МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по строительству магистральных трубопроводов

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ПРОДУКТОПРОВОДОВ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

Р 586-85



Москва 1986

gost.e-ecolog.ru

УДК 622.692.47.02

Настоящие Рекомендации устанавливают аналитические зависимости (уравнения), связывающие между собой изменение объема (утечку) воды в трубопроводе с изменением давления и температуры трубопровода, их параметрами, количеством воздуха, оставшегося в трубопроводе после заполнения его водой, а также графические зависимости и методику для определения времени температурной стабилизации при гидроиспытаниях магистральных продуктопроводов.

Рекомендации разработали сотрудники лаборатории строительства специальных трубопроводов Киевского филиала ВНИИСТа: кандидаты техн.наук В.И.Козицкий, Е.И.Могильный, А.А.Свердлов; инженеры А.И. Валеева, Н.В.Туб, А.М.Хижняк.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1986

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Рекомендации по методике расчета параметров гидравлических испытаний магистральных продуктопроводов на герметичность	Р 586-85 Впервые

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Рекомендации распространяются на технологию гидравлических испытаний линейной части магистральных трубопроводов, прокладываемых подземно.

I.2. Рекомендации разработаны в развитие глав СНиП Ш-42-80 "Магистральные трубопроводы. Правила производства и приемки работ".

I.3. В Рекомендациях изложены зависимости, описывающие основные закономерности изменения параметров при проведении гидравлических испытаний магистральных трубопроводов.

I.4. При расчете и измерении параметров необходимо руководствоваться "Правилами техники безопасности при строительстве магистральных трубопроводов". - М: Недра, 1982.

2. ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМА ВОДЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ТРУБОПРОВОДЕ

2.I. Изменение объема воды ΔV в испытываемом гидравлически заглубленном трубопроводе при изменении давления и температуры определяют из уравнения

$$\Delta V = V_{вн}\left[\frac{D}{E\cdot\delta}(1-\mu^2)(P_1-P_2)+C(P_1-P_2)-\right.$$

$$\left.-(\beta-2\alpha-2\alpha\mu)(T_1-T_2)+\varepsilon Z_{ср}\frac{P_0}{T_0}\left(\frac{T_2}{P_2}-\frac{T_1}{P_1}\right)\right], \qquad (I)$$

где $V_{вн}$ - внутренний объем испытываемого участка, м³;

D - внутренний диаметр трубопровода, м

Внесены КФ ВНИИСТа	Утверждены КФ ВНИИСТ 24 октября 1985 г.	Срок введения в действие 1 июля 1986 г.

E – модуль упругости материала трубы, МПа;

δ – толщина стенки трубы, м;

μ – коэффициент Пуассона;

P_1 и P_2 – давление напорной среды (воды), соответствующее началу и концу испытания, МПа;

C – коэффициент сжимаемости воды, 1/МПа;

β – коэффициент объемного расширения воды, 1/град;

α – коэффициент линейного расширения материала трубы, 1/град;

T_1 и T_2 – температура напорной среды (воды), соответствующая началу и концу испытания, К;

P_0 – атмосферное давление, МПа;

T_0 – температура, к которой приводится объем воды и воздуха, К (принимается равной 293 К);

ε – объемная доля воздуха в трубопроводе (при параметрах P_0 и T_0);

$Z_{ср}$ – среднее значение коэффициента сжимаемости воздуха в процессе испытаний.

2.2. Внутренний объем испытываемого участка трубопровода определяют из уравнения

$$V_{вн} = \frac{\pi D^2}{4} L, \qquad (2)$$

где L – длина испытываемого участка трубопровода, м.

Этот объем несколько отличается от действительного объема трубопровода, поскольку его рассчитывают с применением номинального внутреннего диаметра трубы и проектной длины трубопровода. Однако это не приводит к существенной ошибке, поскольку по предлагаемой методике рассчитывают изменение объема, а не его абсолютное значение.

2.3. Для интервала давлений и температур, имеющих место при испытаниях магистральных трубопроводов, коэффициент сжимаемости воды C определяют из уравнения

$$C = [47{,}62 - 0{,}217\ (T - 273)] \cdot 10^{-5}, \qquad (3)$$

а коэффициент объемного расширения воды β – из уравнения

$$\beta = \left[-47{,}268 + 17{,}0105\ (T - 273) - 0{,}20369\ (T - 273)^2 + 0{,}0012\ (T - 273)^3\right] \cdot 10^{-6}, \quad (4)$$

где T - среднее значение температуры воды во время испытания трубопровода, К.

