

Лабораторная работа №1

Расчёт минимальной толщины стенки трубопровода

Цель: Знакомство с материалами напорных и безнапорных трубопроводов, методами определения толщины трубопровода

Теоретические основы

Трубопроводы состоят из следующих взаимосвязанных элементов: труб (определенного диаметра, длины, толщины стенки, материала), фасонных частей и арматуры.

Трубопроводы классифицируют как напорные и безнапорные. Как правило для водоснабжения используются напорные трубопроводы. Напорные трубопроводы транспортируют вещество под давлением (напором) и всегда работают полным сечением. Напорные трубопроводы могут прокладываться с любым уклоном.

Для водоотведения используются безнапорные (самотечные) трубопроводы либо комбинированные. Безнапорные трубопроводы работают при частичном заполнении живого сечения трубы (со свободным воздушным пространством). Самотечные трубопроводы прокладываются с определенными уклонами в сторону перемещения транспортируемой жидкости.

Расчет канализационной сети производится на неполное заполнение труб и каналов. Отношение высоты слоя воды h к диаметру трубы d называют ее **наполнением**. При $h/d = 1$ наполнение будет полным.

Согласно СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4) п.11.20* выбирать материал и класс прочности труб для водоводов и водопроводных сетей следует на основании технико-экономического, статического и гидравлического расчетов, коррозионной агрессивности грунта и транспортируемой воды, а также условий обеспечения надежности и долговечности работы трубопроводов и требований к качеству воды.

Для напорных водоводов и сетей следует применять трубы и фасонные части, изготовленные из чугуна (в т.ч. ВЧШГ по ГОСТ 6942 и ГОСТ ISO 2531), стали, напорного железобетона, напорного хризотилцемента по ГОСТ 31416, полимеров и стеклокомпозитов, соответствующих требованиям действующих стандартов.

Согласно СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями N 1, 2) материал труб и каналов, применяемых в системах канализации, должен быть стойким к влиянию как транспортируемой сточной жидкости, так и к газовой коррозии в верхней части коллекторов.

С целью предотвращения газовой коррозии следует применять стеклокомпозитные и полимерные трубы или следует предусматривать соответствующую защиту труб и мероприятия по предотвращению условий образования агрессивных сред (вентиляция сети, исключение застойных зон и т.д.).

Для существующих железобетонных сетей канализации, при необходимости, следует предусматривать мероприятия по восстановлению (реновации) и сохранению пропускной способности с применением стеклокомпозитных труб.

Следует отметить, что в период длительной эксплуатации трубопровода может произойти изменение гидравлических параметров по причине зарастания внутренней поверхности или ее разъедания. Зарастание трубопроводов происходит под влиянием: коррозии, скопления примесей, образование биообрастаний и т.д.

Согласно СП 33.13330.2012 Расчет на прочность стальных трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 2.04.12-86 (с Изменением N 1):

номинальная толщина стенки трубы: толщина стенки трубы, полученная из расчета на прочность под внутренним давлением и

округленная до ближайшего большего значения, предусмотренного государственными стандартами или техническими условиями

минимальная толщина стенки: номинальная минус допуск на толщину стенки трубы

расчетная толщина стенки трубопровода: толщина стенки, определяемая из расчета по заданным значениям расчетного давления, наружного диаметра трубы и расчетного сопротивления материала.

Порядок выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы обучающемуся следует ознакомиться с имеющимся методами расчета, в том числе с помощью программных комплексов.

Результатами работы автоматизированного комплекса является определение минимальной толщины стенки стальной трубы при реальных условиях эксплуатации трубопровода (внутренних и внешних факторов) и мероприятиях по его защите.

В паспорт участка трубопровода вноситься базовая информация (из задания), изначально получаемая по проектно-изыскательским источникам и данным диагностического или теледиагностического обследования на момент проводимых исследований.

В последующем перечень операций сводится к:

- отысканию кодированной строки, которая требует корректировки путем нажатия клавиши F4; при необходимости введения строки для нового участка нажимается одновременно F4 + Shift;

- автоматическому появлению основного диалогового окна (рисунок 1.) и внесение коррективов на соответствующем участке посредством нажатия кнопок в главном меню и подменю электронного паспорта;

- автоматическому запуску программы на счёт кнопкой «ОК» и получению итогового расчета - толщины стенок на соответствующем участке (внизу диалогового окна на рис. 1. или в сводной таблице по результатам счёта);

-распечатке (при необходимости) паспортов участков и итоговой расчетной информации для составления архива и последующего анализа экспертами.

Для выполнения данной лабораторной работы достаточно сделать 1 вариант (по выданным исходным данным)

№ участка	Толщина стенки, см	Диаметр
1 - 20	50	10-200
Диаметр трубопровода (внутренний) см	50	10-200
Средняя глубина залегания шельги трубы, м	2.0	1,0-12
Период эксплуатации, лет	20 и более	
Длина участка, м	800.0	10-999
Временное сопротивление разрыву металла, кг/кв.см	500	200-4000
Коэффициент однородности металла	0.8	0,8-1
Внутреннее давление в трубе, м вод. ст.	20.0	10-200
Сведения о подземной воде	отсутствие подземной воды	
Средний горизонт воды (от поверхности земли), м.	0.0	0,5-12
Средняя плотность, кг/куб.м	1250	1000-3000
Преобладающие грунты	суглинок	
Сведения о защитных технических мероприятиях	отсутствие СКЗ	
Скученность подземных коммуникаций	отсутствие пересечений с коммуникациями	
Скученность наземных объектов	отсутствие каких-либо объектов	
Минимальная толщина стенки, см	0.406	

Рис. 1. Диалоговое окно ввода исходной информации

Пример выполнения работы

Исходные данные:

Диаметр трубопровода (см): 120

Средняя глубина залегания трубопровода (м): 4,2

Период эксплуатации (лет): 20 и более лет

Длина участка (м): 800

Временное сопротивление разрыву металла (кг/см²): 500

Коэффициент неоднородности металла: 0,8

Внутреннее давление в трубопроводе (м вод. столба):

10, 20, 30, 40, 50 – перебор осуществляется в подциклах

Сведения о подземной воде над трубопроводом:

отсутствие воды, пресная, слабоминерализованная, минерализованная –
перебор осуществляется в подциклах

Средний горизонт воды над трубой (м): 3,5

Сведения о грунтах:

Плотность (кг/м³): 1300

Грунты: глина

Сведения о защитных технических мероприятиях:

отсутствие СКЗ

Сведения об окружающей обстановке:

Скученность подземных коммуникаций – высокая с 2 и более
пересечениями.

Скученность наземных объектов – наличие жилых строений на
расстоянии менее 10 м.

Решение

Результаты автоматизированного счета вводятся в ручном режиме в
таблицу результирующей информации (для анализа и построения
графических зависимостей:

I цикл – отсутствие СКЗ:

Подцикл 1.1 – отсутствие воды

Расчётная толщина стенки, см	0,871	1,435	1,999	2,562	3,126
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50
Нумерация участков	1-10	1-20	1-30	1-40	1-50

Подцикл 1.2 – пресная вода

Расчётная толщина стенки, см	0,94	1,522	2,104	2,686	3,268
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50
Нумерация участков	2-10	2-20	2-30	2-40	2-50

Подцикл 1.3 – слабоминерализованная вода

Расчётная толщина стенки, см	0,972	1,573	2,174	2,775	3,377
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50
Нумерация участков	3-10	3-20	3-30	3-40	3-50

Подцикл 1.4 – минерализованная вода

Расчётная толщина стенки, см	1,005	1,627	2,249	2,871	3,493
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50
Нумерация участков	4-10	4-20	4-30	4-40	4-50

По результатам расчета строится график (рис 2.)

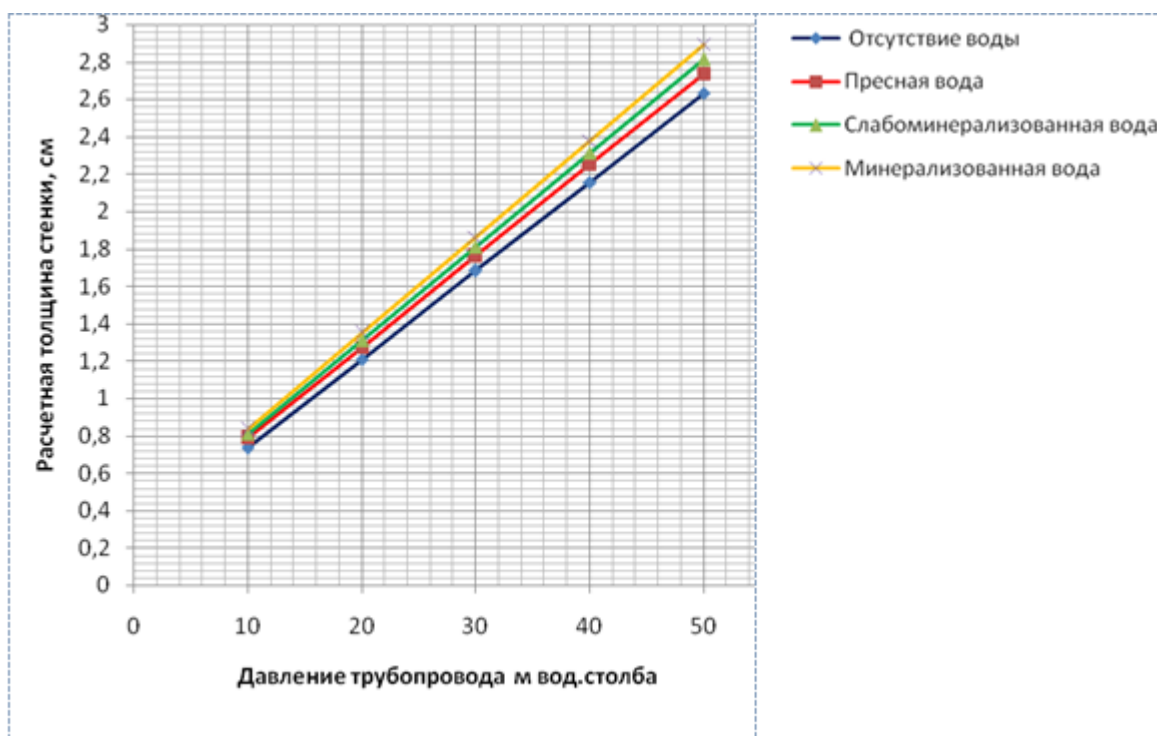


Рис. 2. Динамика изменения толщины стенки трубопровода при отсутствии СКЗ

В лабораторной работе №5 рассмотрены изменения толщины стенки при наличии СКЗ

Лабораторная работа 2

Прочностной расчёт при заполнении межтрубного пространства в двухслойной трубной системе

Цель: знакомство с методом реновации трубопровода сплошными внутренними покрытиями

Теоретические основы

Под бестраншейной технологией реновации (санации) трубопроводов понимается использование различного рода *защитных покрытий*, наносимых на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода.

