербетона, как и стыки других продавливаемых труб, состоят из наружной втулки из нержавеющей стали, прокладок, смонтированных на заводе по производству труб, а также деревянных или выполненных из стружечной плиты разделителей. Конструкция стыка зависит от диаметра трубы, а также от проектных требований в диапазоне их химической стойкости. На рисунке 1.1.4. представлен фрагмент соединения двух полимербетонных труб с помощью стальной муфты с резиновой прокладкой по контуру, что гарантирует плотное прижатие по торцам и защиту от проникновения в трубопровод подземных вод.

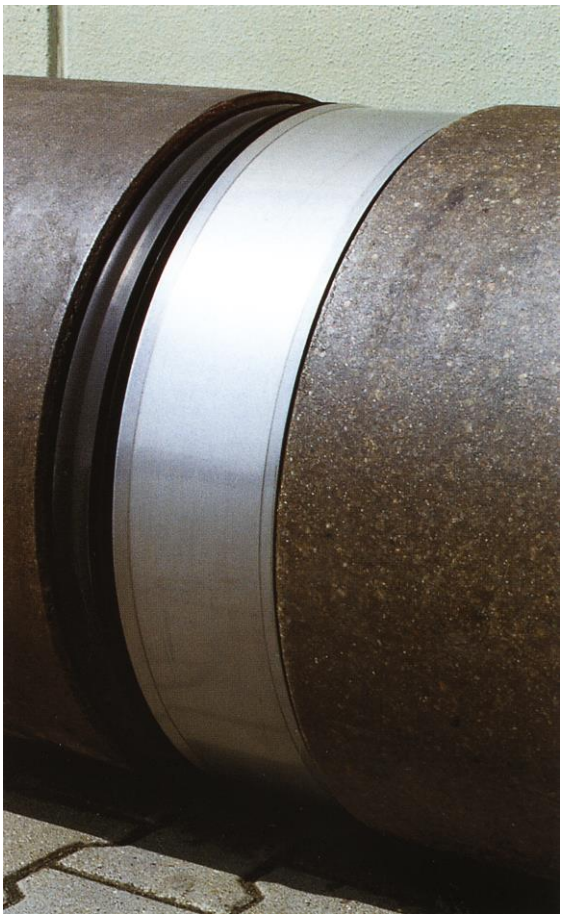


Рис. 1.1.4. Фрагмент герметичного соединения полимербетонных труб

Продавливаемые трубы из полимербетона имеют круглую форму или специальный поперечный профиль, при котором лотковая часть трубы имеет форму буквы «V» (рисунок 1.1.5.). Трубы со специальным профилем имеют на торцах отверстия для вставки центрирующих штырей, предотвращающих нежелательные вращения отдельных труб вокруг оси. Продавливаемые трубы могут быть оборудованы также впускным отверстием для подачи бентонита. Кроме того, производятся продавливаемые трубы, приспособленные к совместной работе с промежуточной домкратной станцией продавливания.

Рис. 1.1.5. Труба из полимербетона со специальным профилем

Отдельные технические параметры продавливаемых труб полимербетоннных труб указаны в таблице 1.1.3.

Таблица 1.1.3

Отдельные технические параметры продавливаемых труб из полимербетона

Внутренний диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, Мм	Наружный диаметр трубы, мм	Длина трубы, м	Допустимая сила продавливания, кН	Масса трубы, кг на пог. м
150	29	208	1	190	37,5
200	37,5	275	1	210	62
250	55	360	1; 2	530	117
300	50	400	1; 2	510	122
400	75	550	1; 2	1500	249
482	70	622	2,44	1500	269
500	80	660	2	1900	324
534	70	674	2,44	1670	300
600	80	760	2	2240	380

700	80	860	2	2400	435
762	90	942	2,44	3505	535
800	80	960	2	2720	490
900	100	1100	2	4480	700
932	94	1120	2,44	4045	680
1000	92	1184	3	4140	700
1067	114	1295	2,44	6480	950
1067	127	1321	2,44	7440	1070
1143	130	1403	2,44	8410	1175
1200	141	1482	3	5700	1327
1400	160	1720	3	7400	1750
1600	170	1940	3	8950	2100
1800	180	2160	3	10720	2500
2000	195	2390	3	13300	3000
2200	215	2630	3	16700	3700
2400	235	2870	3	20600	4450
2600	250	3100	3	24150	5200

Трубы железобетонные. Продавливаемые железобетонные трубы производятся из высококачественного бетона. Каркас состоит из арматуры в виде продольных прутьев, в основном обеспечивающих силу продавливания, а также поперечных прутьев в форме круга или двойной спирали, обеспечивающих распределение внутренних сил, действующих в поперечном сечении трубы. В обычных грунтовых условиях стальное кольцо, исполняющее роль воротника в соединении между очередными продавливаемыми трубами, производится из стали с антикоррозионной защитой. В случае прокладки трубопроводов в агрессивных почвах это кольцо выполняется из нержавеющей кислотостойкой стали. Внутри стыка труб находятся деревянные или древесные разделители, предоставляющие возможность равномерного распределения силы продавливания по всей рабочей поверхности соединения, а также прокладку трубопровода по дуге.

В зависимости от функции, которую выполняют прокладываемые трубы в продавливаемом отверстии, а также учитывая особенности места прокладывания, железобетонные трубы могут отличаться конструкцией, а также незначительно формой. Различают следующие типы труб:

обыкновенные, составляющие сегменты продавливания; ведущие с усиленным каркасом, которые следуют непосредственно за устройством для микротоннелирования; межстанционные с продленной поверхностью стыка со стальным кольцом, размещенные между промежуточными участками продавливания; обыкновенные с отверстиями для подачи бентонита между стенками трубы и грунтом (бентонитовые трубы).

Железобетонные трубы характеризуются высокими прочностными параметрами и физическими показателями: стойкость бетона к сжатию выше 50 МПа; гигроскопичность не более 3%; диапазон pH транспортируемой жидкости от 2 до 12; шероховатость внутренних стенок труб порядка 0,13 мм.

Непроницаемость соединений труб обеспечивают резиновые прокладки, устойчивые к действию агрессивных факторов и выдерживающие давление 0,2 МПа. Внутренняя поверхность труб покрывается смоляными композитными материалами, например, оболочкой из полиэтилена, полипропилена или поливинилхлорида для повышения химической стойкости труб, а также улучшения гидравлических параметров прокладываемого трубопровода.

Производятся также продавливаемые железобетонные трубы повышенной стойкости к коррозии и общей повышенной стойкостью с добавлением в бетон микроскопического кварца, придающего структуре бетона непроницаемость даже в случае транспортировки сильно агрессивных сред.

Продавливаемые железобетонные трубы производятся также со специальным сечением, при котором лотковая часть трубы имеет форму буквы «V» для обеспечения лучших гидравлических параметров течения воды в ней.

В отличие от подобных сечений для полимербетонных труб наклон стенок основания в лотковой части железобетонных труб значителен и составляет 1:1. Для предотвращения закручивания продавливаемого трубопровода во время производства работ, каждый элемент со специальным сечением снабжён в торцевой части тремя стальными штифтами и втулками, которые обеспечивают блокировку трубы.

Отдельные технические параметры железобетонных продавливаемых труб указаны в таблице 1.1.4.

Таблица 1.1.4

Отдельные технические параметры железобетонных продавливаемых труб

Внутренний диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, Мм	Внешний диаметр трубы, мм	Длина трубы, м	Допустимая сила продавливания, кН	Вес трубы, кг на пог. м
300	124,5	553	2	1000	425
400	127	656	2	1350	530
500	126,5	757	2	1600	635
600	130	862	2	1900	750
700	130	965	2	2200	865
800	147,5	1100	3	2800	1120
1000	137,5	1280	3	3300	1280
1000	153	1310	3	3600	1410
1200	145	1494	3	4100	1535
1200	170	1544	3	4900	1855
1400	160	1722	3	5400	2000
1500	170	1842	3	6200	2250
1600	180	1963	3	7000	2550
1800	200	2203	3	8700	3165
2000	200	2403	3	9700	3500
2200	220	2640	3	11500	4180
2200	250	2702	3	13500	4830

Трубы из железобетона и керамики, из железобетона с внутренним керамическим покрытием. Интересное техническое решение представляют собой комбинированные трубы из железобетона и керамики (рисунок 1.1.6.), соединяющие в себе преимущества железобетоннных и керамических, т.е. сочетая стойкость к разрушительному действию агрессивной транспортируемой среды и высокое значение допустимой силы продавливания. Наружное железобетонное покрытие принимает нагрузку как статическую, так и динамическую, а внутренняя часть из керамики обеспечивает низкую шероховатость, а также стойкость к истиранию и химическую стойкость в широком диапазоне pH (от 1 до 13). Соединение труб из железобетона и керамики обеспечивается за счет внешнего и внутреннего уплотняющих колец.

Внутреннее кольцо, выполненное из легированной стали с уплотнением из эластомеров и каучука, обеспечивает антикоррозионную защиту железобетонного слоя. Наружное кольцо, также выполненное из легированной стали, гарантирует прямолинейное движение труб.

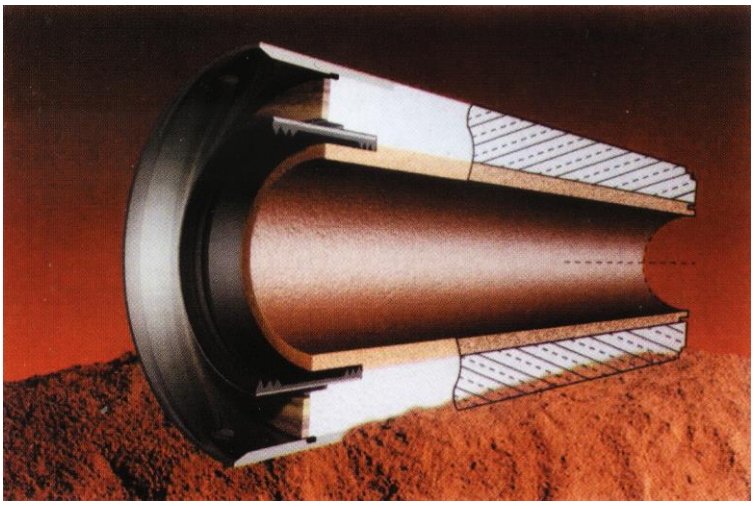


Рис. 1.1.6. Труба из железобетона и керамики

Другим перспективным техническим решением являются железобетонные трубы с внутренним керамическим покрытием в виде плиток (рисунок 1.1.7.). Такие трубы снабжены системой двойного уплотнения: внутреннее уплотнение в виде прокладки из эластомера предохраняет железобетонную часть от контакта со сточными водами, а наружное состоит из стального кольца и прокладки. Внутренне керамическое покрытие выполняется из керамических плиток, например, габаритами 50 х 30 см. Пазы между керамическими плитками заполняются эпоксидной смолой. Возможно также выполнения специальных профилей, таких как яйцевидный, ромбоидальный и других.

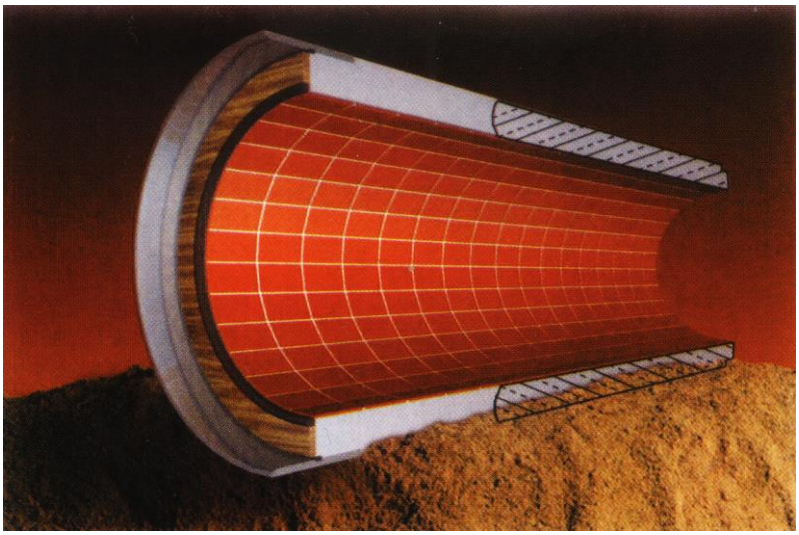


Рис. 1.1.7. Железобетонные трубы с внутренним керамическим покрытием из плиток

Стеклопластиковые трубы. Стеклопластиковые трубы являются композитными трубами, состоящими из стекловолоконнного каркаса, смолы как вяжущего вещества, а также кварцевого песка, выступающего в роли наполнителя. В качестве смол используются полиэфирные, эпоксидные или виниловые.

Для производства стеклопластиковых труб используются разные технологии, среди которых: технология ручного нанесения, распыления волокон, намоточная, а также центробежное литьё. Для производства продавливаемых стеклопластиковых труб используется только технология центробежного литья. В этой технологии составные элементы, т.е. полиэфирная смола, гнутое стекловолокно и песок, наносятся слоями в форму, вращающуюся со скоростью, которая обеспечивает их плотность, заглаживание, дегазирование и затвердевание. Форма может вращаться с такой скоростью, что помещенные в неё составные элементы подвергаются перегрузке до 70 g (в 70 раз больше земного притяжения). Процесс затвердевания труб проходит при повышенной температуре, например, через подачу горячей воды на наружную поверхность формы.

Стеклопластиковые продавливаемые трубы соединяются фасонными частями на одном уровне с наружной поверхностью трубы.

Допустимая сила продавливания для стеклопластиковых труб зависит от их предельной нагрузки, которая, в свою очередь, определяется толщиной стенки и диаметром трубы.

В таблице 1.1.5 представлены допустимая сила продавливания стеклопластиковых труб для отдельных диаметров, а также типов соединений.

Таблица 1.1.5

Допустимая сила продавливания стеклопластиковых труб

Внешний диаметр трубы, мм	Тип соединения	SN 32000, н/м^2		SN 50000, н/м^2		SN 200000, н/м^2		SN 640000, н/м^2	
		S, Мм	$F_{dop,}$ кН	S, Мм	$F_{dop,}$ кН	S, мм	$F_{dop,}$ кН	S, Мм	$F_{dop,}$ кН
220	S	*	*	*	*	15	105	20	180
401	S	*	*	*	*	24	463	34	739
550	FS	*	*	21	505	33	1006	47	1537
820	FS	25	964	29	1211	49	2410	67	3433
1026	L	34	1585	38	1893	61	3612	*	*
1280	FS	41	2968	47	3545	*	*	*	*
1499	L	48	3476	56	4376	*	*	*	*
2047	XL	65	6549	75	8086	*	*	*	*
2740	XL	86	12278	*	*	*	*	*	*

Примечание:

* – трубы данного типа предельной нагрузки для данного диаметра не производятся;

SN – предельная нагрузка;

S – толщина стенки;

F_{dop} – допустимая сила продавливания.

Продавливаемые трубы из других материалов К перспективным материалам для изготовления продавливаемых труб можно отнести прежде всего сталь, ВЧШГ, разновидности полипропилена (рисунок 1.1.8.) и поливинилхлорид. К настоящему моменту в большинстве стран продавливаемые трубы из этих материалов, кроме стальных труб, ещё не использовались или использовались довольно редко. Стальные продавливаемые

трубы исполняют обычно функцию защищающих труб (обечаек, экранов), в которые вводятся трубопроводы из других материалов. Продавливаемые трубы из чугуна с шаровидным графитом внедрялись и производились во Франции в 90-х годах прошлого века. Все трубы из упомянутых выше материалов, как правило имеют безраструбные соединения.

а). б).

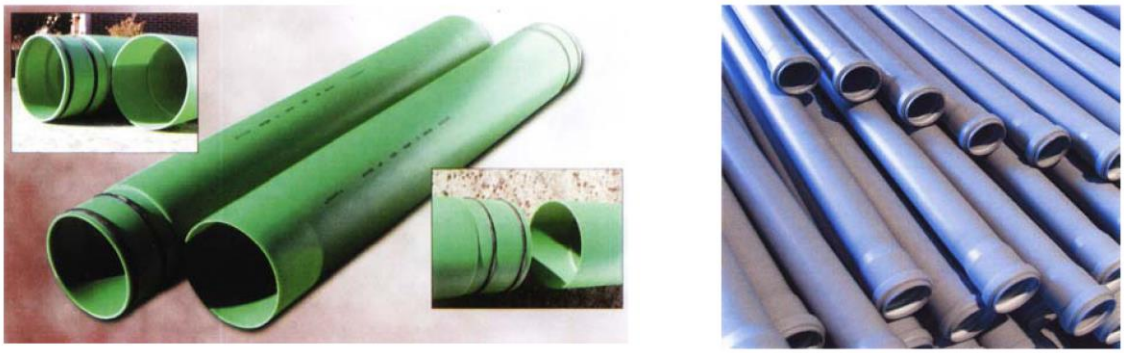


Рис. 1.1.8. Полипропиленовые трубы. а)- из произвольного полипропилена (латинская транскрипция PP-R, цвет зеленый); б)- из самогасящегося полипропилена (латинская транскрипция PP, цвет серый)

Отдельные технические параметры продавливаемых труб из поливинилхрорида представлены в таблице 1.1.6.

Таблица 1.1.6

Технические параметры продавливаемых труб из непластифицированного полвинилхлорида

Внешний диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Допустимая сила продавливания, кН	Масса трубы, кг на пог. м
110	6,2	40	3,0
125	10,5	65	5,6
140	6,7	56	4,2
148	10,5	77	6,4
160	6,9	60	4,7
170	10,0	70	7,4
220	10,0	80	10
220	12,8	150	12,3
280	12,5	200	15,6
330	14,5	310	21,2
370	12,5	249	20,8
450	19,5	527	38,9

540	20,0	653	48,2

Водоводы представляют собой протяженные трубы преимущественно большого диаметра. Они изготавливаются из стали или чугуна и служат для транспортировки воды непосредственно к потребителям и к водопроводным сетям, которые распределяют воду по территории объекта. Водоводы проектируют напорными или безнапорными. При выборе трассы водоводов стремятся проложить их по кратчайшему расстоянию от водопитателя до сети; по территории с минимальным числом промышленных предприятий; вблизи автодорог для удобства обслуживания; в геологических условиях, обеспечивающих минимальные затраты на строительство.

По конфигурации городские водопроводные сети бывают кольцевыми, разветвленными и смешанными. Кольцевые сети могут выполняться из стали, чугуна, асбестоцемента, железобетона, полимерных материалов и должны гарантировать надежную и бесперебойную подачу воды. Городские сети имеют меньшие диаметры труб, чем водоводы и обеспечивают интенсивную циркуляцию воды в трубопроводной системе.

Общая протяжённость городских водопроводных сетей в РФ составляет порядка 550 тыс. км. Как отмечалось выше, износ водопроводных сетей превышает 60 %. Количество аварий на трубопроводных сетях составляет порядка 20 на 100 км в год, а потери воды в среднем около 23 % от общего объёма подачи, включая несанкционированные врезки.

Ежегодный темп износа водопроводной сети составляет около 3 %, а плановый ремонт позволяет восстанавливать лишь 1,4 %. Таким образом, ежегодный рост количества трубопроводов, на которых обнаруживаются различного рода дефекты, составляет 1,6 %. При сохранении таких темпов увеличения количества дефектных трубопроводов и непринятии экстренных мер по реконструкции и модернизации трубопроводных сетей через 38 лет из строя выйдет 100 % водопроводных сетей.

Классификация повреждений водоводов и наружных трубопроводных

сетей в зависимости от материалов изготовления. Дефекты металлических трубопроводов. К типичным дефектам (повреждениям), приводящим к отказам в работе напорных стальных трубопроводов систем водоснабжения, относятся структурные и функциональные.

К структурным дефектам следует отнести: образование свищей, вызванных воздействием внешней и внутренней коррозии труб; разрывы швов, образование микротрещин и продольных трещин. Эти дефекты приводят к эксфильтрации и инфильтрации воды.

В качестве функциональных дефектов стальных трубопроводов можно рассматривать появление ржавчины на внутренних стенках труб, что приводит к их утонению и потери несущей способности трубопроводов, биообрастаний, бугристых наростов в виде уплотненных окислов железа, марганца, извести, инородных включений, проникающих в трубопроводы при любом вмешательстве извне (например, сварке, ремонте и замене запорно-регулирующей арматуры и т.д.).

Затрагивая вопросы коррозии стенок металлических трубопроводов необходимо отметить, что в связи с ухудшением качества воды в источниках водоснабжения, о чём было упомянуто выше, и применением коагулянтов в действующих трубопроводных системах водоснабжения наблюдается интенсивное зарастание их внутренней поверхности по причине общей коррозии. Это приводит к росту гидравлического сопротивления в несколько раз. В процессе эксплуатации таких трубопроводов предпринимаются попытки сохранения и восстановления пропускной способности сетей, например, путём их прочистки. Однако эти мероприятия дают временный эффект, так как внутренняя поверхность труб зарастает снова.

Коррозия трубопроводов приводит к образованию сквозных отверстий в стенках трубы (свищей), что характерно для стальных труб. Сквозные отверстия являются следствием питтинговой коррозии и свойственны трубопроводам, транспортируемым воду с повышенным содержанием хлоридов и бромидов. Питтинговая коррозия имеет тенденцию усиливаться при

избыточной концентрации в воде кислорода.

Другим видом коррозии трубопроводов является язвенная. Она развивается в застойных зонах (например, под слоем отложений различного характера в лотковой части трубопроводов). В этих зонах затруднена или полностью отсутствует диффузия кислорода. Практика эксплуатации отечественных водопроводов в последние годы сталкивается с данной проблемой, так как при тенденциях снижения норм водопотребления, в трубопроводных сетях наблюдаются малые скорости движения воды, что приводит к её застаиванию и образованию различного типа отложений (карбонатных, биологических, песка и т.д.). Практически единственным способом противодействия язвенной коррозии является поддержание высоких скоростей течения воды или усиленная регулярная прочистка застойных зон.

На чугунных трубопроводах отказы связаны с нарушением герметичности раструбных соединений (расхождение стыков) и переломами труб.

Основным способом противокоррозионной защиты подземных металлических трубопроводов может служить нанесение внутренней и наружной изоляции на трубопроводы в сочетании с электрохимической защитой, где одним из базовых мероприятий является использование станций катодной защиты (СКЗ).

Дефекты неметаллических трубопроводов.

К неметаллическим водопроводным трубам относятся асбестоцементные (хризотилцементные), железобетонные и полимерные.

К наиболее распространённым дефектам неметаллических трубопроводов относят:

-нарушение в стыках (неплотная стыковка; нарушение (изменение) угла стыковки; продольное смещение труб без нарушения соосности; смещение (осевое) по вертикали и (или) горизонтали; разрушение торцов в пределах стыков);

-деформация тела трубы (разрушение (частичное) днища, стенок и свода трубы; сдавливание по вертикали с образованием трещин).

Сложившееся неудовлетворительное состояние водонесущих коммуникаций приводит к многочисленным негативным обстоятельствам и, в том числе, к изливу воды на рельеф местности и в окружающую среду, что обостряет многочисленные проблемы материального, социального и экологического характера (рисунок 1.1.9.).

Рис. 1.1.9. Структура ущербов и издержек от повреждений и аварий на трубопроводах

Представленный выше анализ повреждений трубопроводных сетей систем водоснабжения, характер дефектов и возможные последствия показывают, что выходом из создавшейся ситуации может быть оперативная реконструкция и модернизация трубопроводного транспорта.

Качественно проведённые работы по реконструкции и модернизации трубопроводов систем водоснабжения преследуют цель:

-предотвратить коррозию металлических стенок трубопроводов за счёт пассивного (например, изоляции стенок полимерными защитными

покрытиями) и активного (образования на стенках субмикроскопического покровного слоя из оксидов железа) защитных эффектов;

-обеспечить требуемый уровень надежности трубопроводов и снизить аварийность на водопроводных сетях;

-сохранить неизменными, а в ряде случаев (для трубопроводов больших диаметров) даже улучшить гидравлические характеристики, а также стабилизировать напоры за счёт уменьшения коэффициента гидравлического трения;

-создать условия для ресурсо- и энергосбережения при транспортировке воды;

-сохранить качественные характеристики транспортируемой воды от станций водоподготовки до потребителей за счёт отсутствия пористых коррозионных отложений, влияющих на увеличение в воде концентрации железа, снижение концентраций растворённого кислорода и остаточного хлора.

В связи со сложившимися негативными обстоятельствами в сфере транспорта питьевой воды реконструкция (реновация) и модернизация и трубопроводных систем водоснабжения становится приоритетной задачей городских коммунальных служб.

Методы реновации трубопроводов изобилуют множеством решений, большинство из которых можно отнести к новому направлению в строительной отрасли - оперативным, экономичным и экологичным бестраншейным технологиям. Как известно, традиционные методы реновации предусматривают в качестве основного решения проведение раскопочных земляных работ, что изначально удорожает строительно-ремонтные работы. При бестраншейных технологиях земляные работы практически сведены к нулю и могут являться востребованными лишь в незначительных объемах для подготовки небольших стартовых и финишных котлованов при общей значительной протяжённости восстанавливаемого трубопровода.

Под бестраншейной технологией реновации трубопроводов понимается использование различного рода защитных покрытий, наносимых на

внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода. Как указывалось ранее, под защитными покрытиями понимается широкий спектр строительных материалов и изделий, которые могут наноситься путём:

-центробежного набрызга на внутреннюю поверхность труб;

-протаскивания в трубопровод полимерных рукавов или труб меньшего диаметра;

-намотки на внутреннюю поверхность трубопроводов ленточных покрытий, формирующих новую трубу в старой;

-местного (точечного) ремонта.

