Р 617-87

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
**ВНИИСТ**

Москва

gost.e-ecolog.ru

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ (ВНИИСТ)

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер ВНИИСТа
В.А.Подгорбунский
"18" декабря 1986г.

# РЕКОМЕНДАЦИИ

по расчету режимов наполнения и необходимой производительности наполнительных агрегатов в зависимости от диаметра и протяженности участка трубопровода с учетом производства работ при отрицательных температурах.

Р 617-87

Руководитель темы, заведующий ООИ — В.Г.Селиверстов

Исполнители:
Заведующий ООИ — В.Г.Селиверстов
Ст.н.с. — В.П.Хэнкин

Т Е Л Е Ф О Н О Г Р А М М А

13.03.87 б/н т. ШАКИРОВУ Р.М.

Главк подтверждает участие тов. Порошина В.П., Шаймординова Р.Т. в разработке "Рекомендаций по расчёту режима наполнения и необходимой производительности наполнительных агрегатов, в зависимости от диаметра и протяжённости участка трубопровода, с учётом производства работ при отрицательных температурах".

Зам.начальника Главвостоктрубопроводстроя А.Г.ШЕБАЕВ

Подпись т. Шакирова Р.М.
удостоверяю
Баранова
16.03.87г.

Рекомендации предлагают методы расчета производительности и напора наполнительных агрегатов в зависимости от диаметра, протяженности трубопровода и перепада высот по трассе.

Предложены методы расчета параметров наполнения трубопроводов водой при их испытании в условиях отрицательных температур.

Рекомендации включают результаты исследований, выполненных во ВНИИСТе, и обобщают опыт работы Главвостоктрубопроводстроя по наполнению трубопроводов с использованием параллельно-последовательных схем соединения наполнительных агрегатов.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников, занятых проектированием и производством работ по очистке полости и испытанию трубопроводов.

Рекомендации разработали В.Г. Селиверстов , В.П. Ханкин /ВНИИСТ/ и В.П. Поромин , Р.К.Шаймарданов (Главвостоктрубопроводстрой).

| | | |
|---|---|---|
| Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности | Рекомендации по расчету режимов наполнения и необходимой производительности наполнительных агрегатов в зависимости от диаметра и протяженности участка трубопровода с учетом производства работ при отрицательных температурах | Р 617-87<br>Впервые |

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации разработаны в развитие и дополнение СНиП Ш-42-80 "Магистральные трубопроводы. Правила производства и приемки работ", "Инструкции по производству очистки полости и испытания строящихся магистральных трубопроводов /ВСН 157-83/", "Инструкции по организации очистки полости, испытания и удаления воды при поточном строительстве магистральных трубопроводов крупными механизированными комплексами /ВСН 2-128-81/" и раздела "Очистка полости и испытание" ВСН "Строительство промысловых трубопроводов".

I.2. В Рекомендациях изложены вопросы выбора наполнительного и опрессовочного оборудования для промывки и испытания трубопроводов в зависимости от диаметра и протяженности участка, рельефа местности, скорости движения поршня как при положительной, так и при отрицательной температуре окружающей среды.

I.3. Предлагаемые методы расчета параметров наполнения трубопровода водой рекомендуются для использования при разработке специальных /рабочих/ инструкций применительно к конкретным условиям строительства.

| | | |
|---|---|---|
| Внесены ВНИИСТом - отделом очистки полости и испытания трубопроводов | Утверждены Всесоюзным научно-исследовательским институтом по строительству магистральных трубопроводов /8 декабря 1986 г. | Срок введения в действие июль 1987 г. |

## 2. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАПОЛНИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА И ТРУБОПРОВОДА

2.1. Для гидравлического испытания трубопровод заполняют водой. Как правило, заполнение осуществляют с пропуском поршня под давлением воды при одновременном удалении из трубопровода воздуха.

2.2. Качественное заполнение трубопровода водой и удаление из него воздуха возможны при строго заданных скоростях движения поршня. Оптимальные скорости перемещения поршней различной конструкции определяются экспериментально и приведены в приложении I.

2.3. Скорость перемещения поршня по трубопроводу обеспечивается производительностью наполнительных агрегатов, с помощью которых производится заполнение трубопровода водой.

Машины, рекомендуемые для наполнения трубопровода водой, указаны в приложении 2.

2.4. Установленные на наполнительных агрегатах насосы имеют определенную характеристику – зависимость между подачей насоса и развиваемым им напором.

2.5. При движении воды по трубопроводу напор насоса расходуется на преодоление сил трения, разности высотных отметок, преодоление местных сопротивлений в трубопроводе, системе обвязки насосных агрегатов и узле их подсоединения к трубопроводу, перемещение поршня и загрязнений по трубопроводу.

2.6. Потери напора на трение, отнесенные к I км трубопровода, определяются по формуле

$$i = 82{,}6\,\lambda \cdot \frac{Q^2}{Д^5}$$

где $\lambda$ – коэффициент гидравлического сопротивления,

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{К_э}{Д} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25}$$

Д – диаметр трубопровода, м ;

Q – расход воды, $м^3/с$ ;

Re – коэффициент Рейнольдса,

Для воды $Re = 1{,}273 \cdot 10^6 \frac{Q}{Д}$

$К_э$ – эквивалентная абсолютная нероховатость трубопровода.

Для новых чистых труб $К_э = 0{,}1$ мм.

В приложении 3 даны потери напора на трение, отнесенные к 1 км трубопровода, в зависимости от его диаметра и расхода воды.