2.4. Для герметичного трубопровода изменение объема воды ΔV, определяемое по уравнению (I), должно быть равно нулю. Если $\Delta V > 0$, то имеется утечка в трубопроводе и значение ΔV определяет величину утечки $V_{ут}$ в течение времени выдержки трубопровода под испытательным давлением.

Для стабилизированного по температуре трубопровода ($T_I = T_2$) при отсутствии воздушных пробок величину утечки при снижении давления в нем из-за наличия дефекта определяют из уравнения

$$V_{ут} = V_{вн}\left[\frac{D}{E\cdot\delta}(1-\mu^2)(P_1 - P_2) + C(P_1 - P_2)\right]. \quad (5)$$

2.5. При наличии воздушных пробок в трубопроводе величину утечки при снижении давления в нем из-за наличия дефекта определяют из уравнения

$$V_{ут} = V_{вн}\left[\frac{D}{E\cdot\delta}(1-\mu^2)(P_1 - P_2) + C(P_1 - P_2) + \varepsilon Z_{ср}\frac{TP_o}{T_o}\left(\frac{P_1 - P_2}{P_1 \cdot P_2}\right)\right]. \quad (6)$$

В уравнении (6) первое слагаемое обозначает долю утечки от деформации трубы при падении давления в ней от P_I до P_2, второе - долю утечки, обусловленную сжимаемостью воды, а третье - долю утечки, обусловленную расширением воздушной пробки от давления P_I до P_2.

При наличии воздушной пробки утечка воды из трубопровода сопровождается одновременным расширением воздуха при понижении его давления. В этом случае при одинаковом понижении давления напорной среды из трубопровода с воздушной пробкой вытечет большее количество воды, чем из трубопровода при отсутствии воздуха ($\varepsilon = 0$), т.е. при одинаковом диаметре свища наличие воздушной пробки в трубопроводе увеличивает время падения давления в нем по сравнению с трубопроводом без воздуха за счет утечки дополнительного объема воды, обусловленного расши-

рением воздуха в результате снижения давления (рекомендуемое приложение I, примеры I,2).

3. ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ ДИАМЕТР ДЕФЕКТА

3.I. В первом приближении дефект рассматривается как свищ с эквивалентным диаметром d_0. Эквивалентный диаметр дефекта определяют из уравнения

$$d_0 = \sqrt{\frac{Q}{0{,}785\,\xi\sqrt{2\,\frac{P_{ср}}{\rho}}}}, \qquad (7)$$

где Q - расход жидкости (воды) через отверстие, $м^3/с$;

ξ - коэффициент расхода;

$P_{ср} = \frac{P_I + P_2}{2}$ - среднее давление напорной среды (воды), при котором происходит истечение, Па;

ρ - плотность воды, $кг/м^3$.

3.2. Расход воды через отверстие определяют из уравнения

$$Q = \frac{V_{ут}}{\tau}, \qquad (8)$$

где $V_{ут}$ - величина утечки, соответствующая определенному падению давления в трубопроводе (определяется из уравнений (I), (5), (6)), $м^3$;

τ - время падения давления, с.

3.3. При истечении воды уравнение (7) принимает следующий вид:

$$d_0 = 6{,}78\sqrt{\frac{Q}{\sqrt{P_{ср}}}}. \qquad (9)$$

3.4. Время падения давления воды в трубопроводе от значения P_I до P_2 в результате утечки через дефект с эквивалентным диаметром d_0 определяют из уравнения

$$\tau = 45{,}86\,\frac{V_{ут}}{d_0^2\sqrt{P_{ср}}} \qquad (10)$$

(см. рекомендуемое приложение I, пример 3).

4. СОДЕРЖАНИЕ ВОЗДУХА В ТРУБОПРОВОДЕ

4.I. Для определения объема воздушных пробок в испытываемом участке трубопровода сливают воду из трубопровода в объеме $\Delta V_{вод}$ в мерный сосуд. При этом снижение давления воды $\Delta P = P_I - P_2$ должно быть в пределах 0,I - 0,2 МПа. Падение давления необходимо измерять с точностью 0,0I МПа, а объемы воды - с точностью до I л.