В идеале роль защитных покрытий сводится к следующим направлениям:

-обеспечению физической целостности трубопроводной системы и надёжного барьера между транспортируемой жидкостью и окружающей средой;

-полному восстановлению прочностных и гидравлических характеристик трубопроводных сетей в целях продления их срока службы и снижения расходов на транспортировку воды;

-содействию максимальному сохранению качественных характеристик транспортируемых вод, покидающих очистные сооружения;

-обеспечению энергосбережения после проведения ремонтно-восстановительных работ на трубопроводных сетях.

Современный строительный рынок предлагает широкую гамму материалов, которые могут использоваться в качестве защитных покрытий трубопроводов при проведении ремонтно-восстановительных работ бестраншейными методами. К числу таких материалов в первую очередь следует отнести изделия из полимеров в виде труб, тонкостенных рукавов, а также различного рода композитных материалов, способных являться эффективным средством для локализации дефектов трубопроводов систем водоснабжения, а также водоотведения и газоснабжения.

Применение подобных материалов в качестве защитных покрытий (оболочек, облицовок) позволяет за счёт ликвидации многочисленных

повреждений трубопроводов (в виде трещин, свищей, расхождения в стыках и т.д.) не только восстановить требуемые прочностные и гидравлические показатели трубопроводных сетей, но и содействовать предотвращению загрязнения окружающего инженерные трубопроводы пространства.

Стремительно развивающаяся отечественная и зарубежная практика бестраншейных технологий реновации и прокладки трубопроводных коммуникаций различного назначения, использующая результаты научных исследований строительных материалов для применения их в качестве облицовочных защитных покрытий внутренних стенок трубопроводных сетей, предлагает ряд эффективных методов реновации трубопроводов. Среди них в первую очередь необходимо отметить такие, как нанесение на внутреннюю поверхность трубопроводов набрызгиваемыми методами полимерных смесей, использование рукавных материалов, бандажей, органических смол и других, которые позволяют обеспечить технико-экономический эффект. Сущность достижения технико-экономического эффекта заключается в создании условий обеспечении энергосбережения при транспортировке воды в трубопроводах, подвергнутых ремонтно-восстановительным операциям. Потенциал энергосбережения может обеспечиваться за счёт гладкой внутренней поверхности труб, т.е. за счёт снижения трения или энергии на перекачку воды.

Конечной задачей исследователей и проектировщиков, занимающихся вопросами реновации трубопроводов, является правильный выбор типа защитной облицовки, которая в конкретной ситуации должна обеспечить требуемые технической экспертизой параметры с учётом диаметра трубопровода, его протяжённости, степени износа, дефектов по длине и в местах стыков отдельных труб и т.д.

В целях иллюстрации применяемых на практике типов защитных покрытий, их роли и возможностей в достижении поставленных целей обеспечения требуемых прочностных, гидравлических и энергетических показателей восстанавливаемой трубопроводной системы представлен рисунок 1.1.10.

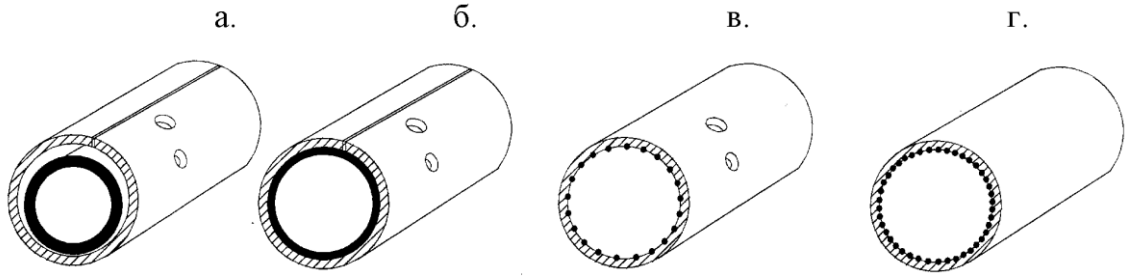


Рис. 1.1.10. Образцы типов защитных покрытий для восстановления ветхих трубопроводов различными бестраншейными методами. а- покрытие в виде круглой в профиле трубы меньшего диаметра, чем ветхий трубопровод; б- то же в виде полимерного рукава или трубы, плотно прилегающих к ветхому трубопроводу; в- напыляемая облицовка на основе неорганических материалов; г- то же на основе органических материалов

Под термином «бестраншейная прокладка» подразумевается строительство трубопроводов в свободном подземном пространстве без проведения земляных работ или с минимумом земляных работ (например, при необходимости возведения стартового и финишного котлованов). Характерной и принципиальной особенностью бестраншейной прокладки трубопроводов от традиционной (классической), которая сопровождается рытьем траншей или возведением котлованов, является малый, а в некоторых случаях нулевой объем проводимых в период строительства земляных работ.

В качестве методов бестраншейного строительства на сегодняшний день наиболее распространёнными являются:

-горизонтальное (наклонное) направленное бурение (в том числе, шнековое),

- микротоннелирование,

- ударно-импульсное продавливание (прокол),

- раскатка.

Сущность метода горизонтального (наклонного) направленного бурения состоит в использовании специальных буровых станков (буров, штанг), которые осуществляют предварительное (пилотное) бурение по заранее рассчитанной траектории с последующим расширением скважины (с помощью

набора расширителей и буровых головок, которые могут омываться буровым раствором для смазывания отдельных узлов) и протаскиванием в образовавшуюся полость трубопровода. Разновидностью направленного бурения является горизонтальное шнековое бурение, при котором обеспечивают одновременное бурение скважины и задавливание трубопровода, как правило, стального в диапазоне диаметров 200 - 1400 мм.

Микротоннелирование следует рассматривать как дистанционно управляемый процесс проходки скважин (в том числе, горизонтальных) и продавливания труб, диаметр которых не допускает в них присутствие человека. Таким образом, сущность микротоннелирования заключается в строительстве тоннеля с помощью дистанционно управляемого проходческого микрощита (диаметром до 2 м) с последующей прокладкой в нём труб. Разновидностью микротенеллирования является минитонеллирование. Согласно современной международной терминологии в области бестраншейных технологий минитонеллирование можно трактовать как щитовую проходку в грунте с образованием тоннеля диаметром от 1 до 2 м.

Сущность ударно-импульсного продавливания при реализации бестраншейной технологии состоит в проходке или расширении в грунте горизонтальных скважин и затягивании в них труб (диаметром до 400 мм) с помощью пробойников (пневмопробойников, гидропробойников) или забивки в грунт стальных трубопроводов диаметром 400-1400 мм посредством пневмоударных машин.

Раскатка скважин представляет собой непрерывный процесс образования в грунте цилиндрической полости путём деформации и уплотнения грунта раскатывающим механизмом или раскатчиком, катки которого обкатываются по своим забоям и формируют стенку скважины. Каждый последующий каток входит в участок скважины, раскатанной предыдущим катком, увеличивая её диаметр. При этом грунт вытесняется в радиальном направлении и вокруг скважины образуется уплотнённая зона диаметром, равным 3-4 диаметрам скважины.

Некоторые методы бестраншейного строительства можно считать комбинированными, так как они находят применение и в практике бестраншейного восстановления трубопроводов.

Диагностика водопроводных сетей. Оборудование для теледиагностики и инспекции технического состояния трубопроводов. Для надежной работы трубопроводов и сооружений на сети периодически выборочно или планово должно контролироваться их техническое состояние путем диагностического обследования. Сущность комплексного инспекционного обследования заключается в наземном диагностировании трассы, включая места доступа к трубопроводам через колодцы, внутритрубном диагностировании с выявлением дефектов, определением остаточной толщины стенки по всей длине обследуемого трубопровода, геометрии труб, а также возможных аномалий, проявляющихся в период длительной эксплуатации водопроводных сетей.

В настоящее время внутритрубный диагностический контроль состояния потенциальных ремонтных участков производится телевизионными роботами. Современные телевизионные роботы могут совмещать функции диагностики технического состояния трубопроводов и локального (местного) ремонта отдельных его участков. Принята следующая классификация телеинспекционных роботов:

- переносные проталкиваемые телекамеры для оперативной диагностики технического состояния труб диаметром от 40 до 300 мм на расстояние до 100 метров;

- дистанционно-управляемые телекамеры с цветным монитором для диагностики технического состояния труб от 100 до 1200 мм на расстояние до 1000 метров;

- дистанционно-управляемые камеры с сателлитами для одновременного проведения инспекции основного трубопровода и примыкающих к нему по ходу движения ответвлений диаметром 100-200 мм и длиной от 25 до 50 метров;

- специализированные камеры (беспроводные и глубинные для скважин);

Телевизионные роботы могут быть как аналоговыми, так и цифровыми и представляют собой перемещающиеся внутри трубопровода транспортные модули на колесном, гусеничном ходу, салазках или плавающие.

Оборудование для прочистки водопроводных трубопроводов перед реконструкцией. В период эксплуатации водопроводных трубопроводов они могут подвергаться периодической чистке. Эффективная чистка также должна производиться и перед большинством ремонтно-восстановительных работ на сетях. При этом должно исключаться повреждение внутренней поверхности трубы или защитных покрытий. В зависимости от степени зарастания живого сечения трубы можно использовать следующие методы чистки трубопроводов:

– механические с использованием стержневых устройств или спиралевидных скребков;

– механические с использованием цилиндрических поршневых скребков из полиуретана, покрытого ворсистым металлическим патроном;

– водяной или гидромеханический;

– водовоздушный;

– гидравлический на основе использования реактивных головок или гидрокавитационных сопел;

– импульсный;

– гидрохимический – то есть с помощью химических реагентов для удаления железооксидных и карбонатных отложений на основе специально приготовленных растворов;

– ультразвуковой;

– гидробародинамический;

– ледяной – с использованием специально подготовленного льда для сорбции находящихся на внутренней поверхности трубопровода загрязнений и вывода их из системы.

Манометрическая съемка на сети. Манометрическая съемка - измерение напоров на сети. Цель - определение пьезометрических напоров в узлах и потерь напора на участках. Достоверные результаты можно получить при

одновременной съемке в большом числе точек. Часто это практически невозможно сделать без АСУВ. Съемку ведут по зонам сети. На схеме сети тщательно разрабатывают маршрут, намечают характерные точки (минимум 3-10): высокие и низкие отметки земли, крупные потребители, основные пересечения магистралей (не менее 70% точек пересечения), подключение водопитателей, РЧВ и т.п.

Съемку производят для всех характерных режимов работы, минимум - максимальное и минимальное водопотребление, желательно летом. Организация работ: бригада - 3 чел. Время - с 1 до 5 ч и с 11 до 15 ч. По опыту эксплуатации сеть в эти часы работает стабильно. В случае аварийного изменения режима работы съемку прекращают и повторяют в другие сутки в то же время. Измерения выполняют образцовыми манометрами класса точности 0,4-0,6, подключаемыми к сети с помощью штуцера через трехходовой кран либо с помощью стендера. До съемки определяют геодезические отметки осей манометра. Результаты записывают в журнал. На основании полученных данных строят карту изолиний (равных напоров) и пьезометрические линии. В процессе манометрической съемки замеряют гидравлические сопротивления труб и расходы. Известны два способа - с регистрируемым сбросом воды и трех манометров.

Тема 1.2 Капитальный ремонт систем внутреннего водопровода

В большинстве случае капитальный ремонт внутренних систем водоснабжения зданий заключается в замене трубопроводов, арматуры и отдельных инженерных устройств.

Замена трубопроводов может быть связана с необходимостью изменить гидравлические характеристики системы (увеличить пропускную способность), физическом износе существующих систем и оборудования, необходимостью повышения энергоэффективности здания за счет использования современных материалов, современных систем автоматизации водопроводного оборудования.

В России для внутренних трубопроводных систем холодного и горячего водоснабжения до последнего времени в основном применялись стальные трубы и только для гибких подводок к приборам использовались полиэтилен и сплавы меди. Однако многолетний опыт эксплуатации показал, что стальные трубы подвержены коррозии, срок их эксплуатации невелик - 10-15 лет, продукты коррозии ухудшают качество воды и засоряют внутреннюю полость труб, уменьшая их пропускную способность и ухудшая работу арматуры и устройств системы автоматического регулирования. В этой связи необходим поиск альтернативных решений, обеспечивающих работу трубопроводов в процессе эксплуатации без коррозийных разрушений, хотя накопленные десятилетиями традиции затрудняют применение новых решений и требуются значительные усилия для обучения проектировщиков, строителей и эксплуатационников применению новых материалов и технологий.

Новые повышенные требования к комфортабельности жилых зданий, надежности и долговечности трубопроводов инициировали развитие внутренних санитарно-технических систем и поиск новых материалов, альтернативных стали и меди. Еще в 60-е годы в бывшем СССР проводились исследования в области полимерных материалов для использования в системах водоснабжения, водоотведения и отопления, но, к сожалению, до массового производства в те годы дело так и не дошло. С начала 70-х годов пластмассовые трубопроводы начали широко внедряться в практике строительства.

Пластмассовые трубы российского производства из поливинилхлорида, полиэтилена высокой и низкой плотности, полипропилена применялись в системах водоснабжения и канализации и для технологических трубопроводов. В 90-х годах из-за рубежа на рынок пришли полипропиленовые трубы. В настоящее время эти материалы распространяются в первую очередь из Германии (AQUATHERM), Италии (AQUATECHNIK), Чехии (EKOPLASTIK), Турции, а также из Италии (COPRAX). За ними появились и другие виды пластмассовых трубопроводов разных фирм. Это полиэтиленовые трубы

систем: CRONATHERM, REHAU, UNIPIPE - Германия, WIRSBO - Швеция, HENCO - Бельгия, GIACOMINI - Италия, KISAN - Польша, METZERPLAS - Израиль, полибутеновая система UNJVERSA и некоторые другие. В 1996-1997 гг. Минстроем России были приняты изменения к СниП 2.04.01-85 "Внутренний водовод и канализация зданий" и 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование", открывшие возможность широкого применения во внутренних системах холодного и горячего водоснабжения и отопления зданий труб из полимерных материалов. Целью настоящей статьи является анализ применяемости этих материалов на примере промышленно развитых стран Европы.

За последнее десятилетие в этих странах наблюдается рост применения пластмассовых труб для внутренних систем холодного и горячего водоснабжения и отопления, а в некоторых промышленно развитых странах на эти трубы приходится около 60% ежегодно используемого объема труб для нового строительства и ремонта. Учитывая нарастающую активность иностранных фирм в насыщении строительного рынка России пластмассовыми трубами, а также расширение производства пластмассовых труб в самой России, интересно сделать анализ существующего положения. Анализ показывает, что на российском рынке в последние годы предлагается полная номенклатура пластмассовых труб. Во внутренних санитарно-технических системах зданий используются трубы из полиэтилена и сшитого полиэтилена, полипропилена, полибутена, поливинилхлорида, хлорированного поливинилхлорида, а также композиты на основе полиэтилена, полипропилена, и полибутена.

В общем можно утверждать, что все группы полимерных материалов характеризуются одинаковой стойкостью к давлению и температуре. Так, все трубопроводы для горячего водоснабжения должны быть рассчитаны на максимальную рабочую температуру до 75 0С, а для отопления – 90 0С при давлении до 0,6 МПа с учетом 25 лет эксплуатации. Физические же свойства и

способы соединений труб, выполненных из этих материалов, очень различаются.

Самым распространенным материалом для систем холодного водоснабжения является полиэтилен, однако его использование ограничено отсутствием на строительном рынке необходимой номенклатуры соединительных деталей. Одним из наиболее распространенных материалов является сшитый полиэтилен.

Сшивание полиэтилена осуществляется физическим и химическим способами, что позволяет получать материалы с разными потребительскими свойствами. Из всех пластмассовых труб именно трубы из сшитого полиэтилена наиболее широко используются в системах напольного отопления. В Европе спрос на трубы из сшитого полиэтилена оценивается в 218 млн. м, что составляет 53% всех проданных пластмассовых систем труб.

Большинство систем из сшитого полиэтилена может выдерживать температуру 95оС при давлении 1 МПа. Кроме того, эти трубы имеют хорошую гибкость. Стоимость производства труб резко возрастает при изготовлении труб больших диаметров, и это является одной из причин того, что в большинстве случаев их диаметр не превышает 32 мм.

Поиски разработок более дешевых труб по сравнению с трудными в производстве трубами из сшитого полиэтилена привели компанию Dow к созданию труб из линейного полиэтилена низкой плотности "DOWLEX". Трубы "DOWLEX" более дешевые и более гибкие по сравнению со стандартными трубами из сшитого полиэтилена и пригодны к использованию в системах холодного водоснабжения. Этот материал может быть подвергнут сшиванию для усиления, но это в значительной мере сводит на нет его экономические преимущества.

Полипропилен получил наибольшее распространение в системах холодного и горячего водоснабжения. В Европе его используют более 60 млн. м, что составило 27% общего числа всех пластмассовых труб. Преимущество полипропилена в том, что его можно сваривать и соответственно использовать

дешевые соединительные детали. Номенклатура изделий представлена широким набором соединительных деталей, запорной арматуры и труб. Для внутренних систем холодного и горячего водоснабжения используется наиболее теплостойкая разновидность полипропилена - рандом сополимер (тип 3). Трубы делятся на три вида - для холодной воды (номинальное давление 1 МПа (PN10), для горячей (PN20) и армированные алюминиевой фольгой (PN25) для низкотемпературных систем отопления (до 75 0С). При температуре свыше 75 0С эти преимущества становятся менее заметными по следующим причинам:

Для достижения соответствующего уровня эксплуатационных качеств толщина стенок полипропиленовых труб должна быть больше, чем у труб из сшитого полиэтилена, полибутена или хлорированного поливинилхлорида. Использование большого количества материала сводит на нет преимущества в базовой цене полимера;

Полипропиленовые трубы имеют меньшую гибкость, чем трубы из сшитого полиэтилена и полибутена, что является недостатком при использовании их для напольного отопления;

Высокая стоимость комбинированных деталей.

Благодаря относительной дешевизне, простоте монтажа и растущей доступности полипропилену в России прогнозируется значительное расширение рынка. Этому способствует и наличие СП 40-101-96 "Свод правил по проектированию и монтажу трубопроводов из полипропилена рандом сополимер".

Монтаж труб и соединительных деталей из полипропилена осуществляется методом контактной термической сварки враструб, что обеспечивает надежность и простоту соединения. Для соединения с металлическими трубами и запорной арматурой применяются специальные комбинированные детали из полипропилена с вкладышами из латуни или бронзы.

Полибутен - освоенный и хорошо зарекомендовавший себя материал для труб отопления и горячего водоснабжения. Основными преимуществами этих труб является:

– Возможность сваривания;

– Меньшая толщина стенок по сравнению с толщиной стенок пластмассовых труб при одинаковых эксплуатационных характеристиках;

– Более чем 50-летний срок эксплуатации при температуре 70 0С.

Наиболее широко трубы из полибутена применяются в Англии и Германии. Перспективы роста спроса этих труб более скромные, чем труб из сшитого полиэтилена, - в среднем 5-6% в год (при этом в равной степени для систем отопления и водоснабжения). На российском рынке трубы из этого материала предлагают фирмы Aquatherm и Терма-сервис (Gaboterm).

Поливинилхлорид и хлорированный поливинилхлорид - жесткие материалы, используемые в основном в системах водоснабжения и в силу своей высокой химической стойкости - в технологических трубопроводах. Благодаря своей жесткости эти трубы очень эффективны для стояков больших диаметров. Трубы из поливинилхлорида могут эксплуатироваться до 60 0С, а из хлорированного поливинилхлорида - до 95 0С. Эти трубы негорючие и обладают более низким коэффициентом линейного термического расширения по сравнению с трубами перечисленных выше материалов.

Композитные трубы появились на строительном рынке в начале 80-х годов. Однако значительные достижения в технологии их производства определяются тремя факторами:

– Возросшее внедрение на рынок пластмассовых систем;

– Возможность блокирования проникновения кислорода в пластмассовые системы для отопления;

Основное преимущество многослойных композитных труб в системах водоснабжения и отопления - снижение кислородопроницаемости до нормативной и объединение достоинств пластмассовых и металлических труб в одном материале, который имеет хорошую прочность на разрыв в сочетании с

гибкостью и коррозийной стойкостью. Поставка труб производится в бухтах длиной 50-200 м. Режим эксплуатации: давление до 1,0 МПа, температура до 90 0С.

Следует отметить, что многие фирмы выпускают композитные трубы, имеющие барьер для предотвращения диффузии кислорода из этиленвинилового спирта. Толщина такого слоя, нанесенного на наружную поверхность трубы, - 0,2 мм.

Большинство композитных трубных систем на рынке представляет собой комбинацию сшитой полиэтилен-алюминий. Однако производители труб из полипропилена уже выпускают трубы с противодиффузионной прослойкой из алюминия для систем отопления. На рынке уже имеются композитные трубы полипропилен-алюминий с наружными диаметрами 16, 20, 25, 32 и 40 мм. Слой алюминия наносится на наружную поверхность трубы, а снаружи на алюминий в свою очередь наносится тонкий защитный слой полимера. При соединении таких труб раструбной контактной сваркой наружный и алюминиевый слои срезаются на длину, равную глубине раструба.

Хотя композитные трубы используются как для систем водоснабжения, так и отопления, вероятно, наиболее быстрыми темпами будет развиваться использование их для радиаторного отопления, на которое в настоящее время приходится 45% всех продаж. Не сваривающиеся трубы из сшитого полиэтилена, а также трубы из композитных материалов могут соединяться только с помощью неразъемных механических соединительных деталей.

Трубы из полиэтилена, полипропилена и полибутена могут свариваться контактной тепловой сваркой враструб. Технологические особенности этого способа сварки применительно к рассматриваемым системам освещены в СН 478-80* "Инструкция по проектированию и монтажу сетей водоснабжения и канализации из пластмассовых труб" и СН 40-101-96 "Свод правил по проектированию и монтажу трубопроводов из полипропилена рандом сополимер".

Сварка труб из полибутена в значительной степени аналогична сварке труб из полиэтилена и полипропилена.

Трубы из поливинилхлорида и хлорированного поливинилхлорида склеиваются и технология этого процесса давно освоена российскими строителями. Большая номенклатура разъемных и неразъемных соединительных деталей позволяет применять перечисленные выше трубы.

Гибка труб. При монтаже и ремонте систем внутреннего водопровода остро встает необходимость монтажа угловых поворотов. Для поворотов можно использовать всевозможные фитинги, но тогда возможно возникновение течи, а иногда это просто недопустимо из эстетических соображений. Более привлекательный внешний вид и высокую надежность обеспечивает гибка труб — процесс, не нарушающий их целостность.

Каждый металл обладает своими особенностями, без их учета невозможно придать металлическому прокату сложную форму. На изгибаемую трубу воздействуют радиальные и тангенциальные силы. Первые деформируют сечение, а последние способствуют появлению складок. Основное требование к окончательному результату — сечение трубы должно остаться без изменений, а на стенках не должно быть гофр. Гибка позволяет свести к минимуму число сварных швов при прокладке трубопроводов со всяческими отводами.

Исходя из требуемого угла загиба, материала и диаметра трубы, гибку можно осуществить вручную или с применением специального оборудования. Различают также горячую и холодную гибку, с наполнением полости трубы и без ее наполнения. После прекращения воздействия нагрузки возникает такое явление, как пружинение, прямо пропорциональное модулю упругости материала. Величина возможной деформации также зависит от примененного метода гибки и геометрии объекта.

Специфика горячей технологии. Выбирают этот метод, когда нужно согнуть трубу диаметром от 10 см. Деформируют трубы горячим способом как вручную, так и с применением механизмов. Существует такое понятие, как минимальный радиус изгиба. Протяженность зоны трубы, которую необходимо

нагреть, определяют исходя из диаметра трубы и угла изгиба. При этом закругление не может быть меньшим, чем диаметр трубы, умноженный на 3.

Чтобы согнуть трубу, ее нужно нагреть до 900ºС. Оптимальная температура для начала гибки 760ºС, а на конец — 720ºС. При пережоге ухудшаются прочностные характеристики материала.

В процесс горячего изгиба входит несколько операций:

– изготовление шаблона;
– набивка песком;
– разметка участка;
– нагрев;
– изгибание.

Чтобы не деформировалось сечение трубы и на внутренней ее части в месте изгиба не образовывались сладки, внутреннее пространство набивают кварцевым песком.

Предварительно песок сушат и прокаливают, с целью удалить органические примеси при температуре от 150 до 500ºС, а после пропускают через мелкое решето с размером ячеек 3,3 х 3,3 мм. Перед тем как начать набивку трубы, нужно заглушить один ее конец.

В качестве заглушек применяют деревянные или металлические пробки, имеющие отверстие для выхода газов. Мелкий и влажный песок использовать нельзя, т.к. первый при термическом воздействии спекается и крепко пристает к стенкам труб.

Второй, в результате образования пара, способствует возникновению высокого внутреннего давления, что может стать причиной вылета пробки. Недопустимо наличие в набивке камешков, они могут продавить стенку трубы.

Процесс набивки трубы очень трудоемкий, поэтому ее транспортируют к вышке и придают ей слегка наклонное или вертикальное положение. Так как качество изгиба находится в прямой зависимости от уплотнения набивки, трубу на протяжении процесса непрерывно обстукивают. Глухой звук свидетельствует о хорошем наполнении заготовки.

Перед тем как приступить непосредственно к главной операции, на набитой песком трубе прорисовывают участки будущих изгибов, приложив шаблон. Нагревают трубы в печах или горнах. Сгибают как вручную, так и механизированным способом.