Санация трубопроводов- технология бестраншейного ремонта и реконструкции водопроводных и водоотводящих сетей

Под санацией трубопроводов понимается полное восстановление трубопровода путем устранения всех видов дефектов по длине труб и в местах их стыковки путем нанесения защитных покрытий (облицовок) при

соблюдении (поддержании) исходных гидравлических характеристик течения потока транспортируемой воды.

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 (метода реновации сплошными внутренними покрытиями);
- намотки на внутреннюю поверхность трубопроводов ленточных покрытий, формирующих новую трубу в старой;
- местного (точечного) ремонта.

В ходе лабораторной работы речь пойдет о методе реновации сплошными внутренними покрытиями. К сплошным внутренним защитным покрытиям относят длинномерные и короткие трубные модули различного профиля и материала изготовления, которые протягиваются внутрь старого трубопровода и тонкостенные полимерные рукава (чулки), наносимые на внутреннюю поверхность трубопроводов.

Протаскивание круглых труб в восстанавливаемый трубопровод из различных материалов является наиболее распространенной технологией бестраншейного ремонта.

Новая труба протягивается в старый (поврежденный) трубопровод из котлована либо из существующего колодца.

После протаскивания труб пространство между старой новой трубой заполняется каким-либо строительным раствором, в частности цементно-песчаным.

Порядок выполнения работы

При работе с программой пользователь осуществляет следующие последовательные операции.

1. При выводе на экран диалогового окна, в верхней его части в строке слева направо выделяются четыре кнопки управления (верхняя часть рисунка 4.):

- «Прочитать исходные данные из файла типа «mem»,
- «Сохранить исходные данные в файле типа «mem»,
- «Выходная форма (расчет)»,
- «Выход из программы X».

Под указанной выше строкой размещено поле «Входная информация».

The screenshot shows a software window titled "Выходная форма (расчет)". It contains a form with 14 numbered input fields for pipe renovation calculations. The fields are organized into two columns. The top of the window has three buttons: "Прочитать исходные данные из файла типа *.MEM", "Сохранить исходные данные в файле типа *.MEM", and "Выходная форма (расчет)".

Входная информация	
1. Диаметр трубопровода, подлежащего реновации, D м	0.400
2. Диаметры нового трубопровода, протягиваемого в старый, d нар, м	0.320
	d вн, м
	0.290
3. Объемные веса, Н/м ³ :	
- цементного раствора $\gamma_{\text{ЦР}}$	25000.0
- протянутой трубы $\gamma_{\text{ПМ}}$	9500.0
- транспортируемой среды (воды) $\gamma_{\text{В}}$	9800.0
4. Внутреннее давление транспортируемой среды, соответствующее приведенному расчетному напряжению P, МПа	0.80
5. Величина возможного вакуума в межтрубном пространстве P _{вак} , МПа	0.00
6. Нормативный срок службы протянутого трубопровода l, лет	50.0
7. Предельная температура эксплуатации протянутого трубопровода T°, градусы	20.00
8. Нормативное длительное сопротивление материала стенки трубы (зависит от величины T°) R _н , МПа	5.00
9. Глубина залегания трубопровода от поверхности земли H, м	10.00
10. Величина давления грунтовых вод на свод трубопровода P _{гв} , МПа	0.10
11. Коэффициенты	
- условий прокладки k ₁	0.80
- устойчивости протянутого трубопровода k ₂	0.60
- условий работы k _у	0.60
- прочности соединений k _с	0.90
- влияния температуры на деформационные свойства материала k _е	0.80
- распределения нагрузки и опорной реакции основания ζ	1.30
12. Предельно-допустимая величина овализации поперечного сечения (E), %	5.000
13. Модуль ползучести материала трубы при растяжении (зависит от величины T° и R _н) E _о , МПа	100.00
14. Модуль деформации засыпки (забуртовки), зависящий от материала забутовки E _{гр} , МПа	0.50

Рис. 1 Экранная форма

2. Для заполнения поля «Входная информация» последовательно вводятся значения по 14 позициям.

3. После введения исходные данные сохраняются. Для этого нажимается кнопка «Сохранить исходные данные в файле типа «mem». На экране появляется вставка в виде малого промежуточного окна для фиксации операции сохранения данных под соответствующим кодовым номером, выбираемом студентом-пользователем. После внесения номера и нажатия кнопки «Сохранить» в малом окне вставки дублируется сохраненное имя файла со всей исходной информацией.

4. Для проведения автоматизированного счета и просмотра полученных результатов нажимается кнопка «Выходная форма (расчет)» и на экране дисплея высвечивается вся входная и выходная (расчетная) информация. Для распечатки данных проводятся стандартные операции входа в файл и нажатия кнопки печать.

5. При необходимости выхода из программы нажимается кнопка «Выход из программы X».

6. При последующих обращениях к автоматизированной программе в зависимости от поставленной задачи выполняются следующие операции:

а). Для нахождения сохраненных исходных данных и результатов счета под соответствующим номером файла типа «тет» нажимается кнопка «Прочитать исходные данные из файла «тет»»; при этом появляется малое промежуточное окно, где пользователь мышкой нажимает на искомое имя файла. Автоматически это имя появляется в строке «Прочитать» и, после нажатия на кнопку «Открыть», появляется основное диалоговое окно с сохраненными исходными данными и результатами счета. При необходимости просмотра результатов счета и исходной информации нажимается кнопка «Выходная форма (расчет)», а затем можно произвести распечатку (нажатие кнопок файл и печать).

б). Для организации нового расчета, т.е. введения новых исходных данных и обработки результатов счета все операции повторяются, начиная с п. 1 по п. 5 настоящей инструкции

Для выполнения данной лабораторной работы достаточно сделать 1 вариант (по выданным исходным данным)

Пример решения

Исходные данные.

1. Диаметр трубопровода, подлежащего реновации, D , м:
2. Диаметры нового трубопровода, протягиваемого в старый,
вариант 1: $d_{нар.}$, 0,5м:

3. Объёмные веса, Н/м³

-цементного раствора $\gamma_{\text{цр}}$: 14000, 25000, 40000

-протянутой трубы $\gamma_{\text{пм}}$: 9500

-транспортируемой среды (воды) $\gamma_{\text{в}}$: 9800

4. Глубина залегания трубопровода от поверхности земли Н, м:

5. Давление грунтовых вод над трубопроводом $P_{\text{гв}}$, МПа:

Требуется: определить возможность обеспечения несущей способности протянутого трубопроводов при широкой гамме удельных весов строительных растворов, используемых для заполнения межтрубного пространства, и динамику изменения степени овализации.

Глубина залегания трубопровода от поверхности земли Н, м: 10

Давление грунтовых вод над трубопроводом $P_{\text{гв}}$, МПа: 0,09

Требуется: определить возможность обеспечения несущей способности протянутого трубопроводов при широкой гамме удельных весов строительных растворов, используемых для заполнения межтрубного пространства, и динамику изменения степени овализации.

Решение.

Исходная информация вводится в автоматизированную программу Pipes-11 в соответствии с алгоритмом, представленном в «Методических рекомендациях по выполнению ЛР» (Лабораторная работа № 3, см. рис. 4.) конкретно для каждого из двух вариантов по пунктам 1, 2, 3, 9 и 10. Информация по другим пунктам (т.е. 4-8 и 11-14) остается неизменной и не подлежит корректировки пользователем.

Далее производится анализ распечатки и результаты автоматизированного счета (жирный шрифт) вводятся в ручном режиме в таблицу результирующей информации (см. бланк задания на выполнение лабораторной работы) для анализа и построения графических зависимостей:

I цикл – диаметры трубопроводов (вариант 1)

Объемный вес строительного раствора, Н/м ³	14000				25000				40000			
Обеспеченность (+) / необеспеченность (-) несущей способности	-				-				-			
Пункты по нагрузке из	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
Степень овализации Е, %	0,5953	0,0772	0,6101	0,5764	1,1797	0,6617	1,1191	0,9538	1,9767	1,4587	1,8145	1,597

Анализ результатов расчёта по I циклу

Проверка несущей способности трубопровода по условиям II и III проводится на базе лекционного материала и «Методических указаний по ПЗ».

а). Для всех случаев нагрузок (А, Б, В, Г) относительная деформация вертикального диаметра трубопровода Е, % не превышает предельно допустимой величины овализации поперечного сечения [Е] (5 % для полимерных труб); максимальное значение овализации составляет 1,9767 % (наихудший случай А при отсутствии воды в протягиваемом трубопроводе и максимальном объемном весе строительного раствора 40000 Н/м³).

б). Для всех случаев нагрузок (А, Б, В, Г) наблюдается необеспеченность несущей способности трубопровода по III условию (знак «-» во второй строке таблицы для всего диапазона объемных весов строительного раствора).

Таким образом, проверка несущей способности по условию показывает, что устойчивость круглой формы поперечного сечения полиэтиленового трубопровода не может быть достигнута. На практике это означает, что на трубу будет воздействовать выталкивающая (архимедова сила), что нарушит условие устойчивости круглой формы поперечного сечения трубопровода.