2.7. Потери напора на перемещение поршня определяются согласно приложению 1.

2.8. Потери напора на перемещение загрязнений и преодоление местных сопротивлений в трубопроводе рекомендуется оценивать увеличением коэффициента гидравлического сопротивления по формуле

$$\lambda_т = 1{,}1 \cdot \lambda$$

2.9. Потери напора на преодоление местных сопротивлений в обвязке наполнительных агрегатов и узле их подсоединения к трубопроводу можно оценить с использованием данных приложения 3.

2.10. Зависимость между потерей напора и расходом воды определяет характеристику трубопровода. Пересечение характеристик насоса и трубопровода определяет рабочую точку гидравлической системы насос–трубопровод /рис. 1/.

2.11. В процессе заполнения водой характеристика трубопровода изменяется, т.к. изменяется гидравлическое сопротивление заполненного водой участка. При этом рабочая точка перемещается по характеристике насоса.

Совокупность рабочих точек определяет диапазон изменения параметров наполнения трубопровода /кривая АС на рис. 1/.

2.12. Минимальный напор и максимальная производительность насоса имеет место в начале участка заполнения /точка А на рис.1/.

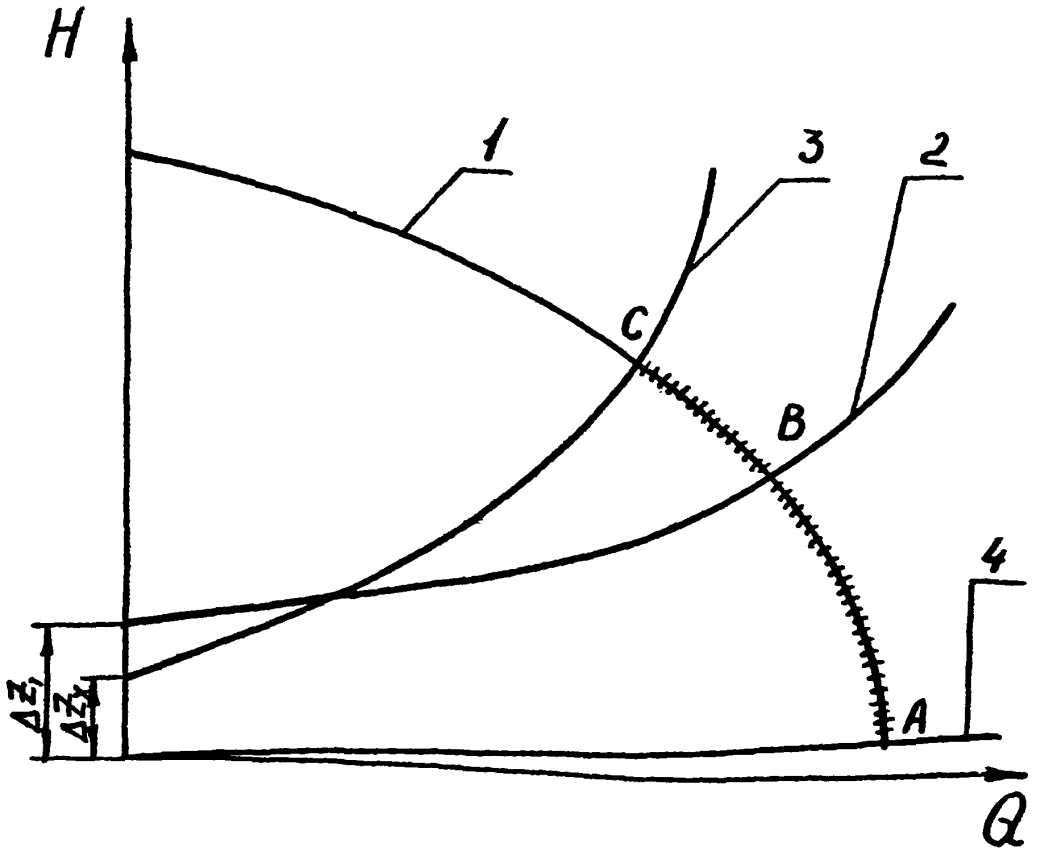



Рис. 1 Совмещенные характеристики насоса и трубопровода

1 - характеристика насоса; 2, 3 - характеристика участков трубопровода (2 - участок с перепадом высот $\Delta Z_1$; 3 - участок с $\Delta Z_x$; 4 - участок с $\Delta Z=0$)
A, B, C - рабочие точки; AC - диапазон изменения параметров наполнения трубопровода

При этом напор определяется потерями в обвязке наполнительных агрегатов, узле подсоединения к трубопроводу, а также перепадом давления на поршне, необходимым для его движения.

2.I8. По мере заполнения увеличивается протяженность участка, залитого водой, и, следовательно, возрастают потери на преодоление сил трения воды и загрязнений. Увеличивается крутизна характеристики трубопровода и рабочая точка перемещается от точки А /рис. I/ вдоль характеристики насоса. Напор насоса возрастает, а производительность уменьшается.

2.I4. По мере заполнения изменяется и перепад высот между концом залитого водой участка и его началом, что приводит к перемещению характеристики трубопровода вдоль оси ординат и, следовательно, к смещению рабочей точки вдоль характеристики насоса: при увеличении перепада высот - вверх, а при уменьшении - вниз.

2.I5. При одновременном изменении перепада высот и гидравлического сопротивления характеристика трубопровода перемещается вдоль оси ординат и меняет крутизну.