В последнем случае используют специальные плиты, оснащенные упорными стойками, с помощью которых фиксируется нагретый участок трубы и прижимами, служащими для удержания конца трубы на плите. На противоположный торец трубы надевают трос, натяжение которого с помощью лебедки или шпиля и заставляет трубу изгибаться.

Чтобы стенки трубы не деформировались, в пространство стойка-труба помещают прокладки — прямые или изогнутые. Свободный конец с надетым на него тросом подстраховывается при помощи подставки. Во время процесса осуществляют контроль геометрии трубы, периодически прикладывая к ней шаблон.

Изогнув трубу под нужным углом, из нее удаляют пробки путем выжигания или просто выбивают их. Песок высыпают, трубу очищают и промываю. Выполняют окончательную проверку изгиба при помощи шаблона.

Гибка холодным методом. Для изменения конфигурации труб небольших диаметров используют различные ручные приспособления, для больших — механизированные трубогибы. В домашних условиях чаще всего требуется гибка водогазопроводных стальных труб, применяемых в устройстве систем водоснабжения и отопления. Гибка трубы под 90º называется отводом, 180º — калач, с образованием уступа — утка, в виде петли — скоба. Для ручной гибки существуют и другие приспособления. В домашних условиях для изготовления змеевика для нагрева воды, трубку из нержавейки диаметром около 20 мм просто наматывают на отрезок трубы большого диаметра. Предварительно на большую трубу наваривают скобу, укладывают ее на опоры и зажимают.

Трубку плотно набивают песком и закрывают пробками, затем вставляют в скобу и начинают навивку. Трубу, используемую в качестве шаблона, нужно

прокручивать, поэтому потребуются усилия как минимум двух человек. Закончив навивку, змеевик ровняют.

ля гибки медных, а также латунных труб применяют как горячий, так и холодный методы. При выборе первого в качестве внутреннего наполнителя выбирают песок, второго — расплавленную канифоль. Технология гибки такая же, как и для труб из стали.

Трубная продукция из меди и латуни перед холодной гибкой подлежит отжигу с последующим охлаждением. Диапазон температур для обоих материалов одинаков — от 600 до 700ºС. Разница в охлаждающей среде — медь помещают в воду, а латунь охлаждается на воздухе.

После завершения процесса канифоль удаляют путем ее выплавки. Чтобы не допустить разрыва трубы, процесс ни в коем случае не начинают с середины трубы, только с концов. В качестве приспособлений для гибки используют как простые инструменты, так и сложное станочное оборудование.

Ручные трубогибы работают за счет физических усилий человека, а гидравлические сводят эти усилия к минимуму. И те, и другие укомплектовывают сменными насадками для возможности подбора нужного диаметра.

С трубами медными и латунными работать значительно легче, чем со стальными, но деформация металла при изгибе происходит по тем же законам физики. На изгибаемом участке наружная поверхность испытывает растяжение, в результате чего стенки истончаются.

Внутри трубы происходят обратные процессы — стенка сжимается и становится толще. Существует риск превращения круглого сечения в овал и уменьшения условного прохода, поэтому нельзя приступать к гибке, не приняв мер, предотвращающих эти явления.

Ремонт арматуры. По назначению трубопроводную арматуру можно классифицировать по следующим видам:

-*запорную* (для выключения отдельных участков трубопроводов или целой системы);

-*регулирующую* (для регулирования объемов транспортируемой среды);

-*предохранительную* (для ограничения давления среды);

-*водоразборную* (для разбора воды, в том числе и на пожарные нужды);

-*аэрационная* (вантузы для впуска и выпуска воздуха в трубопровод);

Арматура может предназначаться только для одной среды (воды, пара, газа) или быть универсальной. По типу присоединения к трубопроводу она подразделяется на фланцевую, муфтовую и цапковую. В зависимости от назначения и условий эксплуатации арматура изготовляется из серого и ковкого чугуна, стали, бронзы, латуни или полимерных материалов.

Основным способом изготовления деталей арматуры является литье. Для придания отливкам окончательных размеров и формы их обрабатывают на металлорежущих станках. Например, в отливках растачивают отверстия, нарезают резьбу, фрезеруют торцы фланцев.

Маркировку арматуры выполняют на фирменной табличке, в которой указывают: товарный знак или наименование завода-изготовителя, условное давление $P_у$ диаметр условного прохода $D_у$, стрелку-указатель направления потока среды, марку или условное обозначение материала корпуса, изготовленного из стали со специальными свойствами.

Условное обозначение арматуры, принятое Центральным конструкторским бюро арматуростроения (ЦКБА), состоит из последовательно повторяемых цифр и букв, например Пчббк. Первые две цифры в обозначении указывают условный номер группы арматуры (ниже приведены группы некоторой трубопроводной арматуры и их условный номер), следующая за ними одна или две буквы показывают материал корпуса (сталь: углеродистая — с, легированная — лс, коррозионно-стойкая — нж; чугун: серый — ч, ковкий — кч; латунь, бронза—б; алюминий — а; винипласт — вп; прочие пластмассы — п); далее стоят цифры, которые указывают конструктивную особенность изделия в пределах группы, фигуру изделия; последняя буквенная характеристика указывает материал уплотнительных поверхностей затвора.

По герметичности затворов арматура подразделяется на три класса: I, II и III (таблица 1.2.1).

Таблица 1.2.1

Технические характеристики арматуры

Класс герметичности	Назначение	Среда при испытании на герметичность
I	Арматура на $P_y \geq 20$ МПа для опасных сред, энергетических и ответственных установок, а также концевая арматура	Вода, керосин, воздух
II	Арматура на $P_y \geq 20$ МПа для безопасных сред	Вода, воздух
III	Арматура на $P_y \geq 4$ МПа для безопасных сред	Вода

Причины выхода арматуры из строя. С течением времени из-за сложных условий эксплуатации, негативного влияния температурно-влажностного режима и, отчасти, низкого качества чугуна запорная и регулирующая арматура может выйти из строя. Наиболее характерными дефектами арматуры являются: поломка стойки гнезда крепления гайки клина (рисунок 1.2.1.), износ резьбы и разлом гайки (рисунок 1.2.2.), отслоение и разрушение резинового покрытия клина и отрыв резьбовой части корпуса клина (рисунок 1.2.3.), зарастание внутренней полости задвижки продуктами коррозии (рисунок 1.2.4.), разрушение фланца, коррозия корпуса и болтов (рисунок 1.2.5.), неполное закрытие маховика задвижки из-за перекоса клина (рисунок 1.2.6.), неполное перекрытие живого сечения из-за перекоса клина (рисунок 1.2.7.) и другие.

Рис. 1.2.1. Поломка стойки гнезда крепления гайки клина

Рис. 1.2.2. Износ резьбы и разлом гайки

Рис. 1.2.3. Отслоение и разрушение резинового покрытия клина и отрыв резьбовой части корпуса клина

Рис. 1.2.4. Зарастание внутренней полости задвижки продуктами коррозии

Рис. 1.2.5. Разрушение фланца, коррозия корпуса и болтов

Рис. 1.2.6. Неполное закрытие маховика задвижки из-за перекоса клина

Рис. 1.2.7. Неполное перекрытие живого сечения из-за перекоса клина

Основные мероприятия по ремонту арматуры заключаются в замене отдельных узлов (сальников, маховиков и т.д.). Однако в большинстве случаев арматура при реконструкции трубопроводов заменяется на новую, более современную с повышенным сроком службы.

Методы определения степени износа, морального старения оборудования и трубопроводов. Определение степени износа выполняется по ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Обследование технического состояния инженерного оборудования

Обследование технического состояния систем инженерного оборудования проводят при комплексном обследовании технического состояния зданий и сооружений.

Обследование инженерного оборудования и его элементов заключается в определении фактического технического состояния систем, выявлении дефектов, повреждений и неисправностей, количественной оценке физического и морального износа, установлении отклонений от проекта.

Оценку технического состояния инженерных систем зданий и сооружений проводят с учетом средних нормативных сроков службы элементов и инженерных устройств. Физический износ системы определяют как сумму средневзвешенного износа элементов.

Моральный износ систем инженерного оборудования определяют несоответствием его эксплуатационных качеств современным нормативным требованиям или отсутствием какого-либо инженерного оборудования без наличия заменяющего его по функциональному назначению. Количественную оценку морального износа проводят методом определения размеров затрат на устранение износа в процентах от восстановительной стоимости здания.

При детальном обследовании систем отопления, горячего и холодного водоснабжения проводят оценку коррозионного состояния трубопроводов и нагревательных приборов. Коррозионное состояние оценивают по глубине максимального коррозионного поражения стенки металла и по среднему значению сужения сечения труб коррозионно-накипными отложениями в сравнении с новой трубой.

В этом случае образцы отбирают из элементов системы (стояков, подводок к нагревательным приборам, нагревательных приборов). По образцам определяют максимальную глубину коррозионного поражения и значение сужения "живого" сечения. При отборе и транспортировании образцов-вырезок необходимо обеспечить полную сохранность коррозионных отложений в трубах (образцах). На вырезанные образцы составляют паспорта, которые вместе с образцами направляют на лабораторные обследования.

Число стояков, из которых отбирают образцы, должно быть не менее трех. При обследовании системы с замоноличенными стояками образцы для анализа отбирают в местах их присоединения к магистралям в подвале.

Число подводок, из которых отбирают образцы, должно быть не менее трех, идущих от стояков в разных секциях и к разным отопительным приборам.

Допустимое значение максимальной относительной глубины коррозионного поражения труб следует принимать равным 50% значения толщины стенки новой трубы.

Допустимое значение сужения трубопроводов коррозионно-накипными отложениями следует принимать в соответствии с гидравлическим расчетом для труб, бывших в эксплуатации (значение абсолютной шероховатости - 0,75 мм).

Тема 1.3 Обеспечение ресурсо- и энергосбережения при реконструкции внутреннего водопровода.

В настоящий момент проектировщиками решается ряд задач, которые позволяют интенсифицировать процесс проектирования и принимать оптимальные решения по вопросам реновации трубопроводного транспорта. К таким задачам, воплощенным в автоматизированные комплексы, можно отнести следующие.

I. Выбор объекта проектирования ремонтно-восстановительных работ на водопроводных и водоотводящих сетях:

– автоматизированная программа выбора объекта реконструкции на водопроводной сети города;

– автоматизированная программа выбора объекта реконструкции на водоотводящей сети города.

II. Выбор оптимального метода восстановительных работ на действующих водопроводных и водоотводящих сетях.

III. Обработка результатов гидравлических экспериментов на напорных трубопроводах из новых материалов.

IV. Обработка результатов гидравлических экспериментов на безнапорных трубопроводах из новых материалов.

V. Определение минимальной толщины стенки участка проектируемого стального трубопровода.

VI. Расчет ресурса действующих стальных трубопроводов по остаточной толщине стенки.

VII. Автоматизация проведения прочностных расчетов ветхих напорных и безнапорных трубопроводов, восстанавливаемых полимерным рукавом.

VIII. Автоматизация проведения прочностных расчетов системы трубопроводов при забутовке межтрубного пространства.

IX. Автоматизированный анализ гидравлической совместимости участков безнапорных трубопроводов из различных материалов при проектировании ремонтно-восстановительных работ на сети.

X. Оценка потенциала энергосбережения на водопроводных сетях, восстанавливаемых бестраншейными методами.

Для того, чтобы сложилось представление о возможностях некоторых разработанных программных комплексах, ниже представлена их краткая характеристика. В качестве инструмента анализа представлены первые диалоговые окна некоторых из числа перечисленных автоматизированных программ.

Для водоканалов России актуальными являются программы выбора первоочередного объекта реновации и оптимального метода восстановительных работ на действующих водопроводных и водоотводящих сетях.

Одним из таких программных комплексов является автоматизированная программа выбора объекта проектирования ремонтно-восстановительных работ на водопроводных и водоотводящих сетях. Пользователь работает с паспортами участков сети, где на основе обширной исходной информации, производится расчёт и выбор искомого участка реновации, т.е. наиболее ущербного в техническом отношении участка водопроводной или водоотводящей сети,

который должен быть в первую очередь подвергнут восстановлению. В качестве критерия рассматривается максимальный балл ранжирования, расчёт которого заложен в алгоритме программы на основе графово-матричного метода взаимовлияния дестабилизирующих факторов.

Другим программным комплексом является автоматизированная программа поиска методов восстановления трубопроводов из числа возможных. Целью такого комплекса является оперативное определение оптимального метода реновации водопроводных или водоотводящих сетей в зависимости от характера имеющихся дефектов, диаметра и материала восстанавливаемого трубопровода, режима работы трубопровода (напорный, безнапорный). В задачи пользователя автоматизированным программным комплексом входит внесение соответствующей исходной информации (рисунок 1.3.1.). В качестве выходной формы выводится список потенциальных методов реновации, расположенных в порядке убывания коэффициента средневзвешенного суммарного значения показателей, расположенных в цикле оптимизации и рассчитываемых на базе стоимостного, технического, технологического, временного и гидравлического факторов. Получаемая информация является документом-советчиком для специалиста, который на базе представленных результатов останавливается на окончательном варианте метода реновации.

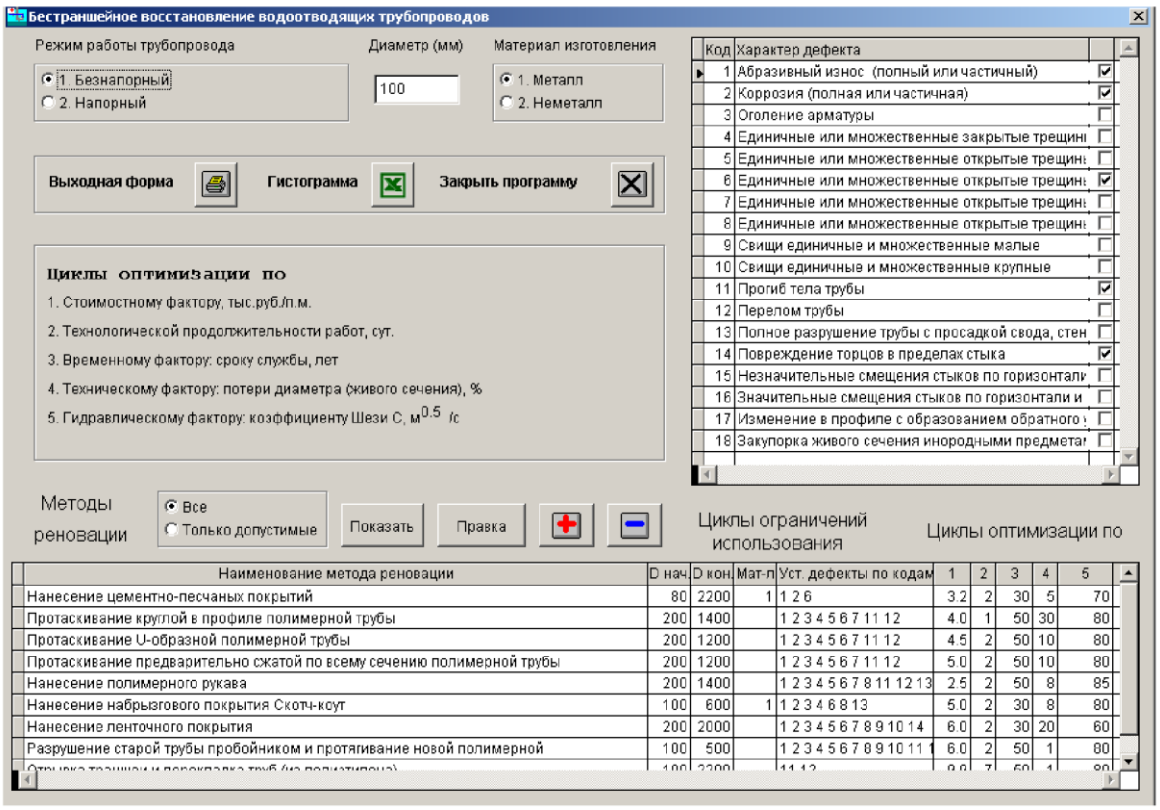


Рис. 1.3.1. Диалоговое окно программы выбора оптимального метода реновации трубопроводных сетей

Третьим программным комплексом является автоматизированная программа проведения прочностных расчетов системы трубопроводов при забутовке межтрубного пространства (рисунок 1.3.2.). Наличие данной программы у проектировщиков и строителей позволят пользователям предварительно оценить прочностные возможности трубопроводной системы, а именно: определить выдержит ли система ветхого восстанавливаемого трубопровода с протаскиваемой в него полимерной трубой с различными значениями SDR (отношение диаметра к толщине стенки трубы) усилий, которые возникают при заполнении межтрубного пространства цементно-песчаным или другого типа раствором и какие при этом будут радиальные напряжения, воспринимаемые протянутым в старую трубу полимерным трубопроводом. Конечным итогом программы является проверка несущей способности новой конструкции и степень возможной овализации при равномерной и неравномерной забутовке межтрубного пространства, а также

способность противостоять всплытию при наличии горизонта подземных вод над трубопроводом.

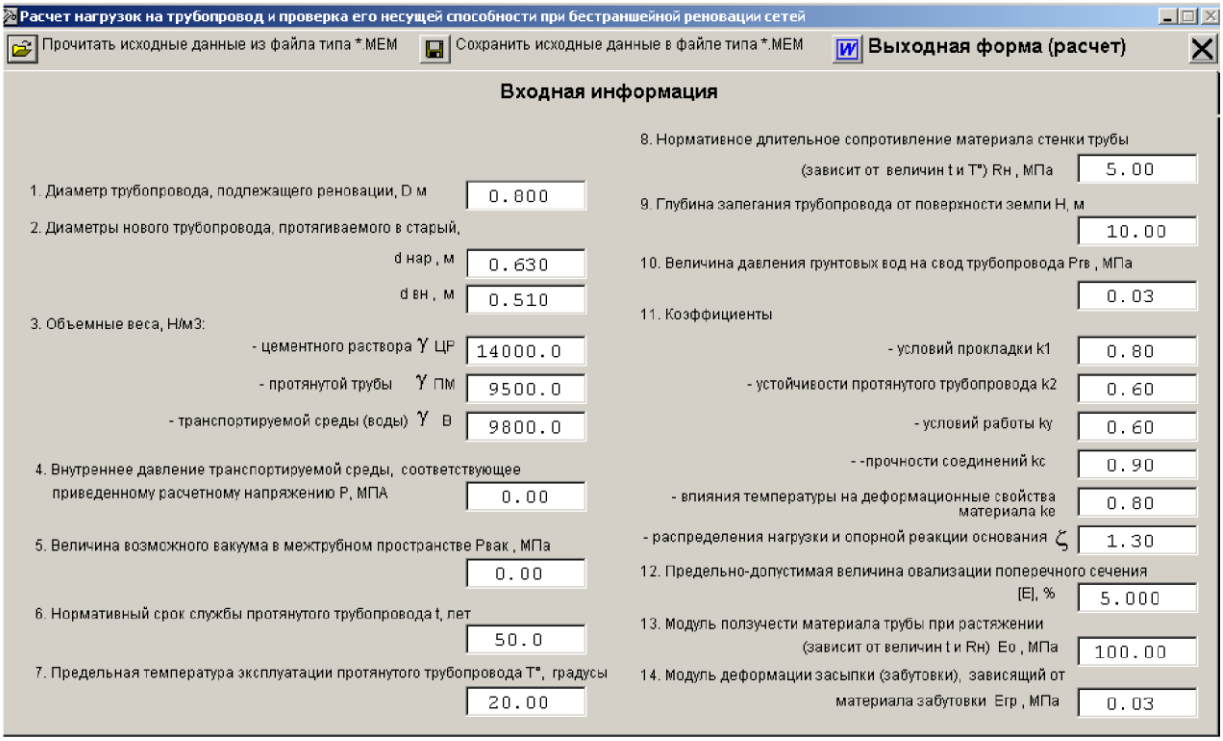


Рис. 1.3.2. Диалоговое окно прочностного расчёта при заполнении межтрубного пространства строительными растворами

Представленные программные комплексы запатентованы и выборочно используются в научно-исследовательских целях аспирантами, магистрантами и студентами НИУ МГСУ. В настоящий момент такие программы являются базовыми для решения задач, связанных с проектированием, строительством и реновацией трубопроводного транспорта.

Моделирование работы магистральных и распределительных водопроводных сетей в период реконструкции. В настоящий момент в строительной отрасли при решении вопросов, связанных с проектированием, модернизацией, реконструкцией и эксплуатацией объектов насыщенной наземной и подземной городской инфраструктур, к которым в полной мере можно отнести трубопроводные коммуникации различного назначения, остро встают вопросы оперативного принятия решения и анализа ситуации. В данном случае подспорьем могут выступать автоматизированные комплексы, которые не только ускоряют принятие тех или иных проектных решений, но и являются

своеобразным советчиком инженера, ответственного за конечный результат соответствующих разработок.

Говоря о морально и физически устаревших (свыше 60 % износа) инженерных сетях систем водоснабжения уже невозможно представить себе отсутствие современных методов проектирования, моделирования, компьютерной обработки научных экспериментов и получения оптимальных решений, позволяющих исследователю (пользователю) и проектировщику принять наиболее правильные пути реализации проблем или предложить широкую или узкую гамму специфических технически и экологически приемлемых и наиболее экономичных решений.

Перед проектировщиком и эксплуатационным персоналом водоканалов часто встают проблемы выбора наиболее ущербного из числа неудовлетворительно работающих участков трубопроводной сети, а также оптимального метода его восстановления, в том числе с помощью современных бестраншейных технологий реновации трубопроводов и сооружений на сети. К актуальным вопросам следует отнести также определение толщины стенки проектируемых трубопроводов и ресурса эксплуатирующихся в течение нескольких лет (даже десятилетий) не только с точки зрения прочности, но и с учетом окружающей природной и техногенной среды.

Заслуживают внимание и вопросы применения новых ремонтных материалов на трубопроводных сетях, которые на данный момент могут быть недостаточно изученными в плане исследования их реальных гидравлических характеристик и оценки эффективности совместной работы со старыми участками трубопроводных сетей пока не подвергнутых реновации.

Составной частью тактики реновации водопроводных сетей является создание условий беспрепятственного прохождения жидкости от участка к участку, т.е. максимального обеспечения эффективной совместной работы старых и восстановленных участков. Другими словами, при ориентации на использование бестраншейных технологий строительства и реконструкции трубопроводного транспорта с использованием соответствующих ремонтных

материалов (защитных покрытий), требуется обязательная проверка восстановленных и действующих участков напорных и самотечных трубопроводов на гидравлическую совместимость, под которой для водопроводных сетей следует понимать обеспечение и поддержание в период эксплуатации трубопроводов требуемых проектом потерь напора в кольцевых контурах независимо от ремонтного материала и диаметра используемых труб, а для безнапорных обеспечение и поддержание определенных величин скоростей течения сточной жидкости от участка к участку по направлению движения потока.

Говоря о гидравлической совместимости безнапорных сетей, имеется в виду, что независимо от используемого ремонтного материала (отдельной трубы или защитного покрытия на ремонтном участке) скорость течения жидкости на всем протяжении трубопровода не должна снижаться, оставаясь или постоянной или возрастать от участка к участку. Только при соблюдении этих условий возможно обеспечить нормальный режим работы и эксплуатации безнапорных сетей, снижая риск локальных подтоплений, который может возникнуть при нарушении скоростей течения и выпадения в результате этого взвешенных веществ (песка), что может привести к гидравлическому дисбалансу (термин противоположный гидравлической совместимости).

Таким образом, для оценки ситуации необходимо наличие сведений о гидравлических характеристиках старых и новых ремонтных материалов (цементно-песчаных покрытий, полимерных защитных покрытий, новых типов полимерных труб и т.д.), тем более, что на сегодняшний день, когда наблюдается широкое внедрение новых строительных материалов в практику ремонта трубопроводов, обнаруживается отсутствие универсальных подходов к определению гидравлических показателей различных типов облицовок и единых методов оценки гидравлической совместимости восстановленных и невосстановленных участков действующих трубопроводных сетей. В некоторых ситуациях практика проектирования вынуждена из-за отсутствия объективных данных по гидравлическим характеристикам новых материалов

защитных покрытий руководствоваться методиками гидравлических расчетов, прочностными и гидравлическими показателями, представленными производителями труб, что не может являться объективным аргументом в пользу применяемого покрытия. В связи с этим возрастает роль независимых экспертиз, позволяющих унифицировать требования и подходы к определению специальных показателей материалов и адаптации их к материалу действующего трубопровода.

В практике проектирования ремонтно-восстановительных работ на трубопроводной сети часто приходится решать задачи прочностного расчёта двухслойных трубных конструкций «старый трубопровод + внутреннее защитное покрытие». Эти вопросы касаются всех материалов труб. Ниже рассмотрен пример решения подобных задач для стального трубопровода, восстановленного полимерным рукавом.

Как известно, подземные трубопроводы работают под постоянным стрессом, воспринимая комплекс нагрузок: горное давление, транспортную нагрузку на земной поверхности, собственный вес, давление грунтовых вод и внутреннего наполнителя, постоянные и временные нагрузки от близкорасположенных фундаментов зданий и сооружений, высокие скорости течения транспортируемых потоков, истирающих со временем внутреннюю поверхность и другие. Эти обстоятельства приводят в конечном итоге к появлению ряда дефектов и в конечном итоге потере способности труб выполнять возложенную на них функцию эффективной транспортировки воды без угрозы подтоплений и загрязнения окружающей трубопровод природной среды.

Широкое распространение благодаря возможности эффективной локализации различного рода дефектов и возможности восстановления несущей способности трубопроводов получили рукавные технологии бестраншейного ремонта. После восстановления трубопровода полимерным рукавом он становится двухслойным (многослойным).