4.2. Долю воздуха, находящегося в трубопроводе, определяют из уравнения

$$\varepsilon = \frac{V_в}{V_{вн}} = \frac{\frac{\Delta V_{вод}}{V_{вн}} \frac{D}{E \cdot \delta}(1-\mu^2)(P_1 - P_2) - C(P_1 - P_2) + (\beta - 2\alpha - 2\alpha\mu)(T_1 - T_2)}{Z_{ср} \cdot \frac{P_a}{T_a}\left(\frac{T_2}{P_2} - \frac{T_1}{P_1}\right)}. \quad (II)$$

4.3. Для стабилизированного по температуре трубопровода ($T_I = T_2 = T$) долю воздуха, находящегося в трубопроводе, определяют из уравнения

$$\varepsilon = \frac{V_в}{V_{вн}} = \frac{\frac{\Delta V_{вод}}{V_{вн}} - \frac{D}{E \cdot \delta}(1-\mu^2)(P_1 - P_2) - C(P_1 - P_2)}{Z_{ср} \frac{T \cdot P_a}{T_a}\left(\frac{P_1 - P_2}{P_1 \cdot P_2}\right)} \quad (I2)$$

(см.рекомендуемое приложение I, пример 4).

5. ИЗМЕНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

5.I. Изменение температуры трубопровода, заполненного водой, приводит как к изменению объема самого трубопровода, так и к изменению объема воды за счет теплового расширения (или сжатия) воды. Поэтому в замкнутом трубопроводе, заполненном водой под избыточным давлением, изменение температуры трубопровода приводит к изменению давления внутри трубы. Изменение давления напорной среды (воды) ΔP в испытываемом участке трубопровода, обусловленное влиянием изменения температуры, определяют из уравнения

$$\Delta P = \frac{[\beta - 2(1+\mu)\alpha](T_2 - T_1)}{\frac{D}{E \cdot \delta}(1-\mu^2) + C}. \quad (I3)$$

Анализ уравнения (I3) показывает, что при определенной температуре нагрев воды может привести как к повышению, так и к понижению давления в испытываемом участке трубопровода.

5.2. При температурах трубопровода $T_{тр} > 278$ К повышение температуры вызывает рост давления испытательной среды (воды). При температуре $T_{тр} < 278$ К повышение температуры трубопровода вызывает, наоборот, падение давления, что объясняется характером изменения коэффициента объемного расширения воды β. При понижении температуры трубопровода вышеуказанные изменения давления будут происходить с обратным знаком (см.рекомендуемое приложение I, пример 5).

6. ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ТРУБОПРОВОДА

6.I. Трубопровод следует считать стабилизированным по температуре, если суточное изменение давления воды в нем в процессе выдержки под испытательным давлением, обусловленное теплообменом трубопровода с грунтом, не превышает допустимой основной погрешности манометра, применяемого для измерения испытательного давления.

6.2. Продолжительность $\tau_{ст}$ температурной стабилизации трубопровода, отсчитываемую с момента заполнения его водой, определяют из уравнения

$$\tau_{ст} = \tau_0 K_\lambda K_d , \qquad (I4)$$

где τ_0 – продолжительность температурной стабилизации испытываемого участка трубопровода диаметром 273 мм (сут) при значении коэффициента теплопроводности грунта, равном 0,93 Вт/м·град (0,80 ккал/м·ч·град), и заданном суточном изменении давления, кПа;

K_λ – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние теплопроводности грунта на испытываемом участке трассы на продолжительность температурной стабилизации;

K_d – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние диаметра трубопровода на продолжительность его температурной стабилизации.

6.3. Продолжительность температурной стабилизации τ_0 участка трубопровода диаметром 273 мм следует определять из рис.I-4 по температуре грунта на глубине заложения трубопровода и температуре воды, закачиваемой в трубопровод при его заполнении.

6.4. Коэффициент K_λ для испытываемого участка трубопровода определяют по теплопроводности грунта на глубине заложения трубопровода (рис.5).

6.5. Если испытываемый участок трубопровода проложен в грунтах с различающимися значениями коэффициентов теплопроводности, то коэффициент K_λ определяют по минимальному из них

6.6. При отсутствии данных по теплопроводности грунта для испытываемых участков трассы коэффициент K_λ определяют по минимальному значению коэффициента теплопроводности для талого грунта с учетом его влажности в момент испытаний согласно СНиП П-I8-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования".