## 3. РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР НАПОЛНИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ И СХЕМ ИХ СОЕДИНЕНИЯ

3.1. В процессе наполнения трубопровода водой для гидравлического испытания необходимо обеспечить:

оптимальную скорость потока воды в трубопроводе, определяемую суммарной производительностью наполнительных агрегатов;

возможность преодоления перепада высот по трассе с учетом сил трения и местных сопротивлений, определяемую развиваемым насосом напором.

3.2. С целью обеспечения оптимальной скорости перемещения поршня /потока воды/ по трубопроводам различного диаметра и протяженности в условиях пересеченной местности целесообразно использовать насосные станции, состоящие из нескольких наполнительных агрегатов, соединенных по параллельно-последовательной схеме.

3.3. На рис. 2 представлены характеристики параллельного и последовательного соединения применяемых в отрасли наполнительных агрегатов.

При параллельном соединении двух одинаковых насосов производительность возрастает вдвое при том же развиваемом напоре.

Последовательное соединение двух одинаковых насосов обеспечивает увеличение вдвое развиваемого напора при той же производительности.

3.4. Выбор наполнительных агрегатов рекомендуется осуществлять с использованием характеристик насосов в следующей последовательности:

построить характеристики насосных станций при различных схемах соединения насосов;

определить максимально возможные потери напора /потребный напор/ на участке трубопровода, подлежащем заполнению водой;

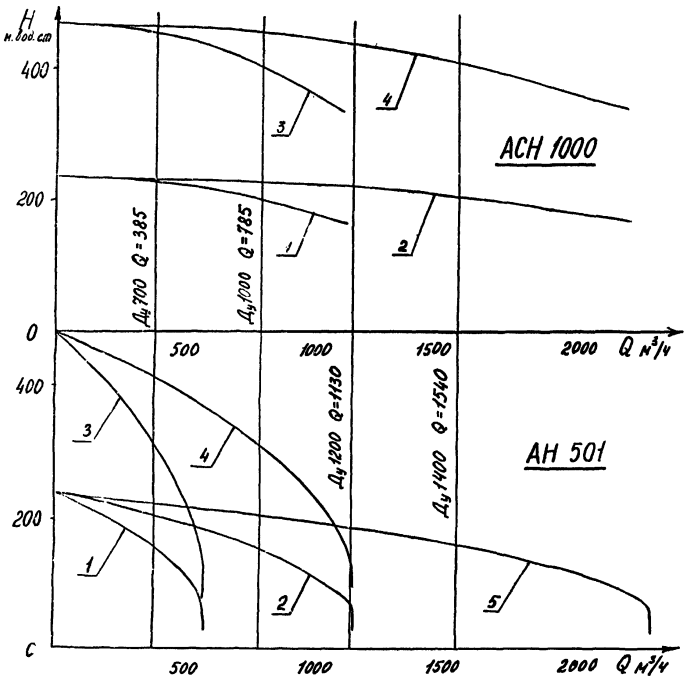



Рис. 2 Характеристики наполнительных агрегатов:

1 - одного агрегата

2 - параллельно соединенных 2-х агрегатов

3 - последовательно соединенных 2-х агрегатов

4 - попарно-последовательно соединенных 4-х агрегатов

5 - параллельно соединенных 4-х агрегатов

задаться скоростью перемещения поршня по трубопроводу /расходом воды/ в процессе заполнения полости водой;

найти пересечение прямой, соответствующей заданному расходу воды, с характеристиками насосных станций;

определить развиваемый насосами напор в точках пересечения прямой заданного расхода с характеристиками насосных станций;

путем сравнения потребного и располагаемого напоров выбрать тип и количество наполнительных агрегатов и схему их соединения.

3.5. Пример выбора наполнительных агрегатов для заполнения конкретного трубопровода водой приведен в приложении 4.

3.6. В приложении 5 приведены рекомендуемые наполнительные агрегаты, их количество и схемы соединения для заполнения трубопровода водой в зависимости от перепада высот на участке.

## 4. ПАРАМЕТРЫ НАПОЛНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА ПРИ ИСПЫТАНИИ ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПОДОГРЕТОЙ ВОДОЙ

4.I. Для обеспечения испытания водой теплоизолированного надземного трубопровода при отрицательных температурах наружного воздуха необходимо осуществлять предварительный прогрев трубопровода и теплоизоляции подогретой водой.

4.2. Возможность испытания конкретного трубопровода подогретой водой и теплотехнические параметры испытания определяются расчетом применительно к реальным условиям испытания и срокам производства работ.

4.3. К основным параметрам испытания относятся:

начальная температура воды в конце трубопровода;

температура воды в начале участка;

объем прокачки воды для прогрева участка.

4.4. Начальная температура воды в конце трубопровода опр[illegible]ляется таким образом, чтобы исключить образование наледи в н[illegible] в течение всего времени испытания. Искомая температура рассч[illegible]тывается по формуле

$$t_н = -t_в\left(1 - exp\,\frac{A\tau}{R}\right)$$

где $$A = 3600\,Д\cdot\left[C_т\rho_т\left(Д-\delta\right) + C_в\rho_в\,\frac{(Д-2\delta)^2}{4}\right]^{-1}$$

$$R = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}$$

$t_н$ – температура воды в трубопроводе в начале испытания, $^oC$;

$t_в$ – температура воздуха, $^oC$ ;

$\tau$ – время испытания, ч.;

$R$ – термическое сопротивление, $м^2К/Вт$ ;

Д – наружный диаметр трубы, м;

$C_т$ – удельная теплоемкость материала трубы, Дж/кг.К ;

$C_в$ – удельная теплоемкость воды, Дж/кг.К ;

$\delta$ – толщина стенки трубы, м ;

$\rho_т$ – плотность материала трубы, $кг/м^3$;

$\rho_в$ – плотность воды, $кг/м^3$;

$\delta_{из}$ – толщина изоляции;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/м.К.