Лабораторная работа № 3

Определение оптимального режима совместной работы насосов

Цель работы: знакомство с принципами совместной работы насосов, построение совместной характеристики работы насоса и водовода, определение параметров рабочей точки.

Теоретические основы

Насосы должны удовлетворять требованиям, к числу которых в первую очередь относятся надежность и долговечность работы, экономичность и удобство эксплуатации, изменение рабочих параметров в широких пределах при условии сохранения высокого КПД, минимальные размер и масса, простота устройства, заключающаяся в минимальном числе деталей и полном их взаимозаменяемости.

Характеристикой насоса называется графическая зависимость основных параметров нагнетателя. Основными параметрами для насосного оборудования являются **подача Q** и **напор H** . **Подачей** (расходом) насоса называется объем жидкости, подаваемой за единицу времени. Она может быть объемной (измеряться в м³/ч) или массовой (измеряться в л/с). **Напором** называется удельное приращение энергии каждого килограмма жидкости при подъеме ее на высоту. Иногда применяется следующее определение: высота подъема жидкости. Измеряется напор в метрах.

Необходимо помнить, что давление, создаваемое насосом, определяется по следующей формуле:

$$P = \rho \cdot g \cdot H \quad (1)$$

где ρ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

g — ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

Дополнительными параметрами, характеризующими насос, являются **мощность N** , кВт, **коэффициент полезного действия** (КПД в % или η в долях). Кроме того, очень важный режимный параметр, который оказывает большое влияние на изменение основных, **число оборотов двигателя n** , об/мин

В системах водоснабжения насосы и насосные установки работают совместно с водоводами. Эти системы называются водопроводной сетью.

Водопроводная сеть — это система трубопроводов, предназначенная для транспортировки и подачи воды к потребителям. Водопроводные сети являются одним из основных элементов всей системы водоснабжения. Поддержание регламентируемого давления в сетях — задача насосного оборудования. Поскольку работа водопроводных сетей носит случайный характер (предсказать точный расход в каждый момент времени не представляется возможным), необходимо подбирать насосное оборудование, способное находиться в рабочем состоянии при всех возможных отклонениях в расходах.

На практике наибольшее применение нашел графоаналитический метод определения рабочих параметров насосного оборудования в сетях. Данный метод построен на основании совмещения характеристик выбранных насосов и трубопроводов.

Характеристика сети показывает зависимость ее гидравлического сопротивления от расхода жидкости $h_{\text{сети}} = f(Q)$. Поскольку сопротивление сети зависит от расхода, то характеристика сети строится на том же поле, что и характеристика насоса. При наложении одной характеристики (насоса) на другую (сети) при пересечении получаем точку, которая подтверждает или опровергает (при не возможности пересечения), может ли данный насос работать именно в этой сети.

Параметры работы насоса определяются параметрами в точке пересечения характеристики насоса и характеристики сети. Данная точка называется **рабочей точкой**. Одним из основных требований при подборе

насоса является обеспечение его работы в рабочем диапазоне (рабочей области), лежащем в пределах 70...120% от номинальной подачи.

На рис. 1 графически представлена характеристика совместной работы насоса и водовода.

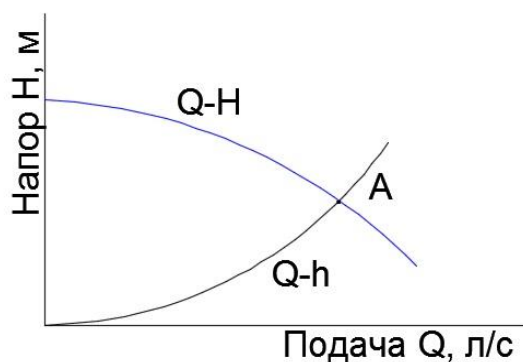


Рис. 1. Характеристика совместной работы насоса и трубопровода: A — рабочая точка, Q-H — характеристика работы насоса, Q-h — характеристика работы трубопровода

Также насосы могут работать совместно последовательно либо параллельно.

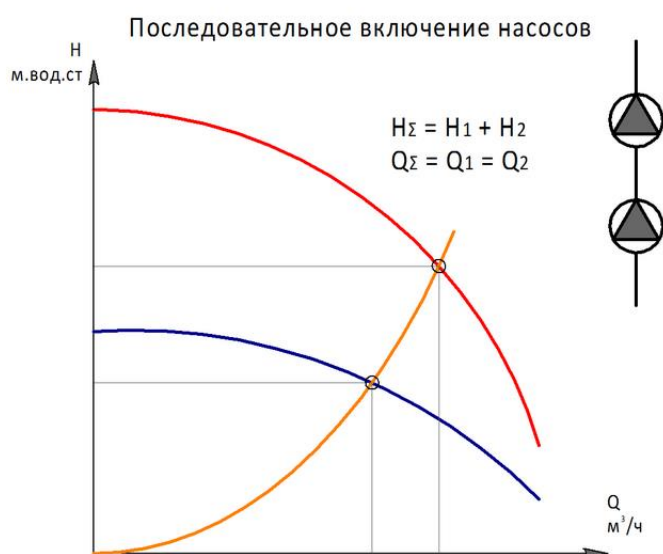


Рис. 2. Последовательное включение двух насосов

Последовательная схема установки насосов — применяется тогда, когда один насос не может обеспечить заданного напора. При последовательном включении двух одинаковых насосов их напор суммируется, при этом подача остаётся такой же, как и при работе одного насоса.

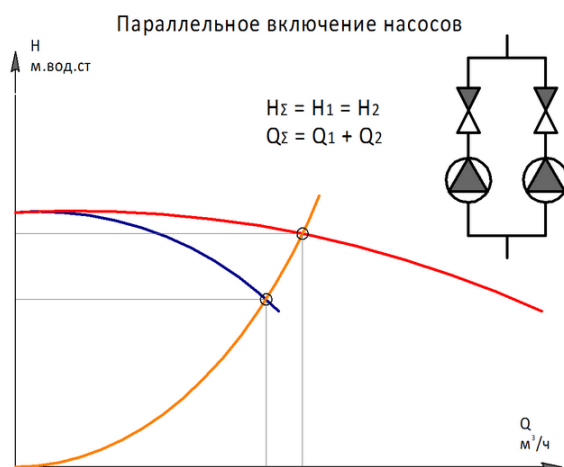


Рис. 3. Параллельное включение двух насосов

Параллельная схема установки насосов — применяется в системах со ступенчатым наращиванием подачи и в случаях, когда невозможно подобрать один насос на заданные параметры. При параллельной установке двух одинаковых насосов их подача суммируется, а напор остаётся таким же, как и при работе одного насоса.

В данной лабораторной работе предлагается ознакомиться с конструктивными особенностями импеллерного и перистальтического насосов и с функциональными особенностями циркуляционного насоса.

Импеллерный насос — это устройство, которое оснащено гибким рабочим элементом. Применяются для нагнетания жидкости с повышенной вязкостью. Импеллерный насос (рис. 4) представляет собой рабочее колесо, подсоединяется к переходному валу. На его конце находится специальная головка. Для всасывания жидкости предусмотрено отдельное отверстие. Направляющие в устройстве устанавливаются в главной камере. Диффузор чаще всего плоского типа.

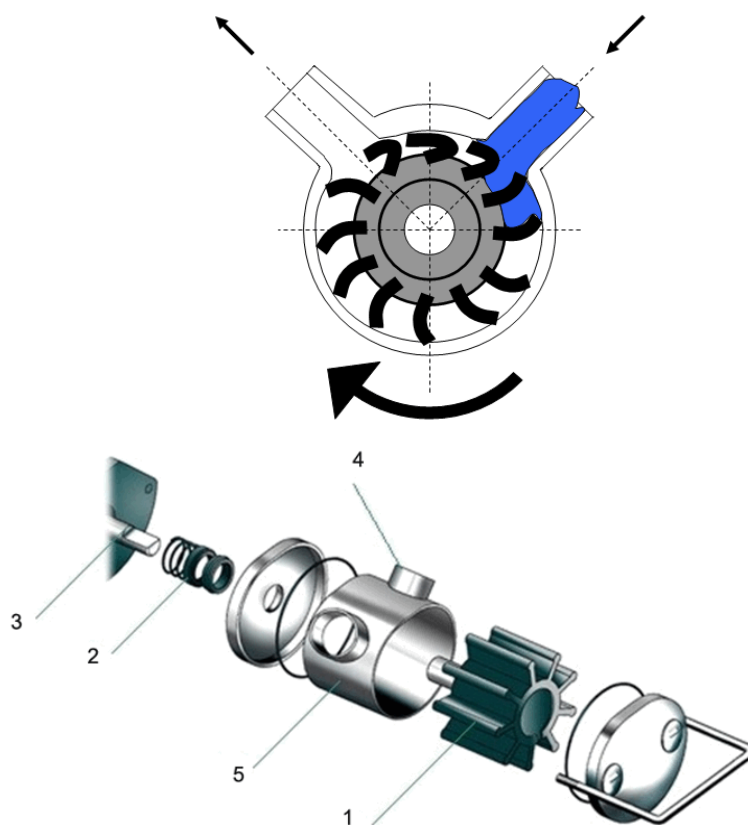


Рис. 4. ИмPELLерный насос

1 — имPELLер; 2 — уплотнительные кольца; 3 — вал; 4 — вход и выход из корпуса насоса; 5 — корпус насоса

Принцип действия заключается в следующем: лопасти имеют немного больший диаметр, чем рабочая камера корпуса, поэтому при надевании имPELLера на шток они должны немного подогнуться по направлению вращения. При вращении лопасти быстро притираются к корпусу, в результате при их изгибе по ходу вращения образуется вакуум, который подтягивает рабочую среду.