6.7. Коэффициент K_d для испытываемого участка трубопровода определяют по отношению данного диаметра d к диаметру d_0 = 273 мм (рис.6).

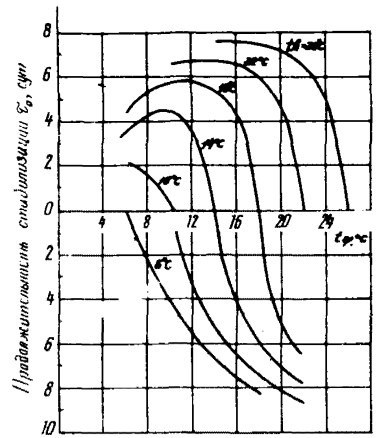


Рис.I. Зависимость продолжительности температурной стабилизации трубопровода диаметром 273 мм от температур грунта $t_{гр}$ и закачиваемой воды $t_в$ при коэффициенте теплопроводности грунта λ = 0,93 Вт/м·град (0,80 ккал/м·ч·град) и суточном изменении давления воды Δp = = I0 кПа (0,I кгс/см^2)

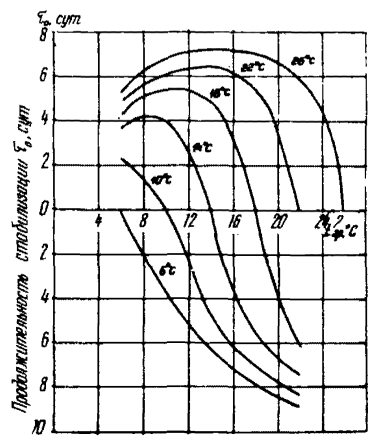


Рис.2. Зависимость продолжительности температурной стабилизации трубопровода диаметром 273 мм от температур грунта $t_{гр}$ и закачиваемой воды $t_в$ при коэффициенте теплопроводности грунта λ = 0,93 Вт/м·град (0,80 ккал/м·ч·град) и суточном изменении давления воды Δp = 20 кПа (0,2кгс/см^2)

Рис.3. Зависимость продолжительности температурной стабилизации трубопровода диаметром 273 мм от температур грунта $t_{гр}$ и закачиваемой воды $t_в$ при коэффициенте теплопроводности грунта λ = 0,93 Вт/м·град (0,80 ккал/м·ч·град) и суточном изменении давления воды Δp = 50 кПа (0,5 кгс/см^2)

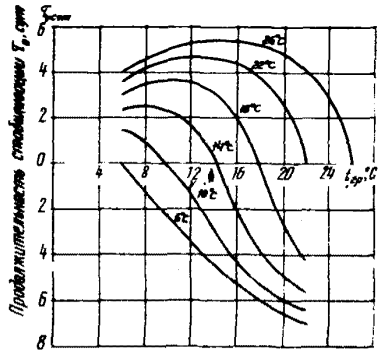
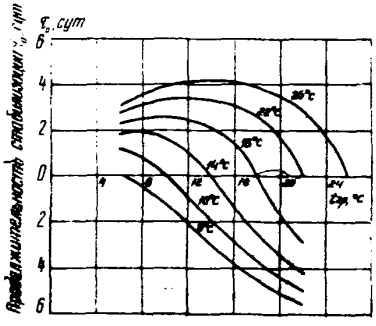


Рис.4. Зависимость продолжительности температурной стабилизации трубопровода диаметром 273 мм от температур грунта $t_{гр}$ и закачиваемой воды $t_в$ при коэффициенте теплопроводности грунта λ = 0,93 Вт/м·град (0,80 ккал/м·ч·град) и суточном изменении давления воды Δp = 100 кПа (1 кгс/см^2)



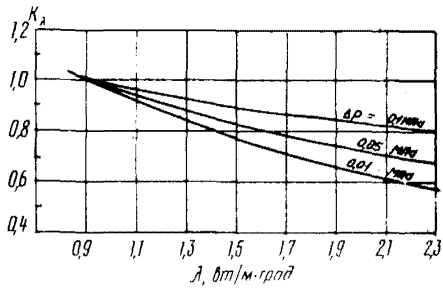


Рис.5. Зависимость коэффициента K_λ от коэффициента теплопроводности грунта (Δ_p - суточное изменение давления)