В таблице I приведены значения коэффициента А для трубопроводов диаметром 530 ÷ 1420 мм.

Начальная температура воды в трубопроводе может быть определена по номограмме, приведенной на рис. 3. Порядок пользования номограммой изложен в приложении 5.

4.5. Параметры наполнения выбираются таким образом, чтобы при заданной суммарной производительности наполнительных агрегатов температура воды, подаваемой в трубопровод, обеспечивала требуемое значение температуры воды в конце участка.

Температура воды, подаваемой в трубопровод, рассчитывается по формуле

$$t_0 = t_в + \left(t_н - t_в\right) exp \frac{BL}{q R}$$

где $B = 6 \cdot 10^4 \frac{\pi (Д - 2\delta)}{C_в \rho_в}$

$L$ – длина трубопровода, км;

$q$ – расход воды при заполнении, $м^3/ч$.

Таблица I

| Д<br>м | м | А | В | С |
|---|---|---|---|---|
| | 0,008 | 0,00652 | I,89 | II,4 |
| 0,58 | 0,009 | 0,00652 | I,88 | I2,9 |
| 0,58 | 0,0I8 | 0,00655 | I,86 | I8,4 |
| | 0,0084 | 0,00479 | I,90 | I6,4 |
| 0,72 | 0,009 | 0,00479 | I,89 | I7,5 |
| 0,82 | 0,009 | 0,00420 | 2,I6 | 20,0 |
| | 0,0I2 | 0,00388 | 2.68 | 88,2 |
| I,02 | 0,0I7 | 0,00389 | 2,65 | 46,7 |
| | 0,0I52 | 0,00283 | 3,2I | 50,2 |
| I,22 | 0,0I6 | 0,00283 | 3,20 | 52,8 |
| | 0,0I68 | 0,00283 | 3,I9 | 55,I |
| | 0,0I57 | 0,00273 | 3,74 | 60,4 |
| I,42 | 0,0I75 | 0,00243 | 3,73 | 67,8 |

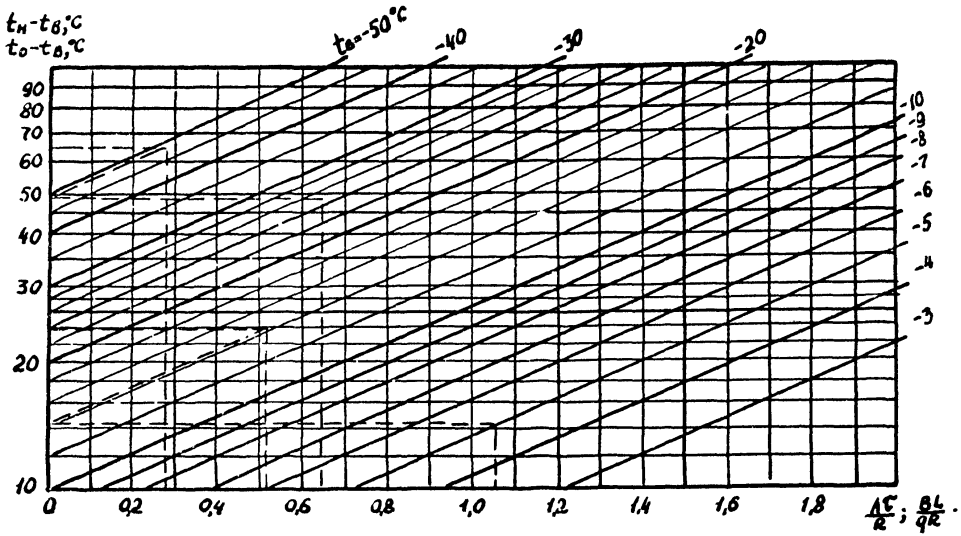



Рис.3 НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В ТРУБОПРОВОДЕ

В таблице I приведены значения коэффициента B для трубопроводов диаметром 530÷1420 мм. Для графического определения температуры воды, подаваемой в трубопровод, можно пользоваться номограммой, приведенной на рис. 3.

Порядок пользования номограммой изложен в приложении 6.

4.6. Объем воды, необходимый для прогрева трубопровода, можно оценить по формуле

$$Q = C \cdot \left( 1 - \frac{t_в}{t_н} \right) \cdot L$$

где

$$C = 10^3 \frac{\pi (A - \delta) \delta \rho_т c_т}{c_в \rho_в}$$

В таблице I приведены значения коэффициента C для трубопроводов диаметром 530÷1420 мм.

4.7. Пример расчета параметров наполнения надземного теплоизолированного трубопровода приведен в приложении 6.

## 5. ПАРАМЕТРЫ НАПОЛНЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА БЕЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

5.1. Для обеспечения испытания водой подземного трубопровода при отрицательной температуре грунта на уровне заложения трубы необходимо проводить предварительный прогрев магистрали и окружающего грунта путем прокачки воды.

5.2. К основным параметрам наполнения подземного трубопровода относятся:

скорость прокачки воды, определяемая выбором суммарной производительности наполнительных агрегатов;

объем /время/ прокачки воды через испытываемый участок;

температура воды на входе в трубопровод.