Исследователями условно выделены три характерных эксплуатационных состояния старого трубопровода, подвергающегося восстановлению полимерным рукавом.

В первом эксплуатационном состоянии многослойных труб полимерный рукав выполняет роль изолирующей внутренней конструкции и деформируется совместно со старым трубопроводом, являющимся несущей конструкцией и имеющим, например, в качестве повреждений незначительные расхождения раструбных соединений. Параметры полимерного рукава могут быть определены из условия устойчивости многослойной трубы с механическими характеристиками, приведёнными к характеристикам полимерного рукава. В основном полимерная облицовка в этом эксплуатационном состоянии предназначена для противостояния давлению грунтовых вод и проникновению их в трубопровод.

Во втором эксплуатационном состоянии многослойных труб старый трубопровод имеет малую степень деформации и продольные трещины, а полимерный рукав может деформироваться с частичным отслоением от трубопровода (с образованием вмятин), т.е. его параметры могут быть определены из условия местной устойчивости полимерного рукава. Отслоение рукава может быть объяснимо невозможностью долговременного плотного сцепления облицовки и старого трубопровода в сложных условиях влияния внешнего давления грунтовых вод на трубопроводную систему и просачивания воды через трещины на границу между облицовкой и внутренней поверхностью старого трубопровода.

В третьем эксплуатационном состоянии многослойных труб старая труба оценивается как сильно изношенная и потерявшая свою жёсткость и форму кольца по причине избыточных давлений, коррозии, химических воздействий, появления многочисленных трещин (продольных поперечных винтовых и т.д.). Полимерный рукав в условиях третьего эксплуатационного состояния деформируется независимо от старого трубопровода и его параметры могут

быть определены из условия общей устойчивости как самостоятельной конструкции.

Опуская громоздкие прочностные расчёты, с которыми студент знакомится при проведении лабораторных работ, перейдём к автоматизированным программным комплексам, реализующим алгоритм прочностного расчёта для конструкции «сталь + защитное покрытие». В автоматизированной программе предусматривается наличие: заставки; входной информации в виде бланков исходных (паспортных) данных о состоянии трубопровода и справочных данных по прочностным характеристикам материалов (трубопровода и рукавного материала).

Для прочностного расчета по определения толщины стенки двухслойной трубы «сталь + защитное покрытие» как самостоятельной несущей конструкции вначале производится оценка остаточного ресурса стального трубопровода по толщине стенки.

Если в результате автоматизированного расчета остаточный ресурс напорного трубопровода определен как нулевой, то это указывает либо на его замену новым или на необходимость восстановления прочностных характеристик, которые в период длительной эксплуатации полностью исчерпались. Согласно алгоритму для оценки прочности новой двухслойной трубной конструкции «сталь+полимерный рукав» необходимо выполнение четырех последовательных этапов:

1. Расчет на устойчивость двухслойного трубопровода с определением:

-диапазона изменения параметра R/d при известных значениях остаточной толщины ветхой стальной трубы (где R – внешний радиус трубы; d – суммарная толщина стенки двухслойной трубы);

-толщины стенки полимерного рукава (с соответствующим значением модуля упругости);

-приведенной по жесткости к металлу толщины полимерного рукава;

2. Прочностной расчет по предельным состояниям на растяжение в лотковой части двухслойного трубопровода.

3. Прочностной расчет по предельным деформациям (прогибам) в своде двухслойного трубопровода.

4. Проверка на устойчивость полимерного рукава как самостоятельной конструкции при воздействии внешнего давления (грунтовых вод).

Входная информация представляется в следующем виде.

Внешний диаметр участка трубопровода, м

Глубина залегания трубопровода (от поверхности земли до лотка), м

Высота грунтовых вод над лотком трубы, м

Внутреннее давление воды в трубопроводе, м вод. ст. или т/ м2

Проектная (начальная) толщина стенки трубопровода, мм;

Остаточная толщина стенки трубопровода (по данным диагностики), мм

Проектная толщина полимерного рукава, мм

Объемный вес материала трубы, т/м3

Объемный вес грунта, т/м3

Объемный вес транспортируемой воды, т/м3

Усредненный объемный вес полимерного рукава, т/м3

В качестве справочных данных входной информации вводятся следующие сведения:

Предел текучести стали, МПа

Модуль упругости для стали, т/м2

Модуль упругости для полимерного рукава, т/м2

Модуль деформации грунтового массива, т/м2

Коэффициент Пуассона для стали

Коэффициент Пуассона для грунта

Продольные предельные наклоны земной поверхности

Продольные деформации земной поверхности

Выходная информация представляется в виде четырех форм:

Форма 1 – Результаты расчета из условий устойчивости многослойного трубопровода;

Форма 2 – Результаты расчета из условий прочности в лотке многослойного трубопровода;

Форма 3 – Результаты расчета из условий деформации в своде многослойного трубопровода;

Форма 4 – Результаты расчета из условий устойчивости полимерного рукава как самостоятельной конструкции при отслоении и овализации.

Диктующим вариантом принятия толщины стенки полимерного рукава являются результаты по Форме 4 «Расчёт на устойчивость полимерного рукава как самостоятельной конструкции при отслоении и овализации», где откорректированная толщина стенки полимерного рукава принимается равной не менее 35,7 мм, тогда как в других формах (например, по Форме 1) результирующая толщина стенки полимерного рукава при пересчете со стартового значения 12 мм составила 23,62 мм.

Базовым проектным решением является водопроводная сеть из чугунных труб. Сеть эксплуатировалась в течение 20 лет и, в связи с выявленными дефектами, подлежала ремонтно-восстановительным работам. В качестве альтернативных методов бестраншейной реновации участков старой чугунной трубопроводной сети и водоводов предлагается два варианта:

-использование полимерного рукава, наносимого на внутреннюю поверхность всех участков водопроводной сети, включая водоводы (т.е. сплошная реновация);

-то же, но исключая водоводы, которые восстанавливаются путем протягивания в них полиэтиленовых труб ПЭ 100 наружным диаметром 500 мм.

Последний вариант может рассматриваться в качестве комбинированного варианта.

Расчетные значения удельного сопротивления А указанных защитных покрытий получены эмпирическим путем на экспериментальном гидравлическом стенде лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения НИУ МГСУ. Расчетные значения удельного сопротивления А полимерного

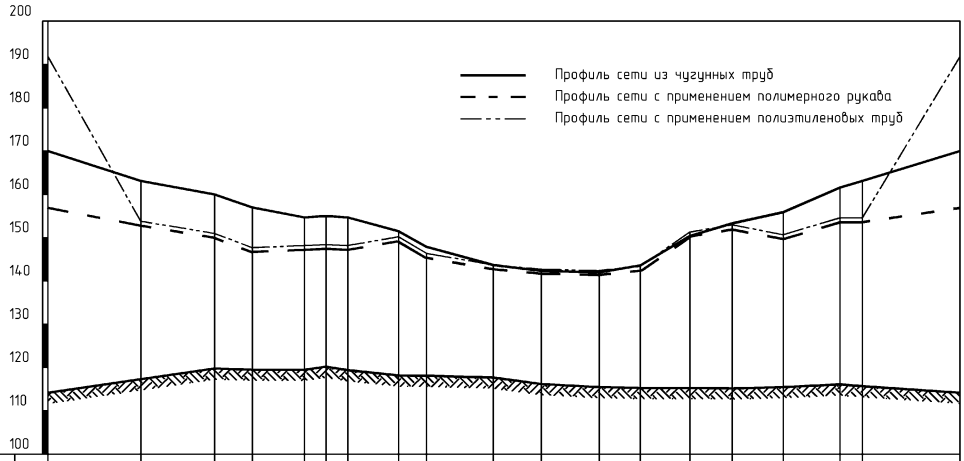
рукава для соответствующей гаммы исходных диаметров от 200 до 700 мм при толщине рукава 10 мм подсчитаны по формуле $A=5\cdot10^{12}\cdot d^{-5,2791}$.

Поставленная задача по гидравлическому расчету водопроводной сети, в соответствии с предлагаемыми методами реновации выполнена с применением программного комплекса Самарской государственной архитектурно-строительной академии. Полученные результаты расчетов дают оперативную оценку сплошной реновации чугунной водопроводной сети полимерным рукавом и методом протаскивания полиэтиленовой трубы в напорные водоводы, соединяющие НС-II и водопроводную распределительную сеть. После проведения расчетов в автоматизированном режиме были построены пьезометрические линии базового варианта, а также профилей двух альтернативных вариантов при проведении ремонтно-восстановительных работ путем использования полимерного рукава и протаскивания полиэтиленовых труб (рисунок 1.3.3.).

Интерпретируя полученные данные, полученные в результате гидравлического расчета сети при двух альтернативных вариантах, необходимо отметить следующее:

-бестраншейная реновация чугунных трубопроводов полимерным рукавом приводит к тому, что за счет меньших величин гидравлических сопротивлений полимерного материала уменьшаются требуемые давления насосов НС-II, а следовательно могут быть уменьшены энергозатраты на подачу воды потребителям;

-бестраншейная реновация чугунных трубопроводов комбинированным методом с использованием полимерных рукавов для восстановления участков трубопроводной сети и полиэтиленовых труб в качестве ремонтных материалов напорных водоводов от НС-II до сети приводит к резкому увеличению давления на насосах второго подъема за счет значительного гидравлического сопротивления полиэтиленовой трубы относительно малого диаметра. Это свидетельствует о значительном гидравлическом дисбалансе или гидравлической несовместимости



Номер участка		НС	2	3	4	11	вб	11	12	17	18	19	20	15	14	8	7	6	1	НС
Отметка земли, м		114,2	117,3	119,8	119,5	119,4	120,2	119,4	118,2	118,1	117,7	116,2	115,5	115,3	115,4	115,2	115,5	116,1	115,7	114,2
Длина участка, м			2140	1703	872	1203	500	500	1174	642	1548	1107	1335	952	1141	980	1179	1311	518	2250
Трубы чугунные	h, м		6,93 →	3,12 →	2,95 →	2,37 →	0,32 ←	0,32 →	3,13 →	3,62 →	4,23 →	1,39 ←	0,28 ←	1,63 ←	6,81 ←	2,82 ←	2,66 ←	5,63 ←	1,55 ←	6,94 ←
	П, м	170,0	163,1	160,0	157,0	154,7	155,0	154,7	151,5	147,9	143,7	142,3	142,0	143,6	150,4	153,3	155,9	161,6	163,1	170,0
	Нсв, м	55,8	45,8	40,2	37,5	35,3	34,8	35,3	33,3	29,8	26,0	26,1	26,5	28,3	35,0	38,1	40,4	45,5	47,4	55,8
Трубы чугунные с полимерным рукавом	h, м		3,35 →	1,64 →	1,66 →	1,27 →	0,21 ←	0,21 →	1,63 →	2,02 →	2,67 →	1,04 ←	0,25 ←	1,01 ←	4,28 ←	1,54 ←	1,48 ←	3,12 ←	0,75 ←	3,35 ←
	П, м	157,9	153,8	151,0	147,7	148,2	148,4	148,2	150,2	146,4	143,7	142,7	142,4	143,4	151,3	152,9	150,7	154,6	154,6	157,9
	Нсв, м	43,7	36,5	31,2	28,2	28,8	28,2	28,8	32,0	28,3	26,0	26,5	26,9	28,1	35,9	37,7	35,2	38,5	38,9	43,7
Трубы полиэтиленовые на напорных водоводах	h, м		37,23 →	1,64 →	1,66 →	1,27 →	0,21 ←	0,21 →	1,63 →	2,02 →	2,67 →	1,04 ←	0,25 ←	1,01 ←	4,28 ←	1,54 ←	1,48 ←	3,12 ←	0,75 ←	37,23 ←
	П, м	191,8	153,8	151,0	147,7	148,2	148,4	148,2	150,2	146,4	143,7	142,7	142,4	143,4	151,3	153,0	150,7	154,6	154,6	191,8
	Нсв, м	77,6	36,5	31,2	28,2	28,8	28,2	28,8	32,0	28,3	26,0	26,5	26,9	28,1	35,9	37,8	35,2	38,5	38,9	77,6

Рис. 1.3.3. Пьезометрический профиль по контуру водопроводной сети

Приведенные выше примеры изменения гидравлических показателей в случае использования различных ремонтных материалов на трубопроводной сети являются наглядным подтверждением строгого учета гидравлических характеристик используемых в период проведения ремонтно-восстановительных работ защитных покрытий для исключения явлений гидравлического дисбаланса.

Тенденции последних лет свидетельствуют о том, что приоритетной задачей практически во всех отраслях городского хозяйства РФ является проведение энергосберегающих мероприятий. Веской причиной этого являлось крайне неудовлетворительное положение в стране с энергосбережением и энергоэффективностью экономики. Вступивший в силу 10 января 2014 года Федеральный Закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической

эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» устанавливает круг системообразующих задач, направленных на повышение энергоэффективности, в том числе, путём внедрения инновационных технологий. К одной из таких задач можно отнести повышение потенциала энергосбережения в жилищном фонде и коммунальном хозяйстве, в частности, путем освоения новых методов строительства, реконструкции и модернизации трубопроводной инфраструктуры городов РФ. Этот вопрос остро стоит на повестке дня водоканалов, так как состояние городской инженерной трубопроводной инфраструктуры можно охарактеризовать не только как неудовлетворительное, но и как критическое.

Остановимся на некоторых аспектах, затрагивающих вопросы повышения потенциала энергосбережения в системах подачи и распределения питьевой воды. В этих системах основными потребителями электроэнергии являются центробежные насосы, потребляющие при перекачке воды порядка 120–130 млрд. кВт·ч электроэнергии. Усугубляет ситуацию и такой фактор как неудовлетворительное состояние внутренней поверхности эксплуатируемых стальных и чугунных трубопроводов (коррозия, структурные дефекты и т.д.), что приводит к утечкам и повышению степени шероховатости стенок труб. Например, коррозионные и другие отложения в водопроводных сетях уменьшают живое сечение труб до 20 %, увеличивая гидравлические сопротивления в 3 раза по сравнению с расчётными значениями. Для компенсации потерь напора в данных системах возникает необходимость повышения давления в трубопроводных сетях, что обеспечивает поддержание требуемых величин расхода транспортируемых сред, однако приводит к увеличению потребление электроэнергии.

Общая стоимость электроэнергии в общей сумме эксплуатационных расходов на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства при использовании поверхностных вод составляет 40-50 %, а при использовании подземных вод увеличивается до 80 %. Выходом из сложившейся ситуации может быть создание экономичных режимов работы насосных установок и

трубопроводов, в результате чего можно сэкономить 5-15 % энергии, например, за счет использования регулируемого привода, а также своевременного и оперативного проведения ремонтно-восстановительных работ на трубопроводных сетях.

В системах городского водоснабжения одним из мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности (по отношению к трубопроводным сетям) может быть отнесено уменьшение гидравлического сопротивления на восстанавливаемых участках сетей за счёт применения внутренних защитных покрытий с малыми удельными сопротивлениями.

В качестве конкретного инструмента оценки энергоэффективности при сравнении старого и нового вариантов состояния участков трубопроводной сети предложено использовать понятие *относительного потенциала энергосбережения.* В приложение к восстанавливаемой трубопроводной системе под понятием относительного потенциала энергосбережения можно рассматривать разность между фактическим годовым энергопотреблением (т.е. при эксплуатации действующего участка сети) и потреблением после реализации ремонтно-восстановительных работ соответствующими внутренними защитными покрытиями, наносимыми с помощью бестраншейных методов. Здесь уместно отметить, что использование бестраншейных технологий, которые в условиях современного города с его насыщенной подземной и наземной инфраструктурой и высокой плотностью застройки, практически не имеет альтернативы. С помощью бестраншейного ремонта можно увеличить темпы проведения восстановительных работ на трубопроводных сетях в 2-3 раза при сокращении затрат на 30-60% по сравнению с традиционными способами, обеспечив необходимый эффект энергосбережения.

Среди перспективных методов бестраншейного восстановления трубопроводов, которые могут обеспечить эффект ресурсо- и энергосбережения, наиболее оптимальным является метод реновации по технологии Swagelining. Сущность метода состоит в протяжке в ветхий

трубопровод предварительной сжатой по сечению полимерной трубы и последующего её распрямления. При этом полимерная труба плотно прилегает к стенкам старого без образования межтрубного пространства. Вследствие этого наблюдается незначительное сужение диаметра восстановленного трубопровода, а эффект энергосбережения достигается за счёт малых удельных сопротивлений внутренней стенки нового трубопровода по сравнению со старым. Используя широкую гамму диаметров полимерных труб, определяющихся величиной SDR (отношение диаметра трубопровода к толщине его стенки), можно достичь различных значений диаметров восстанавливаемого трубопровода и величин экономии электроэнергии.

На кафедре водоснабжения и водоотведения НИУ МГСУ проведён комплекс исследований по реализации технологии бестраншейного восстановления ветхих трубопроводов методом предварительного термодинамического сжатия. Сюда входили вопросы трансформации геометрических параметров полимерной трубы в период её протягивания в старый трубопровод после термомеханического сжатия и последующего распрямления, а также изменения гидравлических и экономических показателей, как следствие процесса реновации ветхого трубопровода.

В качестве базового объекта исследований рассматривалась подвергаемая термомеханическому сжатию стандартная полиэтиленовая труба наружным диаметром $d_{нар.}=315$ *мм* (при полной гамме значений *SDR: 11, 17, 21, 26, 33, 41 и 50*). По условиям задачи полимерная труба протаскивается в старый стальной трубопровод внутренним диаметром $d_{вн.стар.}=300$ *мм*.

В целях оперативности проведения всего комплекса расчётных задач по изменению геометрических размеров, гидравлических показателей и эффекта энергосбережения использована автоматизированная пограмма «Расчёт параметров работы напорных трубопроводов, восстанавливаемых предварительно сжатыми полимерными трубами».

Первое диалоговое окно программы представлено на рисунке 1.3.4, а выходная информация на рисунке 1.3.5.

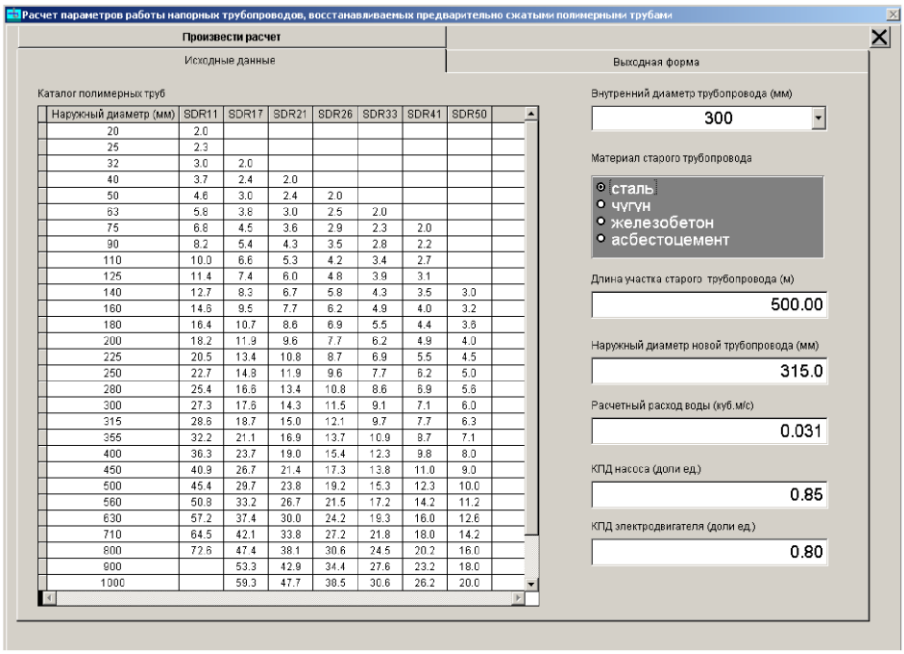


Рис. 1.3.4. Диалоговое окно автоматизированной программы

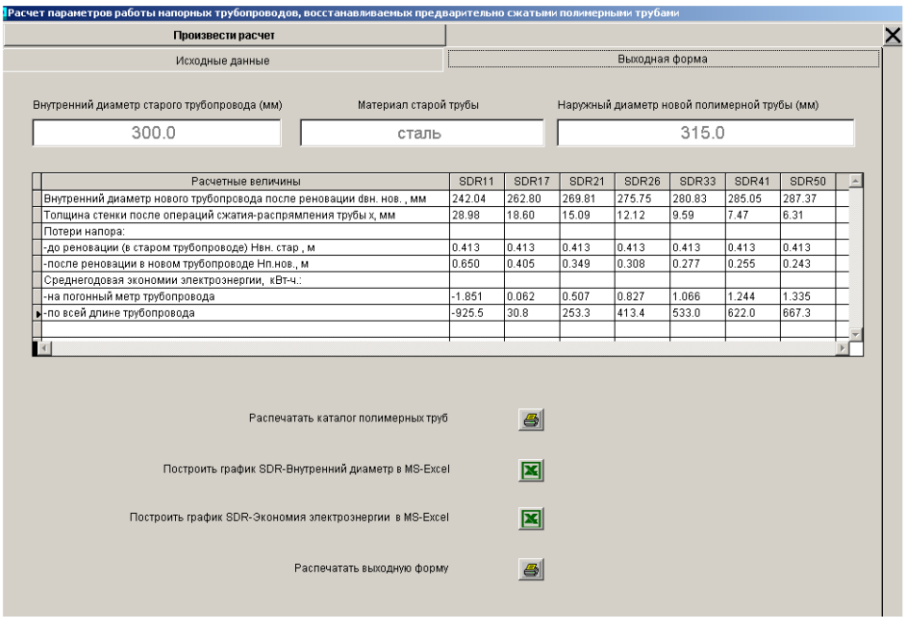


Рис. 1.3.5. Выходная форма автоматизированной программы

Кроме информации о геометрических параметрах, гидравлических и экономических показателях в выходной форме автоматизированной программы заложены команды на построение графиков в MS Excel зависимостей среднегодовой экономии электроэнергии $\Delta Э_{1м.i}=f(SDR_i)$ и изменения внутреннего диаметра полимерной трубы после операции по её распрямлению в старом трубопроводе $D_i=f(SDR_i)$.

На рисунке 1.3.6. на едином координатном поле представлены графические зависимости экономии электроэнергии $\Delta Э_{1м.i}=f(SDR_i)$, выраженные в *кВт·ч* и в денежном эквиваленте при усредненной стоимости *1 кВт·ч* электроэнергии для крупных промышленных предприятий в РФ равной *2,43 руб./кВт·ч*.

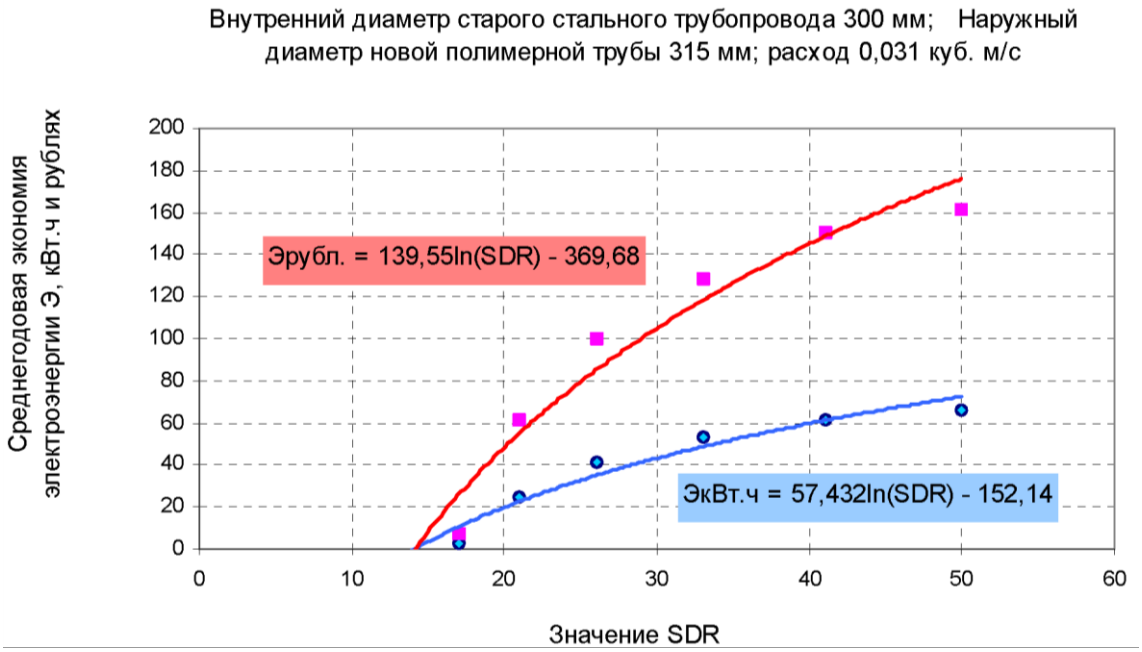


Рис. 1.3.6. Графические зависимости экономия энергозатрат на 1 п.м. в год в кВт·ч и рублях - SDR»

Интерпретируя полученные расчётные данные, представленные на рисунках 1.3.5. и 1.3.6., можно констатировать следующее:

-при выборе в качестве ремонтного материала по технологии Swagelining полиэтиленовую трубу с *SDR 11* наблюдается увеличение потерь напора при движении жидкости на участке трубопровода (с 0,413 до 0,65 *м*) и, как следствие этого, отрицательные значения экономии электроэнергии (-1,851 *кВт·ч*), т.е. отсутствие потенциала энергосбережения; в данном случае реновация трубопровода не рациональна;

-при использовании для ремонта трубы с *SDR 17* явного увеличения потенциала энергосбережения не наблюдается, т.е. потери напора после реновации в старом трубопроводе и новом разняться весьма незначительно (0,413 - 0,349 *м*);

-в случае использования труб с *SDR 21* и *SDR 26* начинает проявляться потенциал энергосбережения; в данном случае он весьма незначителен (0,438 *кВт·ч* на 1 погонный метр трубопровода в год при *SDR 21* и 0,798 *кВт·ч* при *SDR 26);*

-начиная с *SDR 33* потенциал энергосбережения увеличивается, достигая при *SDR 50* 1,382 *кВт·ч* на 1 погонный м длины трубопровода, т.е. вырастая в 1,382/0,438 =3,16 раза с момента первого проявления при *SDR 21*.