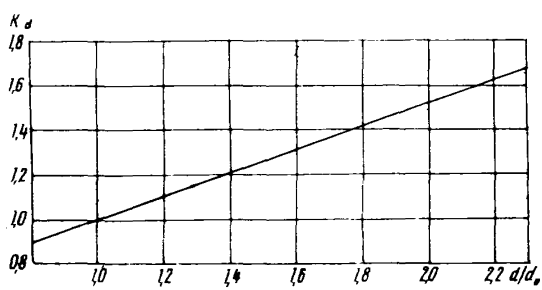


Рис.6. Зависимость коэффициента K_α от отношения диаметров d/d_o

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение I

Рекомендуемое

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Пример I. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ УТЕЧКИ ВОДЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ИСПЫТЫВАЕМОМ УЧАСТКЕ ТРУБОПРОВОДА

Исходные данные:

D = 0,406 м – внутренний диаметр трубопровода;

L = 50 · 10^3 м – длина испытываемого участка;

δ = I · 10^{-2} м – толщина стенки трубопровода;

P_I = 7,0 МПа – давление воды в момент начала испытания;

P_2 = 6,7 МПа – давление воды в момент окончания испытания;

T_I = 285 К – среднее значение температуры воды на участке в момент начала испытания;

T_2 = 287 К – то же в момент окончания испытания;

$T = \frac{285 + 287}{2}$ – среднее значение температуры воды, К;

ε = 0,03 – доля воздуха, содержащегося в трубопроводе, приведенного к состоянию при P_0 = 0,I МПа и T_0 = 293 К;

E = 0,2II · 10^6 МПа – модуль упругости материала трубы;

μ = 0,3 – коэффициент Пуассона;

α = I,II · 10^{-5} I/град – коэффициент линейного расширения материала трубы;

$z_{ср}$ = I – коэффициент сжимаемости воздуха.

Определяем из уравнения (2) внутренний объем испытываемого участка трубопровода

$$V_{вн} = \frac{3,I4 \cdot 0,406}{4} \cdot 50 \cdot I0^3 = 6469,8 \text{ м}^3.$$

Определяем из уравнения (3) коэффициент сжимаемости воды

$$C = \left[47,62 - 0,2I7\ (286 - 273)\right] \cdot I0^{-5} = 44,8 \cdot I0^{-5} \text{ МПа}^{-I}.$$

Определяем из уравнения (4) коэффициент объемного расширения воды

$$\beta = [(- 47,268 + 17,0105 (286 - 273) - 0,20369 (286-273)^2 + 0,0012 (286 - 273)^3] \cdot 10^{-6} = 14,21 \cdot 10^{-5} \text{ 1/град.}$$

1.4. Определяем из уравнения (1) величину утечки

$$\Delta V = 6469,8 \left[\frac{0,406}{0,211 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2}} \cdot (1-0,3^2) \cdot (7,0-6,7) + 44,8 \cdot 10^{-5} (7,0 - 6,7) - (14,21 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 1,11 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot 0,3) \cdot (285 - 287) + 0,03 \frac{0,1}{293} \left(\frac{287}{6,7} - \frac{285}{7,0} \right) \right] =$$

$$= 6469,8 (5,2530 + 13,4400 + 22,640 + 2,1729) \cdot 10^{-5} =$$

$$= 6469,8 \cdot 43,5059 \cdot 10^{-5} = 2,8147 \text{ м}^3.$$

Как видно из приведенного примера, при заданных исходных данных относительное влияние каждого из факторов на величину утечки составляет:

деформация трубы при понижении давления	– 12,1%;
расширение воды при понижении давления	– 30,9%;
расширение воды и трубы при повышении температуры	– 52,0%
расширение воздушной пробки при понижении давления и повышении температуры	– 5,0%
И Т О Г О ...	100%

П р и м е р 2. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ УТЕЧКИ ВОДЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ДАВЛЕНИЯ В ИСПЫТЫВАЕМОМ УЧАСТКЕ ТРУБОПРОВОДА (температура воды остается неизменной)

Исходные данные:

L = 50 км – протяженность испытываемого участка;

D = 0,406 м – внутренний диаметр трубопровода;