5.3. При высокой скорости прокачки тепло воды, не успевая полностью передаваться грунту, будет выноситься из трубопровода. При малой скорости прокачки прогревается в основном начальный участок и возможно образование наледи в конце трубопровода, которая не будет смываться потоком воды. Следовательно, существует оптимальная, определяемая расчетом, скорость прокачки.

5.4. Определение параметров наполнения трубопровода основано на использовании данных по эталонному трубопроводу, полученных путем численного моделирования на ЭВМ процесса теплового взаимодействия трубопровода с грунтом в условиях испытания.

Параметры эталонного трубопровода:

протяженность трубопровода $L^* = 4$ км;

грунт - суглинок водонасыщенный;

температура грунта $T^*_{гр} = -10^{\circ}C$;

температура воды на входе в испытываемый участок $T^*_{в} = 5^{\circ}C$ /или $50^{\circ}C$/;

продолжительность испытания $\tau^*_{и} = 40$ ч.

На рис. 4, 5 представлены зависимости времени прокачки для эталонного трубопровода в функции его диаметра для различных значений суммарной производительности наполнительных агрегатов.

5.5. Зависимости рис. 4 рассчитаны для температуры воды, подаваемой в трубопровод $T_в^* = 5^oC$, и рекомендуются для определения параметров наполнения протяженных участков трубопроводов большого диаметра.

5.6. Зависимости рис. 5, рассчитанные для $T_в^* = 50^oC$, рекомендуются в основном для трубопроводов диаметром 200÷500 мм и относительно небольшой протяженности /до 10 км/.

5.7. С целью определения параметров наполнения участка трубопровода необходимо:

для данного диаметра трубопровода, исходя из имеющихся ресурсов воды и возможности ее подогрева, по графикам на рис. 4,5 выбрать суммарную производительность наполнительных агрегатов и соответствующее ей время прокачки $\tau_{пр}^*$, необходимое для испытания эталонного трубопровода;

уточнить время прокачки применительно к конкретным параметрам испытываемого участка по формулам:

$$\tau_{пр} = K\tau_{пр}^*\left(\frac{L}{L^*}\right)^{1,4}\cdot\left(\frac{T_{гр}}{T_{гр}^*}\right)^{1,5}\cdot\left(\frac{T_в}{T_в^*}\right)^{-1,7}$$

при использовании графических зависимостей, представленных на рис. 4 ,

$$\tau_{пр} = K\tau_{пр}^*\left(\frac{L}{L^*}\right)^{1,3}\left(\frac{T_{гр}}{T_{гр}^*}\right)^{1,3}\left(\frac{T_в}{T_в^*}\right)^{-1,3}$$

при использовании зависимостей рис. 5 ,

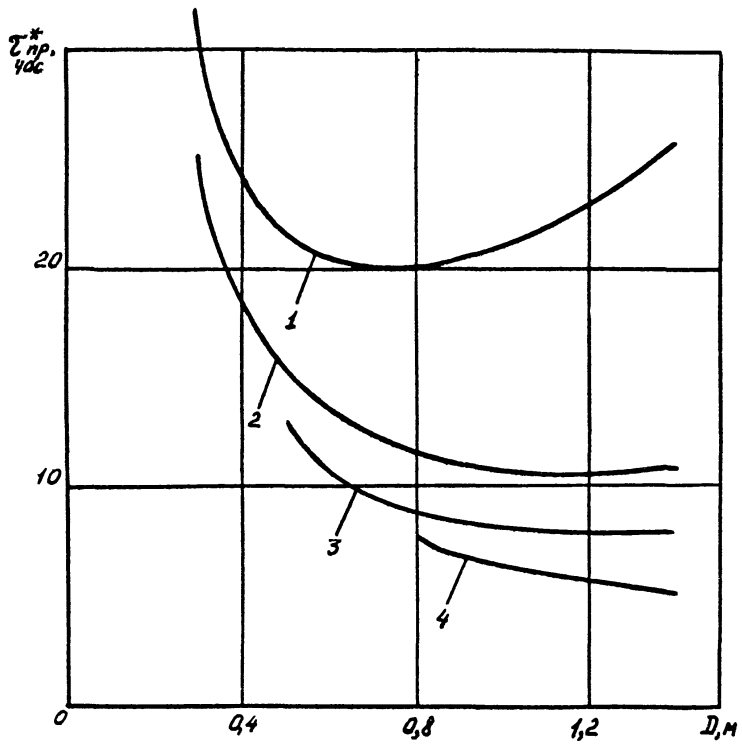



Рис.4 Зависимость времени прокачки воды с температурой $T_в$ = 5 С для эталонного трубопровода от его диаметра при суммарной производительности наполнительных агрегатов Q, $м^3/ч$ :

