

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**Інженерне обладнання будинків і споруд.
Зовнішні мережі та споруди**

ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ ТА МЕРЕЖІ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОПЕРЕДНЬО ТЕПЛОІЗОЛЬОВАНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

**НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ,
МОНТАЖУ, ПРИЙМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007

**Київ
Мінрегіонбуд України
2008**

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство "ЦентрСЕПРОтепломережа"

РОЗРОБНИКИ: Б.Морозов, В.Семенець, О.Семенець (керівник розробки), Н.Скринніков

ЗА УЧАСТІ: Корпорація "Енергоресурс-Інвест", ВАТ "Завод сантехнічних заготовок"

ВНЕСЕНО: Управління технічного регулювання в будівництві Мінрегіонбуду України

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 21 січня 2008 р. № 19, чинний з 2008-07-01

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

ЗМІСТ

Вступ	IV
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	2
3 Терміни та визначення понять, позначки та скорочення	3
4 Загальні положення	5
5 Проектування	7
6 Монтаж трубопроводів	15
7 Приймання трубопроводів в експлуатацію	19
8 Технічна експлуатація трубопроводів	20
9 Вимоги безпеки й охорона навколишнього середовища	20
Додаток А	
Методи ізоляції стиків теплоізованих труб і фасонних виробів	21
Додаток Б	
Рекомендації з проектування теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з використанням трубопроводів ПТПУ	25
Додаток В	
Нерухомі опори	59
Додаток Г	
Теплові розрахунки трубопроводів ПТПУ	64
Додаток Д	
Розрахунок трубопроводів із полімерних матеріалів	69
Додаток Е	
Приклади типових рішень при проектуванні теплових мереж з використанням трубопроводів СТ/ПЕ	84
Додаток Ж	
Зварювання та з'єднання труб із полімерних матеріалів	91
Додаток И	
Найменша відстань у світлі за горизонталлю та за вертикаллю до споруд, інженерних мереж та зелених насаджень	96
Додаток К	
Бібліографія	98

ВСТУП

Мета розробки – установлення правил проектування, монтажу, приймання й експлуатації зовнішніх теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з використанням труб, фасонних виробів, арматури та з'єднувальних елементів зі сталі, поліпропілену і структурованого поліетилену з тепловою ізоляцією з пінополіуретану і захисною оболонкою з поліетилену або металу, стійкого до дії атмосферної корозії.

Стандарт розроблений з метою упорядкування проектування, монтажу, приймання й експлуатації теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з використанням попередньо теплоізованих трубопроводів.

При розробленні розділів "Проектування", "Монтаж" і "Експлуатація трубопроводів" та додатків до цього стандарту були використані матеріали документів:

EN 253 ru – 2003 E Preinsulated bonded pipe systems for underground hot water networks – Pipe assembly of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene (Попередньо ізовані системи збірних труб для підземних мереж гарячої води – Труби, що складаються зі сталевих основних труб, поліуретанової термоізоляції і зовнішньої оболонки з поліетилену високої густини);

EN 488 ru – 1994 E Preinsulated bonded pipe systems for underground hot water networks – Fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene (Попередньо ізовані системи збірних труб для підземних мереж гарячої води – Збірна арматура зі сталевих основних труб, поліуретанової термоізоляції і зовнішньої оболонки з поліетилену високої густини);

EN 489 ru – 1994 E Preinsulated bonded pipe systems for underground hot water networks – Joint assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene (Попередньо ізовані системи збірних труб для підземних мереж гарячої води – З'єднувальні шви для сталевих основних труб, поліуретанова термоізоляція і зовнішня оболонка з поліетилену високої густини);

CEN / TC107 / WG10 N 125 D District heating – Preinsulated flexible pipe systems: requirements and test (Централізоване теплопостачання – Попередньо ізовані системи гнучких труб вимоги і випробування);

Довідковий посібник фірми АВВ "Принципи проектування попередньо ізованих трубопроводів", 1994, FM № 26286;

РТМ НТЦ 1-2002 Науково технічного центру "Пластик", Москва, 2002;

РТМ НТЦ 3-2003 Науково технічного центру "Пластик", Москва, 2003;

Рекомендації з проектування українських виробників попередньо теплоізованих трубопроводів ОАО "Енергоресурс Інвест", ОАО "Завод сантехнічних заготовок":

РД 34 15.027-89 Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций

РД 10-249-98 Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды;

РД 10-400-01 Нормы расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей;

СП 40-101-96 Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена "Рандом сополимер";

СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов;

СП 41-105-2002 Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с промышленной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке;

СП 41-107-2004 Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб РЕ-Х с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Инженерное оборудование зданий и споруд.