-экономия энергозатрат в *кВт·ч* и в рублях на 1 п.м. в год в зависимости от величины SDR описывается логарифмической зависимостью, что позволяет проектировщику предварительно просчитать различные варианты реновации по технологии Swagelining с использованием широкой гаммы значений SDR.

С помощью автоматизированного программного комплекса можно определить потенциал энергосбережения для широкого диапазона расходов транспортируемой воды, например от 0,2 до 2,5 м/с, которые наиболее характерны для водопроводных сетей. Для указанного выше примера в таблице 1.3.1 приведены сводные данные, иллюстрирующие изменения потенциала энергосбережения для всего диапазона рассмотренных величин SDR при переменном значении скорости (расхода).

Таблица 1.3.1

Расчётные величины потенциала энергосбережения в зависимости от расхода транспортируемой воды и величины SDR

Величина расхода воды Q, $м^3/с$, (внутренний диаметр стальной трубы 300 мм, наружный диаметр полимерной трубы 315 мм)	Величины SDR						
	11	17	21	26	33	41	50
	Расчётные величины потенциала энергосбережения кВт·ч в год на 1 п.м. трубопровода						
0,016	-	0,008	0,07	0,114	0,147	0,171	0,183
0,038	-	0,113	0,933	1,523	1,964	2,292	2,458

0,061	-	0,469	3,86	6,299	8,122	9,479	10,168
0,076	-	0,908	7,464	12,182	15,709	18,332	19,665
0,091	-	1,558	12,814	20,913	26,966	31,471	33,759
0,106	-	2,463	20,252	33,053	42,621	49,738	53,356
0,126	-	4,136	34,015	55,514	71,583	83,537	89,614
0,144	-	6,174	50,774	82,866	106,85	124,69	133,77
0,162	-	8,469	69,649	113,67	146,57	171,05	183,49
0,171	-	10,339	85,025	138,76	178,93	208,81	224,01
0,191	-	14,182	116,63	190,34	245,45	286,44	307,27

Аналогичные таблицы могут быть построены для любой другой (других) пары диаметров восстанавливаемого и нового трубопроводов с учётом материала изготовления труб. Табличную информацию можно рассматривать как вспомогательный инструмент для проектировщика, производящего оценку степени энергосбережения при проведении бестраншейного ремонта напорных трубопроводов и определяющего оптимальный метод восстановления ветхих трубопроводов.

Тема 1.4 Реконструкция повысительных установок.

Насосные станции в системе водоснабжения применяются для забора и подачи воды потребителю в городах, населённых пунктах, на промышленных предприятиях и других объектов коммунального хозяйства, а также повышения давления в трубопроводных сетях зданий повышенной этажности. Насосные станции I-го подъема осуществляют забор воды из поверхностных или подземных источников, насосные станции II-го, III-го и n-го подъема являются повысительными насосными станциями систем водоснабжения и осуществляют транспортировку воды до потребителей, расположенных на высоких геодезических отметках или на значительном расстоянии от источника водоснабжения. Насосные станции могут проектироваться наземными, заглублёнными и подземными.

Необходимость в реконструкции водопроводных насосных станций может возникнуть в основном в двух случаях:

-по причине значительного срока службы здания насосной станции, насосов, электродвигателей и другого оборудования, которые с течением времени устаревают и изнашиваются; в данной ситуации физического износа, как правило, требуется капитальный ремонт станции и полная замена всего оборудования (насосов, арматуры, трубопроводов и т.д.);

-по причине новых требований к увеличению производительности системы водоснабжения и, в частности, подачи воды насосными станциями ввиду изменения местных условий или структуры населения; в данном случае могут быть востребованы как существенные работы по реконструкции станции (т.е. полная модернизация объекта), так и точечные (выборочные); в качестве выборочных работ может рассматриваться замена насосных агрегатов на современные, совершенствование системы автоматического управления, регулирования и контроля работы оборудования и т.д.

В отношении первого случая также необходимо отметить, что срок эффективной работы станции зависит от условий эксплуатации. Практика показывает, что замена насосов должна производиться раз в 15-20 лет, а основная поверка технического состояния станции и техническое обслуживание должны выполняться, по меньшей мере, один раз в 10 лет. Результаты поверки станций специалистами и составленный на основании детального осмотра отчёт об их техническом состоянии служат основой для заблаговременного составления плана реконструкции насосных станций. При этом обследование объекта и определение его реального технического состояния требует детального подхода к изучению ранее выполненной проектной документации, сведений о практической эксплуатации станции в период всего срока её работы с выделением возникавших проблем. Важным моментом оценки эффективности работы насосных станций является определение рабочей точки установленных на ней насосов, что позволяет сопоставить реальную и проектную производительности. Таким образом, при принятии решения о реконструкции насосной станции по причине физического старения перечень необходимых строительно-монтажных работ не будет

сильно отличаться от традиционных как в случае нового строительства. Это, например, потребует возведения фундаментов и плит (или рам) под насосы и крепления к ним насосных установок и другого оборудования.

В отношении второго случая, т.е. полной или выборочной модернизации отдельных узлов насосной станции, основное внимание должно уделяться монтажу новых насосных агрегатов, при котором обеспечивается центровка насоса и электродвигателя по вертикальной (для вертикальных насосных агрегатов) и горизонтальной осям, а также монтажу трубопроводов. В рамках существующих габаритов насосной станции основными схемами расположения агрегатов являются следующие:

-однорядное перпендикулярно продольной оси станции; преимущество состоит в компактности размещения оборудования, небольшой ширине здания, уменьшение длины ходовой части грузоподъёмного механизма (крана);

-однорядное параллельно продольной оси станции; преимущество состоит в компактности размещения оборудования, меньшей ширине машинного зала, чем при предыдущей схеме;

-двухрядное; применяется при большом числе агрегатов различного назначения; в данном случае увеличивается пролёт здания и усложняются коммуникации трубопроводов;

-двухрядное в шахматном порядке; схема применяется при большом числе крупных агрегатов, что позволяет компактно расположить трубопроводы, сократив размеры машинного зала.

Трубы в насосных станциях применяют стальные на сварке. Фланцевые соединения используются только для присоединения арматуры к насосам. Всасывающие трубы должны иметь как можно меньшую протяжённость и наименьшее число фасонных частей (колен, отводов, тройников и т.д.). Количество всасывающих линий на насосных станциях независимо от количества групп насосов, включая, пожарные должно быть не менее двух.

В рамках модернизации или реконструкции водопроводных насосных станций городов и населенных мест используют системы частотно-

регулируемого привода или плавного пуска насосных агрегатов, осуществляют замену старых задвижек и клапанов на современную высоконадежную и эффективную трубопроводную арматуру; устанавливают на напорных трубопроводах эффективное оборудование (например, обратные клапаны) для предотвращения гидравлических ударов и сокращения утечек; внедряют современные системы диспетчеризации.

При частотном регулировании изменение производительности насосной станции достигается за счет изменения частоты вращения рабочего колеса насоса с помощью преобразователя частоты. Частотное регулирование обеспечивает плавное изменение производительности насоса и предотвращает возникновение гидроударов, что повышает ресурс и надёжность, как самой насосной станции, так и трубопроводов и арматуры. Применение частотного регулирования в автоматизированных насосных станциях позволяет обеспечить снижение потребления электроэнергии по сравнению с использовавшимися ранее традиционными принципами регулирования (например, дросселирования или строительство байпасов).

В отношение трубопроводной арматуры необходимо констатировать, что она, в виде обратных клапанов, устанавливается в непосредственной близости от насосов (за ним по ходу движения жидкости), что позволяет при случайном отключении насосов предотвратить обратный ход жидкости, обеспечивая защиту насосной установки от гидравлического удара, а также смягчение амплитуды колебаний высоких и низких давлений на начальном отрезке пути движения жидкости. На последующих участках по длине протяженного напорного трубопровода, как правило, устанавливаются вантузы, одной из задач которых является защита от гидравлического удара трубопровода на всем его протяжении от насосной станции до потребителя. В системе защиты от гидравлического удара могут также использоваться дополнительные специальные уравнительные емкости со свободной поверхностью.

Внедрение современных систем диспетчеризации призвано обеспечить: дистанционный контроль и возможность (при необходимости) изменения

режима работы станции; ведение учёта расхода воды; диагностирование состояния трубопроводов; контроль запасов воды в источнике водоснабжения и т.д.

Подвергнутый реконструкции объект должен отвечать основным требованиям, а именно: надёжностью действия; удобством, простотой и безопасностью обслуживания; возможностью проведения последующей реконструкции (расширения станции).

В качестве примера современной реконструкции насосных станций приведён опыт проектирования и строительства станции I-го подъёма в г. Холмске. Мощности насосов на городских насосных станциях колеблется от 5,5 до 110 кВт. В зависимости от ситуации осуществляется групповое управление от 2 до 5 насосов. Блоки управления и диспетчеризации на аппаратном уровне оснащены оборудованием компании Mitsubishi Electric: частотно-регулируемым приводом серий FR-F740 и программируемыми логическими контроллерами серии FX3U со всей необходимой периферийной техникой Mitsubishi Electric. Шкафы управления станции оснащены системой климатконтроля производства компаний Rittal. Использовано низковольтное пуско-защитное и коммутационное оборудование производства компании LS Industrial Systems. Насосные станции и узлы водозабора объединены в единую информационную систему SCADA TRACE MODE 6.0. В качестве основного канала связи используется VPN-туннель, подключенный к сети интернета. Такое техническое решение позволяет легко масштабировать систему, а также, при необходимости, дистанционно диагностировать оборудование. Применение GSM-сети в качестве альтернативного канала расширяет возможности информационной системы. Для обеспечения оперативного контроля ответственные специалисты могут на сотовый телефон получать по запросу интересующую их информацию, а также сообщения об авариях. В проекте станции реализована комплексная система диспетчеризации в виде набора аппаратных и программных средств для централизованного контроля за технологическими процессами, инженерными системами и системами

энергоснабжения. Информация обо всем оборудовании, подключенном к системе диспетчеризации, выводится в режиме реального времени на экран компьютера рабочего места диспетчера.

Система водоснабжения современных зданий и сооружений состоит из следующих элементов: ввода водопровода в здание, водомерного узла, повысительных насосных установок (ПНУ), распределительной сети трубопроводов (магистральных участков, стояков, разводок, подводок), запорной и водоразборной арматуры. В некоторых случаях в составе внутреннего водопровода предусматриваются запасные и (или) регулирующие емкости.

Применение ПНУ определяется в зависимости от соотношения величины потребного напора $H_{потр}$ для подачи воды к диктующей точке (водоразборной арматуре) и гарантированного напора $H_{гар}$ в точке присоединения к наружной водопроводной сети (на вводе в здание).

Выбор насосов для применения в составе ПНУ следует осуществлять с учетом их основных параметров: функциональных (напор, подача); мощностных (мощность и КПД). В составе ПНУ для зданий следует применять лопастные центробежные насосы (рисунок 1.4.1.).

При применении в составе ПНУ двух и более рабочих насосов и использовании частотного регулирования электропривода (ЧРП) возникает необходимость выбора насосов со стабильной рабочей характеристикой расход-напор (Q-H) в виде нисходящей ветви (рисунок 1.4.2.). Если график основной характеристики насоса Q-H не имеет восходящей ветви, то она называется стабильной (см. рис. 1.4.2. (1)). В этом случае наблюдается устойчивый режим работы насоса во всех точках графика напорной характеристики. В противном случае, если основная характеристика насоса Q-H имеет восходящую ветвь в интервале от Q=0 до Q=QБ (см. рис. 1.4.2. (2)), то такие характеристики называются восходящими, а интервал [O;Q2] на характеристике Q-H относится к области неустойчивой работы, сопровождающейся внезапными изменениями подачи насосом, сильным шумом, вибрацией и гидравлическими ударами.

Отсюда следует, что в составе ПНУ следует использовать насосы с пологой (нисходящей) основной характеристикой Q-H. Как показывает практика, наилучшим вариантом является крутизна основной характеристики насосов Q-H до 25 %. Максимальное значение КПД η_{max} при работе насосов достигается при подаче Q_p и напоре H_p (оптимальная режимная точке P характеристики Q-H).

Рис. 1.4.1. Общая классификация насосов согласно ГОСТ 17398

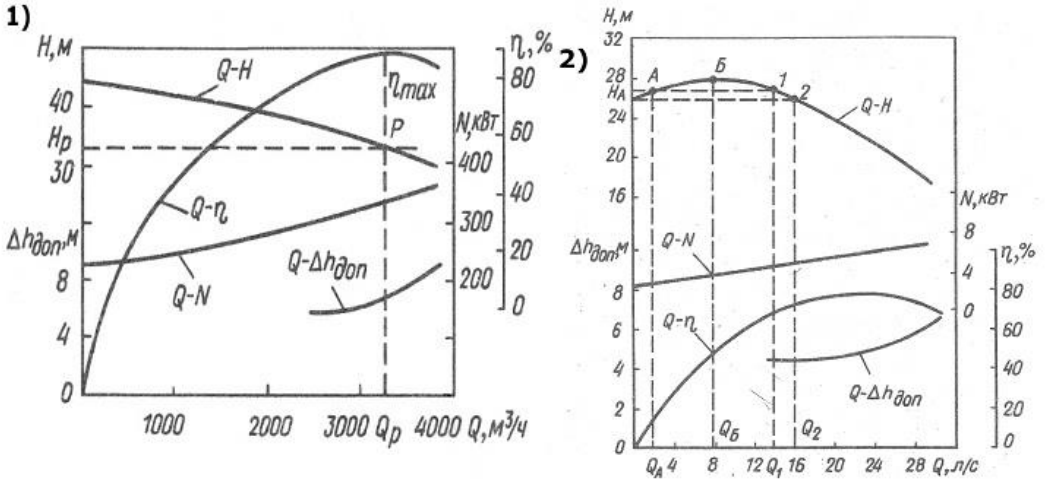


Рис. 1.4.2. Рабочие характеристики Q – H. *1 – стабильная с нисходящей ветвью; 2 – нестабильная с восходящей ветвью*

При реконструкции повысительных насосных установок в зданиях наиболее эффективно использование комплектных модульных автоматических насосных станций (МАНС) заводского изготовления. Эти станции оснащены стандартной системой управления и имеют соответствующие сертификаты по первичным испытаниям и тестированию на производственных стендах предприятий-изготовителей. При использовании МАНС предусматривается автоматическое подключение/отключение рабочих насосов.

Подбор МАНС осуществляется по величинам требуемого максимального расхода и напора.

Ниже представлена методика подбора МАНС при необходимости обеспечения расхода Q=18 $м^3$/ч и напора H=45 м вод. столба по каталогу (рисунок 1.4.3.).

1. Выбор номинала одного насоса по параметру подачи 10 $м^3$/ч (из условия работы двух параллельных насосов с расходом около 20 $м^3$/ч);

2. Построение вертикальной линии от значения максимального расхода (18 $м^3$/ч) на оси абсцисс;

3. Построение горизонтальной линии от значения потребного напора (45 м вод. столба) на оси ординат;

4. Определение типоразмера насоса для заданных параметров из числа имеющихся в сводном каталоге - CR 10-6;

5. Определение количества рабочих насосов в составе МАНС - 2 насоса;

6. Задание числа резервных насосов с учетом категории (например, 1);

7. Определение общего количества насосов в составе МАНС = 2+1=3 (при условии достаточности одного резервного насоса).

Таким образом, в результате подбора выбирается МАНС 3 CR 10-6.

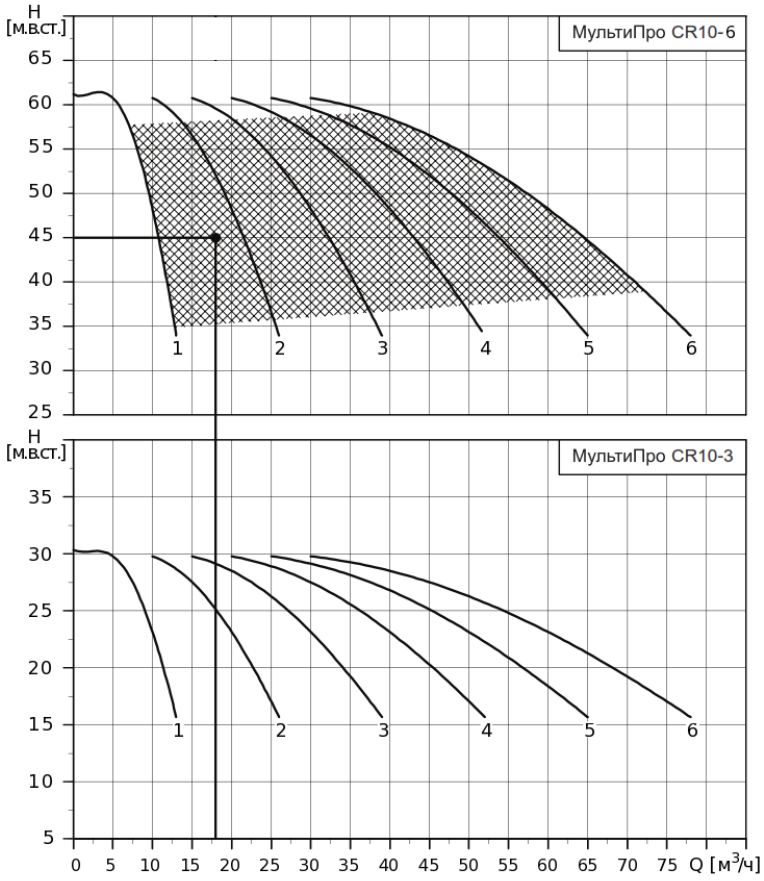


Рис. 1.4.3. Подбор МАНС на рабочую точку характеристики H-Q

Необходимо отметить, что для определения параметров МАНС, предполагаемой к последующему монтажу в действующую трубопроводную систему зданий в случае её реконструкции, следует обеспечить наличие детальных данных по фактическим режимам водопотребления, а также данных о параметрах работы существующего насосного оборудования. Для этого рекомендуется проведение предварительного обследования системы внутреннего водопровода, предусматривающего одновременные непрерывные замеры расходов и напоров воды на вводе в здание и после существующего насосного оборудования продолжительностью не менее трех суток. К полученным данным следует вводить поправочный коэффициент на расход воды, учитывающий его сезонные изменения, а также максимальную часовую неравномерность.

При выборе конкретной МАНС в качестве повысительной установки следует учитывать условия и режимы ее работы в системах хозяйственно-

питьевого и (или) противопожарного водоснабжения зданий и типы исполнения МАНС.

Различают следующие типы исполнения МАНС:

-МАНС со ступенчатым (каскадным) управлением; она обеспечивает подачу воды с необходимым давлением в распределительную сеть внутреннего водопровода в соответствии с переменной характеристикой разбора воды потребителями путем ступенчатого регулирования (подключения/отключения) необходимого числа насосов.

-МАНС с частотным регулированием; она обеспечивает подачу воды в распределительную сеть внутреннего водопровода в соответствии с переменной характеристикой разбора воды потребителями путем плавного регулирования частоты вращения электродвигателя одного или нескольких насосов.

-МАНС для противопожарного водоснабжения; она обеспечивает подачу воды в распределительную сеть внутреннего противопожарного водопровода в соответствии с расчетными расходами на нужды противопожарного водоснабжения при пожаре.

Комплектность и компоновочное решение МАНС определяются проектом для каждого конкретного случая. Стандартная комплектность МАНС предусматривает 2–6 центробежных многоступенчатых насосов вертикальной компоновки с выполненным монтажом трубопроводной арматуры (рисунок 1.4.4.).

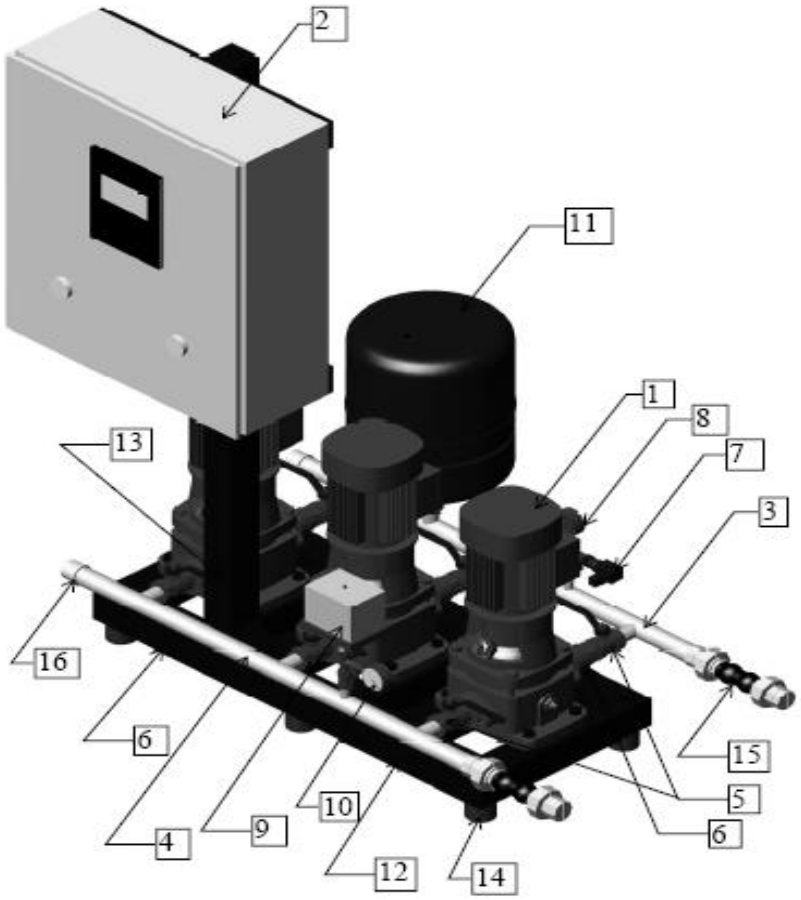


Рис. 1.4.4. Стандартная компоновка МАНС с 3-мя вертикальными многоступенчатыми насосами. 1 - насосы; 2 - щит управления ЩУ; 3 - напорный коллектор; 4 - всасывающий коллектор; 5 - запорная арматура; 6 - обратные клапаны; 7 - датчик давления; 8 - манометр; 9 - датчик давления; 10 - мановакуумметр; 11 - мембранный гидробак; 12 - станина-основание; 13 - стойка щита управления; 14 - виброопоры; 15 - резиновые компенсаторы; 16 - заглушки

Типовая структурная схема МАНС (на базе 3-х насосов) представлена на рисунке 1.4.5.

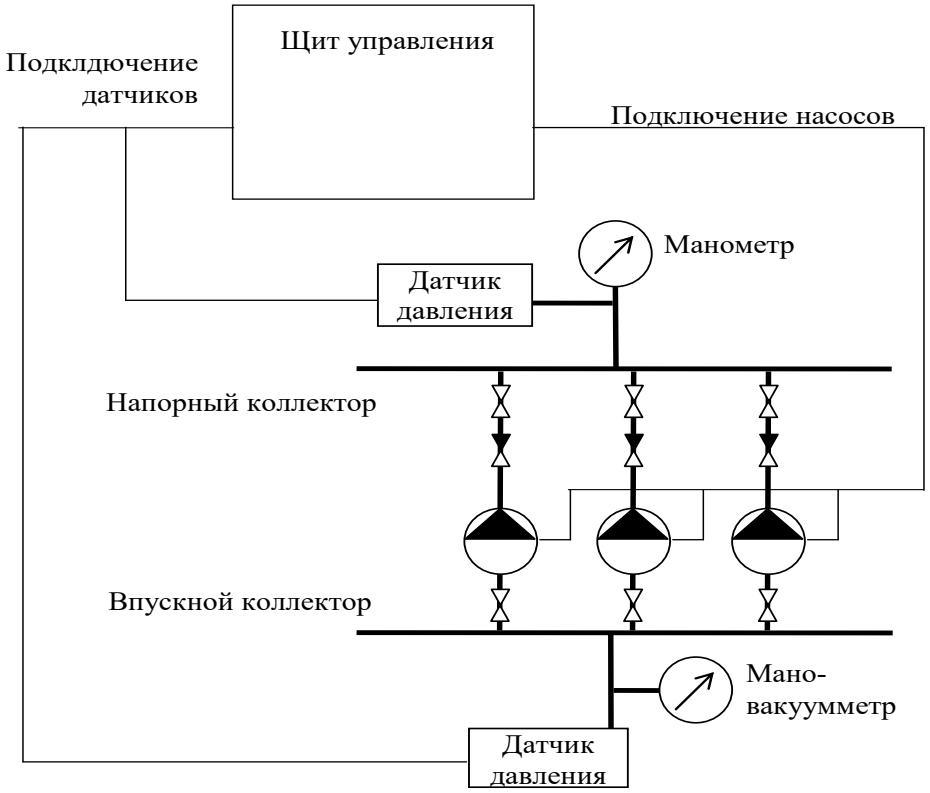


Рис. 1.4.5. Типовая структурная схема МАНС (на базе 3-х насосов)

При разработке решений по применению ПНУ (МАНС) для реконструкции систем водоснабжения зданий следует учитывать оценку стоимости жизненного цикла комплексного технического решения. Анализ стоимости жизненного цикла заключается в минимизации затрат и повышения эффективности работы повысительных установок и трубопроводов.