I - Q = 500; 2 - I000; 3 - I500; 4 - 2000

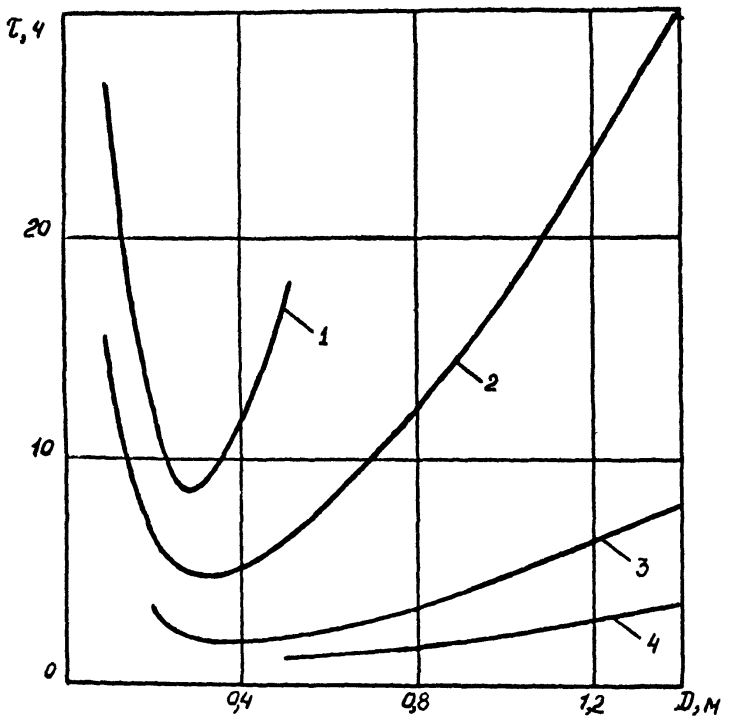



Рис.5 Зависимость времени прокачки воды с температурой $T_в$ = 50 С для эталонного трубопровода от его диаметра при суммарной производительности наполнительных агрегатов $Q$, м$^3$/ч :

I - $Q$ = 50; 2 - I00; 3 - 200; 4 - 300

где $L$ - длина испытываемого участка;

$T_{гр}$ - температура грунта;

$T_{в}$ - температура воды;

К - коэффициент, учитывающий свойства грунта;

Для водонасыщенных глинистых грунтов и торфа К = I , для песчаных грунтов К = 2.

При продолжительности испытания более 40 ч. время прокачки должно увеличиваться пропорционально предполагаемой продолжительности испытания.

5.8. Пример расчета параметров наполнения подземного трубопровода без теплоизоляции в условиях отрицательных температур приведен в приложении 7.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Рекомендуемое

## Оптимальные параметры перемещения поршня по трубопроводу при заполнении водой для испытания и удалении из него воздуха

| Наименование | Оптимальные параметры движения | |
|---|---|---|
| | Скорость перемещения поршня, км/ч | Минимальный перепад давления на поршень МПа |
| Поршни-разделители эластичные типа ДЗК диаметром 100-700 мм | I ÷ I,5 | 0,2 ÷ 0,3 |
| Поршни-разделители типа ДЗК-РЭМ диаметром 500-1400 мм | I ÷ I,5 | 0,3 ÷ 0,4 |
| Поршни-разделители типа ОПР-М диаметром 300-1400 мм | I ÷ I,5 | 0,4 ÷ 0,5 |
| Поршни-разделители типа ОПР-М-9 диаметром 1000-1400 мм | I ÷ I,5 | 0,4 ÷ 0,5 |
| Поршни-разделители типа РМ-ПС | не менее I | 0,4 ÷ 0,5 |
| Очистные поршни с кардной лентой типа ОПКЛ диаметром 150-700 мм | I ÷ I,5 | 0,3 ÷ 0,4 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Рекомендуемое

## Машины для наполнения трубопроводов водой

| Марка агрегата | Марка насоса | Производительность агрегата, м³/ч | | Напор при наполнении, м.вод.ст. | Давление при опрессовке, МПа | Мощность двигателя, л.с. | Масса, т |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | при наполнении | при опрессовке | | | | |
| АН-26I | 8МС-7х3 | 260 | - | I55 | - | 300 | 9,4 |
| АН-50I | 3В-200х4 | 540 | - | 240 | - | 500 | 9,4 |
| АСН-I000 | ЦНI000-I80 | I000 | - | I80 | - | 900 | 20,0 |
| АО-I6I | 9МГр-6I | - | 20-40 | - | I6 | I30 | 9,5 |
| Азинмаш-32 | IНП-I60 | - | I2-5I | - | I6-4 | I00 | I5,I |
| ЦА-320М | 9Т | - | I8,4-82,2 | - | I8,2-4 | I80 | I7,2 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Рекомендуемое

Потери напора на трение, отнесенные к I км трубопровода, в зависимости от его диаметра и расхода воды

| Диаметр трубопровода, мм | Потери напора /м/ при расходе воды Q /м³/ч/ равном: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I00 | 300 | 500 | I000 | 2000 |
| I420 | 0,00029 | 0,0020 | 0,0050 | 0,0178 | 0,0616 |
| I220 | 0,00051 | 0,0036 | 0,0091 | 0,0320 | 0,III0 |
| I020 | 0,00148 | 0,0I03 | 0,0255 | 0,0892 | 0,3815 |
| 720 | 0,00618 | 0,0580 | 0,I516 | 0,5308 | I,9718 |
| 530 | 0,02240 | 0,3II8 | 0,7648 | 2,8556 | II,423 |
| 325 | 0,3926 | 4,0I00 | I0,49I | 39,347 | I57,39 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Рекомендуемое

## Выбор наполнительных агрегатов для конкретного участка трубопровода

**Пример.** Подобрать тип, количество и схему соединения наполнительных агрегатов при заполнении водой участка трубопровода диаметром 1020 мм протяженностью 25 км с пропуском поршня-разделителя типа ДЗК-РЗМ. От насосной станции трубопровод на длине 20 км равномерно поднимается в гору на высоту 200 м, а затем на длине 5 км равномерно спускается до высоты 100 м.

Насосная станция установлена на расстоянии 120 м от магистрали и соединяется с ней трубопроводом диаметром 325 мм. Обвязка станции позволяет работать наполнительным агрегатам по параллельной и последовательной схеме их соединения.