δ = $1 \cdot 10^{-2}$ м – толщина стенки трубопровода;

P_1 = 7,0 МПа – давление воды в момент начала испытания;

P_2 – 6,7 МПа – давление воды в момент окончания испытания;

T = 286 К – среднее значение температуры воды по длине испытываемого участка;

ε = 0,03 – доля воздуха (по объему), содержащегося в трубопроводе при P_0 = 0,1 МПа и T_0 = 293 К;

E = 0,211·10^6 МПа – модуль упругости материала трубы;

μ = 0,3 – коэффициент Пуассона;

α = 1,11·10^{-5} 1/град – коэффициент линейного расширения материала трубы;

$Z_{ср}$ = 1 – коэффициент сжимаемости воздуха;

C = 44,8 · 10^{-5} МПа – коэффициент сжимаемости воды.

Определяем из уравнения (2) внутренний объем испытываемого участка трубопровода

$$V_{вн} = \frac{3,14 \cdot 0,406}{4} \cdot 50 \cdot 10^3 = 6469,8 \text{ м}^3.$$

Определяем из уравнения (6) величину утечки при заданном падении давления

$$V_{ут} = 6469,8 \left[\frac{0,406}{0,211 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-2}} \cdot (1-0,3^2).(7-6,7) + \right.$$

$$\left. + 44,8 \cdot 10^{-5} (7,0 - 6,7) + 0,03 \cdot \frac{286,0,1}{293} \cdot \left(\frac{7 - 6,7}{7 \cdot 6,7} \right) \right] =$$

$$= 6469,8 \ (5,2530 + 13,440+1,873)\cdot 10^{-5} = 6469,8\cdot 20,566\cdot 10^{-5} =$$

$$= 1,331 \text{ м}^3.$$

При заданных исходных данных влияние каждого из факторов на величину утечки составляет:

деформация трубы при понижении давления	– 25,5%
расширение воды при понижении давления	– 65,4%
расширение воздушной пробки при понижении давления	– 9,1%
И Т О Г О ...	100%

Пример 3. РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА ДЕФЕКТА

Исходные данные:

$V_{ут}$ = 2,8147 м^3 – величина утечки;

τ = 3600·24 с – время выдержки под испытательным давлением;

P_I = 7,0 МПа – давление воды в момент начала испытания;

P_2 = 6,7 МПа – давление воды в момент окончания испытания;

Определяем из уравнения (8) расход воды

$$Q = \frac{2,8147}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 24} = 3,26 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определяем среднее значение давления

$$P_{ср} = \frac{7,0 + 6,7}{2} = 6,85 \text{ МПа}.$$

Определяем из уравнения (9) величину эквивалентного диаметра

$$d_0 = 6,78 \sqrt{\frac{3,26 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{6,85 \cdot 10^6}}} = 7,57 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,76 \text{ мм}.$$

Пример 4. РАСЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ ВОЗДУХА В ТРУБОПРОВОДЕ

Исходные данные:

D = 0,406 м – внутренний диаметр трубопровода;

L = 50 · 10^3 м – длина испытываемого участка трубопровода;

$\Delta V_{вл}$ = 1,0 $м^3$ – объем слитой из трубопровода воды;

δ = 1 · 10^{-2} м – толщина стенки трубопровода;

P_I = 7,0 МПа – начальное значение давления воды;

P_2 = 6,8 МПа – конечное значение давления воды (в момент прекращения слива);

$T = T_I = T_2$ = 286 К – температура стабилизированного по температуре трубопровода;

E = 0,211 · 10^6 МПа – модуль упругости материала трубы.

Определяем из уравнения (2) внутренний объем испытываемого участка трубопровода

$$V_{вн} = \frac{3,14 \cdot 0,406^2}{4} \cdot 50 \cdot 10^3 = 6469,8 \text{ м}^3.$$

Определяем из уравнения (3) коэффициент сжимаемости воды

$$C = \left[47,62 - 0,217\ (286-273)\right] \cdot 10^{-5} = 44,8 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}^{-1}.$$