Стоимость жизненного цикла *LCC* определяется следующим соотношением:

$$LCC=C_{IC}+ C_{IN}+ C_E+ C_O+ C_M + C_S+ C_{ENV}+C_D,$$

где C_{IC}– начальные затраты (цена приобретения насосного оборудования с сопутствующими принадлежностями); C_{IN} – затраты на монтаж оборудования и ввод в эксплуатацию (включая пусконаладку и обучение персонала); C_E – затраты на электроэнергию (для функционирования системы, включая привод насоса, средства управления, и любые дополнительные устройства); C_O – операционные затраты (затраты на оплату персонала, обеспечивающего текущее обслуживание системы); C_M – затраты на сервисное обслуживание и ремонт (регулярный сервис и плановый ремонт); C_S – затраты на

непроизводственные потери (простои оборудования вне эксплуатации); C_{ENV} – затраты на экологию (устранение последствий загрязнения от работы насосного и вспомогательного оборудования); C_D – затраты на списание и утилизацию (включая восстановление местной окружающей среды и ликвидацию вспомогательного оборудования).

Как уже указывалось выше, перед реконструкцией существующих систем водоснабжения зданий, а также для получения наиболее достоверных исходных данных стоимости жизненного цикла ПНУ (МАНС), следует проводить параметрический (насосный) аудит, включающий замеры фактических расходно-напорных и электрических параметров насосного оборудования.

Для проведения параметрического (насосного) аудита следует применять мобильный измерительный комплекс (МИК), интегрирующий приборы, ПО и средства подключения к сети водоснабжения. Описание возможного варианта МИК, как системы контроля параметров подачи воды, представлено ниже.

Мобильный измерительный комплекс (МИК) позволяет оперативно и информативно обследовать сеть водоснабжения, получая данные о расходах и напорах на участках трубопроводов, а также потребляемой насосным оборудованием электроэнергии и удовлетворять следующим требованиям:

-представлять собой мобильной и компактный комплекс измерительных средств приборов, датчиков и устройств, который может быть легко доставлен и развернут в точке измерения системы водоснабжения, в том числе удаленных;

-оперативно настраиваться на выполнение измерений параметров и сбора данных в различных измерительных точках сети системы водоснабжения;

-приборы, датчики и измерительные средства, входящие в состав МИК должны иметь свидетельство об утверждении типа средств измерений Государственного реестра;

-класс точности определяется прибором с наименьшим классом точности, входящим в комплект измерительных средств МИК;

-обеспечивать одновременность измерений (сопоставимость) параметров в текущей точке измерения;

-выполнять регистрацию и хранение данных (массив параметров) и вывод этих данных на внешний носитель (компьютер) для дальнейшего анализа и моделирования;

-отображать результаты измерений на мониторе компьютера в графической форме для визуального контроля в ходе измерений.

Вариант компоновки и принципиальной схемы работы МИК для локальной точки измерения представлена на рисунке 1.4.6., где основными элементами являются:

-контроллер-архиватор данных, позволяющий фиксировать в реальном времени данные, поступающие со всех подключенных к нему приборов;

-многофункциональный анализатор параметров электрической сети, который формирует данные о напряжении и токам по фазам, позволяющие вычислять потребляемую мощность насосного оборудования;

-токоизмерительные клещи – с возможностью выполнения функции датчика тока, снятие данных с которых осуществляется в многофункциональный анализатор параметров электрических сетей;

-расходомер;

-толщиномер для учета фактической толщины стенок трубопроводов в месте измерений потока (расхода) – в обеспечение достоверности;

-компьютер (ноутбук) с программным обеспечением, позволяющий считывать информацию из энергонезависимой памяти контроллера-архиватора, преобразование и отображение этой информации в виде массивов данных и различных графических форм для ее отображения, как в процессе измерений, так и анализа (моделирования) в ходе постобработки.

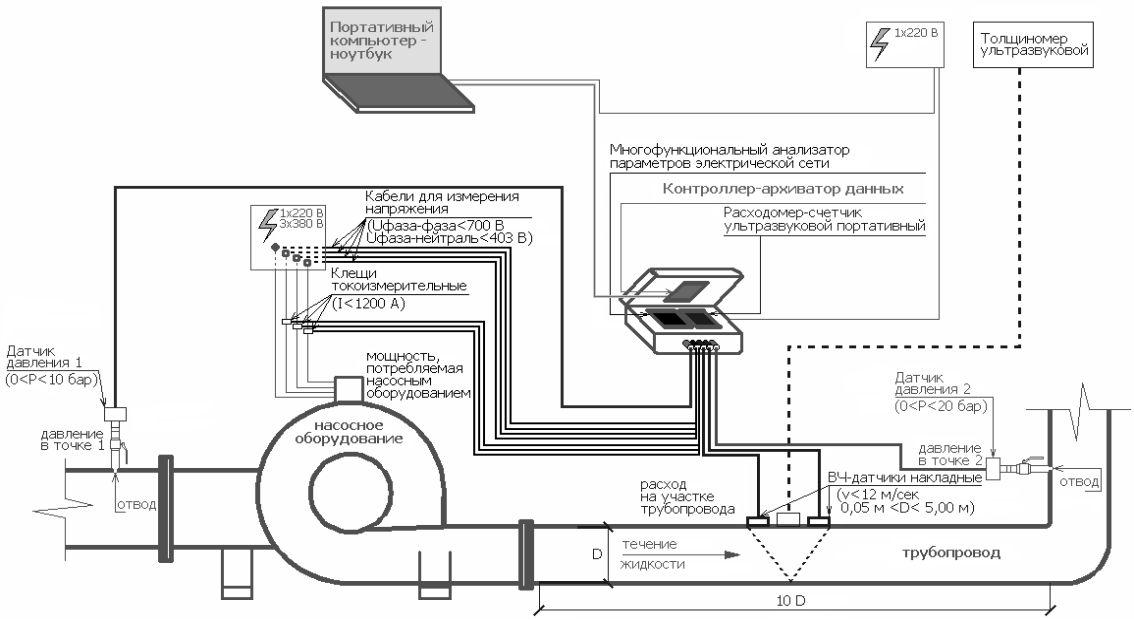


Рис. 1.4.6. Принципиальная схема устройства МИК

Важным моментом с точки зрения экономии энергозатрат является обеспечение эффективной совместной работы насосов и распределительной сети здания. Её сущность характеризуется отысканием точки материального и энергетического равновесия при пересечении характеристик насоса и распределительной сети внутреннего водопровода с координатами (Q_1, H_1), отражающими текущую подачу и напор при работе насоса на распределительную сеть.

В методическом плане, предусматривая установку ПНУ в системах водоснабжения здания, следует отличать систему с насосом ниже точки разбора (рисунок 1.4.7.) и выше точки разбора (рисунок 1.4.8.).

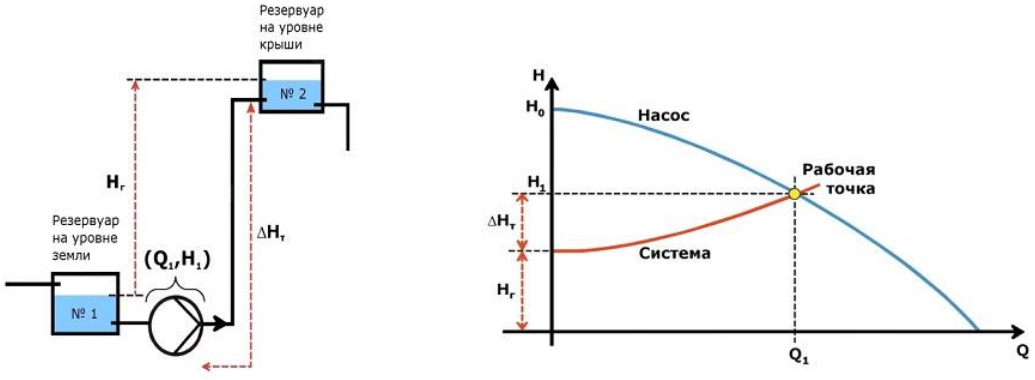


Рис. 1.4.7. Система водоснабжения с насосом (ПНУ) ниже точки разбора

В системе водоснабжения с насосом ниже точки разбора (см. рис. 1.4.7.) для подачи из резервуара № 1 на нулевой отметке (нижний бассейн) в верхний резервуар № 2 (верхний бассейн) насос должен обеспечить геометрическую высоту подъема $H_г$ и компенсировать потери на трение ΔH_t, зависящие от расхода; характеристика распределительной сети (системы) имеет вид параболы с координатами (О; $H_г$).

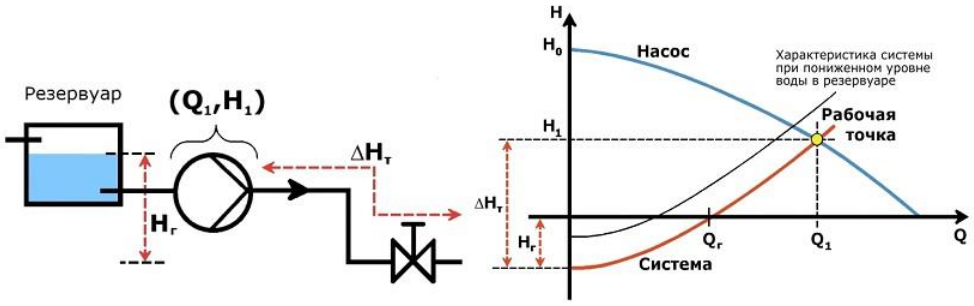


Рис. 1.4.8. Система водоснабжения с насосом выше точки разбора

В системе водоснабжения с насосом выше точки разбора (см. рис. 1.4.8.) вода под влиянием перепада ($H_г$) доставляется потребителю без насоса (ПНУ), разница высот текущего уровня жидкости в резервуаре и точки разбора ($H_г$) обеспечивает некий расход $Q_г$; обусловленный перепадом высот напор недостаточен для обеспечения потребного расхода (Q_1), насос должен добавить напор H_1, чтобы полностью преодолеть потери на трение ΔH_t; характеристика распределительной сети (системы) – парабола с началом (0; -$H_г$).

При проектировании следует учитывать, что при недостаточности входного напора (гарантированного давления на вводе) устанавливаемая в здании ПНУ работает по схеме последовательного соединения с насосным оборудованием наружного водопровода. В зависимости от конкретных условий системы водоснабжения здания определяются требования к шкафу управления в части режимов работы, параметров контроля (управления) и необходимых видов защиты.

При проектировании так же необходимо учитывать, что при последовательном подключении насосов суммарный напор (давление) меньше, чем развивает каждый из насосов; параллельная установка насосов обеспечивает расход меньше, чем каждый насос отдельно.

Методы регулирования рабочих параметров насоса. Наиболее распространенными методами регулирования рабочих параметров насоса являются:

-дроссельное регулирование,

-регулирование байпасом,

-коррекция диаметра рабочего колеса;

-регулирование скорости вращения (частоты вращения),

Ниже приведён краткий обзор сущности методов изменения (регулирования) параметров насоса.

Дроссельное регулирование.

При дроссельном регулировании задвижка может устанавливаться как до насоса (на всасывающем патрубке), так и после (на напорном патрубке), увеличивая сопротивление системы и снижая расход; отличие состоит в том, что в случае расположения задвижки до насоса и манипулирования ей (т.е. дросселировании) будут изменяться характеристики насоса, а при расположении задвижки после насоса будут изменяться характеристики трубопровода. Во всех случаях будет наблюдаться повышение напора с одновременным снижением расхода при значительном уменьшении КПД насоса.

Регулирование байпасом.

Иллюстрация регулирования с помощью байпаса представлена на рисунках 1.4.9. и 1.4.10.

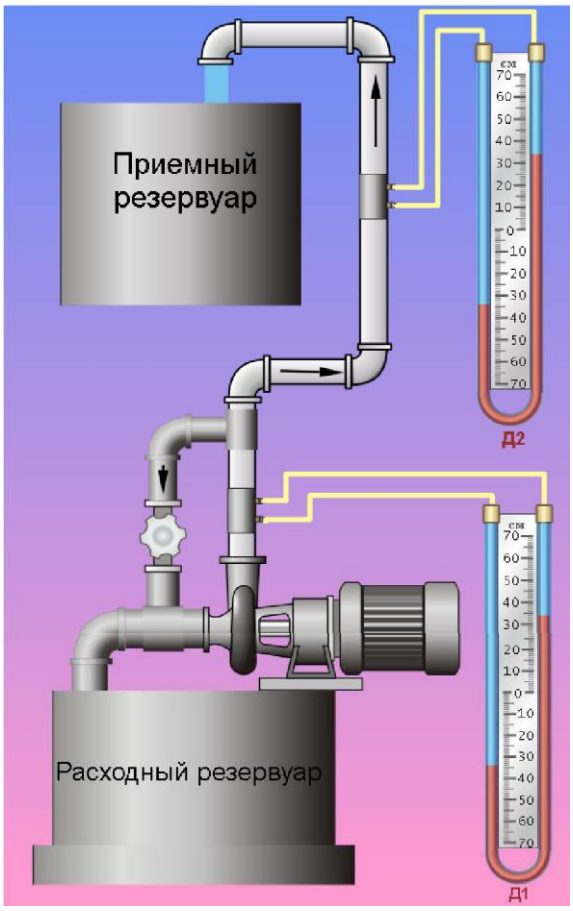


Рис. 1.4.9. Общий вид установки насоса с байпасом и дифманометрами

Согласно рис. 1.4.9. конструкция «насос + байпас с задвижкой + напорный трубопровод» позволяет перемещать жидкость по трубопроводу из расходного резервуара в приемный. Для регулирования подачи в этой трубопроводной сети используется байпас, т.е. устройство в виде патрубка с задвижкой. С помощью байпаса осуществляется перевод жидкости из напорного трубопровода во всасывающий. Чем больше открыта задвижка, тем больше жидкости поступает в байпас (т.е. циркулирует в замкнутой системе) и меньше жидкости проходит в напорный трубопровод. Изменение подачи можно оценить по изменению перепада давления в трубках дифманометра Д1, показывающего суммарную подачу в напорный трубопровод и в байпас (подача насоса), и дифманометру Д2 (по изменению перепада давлений при подаче жидкости в приемный резервуар по напорному трубопроводу). Точки подсоединения трубок обоих дифманометров в натуре разнесены друг от друга на большие расстояния для возможности точной фиксации изменений потерь напора. Построение

характеристик совместной работы описанной конструкции состоит в следующем (рисунок 1.4.10.):

-построение характеристики Q-H байпаса (определённого диметра с открываемой задвижкой в диапазоне от 0 до 100 %);

-построение характеристики совместной работы «насоса + байпаса с задвижкой как единое целое» (она будет почти параллельна характеристике Q-$H_{нас}$ и может восприниматься как характеристика насоса меньшей производительности);

-проведение из оптимальной рабочей точки пересечения Q-$H_{нас}$ с Q-$H_{тр}$ горизонтальной линии до пересечения с характеристикой «насоса + байпаса с задвижкой как единое целое»;

Полученная точка пересечения будет новой рабочей точкой в системе «насос + байпас с задвижкой + напорный трубопровод».

При данном способе регулирования растет мощность, потребляемая насосом, если задвижка открывается, так как производительность насоса возрастает, а коэффициент полезного действия насоса (КПД) уменьшается. Следовательно, данный способ регулирования энергетически неэффективен.

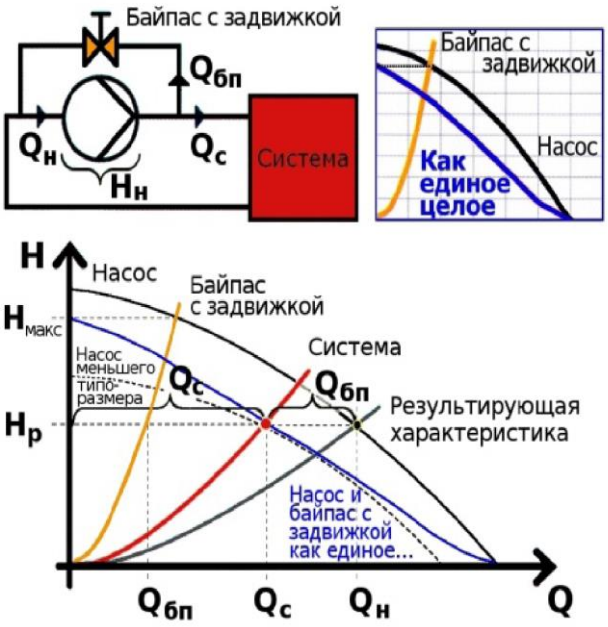


Рис. 1.4.10. Схема регулирования с помощью байпаса

Регулирование путём коррекции (срезки) рабочего колеса.

При уменьшении диаметра рабочего колеса D характеристика снижается (рисунок 1.4.11.), а и рабочая точка (1) смещается в положение (2). Значения диаметра D связаны с параметрами:

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2;\ \frac{H_1}{H_2}=\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2;\ \frac{N_1}{N_2}=\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4;\ \frac{n_1}{n_2}=1.$$

На практике КПД насоса n снижается незначительно, если $\Delta D = D_1 - D_2$ мало (< 0,2 D_1). Уровень снижения n зависит от типа насоса и рабочей точки. Коррекция диаметра колеса не проводится при работе, а выполняется перед монтажом или во время ремонта или реконструкции.

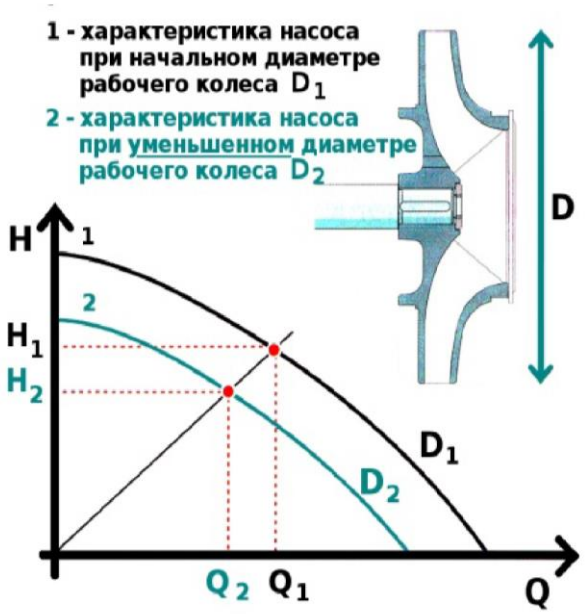


Рис. 1.4.11. Изменение характеристик насоса при коррекции рабочего колеса

Регулирование скорости с помощью преобразователя частоты тока является наиболее эффективным способом регулирования.

Влияние изменения скорости насоса (частоты вращения рабочего колеса) на параметры отражено в уравнениях на рисунке 1.4.12., которые действительны, если характеристика системы неизменна для n_1 и n_2 – парабола с вершиной (0, 0). Предполагается, что КПД насоса n остается неизменным.

На практике отклонение частоты вращения (скорости насоса) от номинальной приводит к снижению кривой КПД насоса (рис.), максимум КПД

насоса при снижении скорости не ниже 50% от номинала можно определять по формуле

$$n_2 = 1 - (1 - n_1) \cdot (n_1 / n_2).$$

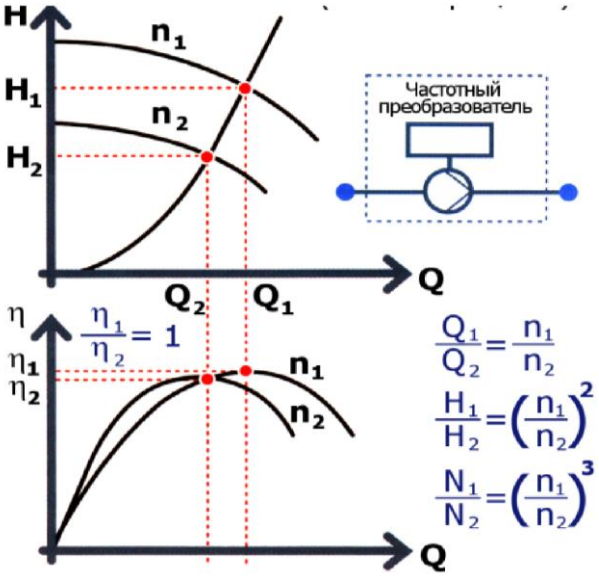


Рис. 1.4.12. Регулирование скорости с помощью преобразователя частоты тока

Применение дроссельного регулирования и регулирования байпасом при работе ПНУ (МАНС) при реконструкции систем водоснабжения здания должно быть исключено, так как итоговый КПД значительно снижается, относительная потребляемая мощность на единицу подачи в систему увеличивается, происходит непроизводительная потеря энергии.

Для систем водоснабжения зданий с учетом характера эксплуатации ПНУ (МАНС), когда насосная установка подает воду непосредственно потребителям, состав и уровень потребностей которых постоянно изменяется, в обеспечение необходимого уровня энергоэффективности обязательно применение метода частотного регулирования скорости вращения электродвигателя насоса.

Раздел 2. Реконструкция систем и сетей водоотведения

Тема 2.1. Реконструкция систем водоотведения городов

Система отведения воды (СОВ) предназначена для сбора сточной воды, поступающей от абонентов, и ее отведения на очистные сооружения. В состав

СОВ входят самотечные коллекторы, канализационные насосные станции и напорные водоводы.

Функция СОВ заключается в бесперебойном отведении сточной воды при поддержании необходимых санитарно-гигиенических и экологических условий и при соблюдении требований безопасности. Нормальное функционирование сетей водоотведения связано с ограничением степени заполнения самотечных линий, так как это необходимо для удаления выделяющихся газов. Кроме того, уменьшается вероятность подпора, вызывающего инфильтрацию воды и загрязнение грунта и грунтовых вод, а иногда – излива сточных вод на поверхность. Заметим, что при напорном движении в трубах создаются анаэробные условия, благоприятствующие образованию высокотоксичного сероводорода. Отказы канализационной насосной станции (КНС) приводят к аварийному сбросу воды в водостоки или водные объекты, т.е. к недопустимому нарушению экологических требований. Причинами реконструкции СОВ являются постоянная или частая перегрузка водоотводящих сетей с возникновением подпоров, а также аварийные сбросы сточных вод. Такие ситуации связаны с неконструктивностью сетей или с обоснованным увеличением расходов сточных вод сравнительно с расчетными. Формирование стока, поступающего в СОВ, не поддается регулированию. Коэффициенты неравномерности притока часто отличаются от расчетных, что может оказаться причиной временной перегрузки системы. Например, фактическое значение максимального коэффициента часовой неравномерности притока воды на Курьяновскую станцию аэрации г. Москвы, обслуживающую жилой массив с населением в несколько миллионов человек, составляет 1,1, а иногда 1,4, т.е. приближается к значениям максимального коэффициента секундной неравномерности. В соответствии с нормативами, сети водоотведения рассчитываются на максимальный секундный, а сооружения, в том числе КНС – на среднесекундный расход в час максимального водоотведения. Неравномерность загрузки элементов СОВ в течение суток – резерв, который следует использовать при усилении системы. При

исследовании работы системы водоотведения выявляются элементы (коллекторы, насосные станции), работающие с систематической и недопустимой перегрузкой и поэтому лимитирующие и недогруженные, которые могут рассматриваться как резерв производственных возможностей, подлежащий использованию при усилении. Сети отдельных бассейнов стока выполнены по тупиковой схеме, что предопределяет постоянный маршрут движения потоков и делает невозможным регулировать в процессе эксплуатации потокораспределение.

При разработке решений по реконструкции систем и сооружений водоотведения в большинстве случаев невозможно использовать типовые решения, которые обычно применяются в практике проектирования.

Само слово реконструкция в толковых словарях русского языка может иметь следующее толкование:

1. Реконструкция — процесс изменения объектов настоящего с целью придания новых свойств в будущем. Реконструкция независимо от ее содержания — это составная часть планирования.

2. Реконструкция — воспроизведение процессов, происходивших в прошлом, на основе некоторой модели и предпосылок.

3. Реконструкция — переделка, коренная перестройка чего-либо, организация по совершенно новым принципам.

Для систем водоотведения и очистки сточных вод достаточно точно отвечают первое и третье толкование.

Таким образом, реконструкция систем и сооружений водоотведения — это восстановление, совершенствование и модернизация существующих сетей водоотведения и сооружений на них, насосных станциях и очистных сооружениях с использованием передовых технологий и оборудования для улучшения условий эксплуатации и улучшения показателей их работы, удовлетворяющих современным нормативным требованиям. Основные направления реконструкции систем и сооружений водоотведения:

1. Капитальный ремонт и частичная модернизация существующих

очистных сооружений по существующим чертежам.

2. Восстановление и модернизация существующих систем и сооружений по исполнительной документации.

3. Интенсификация работы очистных сооружений за счет применения современных технологических решений.

4. Реконструкция систем и сооружений водоотведения с улучшением качественных показателей работы.

Реконструкция — творческий процесс, требующий нестандартных решений и во многих случаях предварительной экономической и экологической оценки принятого решения. При выполнении работ, связанных с реконструкцией систем и сооружений водоотведения необходимо стремиться к минимизации капитального строительства и максимальному использованию существующих систем и сооружений.

Следует учитывать, что для достижения более высоких показателей по отведению и обработке сточных вод, помимо нестандартных решений, на стандартных системах и сооружениях следует в максимальной степени использовать современные достижения в науке и практике водоотведения.