Циркуляционный насос — это нагнетатель, работающий в замкнутой системе, например, отопительной, и выполняющий перемещение воды в трубопроводе (рис. 5). В системе отопления агрегат поддерживает определенную температуру теплоносителя в системе и является основной составляющей системы отопления и горячего водоснабжения.



Рис. 5. Циркуляционный насос

Поскольку такой насос работает постоянно, главные требования: низкий уровень шума, незначительное энергопотребление, надежность, долговечность и простота использования.

Принцип действия циркуляционного насоса основан на создании непрерывной циркуляции жидкости в системе без изменения показателя давления: движение теплоносителя осуществляется за счет захватывания жидкости с одной стороны и нагнетания ее в трубопровод с другой стороны. Движение рабочей среды происходит благодаря центробежной силе, которая образуется в процессе вращения колеса с лопастями.

Если требуется повысить уровень теплоносителя в системе, устанавливают повышающий насос, поскольку циркуляционный лишь способствует преодолению водой силы сопротивления.

Данный насос по принципу действия относится к лопастным, а по действующим силам — центробежным. Но его функциональной особенностью является то, что он осуществляет не просто передачу жидкости, а постоянное ее перемещение без приращения напора или изменения давления, а только для поддержания циркуляции в замкнутой системе.

Перистальтический насос используется для перекачки рабочей среды по изогнутым трубам (рис. 6).

Принцип работы: специальные ролики сдавливают трубку, перемещаясь вдоль нее, они толкают жидкость к точке назначения.

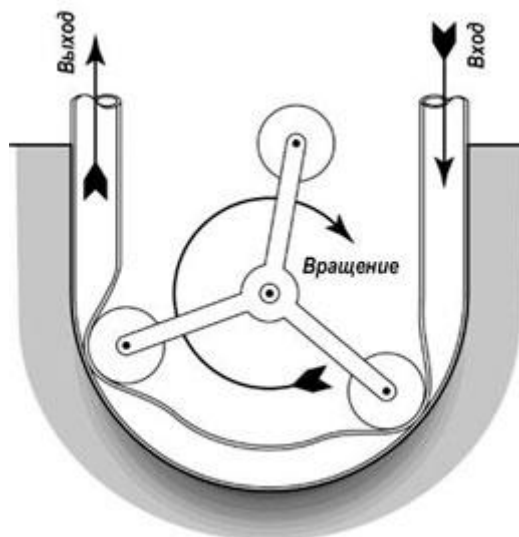


Рис. 6. Перистальтический насос

Конструкция включает: гибкий шланг (трубку), ролики и трек (прижимную поверхность).

Максимальная рабочая температура перекачиваемой жидкости не должна превышать 90°C , это обусловлено материалом трубок.

Напор, как правило, не должен выходить за пределы 16 бар (примерно 15,8 м).

Ключевой особенностью перистальтических насосов является то, что во время перекачки жидкость не контактирует с механическими устройствами и металлическими поверхностями. Поэтому такие насосы используются там, где важно поддерживать чистоту вязкого вещества.

Порядок проведения лабораторной работы

Схема лабораторного стенда представлена на рис.7

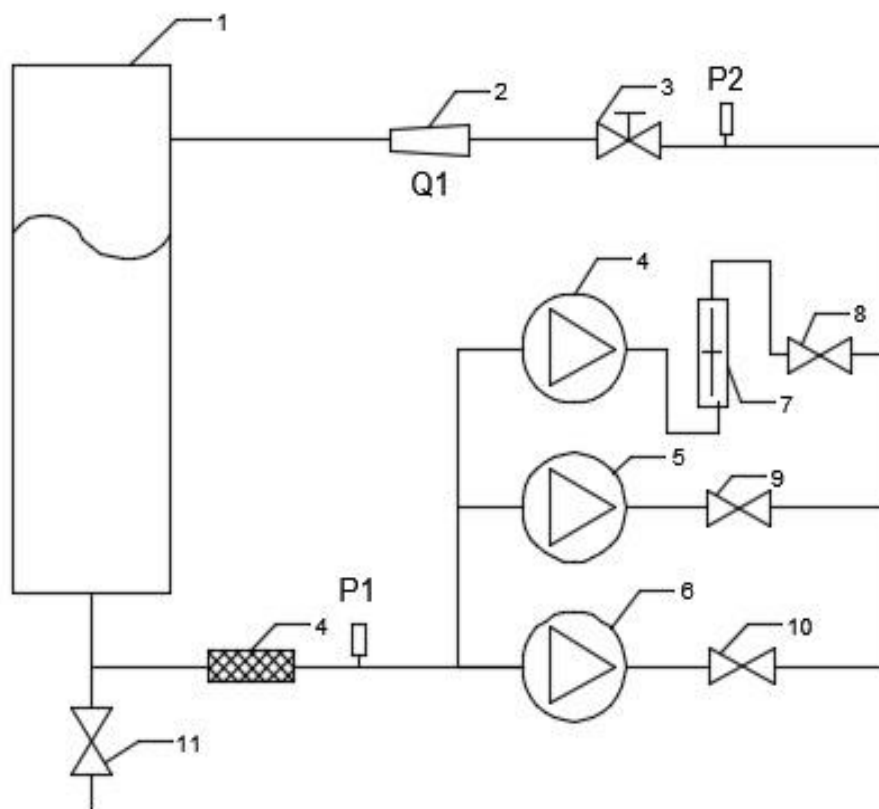


Рис. 7. Схема лабораторного стенда

1 — расширительный бак; 2 — электронный расходомер; 3 — регулирующий вентиль; 4 — перистальтический насос; 5 — циркуляционный насос; 6 — импеллерный насос; 7 — расходомер поплавковый; 8—11 — кран шаровой

Опыт состоит из двух частей, прежде всего необходимо:

1. Проверить, закрыты ли все краны (ручка на кране должна находиться в вертикальном положении по отношению к трубопроводу).
2. Убедиться, что в расходном баке налита вода (уровень воды должен быть выше выходного отверстия).
3. Установить положение запорного шарового крана для исследуемого насоса на максимальный расход (например, при исследовании циркуляционного насоса).
4. Открыть полностью краны 3 и 9.
5. Включить насос.

6. Вентилем 9 путем дросселирования установить определенное положение (от максимального значения до нуля). Произвести 4—5 измерений.
7. Снять показания расхода по электронному расходомеру 2 для каждого положения вентиля 9, записать их в таблицу 4.
8. Показания датчиков давления P_1 и P_2 для каждого положения вентиля, также занести в табл. 3.1.
9. Отключить насос.
10. Закрыть вентиль.
11. Для исследования импеллерного насоса повторить действия пунктов с 4 по 9, но открывать вентили 3 и 10.
12. При исследовании перистальтического насоса открываются вентили 3 и 8. (кроме того, ввиду малого расхода на насосе его расход определяется не по электронному расходомеру, а по поплавковому 7).
13. По окончании исследований закрыть вентили 3 и отключить стенд от электросети.
14. Определить значения параметров расхода (подачи) Q м³/ч и напора H , м занести в таблицу.
15. По данным значениям построить характеристики для каждого вида насосов.

Таблица 1

Результаты экспериментальных данных

Тип насоса	Расход q , л/мин	Расход Q , м ³ /ч	Показания датчиков давления		Разность показаний датчиков давления	Напор насоса, H , м
			P_1 , кПа	P_2 , кПа		
1	2	3	4	5	6	7
Циркуляционный						

Импеллерный						
Перистальтический						

Далее:

1. Проверить, закрыты ли все краны (ручка на кране должна находиться в вертикальном положении относительно трубопровода).
2. Убедиться, что в расходном баке налита вода (уровень воды должен быть выше выходного отверстия).
3. Полностью открыть вентиль 3.
4. Установить положение запорного шарового крана 10 для импеллерного насоса на максимальный расход.
5. Включить насос.
6. Путем дросселирования вентилем 3 изменить расход в сети, поворачивая его от максимального значения до нуля.
7. При каждом изменении снимать показания расхода на электронном расходомере 2 и записывать в таблицу 5.
8. Одновременно фиксируются показатели датчиков давления для каждого положения вентиля и заносятся в табл. 2.
9. Отключить насос.
10. Закрыть вентиль 10.

11. По окончании исследований закрыть вентили 3 и отключить стенд от электросети.

Таблица 2

Результаты экспериментальных данных

Тип насоса	Расход q , л/мин	Расход Q , м ³ /ч	Показания датчиков давления		Разность показаний датчиков давления	Напор насоса, H , м
			P_1 , кПа	P_2 , кПа		
1	2	3	4	5	6	7

После заполнения таблицы определить значения расхода Q (м³/ч) и напора H (м) и по полученным данным построить график функциональной зависимости напора от расхода. При нанесении характеристики сети на характеристику насоса, необходимо определить параметры в рабочей точке.

Далее следует построить характеристику параллельно либо последовательно (по вариантам) работающих насосов, на основании уже построенной характеристики.

Лабораторная работа №4

Определение гидравлических сопротивлений участков

водопроводной сети

Цель: знакомство с определением гидравлического сопротивления водопроводной сети с различными местными сопротивлениями.

Теоретические основы

Гидравлическое сопротивление определенного участка сети учитывает общие потери напора (потери по длине и местные потери на поворотах, в вентильях, тройниках и др.).

Потери напора на по длине учитывают материал труб, из которых сделана сеть (шероховатости), и длину расчетного участка. Данный вид потерь учитывается при расчете при определении гидравлического уклона [7], определяемый по формуле:

$$i = \lambda \frac{1}{d_p} \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

где i — гидравлический уклон;

λ — коэффициент сопротивления трения по длине;

d_p — расчетный внутренний диаметр трубы, м;

V — скорость движения воды, м/с;

g — ускорение свободного падения, м/с².

Местными сопротивлениями называются, в отличие от сопротивлений по длине, сосредоточенные на коротких участках трубопровода потери напора, вызванные местным отрывом вихрей, а также нарушением структуры потока. Эти процессы в значительной степени зависят от формы местных сопротивлений. Условно местные сопротивления можно разделить на несколько видов.