Определяем из уравнения (I2) долю воздуха

$$\varepsilon = \frac{\frac{1,0}{64\ 69,8} - \frac{0,406}{0,2II \cdot I0^{6} \cdot I0^{-2}}(I-0,3^{2})(7,0-6,8) - 44,8 \cdot I0^{-5} \cdot}{\frac{286 \cdot 0,I}{293}\left(\frac{7,0-6,8}{7,0 \cdot 6,8}\right)}$$

$$\cdot \frac{(7,0 - 6,8)}{} = 0,072.$$

Пример 5. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРУБОПРОВОДА

Исходные данные:

T_I = 285 К - среднее значение температуры воды на участке в момент начала испытания;

T_2 = 287 К - среднее значение температуры воды на участке в момент окончания испытаний;

D = 0,406 м - внутренний диаметр трубопровода;

δ = $I \cdot I0^{-2}$ м - толщина стенки трубопровода;

E = $0,2II \cdot I0^{6}$ МПа - модуль упругости материала трубы;

μ = 0,3 - коэффициент Пуассона;

α = $I,II \cdot I0^{-5}$ I/град - коэффициент линейного расширения материала трубы;

β = $I4,2I \cdot I0^{-5}$ I/град - коэффициент объемного расширения воды;

C = $44,8 \cdot I0^{-5}$ I/град - коэффициент сжимаемости воды.

Определяем из уравнения (I3) изменение давления

$$\Delta P = \frac{\left[I4,2I \cdot I0^{-5} - 2(I+0,3) \cdot I,II \cdot I0^{-5}\right](287 - 285)}{\frac{0,406}{0,2II \cdot I0^{6} \cdot I0^{-2}}(I - 0,3^{2}) + 44,8 \cdot I0^{-5}} =$$

$$= \frac{\left[I4,2I \cdot I0^{-5} - 2,886 \cdot I0^{-5}\right] \cdot 2}{I7,5I \cdot I0^{-5} + 44,8 \cdot I0^{-5}} = 0,363 \text{ МПа}.$$

Пример 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ИСПЫТЫВАЕМОГО УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА

Исходные данные:

D = 0,325 м – диаметр трубопровода;

L = 40 · 10^3 м – длина испытываемого участка;

ΔP = 0,5 кгс/см^2 – допустимое суточное изменение давления;

$t_в$ = 12°С – температура напорной среды (воды);

$t_{гр}$ = 6°С – температура грунта на глубине залегания;

λ = 1,8 ккал/м·ч·°С = 2,2 Вт/м·град – теплопроводность грунта.

Определяем по рис.3 продолжительность температурной стабилизации τ_0 для d = 0,273 м при значении λ = 0,93 Вт/м.град для заданных $t_в$ = 12°С, $t_{гр}$ = 6°С

$$\tau_0 = 2 \text{ сут.}$$

Определяем по рис.5 величину K_λ для λ = 2,2 Вт/м·град

$$K_\lambda = 0,7.$$

Определяем по рис.6 величину K_d для d = 0,325 м при d/d_0 = 1,2

$$K_d = 1,1.$$

Определяем из уравнения (14) время температурной стабилизации

$$\tau_{ст} = 2 \cdot 0,7 \cdot 1,1 = 1,5 \text{ сут.}$$

Пример 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ИСПЫТЫВАЕМОГО УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА

Исходные данные:

D = 0,219 м – диаметр трубопровода;

L = 50·10^3 м – длина испытываемого участка;

$t_в$ = 8°С – температура напорной среды (воды);

$t_{гр}$ = 6°С – температура грунта на глубине залегания;

ΔP = 0,2 кгс/см^2 – допустимое суточное изменение давления;

$\gamma_{скл}$ = 1800 кгс/м^3 – объемный вес скелета грунта – супеси талой;

W_c = 0,1 (доли единицы) – суммарная влажность грунта.

Определяем согласно п.6.6 с использованием рекомендуемого приложения 2 коэффициент теплопроводности грунта λ

$$\lambda = 1{,}5 \text{ Вт/м·град.}$$

Затем по рис.2 устанавливаем продолжительность температурной стабилизации t_0 для d = 0,273 м при λ = 0,93 Вт/м·град для заданных $t_в = 8^0$С, $t_{гр} = 6^0$С

$$\tau_0 = 1 \text{ сут.}$$

Определяем по рис.5 для λ = 1,5 Вт/м·град

$$K_\lambda = 0{,}8.$$

Определяем по рис.6 для d = 0,219 м при d/d_0 = 0,8

$$K = 0{,}9.$$

Определяем по уравнению (14) время температурной стабилизации

$$\tau_{ст} = 1 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 = 0{,}7 \text{ сут.}$$