Перед проведением проектных работ с целью определения основных направлений проведения реконструкции необходимо выполнить предварительные работы, которые предполагают выполнение комплексных предпроектных изысканий по определению состояния объекта водоотведения по следующим параметрам:

– количество и качество сточных вод (за последние 1—2 года эксплуатации);

– баланс водоснабжения и водоотведения;

– состояние строительных конструкций;

– оценка ранее принятых технологических решений;

– рельеф местности и существующие геологические условия;

– геоподоснова с изучением всех инженерных коммуникаций.

После выполнения этих работ возможно приступить к разработке рекомендаций по реконструкции систем и сооружений водоотведения.

В практике градостроительства города подразделяются на крупнейшие, крупные, средние, малые и поселки городского типа.

С определенной долей условности города также можно классифицировать по числу жителей или по количеству сточных вод, поступающих на очистные сооружения:

1) крупнейшие города (мегаполисы) с населением более 1 млн человек и количеством сточных вод свыше 0,4 млн м3/сут.;

2) крупные города с населением от 100 тыс. до 1 млн человек и количеством сточных вод от 25 до 400 тыс. м3/сут.;

3) средние города с населением 50…100 тыс. человек и количеством сточных вод от 10 до 25 тыс. м3/сут.;

4) малые (небольшие) города и поселки городского типа с числом жителей от 3 до 50 тыс. человек (с возможной градацией 3…10 тыс. человек, 10…20 тыс. человек и 25…50 тыс. человек), при этом расчетное количество сточных вод изменяется в достаточно широком диапазоне от 0,5 до 10…15 тыс. м3/сут.

В Российской Федерации доля средних и малых городов составляет более 90 % от общего числа, при этом системы водоотведения в городах могут быть децентрализованными и иметь несколько очистных сооружений.

Методы реконструкции очистных сооружений средних и малых городов в значительной мере отличаются от приемов реконструкции комплексов очистки сточных вод крупных и крупнейших городов, что, прежде всего, зависит от коэффициента неравномерности поступления на очистные сооружения сточных вод и санитарно-химических показателей стока. Наличие промышленных предприятий в меньшей степени оказывает влияние на качественные характеристики сточных вод в крупном городе, чем в небольшом городе или населенном пункте. Технологическая схема перекачки и очистки сточных вод, эксплуатация и квалификация обслуживающего персонала являются основной причиной неудовлетворительной работы сооружений водоотведения.

Устаревшая технология (рассчитанная на основании уже отмененных нормативных документов) и невысокое качество проектирования очистных сооружений (например, неверно определенные объемы сооружений и коммуникаций) определяют эффективность их работы.

Другим важным обстоятельством является отсутствие у большей части обслуживающего персонала специальной подготовки по эксплуатации насосных станций и очистных сооружений, что является следствием отсутствия системы подготовки специалистов-операторов водоотведения в специализированных учебных заведениях, а также системы повышения квалификации и переподготовки кадров для эксплуатации систем и сооружений водоотведения.

Следующим по своей значимости фактором, оказывающим влияние на проведение реконструкции, является состояние инженерных технических и технологических коммуникаций. Сточная вода, газы, выделяющиеся из нее, и воздух, используемый на очистных сооружениях и в насосных станциях, оказывают агрессивное воздействие на инженерные коммуникации.

В большинстве лотков и каналов насосных станций и очистных сооружений при изменении притока сточных вод (в часы максимального или минимального притока) изменяется и наполнение, что приводит к разрушению бетонных лотков на границе раздела фаз воздух-вода. В закрытых трубопроводах при застое воды и при образовании воздушных мешков происходит интенсивное выделение газов, которые могут образовывать слабо концентрированные кислоты, вызывающие коррозию материалов трубопроводов.

Не следует игнорировать возможные пересечения и параллельную укладку инженерных сетей и электросетей (слаботочных или кабелей высокого напряжения), что может вызывать электрическую коррозию материалов, из которых изготовлены инженерные коммуникации, а также их механическое истирание мелкодисперсными минеральными фракциями (менее 0,2 мм), которые не задерживаются в сооружениях механической очистки.

Индустриализация и интенсификация строительства, которые широко внедрялись в 1960—70 гг. в практике водоотведения, в значительной мере сказались на состоянии и качестве строительных конструкций сооружений водоотведения. Применение сборных железобетонных конструкций в тех условиях позволяло интенсифицировать ввод сооружений в эксплуатацию и решать по тем нормативам проблемы очистки сточных вод, но, к сожалению, долговечность сооружений от этого значительно сократилась. В настоящее время строительные конструкции многих ранее построенных сооружений водоотведения подверглись сильному разрушению, а многие стали просто непригодны к дальнейшей эксплуатации.

В случае отсутствия перспективы развития объекта, являющегося источником сточных вод, их состав и количество могут быть определены по имеющейся проектной документации. Если таковой нет, то характеристика сточных вод определяется в лаборатории путем проведения анализа разовых проб воды, отобранных в часы максимального и минимального притока, и среднесуточных проб, отобранных через каждые два часа в течение суток. Серию указанных анализов следует провести не менее 3 раз в различные дни недели, включая выходные дни.

Если поступающие сточные воды по своему составу не соответствуют проектным показателям (или нормативам сброса их в фекальную канализационную сеть), то следует произвести выявление источника, за счет которого происходит превышение нормативов загрязнения. Необходимо принять меры либо к устранению данного источника, либо обязать его сбрасывать стоки в канализационную сеть после локальной очистки.

При перспективном развитии жилого сектора поселка (города) дополнительный приток сточной воды ориентировочно принимается исходя из числа жителей и принимаемой норме водоотведения.

Перспективное развитие действующих или строительство новых предприятий требует детального изучения количества и качества сточных вод, которые будут поступать на реконструируемые очистные сооружения.

Ориентировочно расход сточных вод может быть определен по количеству населения и норме водоотведения либо по производительности скважины (скважин), обеспечивающей водоснабжение канализуемого объекта.

Первоначальным этапом для выполнения работ по реконструкции объекта водоотведения является составление опросного листа, который направляется заказчику. Опросный лист является основой для выполнения всех работ по реконструкции объекта водоотведения. Он необходим для правильной оценки ситуации, сложившейся на объекте, и определяет перспективные пути развития объекта реконструкции, чтобы в дальнейшем максимально сократить необоснованные вложения в реконструкцию. Опросный лист может быть составлен в произвольной форме или в виде таблицы. Ниже приведен пример опросного листа, направляемого заказчику.

Опросный лист по реконструкции очистных сооружений

1. Основание для разработки проектных решений и проекта (письмо или постановление территориальных органов управления).

2. Технологические требования к очистным сооружениям (проектная пропускная способность и т.д.).

3. Исходные данные для выполнения предпроектных работ и решений: балансовая схема водопотребления и водоотведения города и промышленных предприятий (если есть); число жителей, обслуживаемых системой водоотведения; количество промышленных предприятий (абонентов городской водоотводящей сети), наименование, производимая продукция и примерный состав сточных вод; условия приема промышленных сточных вод в городскую водоотводящую сеть; графики притока сточных вод на очистные сооружения по сезонам года; количество сточных вод — максимальное, минимальное, среднее; существующие анализы поступающих и отводящих сточных вод за последние два года; ситуационный план в масштабе 1:2000 или 1:5000; существующие чертежи сооружений и зданий (если существуют очистные сооружения); требования к качеству очистки сточных вод и обработки осадков.

4. Исходные данные для выполнения проектных работ: решение соответствующего органа власти на строительство новых, реконструкцию, модернизацию или расширение существующих очистных сооружений канализации; отчеты об инженерно-геологических изысканиях (ранее выполненные и новые под проектируемые здания и сооружения); существующие схемные решения по электроснабжению, теплоснабжению, связи, водоснабжению, дорогам, технологическим трубопроводам; данные гидрологического обследования водоема и его категория; требования территориальных органов власти к качеству очистки сточных вод (санитарно-эпидемиологические, экологические и рыбохозяйственные и т.д.); топографическая съемка в масштабе 1:500 (новая); отчеты по технологическому обследованию существующих сооружений; отчеты по состоянию строительных конструкций существующих зданий и сооружений; отчеты об эксплуатационных показателях работы действующих предприятий; данные о состоянии природной среды (фоновое состояние водных объектов и атмосферы); перечень необходимых работ по новым или реконструируемым зданиям и сооружениям; остаточная балансовая стоимость по существующим зданиям и сооружениям; требования территориальных органов власти к строительству новых очистных сооружений или реконструкции существующих очистных сооружений.

5. Вид строительства (указать — строительство новых, реконструкция, расширение или модернизация существующих).

6. Стадийность проектирования (по согласованию между заказчиком и исполнителем).

7. Технико-экономические показатели объекта.

8. Требования к архитектурно-строительным и конструктивным решениям.

9. Требования к автоматизации технологических процессов.

10. Выделение очередей проектирования и пусковых комплексов.

11. Требования и условия разработки природоохранных мероприятий.

12. Требования к режиму безопасности и гигиене труда.

13. Требования к мероприятиям по ГО и ЧС.

14. Требования к выполнению сметной документации и ПОС.

15. Требования к комплектации ПСД.

16. Дополнительные требования (по согласованию с заказчиком).

17. Техническое задание на проведение работ.

18. Гарантийные обязательства заказчика по финансированию работ.

19. Источники финансирования работ.

20. Сроки разработки проекта.

21. Особые условия.

Таким образом, на основании данных, полученных от заказчика, составляется окончательное техническое задание на реконструкцию, согласно которому затем выполняются все работы на объекте. Если по обследуемому объекту данные представлены не в полном объеме или эти данные у заказчика отсутствуют, то необходимо запросить отсутствующие сведения в территориальных или проектных организациях. Состав этих сведений в этом случае будет следующим:

1) генплан сетей (сооружений) с горизонталями рельефа местности;

2) баланс по водоснабжению и водоотведению объекта;

3) технологическая схема;

4) планы и разрезы сооружений с указанием их габаритов или номера типового проекта данного сооружения;

5) ланы и разрезы насосных станций и зданий (помещений) технологического оборудования;

6) профили по воде или илу;

7) данные по напорным водоводам;

8) регламент и инструкции по эксплуатации сооружений;

9) журналы и акты (в том числе контролирующих органов) с количественными анализами качества сточных вод, как поступающих на очистку, так и по стадиям очистки;

10) прочая документация, которая имеется на объекте и может быть использована при разработке рекомендаций;

В случае предполагаемого строительства новых дополнительных сооружений необходимо иметь геологическую подоснову участка проектируемого строительства (не старше 5 лет). На основании полученной документации по результатам обмерных работ и проведенным обследованиям разрабатывается исполнительная документация, выполняются чертежи и высотное расположение зданий и сооружений.

На этом же этапе составляются основные положения технического задания, определяющие глубину обследования объекта, объем и состав работ в зависимости от требований к качеству очищенных сточных вод и пропускной способности сооружений после их реконструкции.

На основании изученных материалов и проведенной предпроектной работы подготавливается несколько вариантов реконструкции, предусматривающих различные технологические решения. Оценку вариантов можно выполнять по эксплуатационным критериям, учитывая логистические особенности объекта, перспективы развития, организационные условия управляющей организации и так далее, а также по экономическим после выполнения технико-экономического обоснования. Наиболее распространен метод экономического сравнения по приведенным затратам. Приведенные затраты учитывают эксплуатационные расходы, возникающие на реконструированном объекте (включающие в себя, например, амортизационные отчисления, расходы на текущий ремонт, на электроэнергию, цеховые расходы и так далее) и капитальные затраты на строительно-монтажные работы и установку оборудования. Капитальные затраты должны приниматься с учетом нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений.

Тема 2.2 Реконструкция водоотводящих сетей

Надежность и экологическая безопасность являются основными требованиями, которые предъявляются к современным системам

водоотведения. Согласно принятой технической терминологии «надежность — есть свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования...». В этом определении под объектом может пониматься как система водоотведения в целом, так и отдельные ее сооружения: насосные станции, очистные сооружения, самотечные сети и напорные канализационные трубопроводы. Надежность является внутренним свойством системы или ее элемента, определить которое можно только на основании опыта эксплуатации с помощью приемов теории и практики надежности и методов математической статистики, и включает несколько единичных свойств — безотказность, долговечность, ремонтопригодность, режимная управляемость и безопасность и др. Отказ в работе системы водоотведения — событие, заключающееся в нарушении работоспособности ее или составляющих элементов (самотечных сетей, насосных станций, напорных трубопроводов или очистных сооружений), для восстановления которых необходим ремонт того или иного элемента системы и сооружений. Такой отказ приводит к нарушению работы системы водоотведения, к материальному ущербу, а в ряде случаев возможны и аварийные ситуации, приводящие к нарушению существующих нормативов охраны окружающей среды. Показатель надежности элементов водоотведения — количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих ее надежность. К основным показателям надежности могут быть отнесены: w(t) — интенсивность отказов; tв — среднее время восстановления (ликвидации аварии), ч; Т — наработка на отказ (или время работы между отказами), год; Р(t) — уровень надежности — вероятность безотказной работы в пределах заданного времени эксплуатации, t; Q(t) = 1 – Pt — вероятность отказа. Вероятность безотказной работы и вероятность отказа выражаются в долях от единицы или процентах. Интенсивность отказов wt характеризует плотность вероятности возникновения отказа в рассматриваемый момент времени (то есть риск появления отказа).

В практике эксплуатации систем и сооружений водоотведения после периода восстановления (ремонта) может произойти его следующий отказ и т.д., то есть отказы происходят во времени совершенно случайно, образуя поток случайных событий. Вид потока отказов определяет показатели надежности самотечных и напорных трубопроводов, насосных станций и методы их расчета. Поэтому для оценки показателей надежности в процессе обработки исходных статистических данных по эксплуатации сетей и сооружений водоотведения необходимо найти опытные статистические закономерности распределения рассматриваемых случайных величин и установить, какому из теоретических законов распределения они ближе всего соответствуют. Использование законов распределения позволит применять известные аналитические методы определения показателей надежности.

Вероятно, некоторые вышеприведенные зависимости могут быть использованы для оценки надежности самотечных коллекторов и очистных сооружений. При этом следует учитывать, что обеспечение надежной работы самотечной сети и очистных сооружений представляется более сложными и многофакторными критическими системами, для которых до настоящего времени не определены многие зависимости обеспечения надежности, наиболее полно изучена лишь надежность работы напорных трубопроводов. Методика оценки показателей надежности во всех случаях опирается на современный аппарат теории вероятностей и математической статистики и состоит из последовательного выполнения четырех основных этапов статистических исследований: 1. Определение объема статистических определительных испытаний. 2. Сбор и систематизация данных по отказам (авариям). 3. Оценка полученной информации по критериям ее полноты, достоверности и представительности. 4. Статистическая обработка информации по отказам и восстановлениям — классификация причин отказов, составление вариационных рядов числа отказов, определение законов распределения рассматриваемых случайных величин, оценка их параметров и определение численных значений

показателей надежности с установлением факторов, формирующих законы их изменения.

Под надежностью участка водоотводящего трубопровода понимается его свойство бесперебойного отвода сточных вод от обслуживаемых объектов в расчетных количествах в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями и соблюдением мер по охране окружающей среды. Определение степени надежности работы самотечной сети водоотведения производится на основании использования и обобщения обширного аналитического и архивного материала по эксплуатации водоотводящих трубопроводов различных городов и населенных пунктов, применения соответствующего математического аппарата и специально разработанной автоматизированной системы комплексной оценки надежности городской водоотводящей сети. В настоящее время значительная часть трубопроводов городской водоотводящей сети в различных регионах РФ исчерпала нормативный срок службы, и имеется высокий риск возникновения аварий.

Надежность систем водоотведения является сложной многофакторной и многовариантной задачей. Подход к определению первоочередного объекта реабилитации трубопроводов водоотводящей сети базируется на выделении базового или основного фактора, которым служит его надежность, а также метод оценки определенного количества косвенных дестабилизирующих факторов, влияющих на показатели надежности участков трубопроводов в реальных условиях эксплуатации. При разработке стратегии повышения надежности водоотводящих сетей целесообразно в качестве основного фактора оценки их состояния принять аварийность. Аварийность самотечных коллекторов, а также качественное и количественное описание должно производиться только после выявления влияния на него всех косвенных факторов, показателей и обстоятельств, оцениваемых, в свою очередь, по балльной системе на основе распределения по рангам значимости с использованием фактических данных по эксплуатации трубопроводов и математического аппарата теории графов. Оценка косвенных факторов и их

ранжирование по значимости к приоритетному фактору (аварийности) должно производиться с учетом двух основных условий: минимального ущерба (материального, экологического, социального) в случае аварийной ситуации, например, отказа участка водоотводящей сети, и увеличения срока безаварийной эксплуатации участков сети. При разработке надежности городских водоотводящих сетей к косвенным факторам влияния на риск возникновения отказа следует отнести следующие 11 факторов:

1) год укладки водоотводящего трубопровода;

2) диаметр трубопровода (толщина стенок);

3) нарушения в стыках трубопроводов;

4) дефекты внутренней поверхности;

5) засоры, препятствия;

6) нарушение герметичности;

7) деформация трубы;

8) глубина заложения труб;

9) состояние грунтов вокруг трубопровода;

10) наличие (отсутствие) подземных вод;

11) интенсивность транспортных потоков.

Влияние 11 косвенных факторов на базовый, т. е. аварийность водоотводящей сети, и определение их приоритетности по балльной системе производится с помощью математической модели (теории графов) посредством составления матриц доминирования, устанавливающих общую связность (т.е. наличие или отсутствие связей вершин графа) всех элементов системы с учетом множества возможных сочленений, и выявлением ранга доминирования или значимости.

Косвенные факторы значимости, используемые для создания алгоритма и программы надежности водоотводящих сетей, отличаются и имеют специфические особенности.

Для решения задач надежности водоотводящих сетей по разным причинам не используются такие факторы, как качественные показатели воды и

плотность населения. При восстановлении же водоотводящих сетей широко представлены в качестве косвенных внешних факторов пять типов патологий (нарушения в стыках, дефекты внутренней поверхности труб, засоры различного происхождения, нарушение герметичности стенок, деформация стенок трубы), без которых оценка реального технического состояния водоотводящих сетей была бы невозможна.

В табл. 2.2.1 приведен перечень основных нарушений, которые в значительной мере оказывают влияние на надежность работы самотечных водоотводящих сетей.

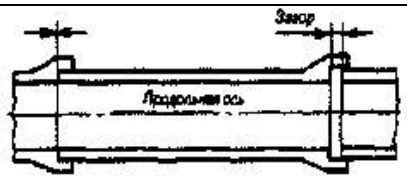
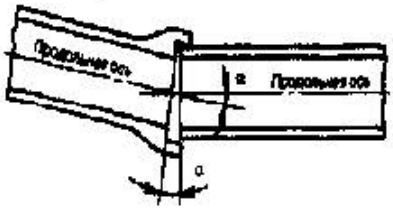
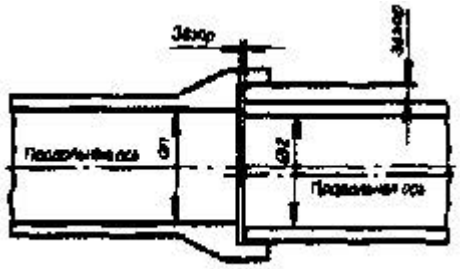
К качественным характеристикам воды подход может быть двояким. В настоящей программе реновации водоотводящих сетей он не учитывается, так как рассмотрению подлежат городские сточные воды, имеющие концентрацию загрязнений в диапазоне, соответствующем приему сточных вод в городскую канализацию. Для водоотводящих сетей, транспортирующих производственные сточные воды, фактор «качественные характеристики» становится необходимым, что требует внесения дополнительных корректив в разработанный алгоритм и автоматизированную программу.

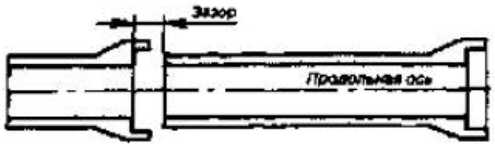
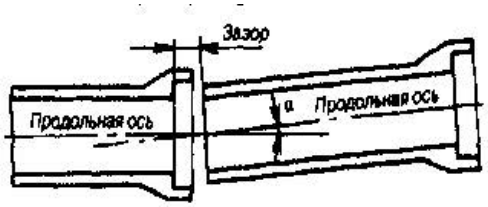
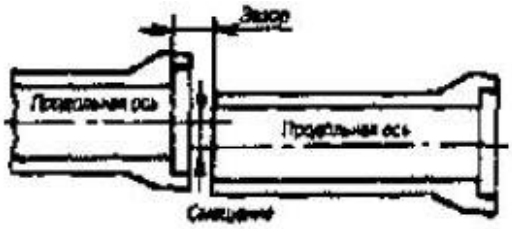
Плотность населения как фактор значимости при разработке стратегии реновации водоотводящих сетей отсутствует, так как является относительно независимым по отношению к нарушениям работы наружных водоотводящих сетей, и в случае аварийной ситуации на городских сетях население жилых зданий и работники гражданских и промышленных объектов не перестают пользоваться услугами внутренней водоотводящей сети.

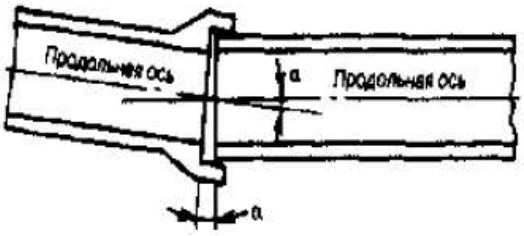
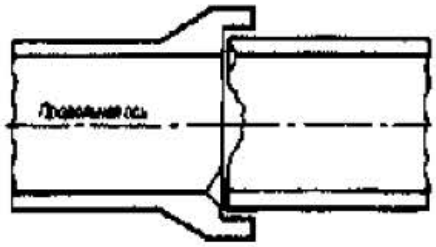
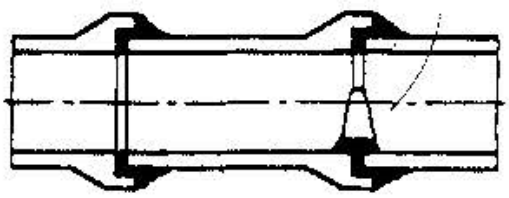
Таблица 2.2.1

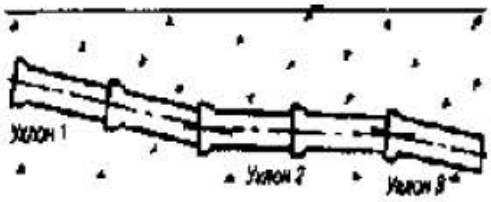
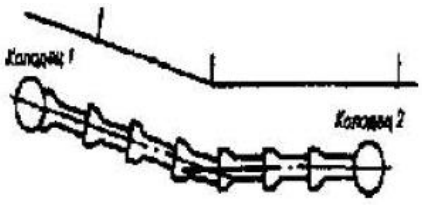
Перечень основных нарушений в водоотводящих трубопроводах и характеристика элементов их состояния

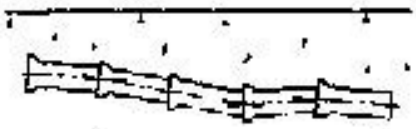
Виды нарушений в водоотводящих трубопроводах	Краткая характеристика состояния трубопроводов
Неплотная стыковка	Сущность – наличие незначительного зазора в пределах длины раструба,

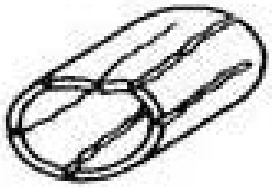
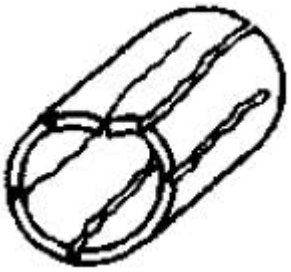
	проектная ось не нарушена. Причина – дефект укладки во время строительства. Последствия – обнажение и разрушение стыков, проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация. Материалы труб – любые с раструбным соединением
Нарушение угла стыковки 	Сущность – наличие незначительного угла между продольными осями. Причина – дефект укладки во время строительства. Последствие – обнажение и разрушение стыков, разрушение прокладок, проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация. Материалы труб – любые с раструбным соединением (преимущественно бетонные)
Нарушение стыковки по горизонтали и (или) по вертикали 	Сущность – несовпадение осей при одинаковых диаметрах. Причина – дефект эластичной прокладки во время строительства. Последствия – обнажение и разрушение стыков, проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация. Материалы труб – любые с раструбным соединением (преимущественно бетонные)

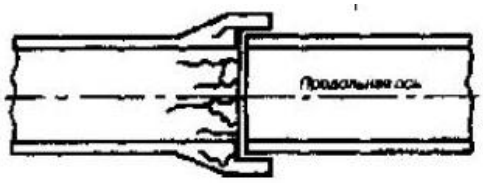
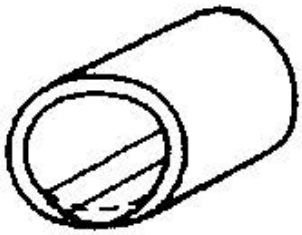
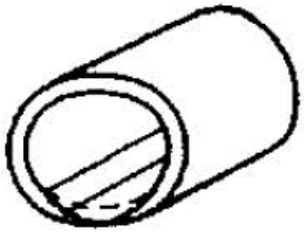
Продольное смещение труб без нарушения соосности 	Сущность – расхождение стыка при неизменности продольных осей. Причина – подвижка грунтов, некачественная заделка стыков при укладке труб. Последствия – обнажение и разрушение стыков, проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация. Материалы труб – любые с раструбным соединением.
Смещение по вертикали и (или) горизонтали 	Сущность – несовпадение продольных осей. Причина – дефект эластичной прокладки во время строительства, подвижка почв, толчки (деформации) вертикальные и горизонтальные. Последствия – обнажение и разрушение стыков, прокладок, проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация. Материалы труб – любые с раструбным соединением
Смещение (осевое) по вертикали и (или) горизонтали 	Сущность – параллельность продольных осей и значительный зазор в стыках. Причина – подвижка грунтов, толчки различного происхождения. Последствия – проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация. Материалы труб – любые с раструбным соединением

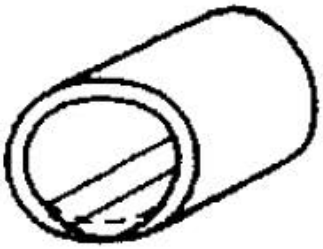
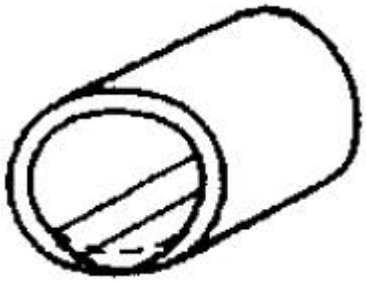
Угловое смещение (сдвиг) 	Сущность – наличие значительного угла между продольными осями. Причина – дефект укладки во время строительства, подвижка грунтов. Последствия – обнажение и разрушение стыков, разрушение прокладок, проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация
Разрушение торцов в пределах стыков 	Сущность – наличие закрытой круговой трещины в пределах стыка. Причина – дефект торцов трубопроводов. Последствия – обнажение и разрушение стыков, разрушение прокладок, проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация
Дефект эластичных прокладок 	Сущность – выход эластичной прокладки из торцевого паза трубы и ее провисание. Причина – неплотность прилегания к пазу трубы, дефект заводского изготовления паза. Последствия – проникновение корней, эксфильтрация и инфильтрация. Материалы труб – любые
Дефект заделки стыка (чеканки) кольцевого пространства раствором 	Сущность – выход заделочного раствора из стыка внутрь трубопровода. Причина – некачественная заделка стыков. Последствия – образование наростов и других препятствий движению воды.