К местным сопротивлениям, в частности, относятся участки трубопроводов, имеющих переходы с одного диаметра на другой, колена, раструбы, тройники, крестовины, всякого рода запорные устройства и приспособления (краны, задвижки, вентили, клапаны), а также фильтры, сетки, специальные устройства входа и выхода к насосам (диффузоры, конфузоры).

Учет местных сопротивлений играет решающую роль при расчете гидравлически коротких трубопроводах, где величина потерь энергии на местных сопротивлениях сравнима с потерями по длине. Практически любое

местное сопротивление приводит к резкому изменению характера течения, сопровождаемому изменением местных скоростей как по величине, так и по направлению.

На практике, для определения потерь энергии на местных сопротивлениях применяется формула Вейсбаха, выражающая потери в долях скоростного напора

$$h_m = \xi \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

где ξ — коэффициент пропорциональности, коэффициент местного сопротивления;

V — скорость движения воды, м/с;

g — ускорение свободного падения, м/с².

В качестве скорости v принимается скорость на участке трубопровода либо до него. От этого будет зависеть численное значение коэффициента ξ , поэтому необходимо специально оговаривать, по отношению к какой скорости вычислен коэффициент местного сопротивления. В общем случае коэффициент ξ зависит от геометрической формы местного сопротивления и числа Re .

Коэффициент ξ принимается постоянным для данного вида местного сопротивления. Однако экспериментальные исследования показали, что это условие соблюдается только при больших числах Рейнольдса ($Re > 104$). При небольших величинах Re значения коэффициента ξ существенно зависят от числа Рейнольдса. Справочные значения ξ относятся к случаю, когда местное сопротивление работает в условиях автомодельности по числу Re , т. е. не зависит от его числового значения. Значения ξ , приводимые в справочниках, следует считать ориентировочными. Для уточнения данных о конкретном местном сопротивлении необходимо провести экспериментальное исследование в требуемом диапазоне чисел Re . Однако есть случаи, когда

величина потерь энергии на местном сопротивлении может быть определена теоретически, например, при внезапном расширении потока.

Гидравлическое сопротивление участка сети (при скорости воды $V \geq 1,2$) определяется по формуле:

$$S=h/Q^2 \quad (3)$$

где S — гидравлическое сопротивление;

Q — расход, л/с.

Порядок проведения лабораторной работы

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 11

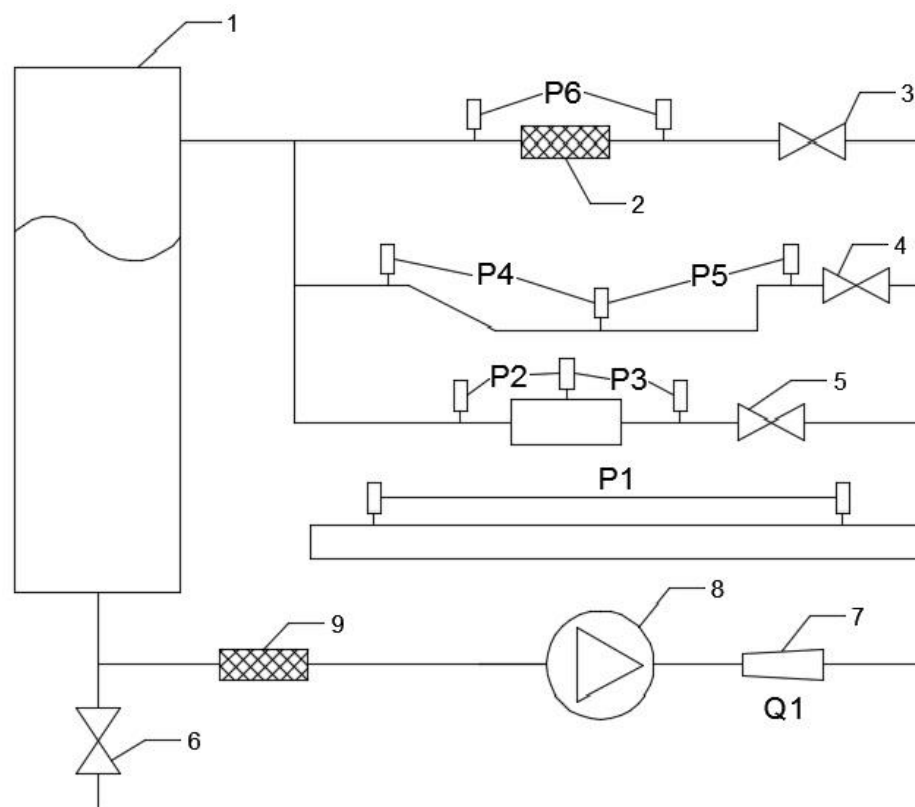


Рис. 1 Схема лабораторного стенда

1 — расширительный бак; 2 — фильтр; 3—6 — запорная арматура (шаровые краны); 7 — электронный расходомер; 8 — циркуляционный насос; 9 — фильтр

Лабораторный стенд включает четыре варианта трубопроводов:

- труба прямая диаметром 20 мм (эталон);
- труба прямая диаметром 20 мм с переходом на трубу диаметром 50 мм и обратно (внезапное расширение);
- труба диаметром 20 мм, с двумя отводами 90° и двумя 135°;
- труба прямая диаметром 20 мм с фильтром.

1. Проверить, закрыты ли все краны (ручка на кране должна находиться в вертикальном положении).
2. Убедиться, что в расходном баке налита вода (уровень воды должен быть выше выходного отверстия).
3. Открыть кран на напорной линии от насоса (номер 3).
4. Включить насос.
5. Через две-три минуты после включения произвести снятие показаний расходомера и датчиков давления P_1 и P_6 . Занести показания в таблицу.
6. Постепенно закрывая кран и выжидая установившегося значения (около двух-трех минут), снять показания расходомера и соответствующих датчиков P_1 и P_6 с занесением показаний в таблицу (пять измерений).
7. Выключить насос. Закрыть кран № 3.
8. Открыть кран № 4. Включить насос.
9. Через две-три минуты после включения произвести снятие показаний расходомера и датчиков давления P_1 , P_4 и P_5 .
10. Постепенно закрывая кран и выжидая установившееся значение (около двух-трех минут), снять показания расходомера и соответствующих датчиков P_1 , P_4 и P_5 , с занесением показаний в таблицу (пять измерений).
11. Выключить насос. Закрыть кран № 4.
12. Открыть кран № 5. Включить насос.
13. Через две-три минуты после включения произвести снятие показаний расходомера и датчиков давления P_1 , P_2 и P_3 .

14. Постепенно закрывая кран и выжидая установившееся значение (около двух-трех минут), снять показания расходомера и соответствующих датчиков P_1 , P_2 и P_3 , с занесением показаний в таблицу (пять измерений).
15. Выключить насос. Закрыть кран № 5.
16. Отключить установку от электропитания.
17. Результаты всех измерений сводятся в таблицу 1.1.
18. На основании полученных данных сделать выводы о влиянии формы трубопровода на гидравлические сопротивления в нем.

Таблица 1

Номер линии	Расход q , л/мин	Q , л/с	Показания датчиков давления, кПа			Разность показател ей датчиков давления, кПа	Δh , м	Сопротив ление S , $\text{м} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6$
			P_1	P_{n+1}	P_{n+2}			
1-я линия								
2-я линия								
3-я линия								

Лабораторная работа 5

Определение минимальной толщины стенки участка проектируемого стального трубопровода

Цель: выявить параметры, определяющие толщину трубопровода

Теоретические основы

Использование *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.

Стальные трубопроводы, как правило, применяются в качестве футляра для защиты трубопроводов от внешних воздействий.

Для определения минимальной толщины стенки участка проектируемого трубопровода необходимо знать следующие данные(от которых зависит, толщина стенки трубопровода):

1. диаметр трубопровода
2. средняя глубина залегания трубопровода
3. период эксплуатации
4. длина участка
5. временное сопротивление разрыву металла
6. коэффициент неоднородности металла
7. внутреннее давление в трубопроводе
8. сведения о подземной воде над трубопроводом
9. средний горизонт воды над трубой (м)
10. сведения о грунтах

11. сведения о защитных технических мероприятиях, сведения об окружающей обстановке.

Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работ аналогичен лабораторной работе №1.

1. В диалоговое окно последовательно вводятся следующие данные (следует брать для стального трубопровода): диаметр трубопровода (см), средняя глубина залегания трубопровода (м), период эксплуатации (лет), длина участка (м), временное сопротивление разрыву металла (кг/см²), коэффициент неоднородности металла, внутреннее давление в трубопроводе (м вод. столба), сведения о подземной воде над трубопроводом, средний горизонт воды над трубой (м), сведения о грунтах, сведения о защитных технических мероприятиях, сведения об окружающей обстановке.
2. Далее меняя параметры: Коэффициент неоднородности металла, сведения о подземной воде над трубопроводом, сведения о защитных технических мероприятиях, получаем ряд значений.
3. Результаты экспериментальных данных заносятся в таблицу, на основании которой строятся графики.
4. На основании анализа графических данных необходимо сделать вывод от чего зависит толщина стенки трубопровода.

Решение

1 часть рассчитана в лабораторной работе

Исходные данные:

Диаметр трубопровода (см): 120

Средняя глубина залегания трубопровода (м): 4,2

Период эксплуатации (лет): 20 и более лет

Длина участка (м): 800

Временное сопротивление разрыву металла (кг/см²): 500

Коэффициент неоднородности металла: 0,8

Внутреннее давление в трубопроводе (м вод. столба):

10, 20, 30, 40, 50 – перебор осуществляется в подциклах

Сведения о подземной воде над трубопроводом:

отсутствие воды, пресная, слабоминерализованная, минерализованная – перебор осуществляется в подциклах

Средний горизонт воды над трубой (м): 3,5

Сведения о грунтах:

Плотность (кг/м³): 1300

Грунты: глина

Сведения о защитных технических мероприятиях:

наличие СКЗ

Сведения об окружающей обстановке:

Скученность подземных коммуникаций – высокая с 2 и более пересечениями.