Приложение 2
Рекомендуемое

ЗНАЧЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТАЛЫХ И МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск.т}$, $\gamma_{ск.м}$, тс/м³	Суммарная влажность грунта $W_{с}$, доли единицы	Коэффициент теплопроводности грунта, Вт/м·град							
		Песок		Супесь		Суглинок и глина		Торф	
		$\lambda_т$	$\lambda_н$	$\lambda_т$	$\lambda_н$	$\lambda_т$	$\lambda_м$	$\lambda_т$	$\lambda_м$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
0,I	9	–	–	–	–	–	–	0,8I	I,34
0,I	6	–	–	–	–	–	–	0,4I	0,70
0,I	4	–	–	–	–	–	–	0,23	0,4I
0,I	2	–	–	–	–	–	–	0,I2	0,23
0,2	4	–	–	–	–	–	–	0,8I	I,34
0,2	2	–	–	–	–	–	–	0,23	0,52
0,3	3	–	–	–	–	–	–	0,93	I,40
0,3	2	–	–	–	–	–	–	0,4I	0,70
0,4	2	–	–	–	2,09	–	2,09	0,93	I,40
0,7	I	–	–	–	2,09	–	2,03	–	–
I,0	0,6	–	–	–	2,03	–	I,92	–	–
I,2	0,4	–	–	–	I,92	I,57	I,80	–	–
I,4	0,35	–	–	I,80	I,86	I,57	I,69	–	–
I,4	0,3	–	–	I,74	I,80	I,45	I,57	–	–
I,4	0,25	I,92	2,I5	I,57	I,69	I,34	I,5I	–	–

Окончание приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,4	0,2	1,57	1,86	1,34	1,51	1,10	1,22	–	–
1,4	0,15	1,40	1,63	1,10	1,28	0,87	0,99	–	–
1,4	0,1	1,10	1,28	0,93	1,05	0,70	0,76	–	–
1,4	0,05	0,76	0,81	0,64	0,70	0,47	0,52	–	–
1,6	0,3	–	–	1,86	1,98	1,69	1,80	–	–
1,6	0,25	2,50	2,73	1,80	1,92	1,51	1,69	–	–
1,6	0,2	2,15	2,38	1,63	1,74	1,34	1,51	–	–
1,6	0,15	1,80	2,03	1,45	1,57	1,10	1,22	–	–
1,6	0,1	1,45	1,63	1,16	1,28	0,87	0,93	–	–
1,6	0,05	1,05	1,10	0,81	0,87	0,58	0,64	–	–
1,8	0,2	2,67	2,85	1,86	1,98	1,57	1,80	–	–
1,8	0,15	2,27	2,62	1,69	1,80	1,40	1,57	–	–
1,8	0,1	1,98	2,21	1,45	1,57	1,05	1,22	–	–
1,8	0,05	1,45	1,51	0,99	0,99	0,70	0,76	–	–
2,0	0,1	2,73	2,91	1,74	1,86	1,28	1,40	–	–
2,0	0,05	2,09	2,15	–	–	–	–	–	–

Принятые обозначения: $\lambda_т$, $\lambda_м$ – коэффициент теплопроводности соответственно талого и мерзлого грунта; $\gamma_{ск.т}$, $\gamma_{ск.м}$ – объемный вес скелета грунта соответственно в талом и мерзлом состоянии.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Изменение объема воды при изменении давления и температуры в трубопроводе 3
3. Эквивалентный диаметр дефекта 6
4. Содержание воздуха в трубопроводе 7
5. Изменение давления воды в зависимости от температуры 7
6. Температурная стабилизация трубопровода 8
Приложения 13

Рекомендации
по методике расчета параметров
гидравлических испытаний магистральных
продуктопроводов на герметичность

Р 586-85

Издание ВНИИСТа

Редактор И.Р.Беляева
Корректор С.П.Михайлова
Технический редактор Т.Л.Датнова

Подписано в печать 28/IУ 1986 г. Формат 60х84/16
Печ.л. 1,5 Уч.-изд.л. 1,3 Бум.л. 0,75
Тираж 1000 экз. Цена 13 коп. Заказ 52

ВНИИСТа

gost.e-ecolog.ru