**Решение.**

1. Для заданного типа поршня-разделителя согласно приложению 1 находим оптимальную скорость перемещения по трубопроводу - 1 км/ч.

2. Для обеспечения оптимальной скорости поршня-разделителя необходим расход воды в час, равный объему 1 км трубопровода, т.е.

$$Q = \frac{\pi Д^2}{4} \cdot 1000 = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} \cdot 1000 = 785 \text{ м}^3/\text{ч} = 0{,}218 \text{ м}^3/\text{с}$$

3. Оценим возможные максимальные потери давления при заполнении участка трубопровода:

на преодоление максимального перепада высот по трассе - 200 м;

на перемещение поршня /по приложению 1/ - 4 м;

на преодоление местных сопротивлений в обвязке насосной станции и трубопроводе подсоединения к магистрали /по приложению 8 или формуле 2.6 при заданных $Д$ = 325 мм, $Q$ = 785 м$^3$/ч и $L$ = 0,120 км/

$$39{,}347 \cdot \left(\frac{785}{1000}\right)^2 \cdot 0{,}12 = 24{,}8 \cdot 0{,}12 = 2{,}9 \text{ м}$$

на преодоление сил трения и перемещение загрязнений /по приложению 8 или формуле 2.6 при заданных Д = 1020 мм, Q = 785 м³/ч и $L$ = 25 км/

$$Re = 1{,}273 \cdot 10^6 \frac{785}{3600 \cdot 1{,}0} = 2{,}776 \cdot 10^5$$

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{0{,}1}{1000} + \frac{68}{2{,}776 \cdot 10^5}\right)^{0{,}25} = 0{,}11\left(10^{-4} + 2{,}449 \cdot 10^{-4}\right) =$$

$$= 0{,}11 \cdot 0{,}1363 = 0{,}015$$

$$\lambda_T = 1{,}1 \cdot 0{,}015 = 0{,}0165$$

$$h_T = 82{,}6\,\lambda_T \frac{Q^2}{д^5} \cdot L = 82{,}6 \cdot 0{,}0165 \cdot \frac{0{,}218^2}{1^5} 25 = 1{,}6 \text{ м}$$

Суммарный потребный напор составляет

$$h_п = 200 + 4 + 2{,}9 + 1{,}6 = 208{,}5 \text{ м}$$

4. На рис. 2 проводим прямую Q = 785 м³/ч, которая пересекает характеристики наполнительных агрегатов АН 501 и АСН 1000 , соединенных различными способами.

Точки пересечения характеризуются данными, приведенными в таблице

| Точка пересечения | Тип наполнительного агрегата | Количество | Схема соединения | Располагаемый напор, м | Превышает ли располагаемый напор потребный |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | АН 501 | 2 | параллельно | 150 | нет |
| 2 | АН 501 | 4 | параллельно | 200 | нет |

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | АН 50I | 4 | попарно-последовательно | 3I0 | да |
| 4 | АСН I000 | I | - | 200 | нет |
| 5 | АСН I000 | 2 | параллельно | 220 | да |
| 6 | АСН I000 | 2 | последовательно | 400 | да |
| 7 | АСН I000 | 4 | попарно-последовательно | 450 | да |

5. Анализ располагаемых напоров в точках пересечения характеристик насосных станций показывает, что количество агрегатов и схемы их соединения, соответствующие точкам I, 2, 4, не обеспечивают потребного напора, а соответствующие точкам 6 и 7 - не эффективны, т.к. не полностью используется развиваемый насосной станцией напор.

6. Таким образом, для данного участка можно рекомендовать насосные станции, состоящие либо из 4 наполнительных агрегатов АН 50I, либо из 2 агрегатов АН I000.

При этом обвязка агрегатов АН 50I получается более сложной, т.к. она должна обеспечивать возможность параллельного, последовательного /для двух агрегатов/ и попарно-последовательного их соединения.

Для агрегатов АН I000 достаточно, чтобы обвязка обеспечивала параллельную работу насосов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Рекомендуемое

**Наполнительные агрегаты и схемы их соединения для заполнения трубопровода водой в зависимости от перепада высот на участке**

| Диаметр трубопровода, мм | Максимальный перепад высот, м | Тип агрегата | Количество агрегатов, шт. | Схема соединения |
|---|---|---|---|---|
| 1420 | 180 | АН 501 | 4 | параллельно |
| | 200 | АСН 1000 | 2 | параллельно |
| | 400 | АСН 1000 | 4 | попарно-последовательно |
| 1220 | 190 | АН 501 | 4 | параллельно |
| | 220 | АСН 1000 | 2 | параллельно |
| | 440 | АСН 1000 | 4 | попарно-последовательно |
| 1020 | 150 | АН 501 | 2 | параллельно |
| | 200 | АСН 1000 | 1 | - |
| | 310 | АН 501 | 4 | попарно-последовательно |
| | 400 | АСН 1000 | 2 | последовательно |
| 720 | 160 | АН 501 | 1 | - |
| | 200 | АН 501 | 2 | параллельно |
| | 230 | АСН 1000 | 1 | - |
| | 310 | АН 501 | 2 | последовательно |
| | 410 | АН 501 | 4 | попарно-последовательно |
| | 450 | АСН 1000 | 2 | последовательно |

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Рекомендуемое

## Расчет параметров наполнения надземного теплоизолированного трубопровода

Пример. Определить параметры наполнения надземного теплоизолированного трубопровода при следующих исходных данных: $\tau$ = 40 ч.; $L$ = 8 км; Д = 0,58 м; $\delta$ = 0,009 м; $\delta_{из}$ = 0,04 м; $\lambda_{из}$ = 0,I Вт/м К $t_в$ = -25°С ; $q$ = I00 м³/ч.