Скученность наземных объектов – наличие жилых строений на расстоянии менее 10 м.

II цикл – наличие СКЗ:

Подцикл 1.1 – отсутствие воды

Расчётная толщина стенки, см	0,734	1,208	1,683	2,157	2,632
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50
Нумерация участков	5-10	5-20	5-30	5-40	5-50

Подцикл 1.2 – пресная вода

Расчётная толщина стенки, см	0,788	1,275	1,762	2,25	2,737
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50

Нумерация участков	6-10	6-20	6-30	6-40	6-50
--------------------	------	------	------	------	------

Подцикл 1.3 – слабоминерализованная вода

Расчётная толщина стенки, см	0,81	1,31	1,811	2,312	2,813
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50
Нумерация участков	7-10	7-20	7-30	7-40	7-50

Подцикл 1.4 – минерализованная вода

Расчётная толщина стенки, см	0,833	1,348	1,863	2,378	2,894
Давления в трубопроводе м вод. столба	10	20	30	40	50
Нумерация участков	8-10	8-20	8-30	8-40	8-50

В итоге анализу динамики изменения толщины стенки подлежат 40 расчётных участков. По данным таблицы строятся графические зависимости расчётной толщины стенки от давления в трубопроводе для двух случаев: отсутствия и наличия СКЗ

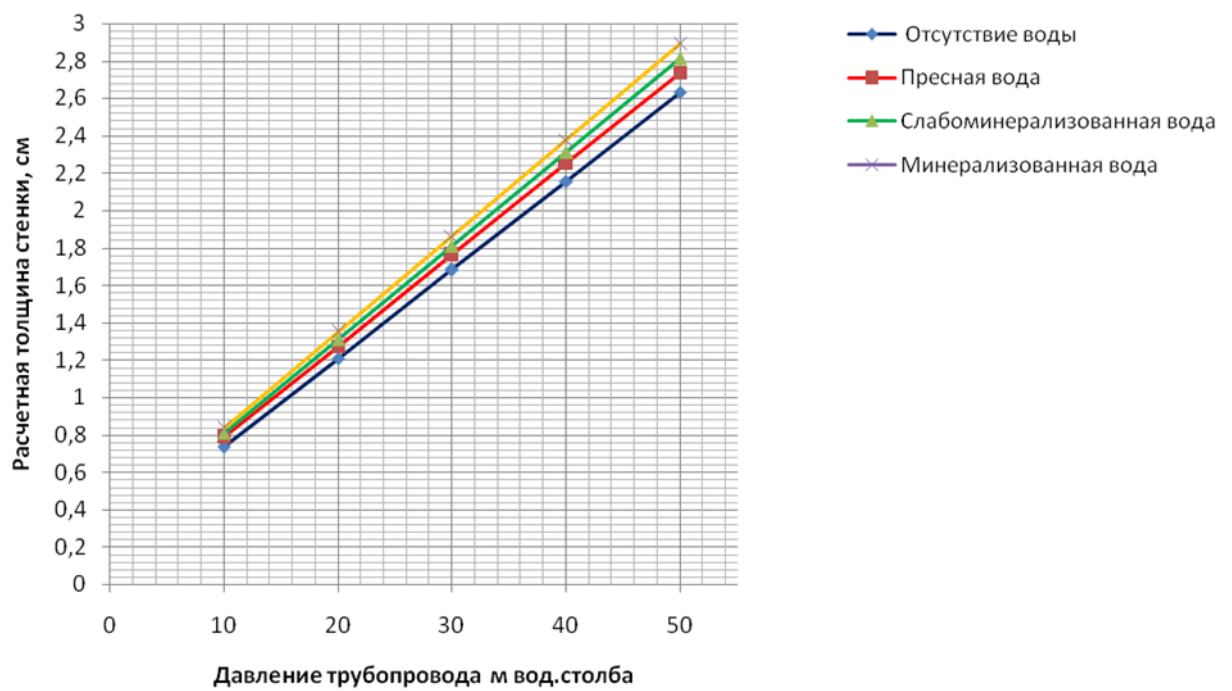


Рис. 1. Динамика изменения толщины стенки трубопровода при наличии СКЗ

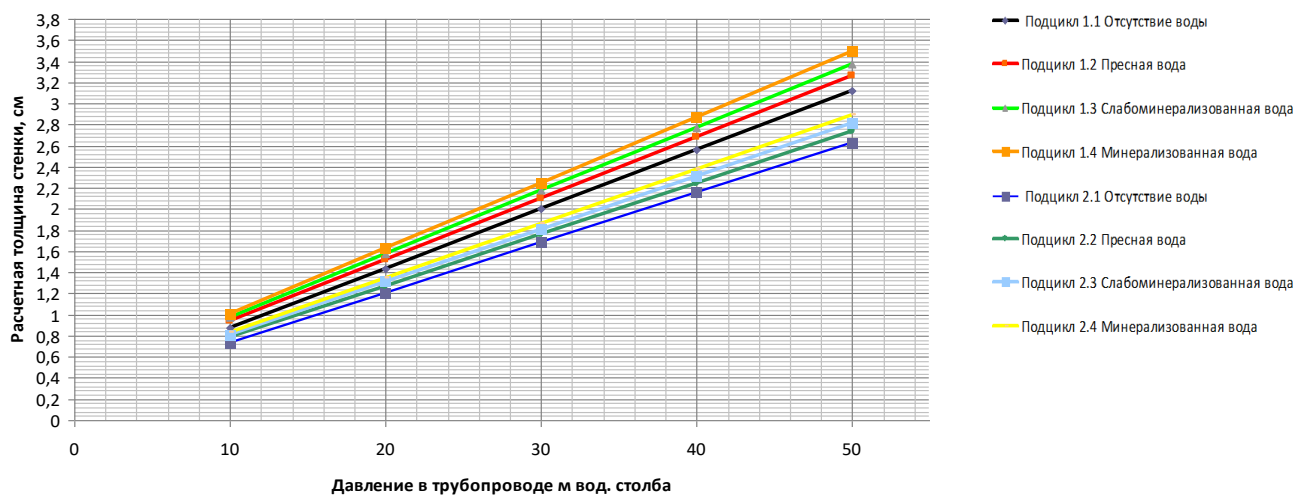


Рис. 2. Сводный график динамики изменения толщины стенки трубопровода в различных условиях

Анализ представленных на рисунке 2. графических зависимостей

позволяет сделать следующие выборочные выводы:

-зависимость толщины стенки трубопровода от давления воды носить ярко выраженный степенной характер;

-в случае эксплуатации трубопровода под уровнем подземной минерализованной воды наличие СКЗ по сравнению со случаем её отсутствия позволяет уменьшить толщину стенки трубопровода на $3,493 - 2,894 = 0,599$ см (при внутреннем давлении воды 50 м вод. столба) и на $1,005 - 0,833 = 0,172$ см (при внутреннем давлении воды 10 м вод. столба), что свидетельствует об эффективности установки станций катодной защиты;

-в случае эксплуатации трубопровода при отсутствии над ним воды наличие СКЗ позволяет уменьшить толщину стенки трубопровода на $3,126 - 2,632 = 0,494$ см (при внутреннем давлении воды 50 м вод. столба) и на $0,871 - 0,734 = 0,137$ см (при внутреннем давлении воды 10 м вод. столба), что также свидетельствует об эффективности установки станций катодной защиты;

-в наихудших условиях (при наличии минерализованной воды) по сравнению с наилучшими (отсутствие воды) требуется увеличение толщины стенки на $0,599 - 0,494 = 0,105$ см или 17,52 % (при внутреннем давлении воды 50 м вод. столба) и $0,172 - 0,137 = 0,035$ см или 20,35 % (при внутреннем давлении воды 10 м вод. столба); таким образом, диапазон изменения толщины стенки трубопровода меняется незначительно 17,52-20,35 % как для случаев больших, так и относительно малых давлений и как при минерализованной воде, так и при отсутствии воды над трубопроводом.

Лабораторная работа 6

Определение потенциала энергосбережения при реновации старых трубопроводов полимерными трубами

Цель: знакомство с гидравлическими и энергетическими параметрами работы восстанавливаемой трубопроводной системы после её ремонта протягиваемой внутрь старого трубопровода полимерной трубой.

Теоретические основы

Важным мероприятием по энергосбережению и энергоэффективности может быть отнесено уменьшение гидравлического сопротивления на восстанавливаемых участках сетей за счет применения внутренних защитных покрытий с малыми удельными сопротивлениями.

Для оценки вариантов состояние участка сети до реконструкции и после используют понятие относительного потенциала энергосбережения-это разность между фактическим годовым энергопотреблением (эксплуатация действующего участка сети) и потреблением после реализации ремонтно-восстановительных работ, защитными покрытиями, наносимыми с помощью бестраншейных методов.

Для определения потенциала энергосбережения при реновации старых трубопроводов полимерными трубами необходимо знать следующие данные:

1. Внутренний диаметр старого трубопровода (мм)
2. Длина участка (м)
3. Наружный диаметр нового трубопровода (мм)
4. Расчётный расход транспортируемой воды (м³/с)
5. КПД насоса (доли единицы)
6. КПД двигателя (доли единицы)

Подбирая различные значения КПД насоса и двигателя в широкой гамме SDR, представляется возможным определить динамику изменения потенциала энергосбережения в кВт.ч на 1 м длины трубопровода в год.

Порядок выполнения работы

Обучающийся вводит информацию по внутреннему диаметру старого

трубопровода, наружному диаметру нового протаскиваемого трубопровода, расчётному расходу воды, КПД насоса и двигателя (рисунок 1).