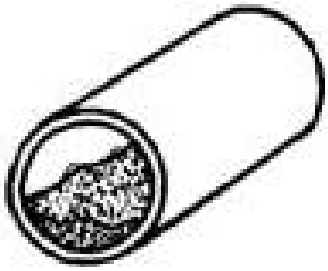
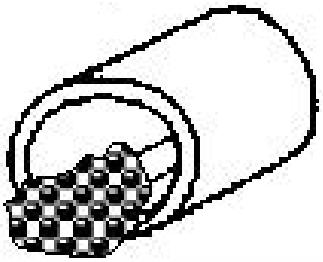
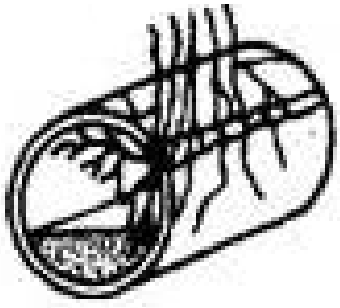
	Материалы труб – любые с раструбным соединением
Несоответствие размеров труб направлению потока	Сущность – несоответствие размеров труб направлению потока за пределами колодца, смещение продольных осей. Причина – дефект укладки во время строительства. Последствия – изменение гидравлического режима, подтопление, выпадение осадков, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб - любые
Нарушение (изменение) продольного профиля 	Сущность – нарушение уклонов отдельных труб по всей трассе. Причина – дефект укладки во время строительства, подвижка почв. Последствия – изменение гидравлического режима, подтопление, выпадение осадков, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – любые
Изменение (угловое) в плане 	Сущность – изгиб плети трубопроводов в плане в пределах колодцев. Причина – дефект укладки во время строительства, поперечные деформации почв. Последствия – изменение гидравлического режима, расхождение стыков, инфильтрация, эксфильтрация

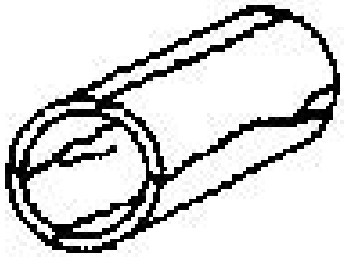
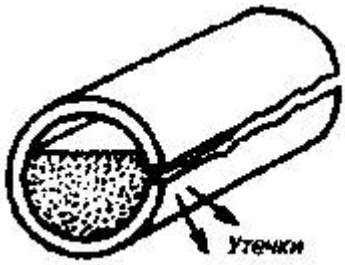
	Материалы труб – любые, кроме пластиковых
Образование обратного уклона 	Сущность – нарушение уклонов на отдельных участках в пределах колодцев. Причина – дефект укладки во время строительства, мощные статические и динамические нагрузки. Последствия – изменение гидравлического режима, подтопление, выпадение осадков, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – любые.
Образование частичных смещений 	Сущность – нарушение уклона отдельной трубы на профиле. Причина – дефект укладки во время строительства, подвижка грунтов, динамические и статические нагрузки. Последствия – изменение гидравлического режима, подтопление, выпадение осадков, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – любые
Деформация (сдавливание) по вертикали 	Сущность – вертикальное сжатие и образование продольных трещин. Причина – поперечные деформации грунтов, мощные динамические и статические нагрузки. Последствия – изменение гидравлического режима, образование

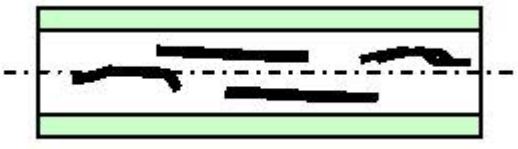
	трещин, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – любые
Разрушение полное или частичное 	Сущность – полное или частичное разрушение образующей трубопровода вплоть до обрушения всей конструкции. Причина – поперечные деформации грунтов, мощные динамические и статические нагрузки. Последствия – изменение гидравлического режима, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – любые и, в частности, бетонные неармированные
Образование изгибов по трассе	Сущность – периодические изгибы плетей трубопроводов в плане по всей трассе. Причина – дефект укладки во время строительства, поперечные деформации грунтов. Последствия – изменение гидравлического режима, расхождение стыков, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – любые
Оседание (просадка) свода 	Сущность – вертикальное сжатие, образование продольных трещин и провала свода. Причина – поперечные деформации грунтов, мощные динамические и статические нагрузки.

	Последствия – изменение гидравлического режима, образование трещин, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – любые
Перелом (разрыв)  	Сущность – деформация и разрыв стыков. Причина – некачественная заделка стыков при строительстве, дефект заводского изготовления. Последствия – перелом трубопровода в месте стыка, инфильтрация и эксфильтрация. Материалы труб – любые, в частности, армированный бетон
Образование сквозных отверстий и свищей 	Сущность – образование многочисленных сквозных отверстий в стенках и своде. Причина – наличие агрессивных грунтовых и подземных вод. Последствия – инфильтрация и эксфильтрация. Материалы труб – любые
Коррозия (полная, сплошная или частичная) 	Сущность – образование сплошных или местных коррозийных кратеров по внутренней поверхности трубы. Причина – воздействие на стенки транспортируемой сточной воды и образующихся газов. Последствия – изменение

	гидравлического режима. Материалы труб – любые на основе цемента
Абразивный износ (полный или частичный) 	Сущность – полное или частичное истирание внутренней поверхности трубы. Причина – воздействие на стенки транспортируемой сточной воды и твердых включений. Последствия – инфильтрация, эксфильтрация, изменение гидравлического режима. Материалы труб – любые
Истирание внутренней поверхности трубы 	Сущность – истирание внутренней поверхности трубы до оголения внутреннего слоя. Причина – воздействие на стенки транспортируемой сточной воды и твердых включений. Последствия – инфильтрация, эксфильтрация, изменение гидравлического режима, разрушение внутреннего слоя трубы. Материалы труб – любые
Структурные дефекты заводского изготовления (например, чешуйчатость внутренней поверхности трубопровода)	Сущность – проявление различного рода дефектов на внутренней поверхности трубопровода. Причина – некачественное заводское изготовление.

	Последствия – постепенное зарастание живого сечения. Материалы труб – любые
Наносы в виде осадившегося песка 	Сущность – выпадение песка в лотковой части, образование песчаных гряд. Причина – изменение гидравлического режима из-за нарушения условий проектирования и эксплуатации. Последствия – закупорка живого сечения, аварийная ситуация. Материалы труб – любые
Отложения жировых и солевых наносов 	Сущность – отложение на внутренних стенках и днище минеральных и органических солей и жиров. Причина – состав сточных вод. Последствия – нарушение гидравлического режима, закупорка живого сечения, аварийная ситуация. Материалы труб – любые
Проникновение корней деревьев и кустарников в трубопровод (значительное и незначительное) 	Сущность – частичное или полное перекрытие живого сечения корнями. Причина – нарушение герметичности труб. Последствия – нарушение гидравлического режима, закупорка живого сечения, авариная ситуация. Материалы труб – любые
Закупорка сечения примыкающими трубопроводами	Сущность – частичное перекрытие живого сечения основного трубопровода

	примыкающими. Причина – некачественная прокладка основного и примыкающего трубопроводов, подвижка грунтов со смещением примыкающего трубопровода внутрь основного. Последствия – нарушение гидравлического режима. Закупорка живого сечения, аварийная ситуация. Материалы труб – любые
Продольные закрытые трещины 	Сущность – образование продольных трещин по всей длине трубопровода. Причина – подвижка грунтов, значительные динамические и статические нагрузки. Последствия – при непринятии контрмер образование открытых трещин, инфильтрация, эксфильтрация. Материалы труб – армированный и неармированный бетон
Продольные открытые (раскрытые сквозные) трещины с утечками 	Сущность – образование продольных трещин по всей длине трубопровода с фрагментарным проседанием. Причина – подвижка грунтов, значительные динамические и статические нагрузки. Последствия – эксфильтрация и потенциальная инфильтрация. Материалы труб – армированный и

	неармированный бетон
Продольные открытые (раскрытые, сквозные) трещины без утечек	Сущность – образование продольных трещин по всей длине трубопровода. Причина – значительные динамические и статические нагрузки. Последствия – эксфильтрация и потенциальная инфильтрация. Материалы труб – армированный и неармированный бетон
Поперечные круговые закрытые трещины	Сущность – образование поперечных кольцевых трещин. Причина – подвижка грунтов, значительные динамические и статические нагрузки. Последствия – при непринятии контрмер образование открытых трещин, потенциальная инфильтрация и эксфильтрация. Материалы труб – армированный и неармированный бетон
Поперечные круговые открытые (раскрытые, сквозные) трещины без утечек 	Сущность – образование круговых несквозных трещин. Причина – подвижка грунтов, значительные динамические и статические нагрузки. Последствия – при непринятии контрмер образование открытых трещин, потенциальная инфильтрация и эксфильтрация.

	Материалы труб – армированный и неармированный бетон

Основным способом бестраншейного восстановления структуры подземных трубопроводов различного назначения является нанесение внутренних защитных покрытий (облицовок, оболочек, рубашек, мембран, вставок и т.д.) по всей длине трубопровода или в отдельных его местах, подверженных дефектам. Согласно современной международной классификации, внутренние защитные покрытия могут выполняться в виде набрызговых оболочек, сплошных покрытий, спиральных оболочек, точечных (местных) покрытий. Из многообразия существующих методов восстановления водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными способами можно выделить следующие, получившие наибольшее распространение в мировой практике:

1) нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП) на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода;

2) протаскивание нового трубопровода в поврежденный старый (с его разрушением и без разрушения) с помощью специальных устройств, например, пневмопробойников;

3) протаскивание гибкой (предварительно сжатой или сложенной U-образной формы) полимерной трубы внутрь старого ремонтируемого трубопровода;

4) протаскивание сплошных защитных покрытий из различных полимерных материалов;

5) использование гибких элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой;

6) использование гибкого комбинированного рукава (чулка), позволяющего формовать новую композитную трубу внутри старой;

7) использование рулонной навивки (бесконечной профильной ленты) на внутреннюю поверхность старого трубопровода;

8) нанесение точечных (местных) покрытий и другие.

Каждый из перечисленных методов восстановления отличается специфическими особенностями и имеет свои преимущества, на основе которых определяется соответствующая область их применения для ремонта водопроводных и водоотводящих сетей. Целесообразность использования того или иного метода определяется после детальных диагностических обследований и заключения технической экспертизы. В каждом конкретном случае рассмотрению подлежат состояние трубопровода, его размеры, вид транспортируемой среды, окружающая подземная инфраструктура, тип грунтов, наличие подземных вод и ряд других факторов, способных повлиять на выбор метода восстановления. Представим краткое описание некоторых из перечисленных выше методов бестраншейного восстановления водопроводных и водоотводящих сетей.

Нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП) на внутреннюю поверхность трубопроводов (набрызговый метод). Использование набрызгового метода путем нанесения цементно-песчаных покрытий необходимо рассматривать в историческом аспекте и, прежде всего, как антикоррозионную изоляцию внутренней поверхности трубопроводов.

Начало освоения бестраншейных технологий в нашей стране в виде наложения антикоррозионной изоляции на внутреннюю поверхность ветхих трубопроводов в полевых условиях относится к 40-ым гг. XX в.

Одними из первых защитных материалов трубопроводов были красочные покрытия и битумная изоляция (асфальтировка), которые позволяли продлить срок службы трубопроводов на несколько лет. Однако практика эксплуатации показала, что после 10—12 лет работы трубопровода асфальтировка разрушалась, превращаясь в хрупкую пористую массу, а через 20 лет пористость составляла до 60 %, что более не обеспечивало сохранности стенок трубы.

В 1950—60 гг. прошлого века были предприняты попытки применения в качестве ремонтных покрытий пластмассовой крошки, напыляемой на

внутреннюю поверхность подземных трубопроводов, однако данный метод из-за сложности технологии не нашел широкого распространения, несмотря на разнообразие предложенных защитных материалов.

В тот же период для защиты находящихся под землей трубопроводов начали применять асбестоцементные покрытия, наносимые механизированным способом, который обеспечивал высокую плотность и хорошее сцепление с металлом на внутренней поверхности труб. Для уменьшения шероховатости стенок труб одновременно с наложением раствора производилось заглаживание его вращающимися лопатками. Данный метод и технология нанесения раствора стали своеобразным предвестником применения в нашей стране более совершенного, эффективного и экологичного цементно-песчаного покрытия.

Необходимо отметить, что защитные свойства цементного покрытия по отношению к металлу известны уже более 150 лет. Еще в 1836 г. на основе исследований французской Академии наук было рекомендовано применение цемента в качестве дешевого и простого средства для защиты стали от коррозии. В США, начиная с 1931 г., облицовка чугунных и стальных труб цементным раствором становится общепринятой практикой.

Особое свойство покрытия на основе цемента состоит в наличии пассивного и активного эффектов. Пассивный достигается за счет механической изоляции стенок труб прочным защитным слоем, а активный эффект основан на образовании на поверхности раздела цементного покрытия и стенке трубы насыщенного раствора гидроокиси кальция с pH = 12,6. При этих условиях низколегированная сталь не подвергается коррозии. Одновременно цементно-песчаное покрытие обладает свойством самолечения. Оно заключается в том, что трещины и щели, которые могут возникнуть в процессе нанесения и схватывания раствора, самозакупориваются как за счет разбухания материала, так и за счет выделяющихся известковых отложений в виде карбоната кальция.

Первый опыт применения цементно-песчаных покрытий в Москве относится к 1968 г., когда были проведены работы по защите участка стального

водовода второго подъема внутренним диаметром 1200 мм и длиной 110 м (3-й Краснопресненский водовод). Проводимые каждые 10 лет со дня пуска в эксплуатацию водовода комплексные эксперименты по определению качества цементно-песчаного покрытия показывали его стабильность, подтверждая долговечность материала и правильность принятия решения по реновации сети цементно-песчаным покрытием.

Оставаясь на сегодняшний день востребованными, цементно- песчаные покрытия, тем не менее, постепенно уступают место новым полимерным материалам, выполняемым в виде тонких полимерных оболочек, плетей труб, отдельных коротких трубных модулей, рулонных навивок и другим типам облицовок.

Тема 2.3. Капитальный ремонт систем внутренней канализации

Внутренняя водоотводящая сеть состоит из отводных труб, стояков, объединяющих коллекторов, вентиляционных вытяжных труб и выпусков. Отводные трубы служат для отвода сточных вод от санитарных приборов к стоякам. Их прокладывают открыто над полом или под потолком ниже лежащего этажа, а также скрыто в конструкциях перекрытий под полом – в земле, блоках, панелях, сантехкабинах. Следует избегать прокладки отводных труб под потолком нижележащего этажа в жилых зданиях. Такая прокладка разрешается в групповых санузлах, в подвалах и технических подпольях. В помещениях с повышенными требованиями к отделке отводные трубы, уложенные под потолком, следует маскировать коробами, подшивными потолками и т.д.

Отводные трубы, отводящие стоки от санитарных приборов, присоединяют непосредственно к гидравлическому затвору прибора и прокладывают прямолинейно с уклоном от санитарных приборов к стояку. Соединяют отдельные горизонтальные участки отводных труб от приборов и стояков под углами 45, 60 и 90°. Диаметры и уклоны отводных труб от санитарно-технических приборов принимаются в соответствии с расчетом.

Прокладку труб с минимальным уклоном принимают в крайнем случае, и применение минимального уклона необходимо обосновать.

Отводные трубы, к которым присоединено более шести унитазов, должны иметь вентиляционные стальные оцинкованные трубы диаметром 40 мм для предотвращения срыва гидравлических затворов. Вентиляционные трубы присоединяют к высшей точке отводных труб (обычно к началу линии).

На отводных трубах от санитарных приборов, борта которых расположены ниже люка ближайшего смотрового колодца дворовой системы водоотведения, должны быть установлены задвижки. В начальных участках отводных труб (по движению стоков) при числе приборов три и более, под которыми нет ревизий, устанавливают прочистку.

На поворотах горизонтальных участков отводных труб или объединяющих коллекторов при углах поворота более 30° устанавливают ревизии или прочистки.

Стояки служат для приема и отвода сточных вод от отводных труб, расположенных на различных этажах здания. Их устанавливают вертикально, без переломов в раструбах. Диаметр стояка должен быть одинаков по всей высоте и не менее наибольшего диаметра отводной трубы санитарного прибора, присоединенного к данному стояку. Стояки устанавливают в местах расположения групп санитарных приборов и по возможности ближе к тем приемникам сточных вод, в которые поступают наиболее загрязненные стоки.

Для контроля и прочистки стояков ревизии устанавливают не реже чем через три этажа и обязательно в подвале и в верхнем этаже, при отсутствии подвала – на первом этаже.

Вентиляцию хозяйственно-бытовой и производственной систем водоотведения, отводящих сточные воды, выделяющие запах, вредные газы и пары, осуществляют через вытяжные трубы, являющиеся продолжением стояков. Диаметр вытяжной трубы равен диаметру стояка. При объединении одной вытяжной трубой нескольких стояков ее диаметр увеличивают на 50 мм. Объединять одной вытяжной трубой рекомендуется не более шесть стояков.

Вытяжные трубы выводят выше кровли здания на 0,7 м, заканчиваются они обрезом трубы без установки флюгарки. Выводимые выше кровли вытяжные трубы стояков необходимо удалять от открываемых окон и балконов не менее чем на 4 м (по горизонтали).

Выпуск внутренней водоотводящей сети устраивают для отвода сточных вод в дворовую сеть:

– со стороны фасада (как правило, дворового) – от одной жилой секции;

– с торцовой стороны здания – общий для всего здания

Поворот стояка на участке перехода его в выпуск необходимо выполнять плавно с использованием двух последовательно соединенных отводов по 135° или одного укрупненного пологого отвода радиусом 400 мм.

Устройство выпусков должно обеспечить сохранность труб при осадке здания и предотвратить пропуск атмосферных и грунтовых вод в подвал. При пересечении выпуском фундамента здания в нем необходимо оставить отверстие при строительстве фундамента не менее 400 х 400 мм. В любом случае расстояние до верха трубы должно быть не менее 0,15 м.

При устройстве выпусков ниже подошвы фундамента их прокладывают в футлярах из бетонных или железобетонных труб или устраивают местное заглубление фундаментов не менее чем на ОД м ниже основания трубы.

Выпуски прокладывают перпендикулярно зданию, прямолинейно и присоединяют к дворовой сети, как правило, без перепадов, "шелыга в шелыгу", под углом не менее 90°, считая по движению сточных вод. В местах присоединения выпусков устраивают смотровые колодцы диаметром не менее 0,7 м. Выпуски хозяйственно-бытовой водоотводящей сети, как правило, выполняют из чугунных труб.

Дворовую водоотводящую сеть прокладывают параллельно зданиям, по кратчайшему расстоянию к уличной сети. При трассировке наружной водоотводящей сети параллельно зданию сеть должна быть удалена от него с учетом глубины заложения фундамента и угла естественного откоса грунта.

Диаметр труб, как правило, принимают не менее 150...200 мм. Расчет дворовой сети проводят по нормам и правилам проектирования внутренней водоотводящей сети.

Дворовые водоотводящие сети прокладывают по правилам устройства уличных сетей и выполняют из асбестоцементных, керамических, бетонных и железобетонных труб. На ветке, соединяющей дворовую сеть с уличной, на территории домовладения устанавливают контрольный колодец на расстоянии 1,0 м от красной линии (границы участка).

При расчете и проектировании внутренних санитарно-технических устройств большое внимание уделяется индустриализации монтажных работ и применению укрупненных санитарно-технических элементов.

При капитальном ремонте внутренних водоотводящих систем зданий в большинстве случаев производится полная замена трубопроводов, арматуры и приборов, что связано с большим износом элементов системы.

Тема 2.4. Особенности конструкций насосов, применяемых для перекачивания загрязненных и агрессивных жидкостей

Насосные станции систем водоотведения — это комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий отведение сточных вод и их перекачку.

Тип насосной станции определяется глубиной заложения подводящего коллектора, объемом сточных вод, поступающих на насосную станцию, видом перекачиваемой сточной жидкости, гидрогеологическими условиями строительства, типом устанавливаемых насосных агрегатов.

По роду перекачиваемой жидкости насосные станции водоотведения делятся на четыре группы — для перекачивания бытовых сточных вод, производственных сточных вод, атмосферных вод и осадков, образующихся на очистных сооружениях.

Насосные станции для транспортировки осадков находятся в едином комплексе сооружений очистки сточной жидкости и обработки осадков. Они

служат для перекачки сброшенного осадка и активного ила на сооружения для дальнейшей их обработки.

Насосные станции могут быть:

1. Локальные — предназначаются для транспортировки сточных вод от отдельно стоящих зданий, административно-хозяйственных помещений и т.п. в самотечные коллекторы.

2. Районные — осуществляют транспортировку сточных вод от жилых микрорайонов в вышележащие коллекторы.

3. Главные — перекачивают сточную жидкость, отводимую со всей территории города на очистные сооружения.

В настоящее время при проектировании насосных станций водоотведения предусматривается строительство в едином комплексе с насосной станцией аварийно-регулирующих или аварийных резервуаров для сглаживания неравномерности притока сточных вод или обеспечения надежной работы системы водоотведения в аварийных ситуациях.

Насосные агрегаты для перекачки сточных вод. Конструктивные особенности насосных агрегатов обусловливаются составом перекачиваемой сточной жидкости, который характеризуется большим количеством крупных и мелких включений. Кроме этого, в стоках содержится и песок, являющийся абразивным материалом. С учетом этого фактора лопастям рабочего колеса придается более обтекаемая форма, рабочие колеса изготавливают из твердосплавных материалов, например, титана, внутренняя полость корпуса защищена сменными дисками, улитки насосных агрегатов должны быть покрыты специальным твердосплавным составом для предохранения от абразивного износа.

Динамические насосы для сточной жидкости можно разделить на центробежные и свободновихревые. По расположению вала — горизонтальные, вертикальные (В), полупогружные (П). По уплотнению вала — сальниковое, торцовое, без уплотнения. По ступеням перекачки — одноступенчатые, двухступенчатые.

В насосных станциях, помимо насосных агрегатов для перекачки сточных вод и других видов жидкостей, устанавливаются решетки (решетки с ручной или механизированной очисткой, решетки-дробилки).

Одним из важнейших элементов надежности работы насосных станций является запорно-регулирующая арматура — затворы, задвижки, обратные клапаны.

Предварительный анализ реконструкции может производиться по соотношению укрупненных объемов строительных работ, устанавливаемого оборудования и основных параметров работы насосных станций. Обязательно проводится техническое обследование насосной станции.

Реконструкцию насосной станции возможно осуществлять следующими методами: заменой насосных агрегатов на более производительные современные; установкой современного оборудования пуска и регулирования работы насосными агрегатами; изменением технологической схемы работы насосной станции с полной перепланировкой подземной части; устройством приемного резервуара и установки в нем погружных насосов; изменением технологической схемы работы насосной станции с полной перепланировкой подземной части и установкой погружных насосов с системой «плавного пуска» (частное регулирование) с новой системой КИПиА; изменением технологической схемы работы насосной станции с устройством регулирующего резервуара.

Насосные станции, как правило, располагаются в пониженных местах, имеют глубокое заложение, в ряде случаев ниже уровня подземных вод. В этом случае целесообразно применение насосных станций шахтного типа, имеющих круглую в плане форму.

Наиболее простым методом реконструкции насосных станций водоотведения является достаточно несложная операция, при которой установленные насосы заменяются на более современные или имеющие более высокую производительность агрегаты.