Решение.

Для заданного размера трубы по таблице I определяем значение коэффициентов

$$A = 0{,}00652$$

$$B = I{,}38$$

$$C = I2{,}9$$

Рассчитываем значение термического сопротивления теплоизоляции

$$R = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} = \frac{0{,}04}{0{,}I} = 0{,}4$$

Определяем значение комплекса

$$\frac{A\tau}{R} = \frac{0{,}00652 \cdot 40}{0{,}4} = 0{,}652$$

Из точки 0,652 от абцисс номограммы, приведенной на рис. 8, проводим линию, параллельную оси ординат, до пересечения с прямой $t_в$ равной минус 25°С. Опустив из точки пересечения перпендикуляр на ось ординат, определяем величину превышения начальной температуры воды над температурой воздуха

$$t_н - t_в = 49°С$$

Находим начальную температуру воды в трубопроводе

$$t_н = 49 + t_в = 49 - 25 = 24^0C$$

Рассчитываем значение комплекса

$$\frac{B \cdot L}{q \cdot R} = \frac{I,38 \cdot 8}{I00 \times 0,4} = 0,276$$

Из точки $t_н - t_в = 49$ оси ординат проводим прямую параллельную прямым $t_в = const$ и определяем точку ее пересечения с перпендикуляром к оси абцисс в точке 0,276. Из найденной таким образом точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось ординат и определяем величину превышения температуры воды на входе в трубопровод над температурой воздуха

$$t_0 - t_в = 65^0C$$

Определяем температуру воды на входе в трубопровод

$$t_0 = 65 + t_в = 65 - 25 = 40^0C$$

Порядок пользования номограммой при решении данного примера отображен на рис. 3 штриховой линией.

Рассчитываем количество воды, необходимое для отогрева трубопровода

$$Q = C\left(I - \frac{t_в}{t_н}\right)L = 12,9\left(I - \frac{-25}{24}\right)8 = 2I0\ м^3$$

Таким образом, для проведения гидроиспытания данного участка трубопровода необходимо:

иметь температуру воды в конце трубопровода на начало испытания не ниже $24^0C$, что обеспечивает проведение испытания за 40 ч. без замерзания воды. для этого температура воды, подаваемой в трубопровод, должна быть не ниже $40^0C$ при подаче I00 $м^3/ч$;

прокачать через трубопровод 2I0 $м^3$ воды путем слива ее с противоположного конца испытываемого участка.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Рекомендуемое

**Расчет параметров наполнения подземного трубопровода без теплоизоляции в условиях отрицательных температур**

Пример I. Определить параметры наполнения трубопровода для проведения испытания трубопровода водой в течение 60 ч.

Исходные параметры:

$L$ = 20 км – протяженность участка;

Д = I420 мм – диаметр трубопровода;

грунт – суглинок водонасыщенный;

$T_{гр} = -6^{\circ}C$ – температура грунта;

$T_{в} = 4^{\circ}C$ – температура воды.

Подогрев воды перед подачей воды в трубопровод не предусмотрен.

Решение.

Задаемся суммарной производительностью наполнительных агрегатов I000 м³/ч. По графикам рис. 4 для диаметра трубопровода I420 мм определяем продолжительность прокачки эталонного трубопровода:

$$\tau^{*}_{пр} = 11 \text{ ч.}$$

Находим требуемое время прокачки воды через участок для гидроиспытания в течение 40 ч. /К = I/:

$$\tau_{пр} = 11\left(\frac{20}{4}\right)^{1,4} \cdot \left(\frac{-6}{-10}\right)^{1,5} \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^{-1,7} = 71 \text{ ч.}$$

Уточняем время прокачки применительно к продолжительности испытания $\tau_{и} = 60$ ч.

$$\tau_{пр} = 71 \cdot \frac{60}{40} = 107 \text{ ч.}$$

Пример 2. Определить параметры наполнения трубопровода для испытания трубопровода водой в течение $\tau_н$ = 40 ч.

Исходные параметры:

$L$ = 6 км;

Д = 0,3 м;

Грунт - песок водонасыщенный;

$T_{гр}$ = -15°С.

Температура трубопровода не должна превышать 40°С /$T_{доп}$/.

Решение.

Задаемся температурой воды на входе в трубопровод 40°С и производительностью наполнительных агрегатов 150 м³/ч.

По графикам рис. 5 для эталонного трубопровода диаметром 0,3 м определяем требуемую для его испытания продолжительность прокачки

$$\tau^{*}_{пр} = 8 \text{ ч.}$$

Уточняем время прокачки для испытываемого трубопровода /К = 2/:

$$\tau_{пр} = 8 \cdot 2\left(\frac{6}{4}\right)^{1,8}\left(\frac{-15}{-10}\right)^{1,8}\left(\frac{40}{50}\right)^{-1,8} = 13 \text{ ч.}$$

# СОДЕРЖАНИЕ

стр.

1. Общие положения . . . . . 3

2. Совместная работа наполнительных агрегатов и трубопровода . . . . . 4

3. Рациональный выбор наполнительных агрегатов и схем их соединения . . . . . 8

4. Параметры наполнения трубопровода при испытании теплоизолированных трубопроводов подогретой водой . . . 11

5. Параметры наполнения подземного трубопровода без теплоизоляции при испытании в условиях отрицательных температур . . . . . 16

Приложения 1-7 . . . . . 21

gost.e-ecolog.ru