Расчет параметров работы напорных трубопроводов, восстанавливаемых предварительно сжатыми полимерными трубами

Произвести расчет

Исходные данные

Выходная форма

Каталог полимерных труб

Наружный диаметр (мм)	SDR11	SDR17	SDR21	SDR26	SDR33	SDR41	SDR50
20	2.0						
25	2.3						
32	3.0	2.0					
40	3.7	2.4	2.0				
50	4.6	3.0	2.4	2.0			
63	5.8	3.8	3.0	2.5	2.0		
75	6.8	4.5	3.6	2.9	2.3	2.0	
90	8.2	5.4	4.3	3.5	2.8	2.2	
110	10.0	6.6	5.3	4.2	3.4	2.7	
125	11.4	7.4	6.0	4.8	3.9	3.1	
140	12.7	8.3	6.7	5.8	4.3	3.5	3.0
160	14.6	9.5	7.7	6.2	4.9	4.0	3.2
180	16.4	10.7	8.6	6.9	5.5	4.4	3.6
200	18.2	11.9	9.6	7.7	6.2	4.9	4.0
225	20.5	13.4	10.8	8.7	6.9	5.5	4.5
250	22.7	14.8	11.9	9.6	7.7	6.2	5.0
280	25.4	16.6	13.4	10.8	8.6	6.9	5.6
300	27.3	17.6	14.3	11.5	9.1	7.1	6.0
315	28.6	18.7	15.0	12.1	9.7	7.7	6.3
355	32.2	21.1	16.9	13.7	10.9	8.7	7.1
400	36.3	23.7	19.0	15.4	12.3	9.8	8.0
450	40.9	26.7	21.4	17.3	13.8	11.0	9.0
500	45.4	29.7	23.8	19.2	15.3	12.3	10.0
560	50.8	33.2	26.7	21.5	17.2	14.2	11.2
630	57.2	37.4	30.0	24.2	19.3	16.0	12.6
710	64.5	42.1	33.8	27.2	21.8	18.0	14.2
800	72.6	47.4	38.1	30.6	24.5	20.2	16.0
900		53.3	42.9	34.4	27.6	23.2	18.0
1000		59.3	47.7	38.5	30.6	26.2	20.0

Внутренний диаметр трубопровода (мм)

300

Материал старого трубопровода

☒ сталь
☐ чугун
☐ железобетон
☐ асбестоцемент

Длина участка старого трубопровода (м)

500.00

Наружный диаметр новой трубопровода (мм)

315.0

Расчетный расход воды (куб. м/с)

0.114

КПД насоса (доли ед.)

0.85

КПД электродвигателя (доли ед.)

0.80

Рис. 1. Ввод исходных данных.

При нажатии на кнопку «Произвести расчёт» появляется результирующая таблица с гидравлическими, геометрическим и энергетическими параметрами (рисунок 13.). При нажатии на соответствующие кнопки появляются кривые, отображающие линейную, степенную, логарифмическую или экспоненциальную зависимости внутреннего диаметра или экономии энергозатрат от величины SDR.

Исходные данные		Выходная форма							
Внутренний диаметр старого трубопровода (мм)	Материал старой трубы	Наружный диаметр новой полимерной трубы (мм)							
300.0	сталь	315.0							
Расчетные величины		SDR11	SDR17	SDR21	SDR26	SDR33	SDR41	SDR50	
Внутренний диаметр нового трубопровода после реновации d _{вн. нов.} , мм		242.04	262.80	269.81	275.75	280.83	285.05	287.37	
Толщина стенки после операций сжатия-распрямления трубы x, мм		28.98	18.60	15.09	12.12	9.59	7.47	6.31	
Потери напора:									
-до реновации (в старом трубопроводе) Н _{вн. стар.} , м		5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	5.589	
-после реновации в новом трубопроводе Н _{п. нов.} , м		8.784	5.483	4.715	4.162	3.749	3.442	3.286	
Среднегодовая экономии электроэнергии, кВт·ч:									
-на погонный метр трубопровода		-92.054	3.063	25.193	41.115	53.017	61.871	66.371	
-по всей длине трубопровода		-46027.1	1531.6	12596.3	20557.7	26508.4	30935.3	33185.4	

Распечатать каталог полимерных труб

Построить график SDR-Внутренний диаметр в MS-Excel

Построить график SDR-Экономия электроэнергии в MS-Excel

Распечатать выходную форму

Рис. 2. Результаты расчета.

Исходные данные.

Внутренний диаметр старого трубопровода (мм): 1200

Длина участка (м): 800

Наружный диаметр нового трубопровода (мм): $d_1=1400$ и $d_2=1600$

Расчётный расход транспортируемой воды (м³/с): 1,14

КПД насоса (доли единицы): 0,8; 0,85; 0,9; 0,93; 0,95

КПД двигателя (доли единицы): 0,8; 0,85; 0,9; 0,93; 0,98

Требуется: определить динамику изменения потенциала энергосбережения в кВт·ч на 1 м длины трубопровода в год при различных значениях КПД насоса и двигателя в широкой гамме SDR.

Решение.

Исходная информация вводится в автоматизированную программу SDR в соответствии с алгоритмом, представленным в «Методических рекомендациях по выполнению ЛР» ((Лабораторная работа № 2, рис. 2.). Далее результаты автоматизированного счета (жирный шрифт) вводятся в

ручном режиме в таблицу результирующей информации (см. бланк задания на выполнение лабораторной работы) по двух циклам для анализа и построения графических зависимостей:

I цикл – диаметр нового трубопровода $d_1=1400$ мм

КПД насоса /двигателя	0,8	0,85	0,9	0,93	0,95
Расчётная величина потенциала энергосбережения, кВт.ч на 1 п.м. в год при значениях SDR:					
11	-*	-	-	-	-
17	64,7	57,3	51,2	47,9	45,9
21	76,0	67,3	60,1	56,2	53,9
26	83,5	73,9	66,0	61,8	59,2
33	88,7	78,6	70,1	65,6	62,9
41	91,9	81,5	72,7	68,1	65,2
50	94,8	84,0	74,9	70,2	67,2

II цикл – диаметр нового трубопровода $d_2=1600$ мм

КПД насоса /двигателя	0,8	0,85	0,9	0,93	0,95
Расчётная величина потенциала энергосбережения, кВт.ч на 1 п.м. в год при значениях SDR:					
11	-	-	-	-	-
17	53,3	47,2	42,1	39,4	37,8
21	69,1	61,1	54,5	51,1	48,9
26	79,0	69,9	62,4	58,4	56,0
33	85,6	75,8	67,6	63,4	60,7
41	89,7	79,5	70,9	66,4	63,6
50	93,2	82,5	73,6	68,9	66,1

Примечание: прочерки означают отрицательную величину потенциала энергосбережения.

По данным двух таблиц строятся графические зависимости потенциала энергосбережения от величины SDR при широкой гамме КПД насоса и двигателя (КПД_{н/дв}): рисунок 1. для диаметра нового трубопровода $d_1=1400$ мм и рисунок 2. для диаметра нового трубопровода $d_1=1600$ мм.

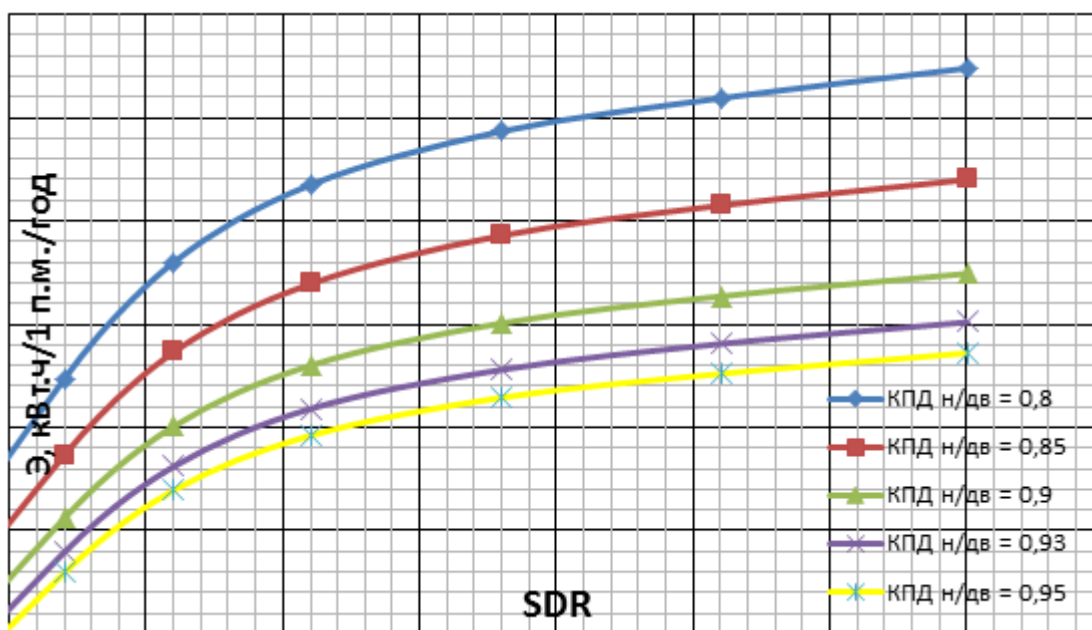


Рис. 3. График зависимости потенциала энергосбережения от величин SDR при диаметре нового полимерного трубопровода $d_1=1400$ мм

Для диаметра 1400 мм согласно графикам на рис. 1., например, для величины $SDR=50$ по сравнению с $SDR=17$ при $КПД_{н/дв}=0,8$ потенциал энергосбережения увеличивается на $94,8-64,7=30,1$ кВт.ч (или на 31,75 %) за счёт уменьшения толщины стенки, а при $КПД_{н/дв}=0,95$ потенциал энергосбережения увеличивается на $67,2-45,9=21,3$ кВт.ч (или на 31,69 %). Это свидетельствуют о том, что увеличение потенциала энергосбережения в процентном выражении зависит от величины SDR и практически не изменяется в исследуемом диапазоне $КПД_{н/дв} = 0,8-0,95$.

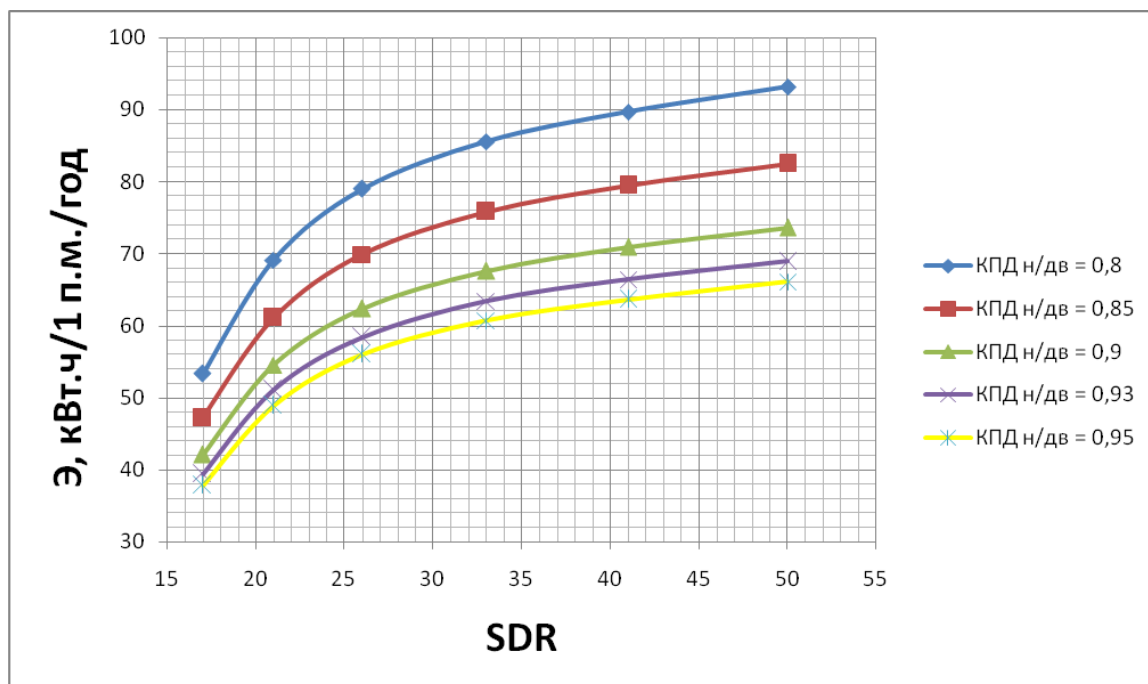


Рис. 4 График зависимости потенциала энергосбережения от величин SDR при диаметре нового полимерного трубопровода $d_2=1600$ мм

Выводы.

Согласно графикам на рис. 2., когда для реновации используется трубопровод большего диаметра (1600 мм), имеем, например, для $SDR=50$ по сравнению с $SDR=17$ при $КПД_{н/дв}=0,8$ потенциал энергосбережения увеличивается на $93,2-53,3=39,9$ кВт.ч (или на 42,81 %) за счёт уменьшения толщины стенки, а при $КПД_{н/дв}=0,95$ потенциал энергосбережения увеличивается на $66,1-37,8=28,3$ кВт.ч (или на 42,81 %). Это свидетельствуют о том, что увеличение потенциала энергосбережения в процентном выражении зависит от величины SDR и остается неизменной в исследуемом диапазоне $КПД_{н/дв}=0,8-0,95$.

В отношении использования для реновации старого трубопровода трубам различных диаметров (1400 и 1600 мм) необходимо отметить следующее: эффект энергосбережения наблюдается независимо от используемых диаметров труб в широком диапазоне величин SDR, кроме $SDR=11$, когда резко снижается живое сечение восстанавливаемого трубопровода и эффекта энергосбережения не наблюдается.

Лабораторная работа 7

Расчёт нагрузок на полимерный трубопровод и проверка его несущей способности при заполнении межтрубного пространства в системе «старый трубопровод + новый» строительными растворами

Цель: ознакомление с параметрами определения возможности обеспечения несущей способности, протянутого трубопроводов при широкой гамме удельных весов строительных растворов, используемых для заполнения межтрубного пространства, и динамику изменения степени овализации, определение потенциальной возможности реновации трубопроводов

При рассмотрении реализации технологии протягивания круглых и деформируемых (в частности, полимерных) труб в старые, то следует отметить вопросы, связанные с необходимостью забутовки межтрубного пространства в образующейся двухтрубной конструкции. В пользу необходимости забутовки следует рассматривать вопросы исключения негативной реакции к сконцентрированной точечной нагрузки. Для безнапорных трубопроводов наличие забутовки особенно актуально, поскольку в случае ее отсутствия нужна оценка изменения гидравлических характеристик.

Порядок выполнения работы

При работе с программой пользователь осуществляет следующие последовательные операции.

1. При выводе на экран диалогового окна, в верхней его части в строке слева направо выделяются четыре кнопки управления (верхняя часть рисунка 4.):

- «Прочитать исходные данные из файла типа «тет»,
- «Сохранить исходные данные в файле типа «тет»,
- «Выходная форма (расчет)»,
- «Выход из программы X».

Под указанной выше строкой размещено поле «Входная информация».

2. Для заполнения поля «Входная информация» последовательно вводятся значения по 14 позициям.

3. После введения исходные данные сохраняются. Для этого нажимается кнопка «Сохранить исходные данные в файле типа «mem». На экране появляется вставка в виде малого промежуточного окна для фиксации операции сохранения данных под соответствующим кодовым номером, выбираемом студентом-пользователем. После внесения номера и нажатия кнопки «Сохранить» в малом окне вставки дублируется сохраненное имя файла со всей исходной информацией.

4. Для проведения автоматизированного счета и просмотра полученных результатов нажимается кнопка «Выходная форма (расчет)» и на экране дисплея высвечивается вся входная и выходная (расчетная) информация. Для распечатки данных проводятся стандартные операции входа в файл и нажатия кнопки печать.

5. При необходимости выхода из программы нажимается кнопка «Выход из программы X».

6. При последующих обращениях к автоматизированной программе в зависимости от поставленной задачи выполняются следующие операции:

а). Для нахождения сохраненных исходных данных и результатов счета под соответствующим номером файла типа «mem» нажимается кнопка «Прочитать исходные данные из файла «mem»; при этом появляется малое промежуточное окно, где пользователь мышкой нажимает на искомое имя файла. Автоматически это имя появляется в строке «Прочитать» и, после нажатия на кнопку «Открыть», появляется основное диалоговое окно с сохраненными исходными данными и результатами счета. При необходимости просмотра результатов счета и исходной информации нажимается кнопка «Выходная форма (расчет)», а затем можно произвести распечатку (нажатие кнопок файл и печать).

б). Для организации нового расчета, т.е. введения новых исходных данных и обработки результатов счета все операции повторяются, начиная с п. 1 по п. 5 настоящей инструкции

Первая часть выполнена в лабораторной работе 2, в текущей лабораторной работе следует сделать 2 вариант (по выданным исходным данным) и сделать выводы на основе сравнения

Пример решения

Исходные данные.

6. Диаметр трубопровода, подлежащего реновации, $0,5 D$, м:
7. Диаметры нового трубопровода, протягиваемого в старый, вариант 2: $d_{нар.}$, м: 0,9; $d_{вн.}$, м: 0,864;
8. Объёмные веса, Н/м³
 - цементного раствора $\gamma_{цр}$: 14000, 25000, 40000
 - протянутой трубы $\gamma_{пм}$: 9500
 - транспортируемой среды (воды) $\gamma_{в}$: 9800
9. Глубина залегания трубопровода от поверхности земли H , м:
10. Давление грунтовых вод над трубопроводом $P_{гв}$, МПа:

Требуется: определить возможность обеспечения несущей способности протянутого трубопроводов при широкой гамме удельных весов строительных растворов, используемых для заполнения межтрубного пространства, и динамику изменения степени овализации.

Глубина залегания трубопровода от поверхности земли H , м: 10

Давление грунтовых вод над трубопроводом $P_{гв}$, МПа: 0,09

Требуется: определить возможность обеспечения несущей способности протянутого трубопроводов при широкой гамме удельных весов

строительных растворов, используемых для заполнения межтрубного пространства, и динамику изменения степени овализации.

Решение

II цикл – диаметры трубопроводов (вариант 2)

Объемный вес строительного раствора, Н/м ³	14000				25000				40000			
Обеспеченность (+) / необеспеченность (-) несущей способности	-				-				-			
Пункты по нагрузке	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
Степень овализации Е, %	19,0455	3,5369	16,4919	14,7353	35,0122	19,5036	29,7420	24,1270	56,7850	41,2764	47,8135	40,5708

Анализ результатов расчёта по II циклу

а). Для всех случаев нагрузок (А, Б, В, Г) относительная деформация вертикального диаметра трубопровода Е,% превышает предельно допустимые величины овализации поперечного сечения [Е] (5 % для полимерных труб); максимальное значение овализации составляет 56,785 % (наихудший случай Г при неравномерной забутовке и максимальном объемном весе строительного раствора 25000 Н/м³).

Только в одном случае при объемном весе строительного раствора 14000 Н/м³ для случая Б степень овализации составляет 3,5369 %, что не превышает норму (5%).

б). Для всех случаев нагрузок (А, Б, В, Г) наблюдается необеспеченность несущей способности трубопровода по III условию (знак «-» во второй строке таблицы для всего диапазона объемных весов строительного раствора).

Таким образом, несмотря на то, что условие II соблюдается для случая Б, проверка несущей способности по условию III показывает, что устойчивость

круглой формы поперечного сечения полиэтиленового трубопровода не может быть достигнута. На практике это означает, что на трубу будет действовать выталкивающая (архимедова сила), что нарушит условию устойчивости круглой формы поперечного сечения трубопровода.

Общим выводом может служить то, что при исходных значениях параметров старый трубопровод не может быть подвергнут реновации, так как не будут соблюдаться условия по устойчивости его круглой формы.