Зовнішні мережі та споруди

**Теплові мережі та мережі гарячого водопостачання
з використанням попередньо теплоізованих трубопроводів.
Настанова з проектування, монтажу, приймання та експлуатації**

Инженерное оборудование зданий и сооружений.

Наружные сети и сооружения

**Тепловые сети и сети горячего водоснабжения
с использованием предварительно теплоизолированных трубопроводов.
Руководство по проектированию, монтажу, приемке и эксплуатации**

Engineering equipment of buildings and constructions.

External networks and constructions

**Thermal networks and networks of hot water supply
with use preliminary heat-insulated pipelines.
Guide of designing, installation, acceptance and operation**

Чинний від 2008-07-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт поширюється на проектування, монтаж, приймання в експлуатацію й експлуатацію зовнішніх теплових мереж і мереж гарячого водопостачання з використанням попередньо теплоізованих спіненим поліуретаном елементів трубопроводів згідно з ДСТУ Б В.2.5-31.

Стандарт використовується при проектуванні, монтажі й експлуатації зовнішніх теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з наступними характеристиками:

– мережі опалення підземні та надземні, які транспортують воду і водяну пару з максимальним робочим тиском не більше 1,6 МПа, з температурою не більше 140°C при постійному режимі експлуатації і температурою не більше 150°C при пікових підвищеннях температури протягом не більше 240 год на рік із застосуванням трубопроводів ПТПУ видів СТ/ПЕ та СТ/НМ з провідною трубою зі сталі і оболонкою з поліетилену або з металу, стійкого до дії атмосферної корозії;

– мережі підземні водяного опалення розподільні та гарячого водопостачання, які транспортують воду з максимальним робочим тиском не більше 1,0 МПа, температурою не більше 80°C при постійному режимі експлуатації і з температурою не більше 100°C при пікових підвищеннях температури протягом не більше 100 год на рік із застосуванням трубопроводів ПТПУ виду РЕ-Х/ПЕ з провідною трубою зі структурованого поліетилену РЕ-Х і оболонкою з поліетилену,

– мережі гарячого водопостачання підземні та надземні, які транспортують воду з максимальним робочим тиском не більше 1,0 МПа, температурою не більше 70°C при постійному режимі експлуатації і з температурою не більше 95°C при пікових підвищеннях температури протягом не більше 100 год на рік із застосуванням трубопроводів ПТПУ видів ПП/ПЕ та ПП/НМ із провідною трубою з поліпропілену ПП-80 тип 3 і оболонкою з поліетилену або металу, стійкого до дії атмосферної корозії.

Прийняття цього стандарту – добровільне. Стандарт призначений забезпечити відкритість і прозорість разом з оптимальним порядком, погодженістю та ефективністю проектування, монтажу, приймання в експлуатацію й експлуатації зовнішніх теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з використанням трубопроводів (елементів трубопроводів) ПТПУ.

Положення цього стандарту, які у випадку посилань на нього у технічних регламентах та державних будівельних нормах набувають обов'язкового характеру, представлені у формі вимог, для чого використане допоміжне модальне дієслово "повинен".

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

В цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація

ДСТУ Б В.2.5-17-2001 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі і споруди. Труби зі структурованого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.5-18-2001 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі і споруди. Деталі з'єднувальні з поліпропілену для зварювання нагрітим інструментом врозтруб при будівництві мереж холодного та гарячого водопостачання. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.5-31 2007 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі і споруди. Трубопроводи попередньо теплоізольовані спіненим поліуретаном для мереж гарячого водопостачання та теплових мереж. Труби, фасонні вироби та арматура. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-3-93 Будівельні матеріали. Камінь гіпсовий штучний із фосфогіпсу. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-93-2000 Будівельні матеріали. Труби для мереж холодного та гарячого водопостачання з поліпропілену. Технічні умови

ГОСТ 2.102-68 ЕСКД Виды и комплектность конструкторских документов. (Види та комплектність конструкторських документів)

ГОСТ 8943-75 Соединительные части из ковкого чугуна с цилиндрической резьбой для трубопроводов. Технические условия (З'єднувальні частини з ковкого чавуну з циліндричною нарізкою для трубопроводів. Технічні умови)

ГОСТ 12767-94 Плиты перекрытий железобетонные сплошные для крупнопанельных зданий. Общие технические условия (Плити перекриттів залізобетонні суцільні для великопанельних будинків)

ГОСТ 13580-85 Плиты железобетонные ленточных фундаментов. Технические условия (Плити залізобетонні стрічкових фундаментів. Технічні умови)

ДБН В.2.3-4-2000 Споруди транспорту. Автомобільні дороги

ДБН В.2.5-22-2002 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Кодекс усталеної практики. Звід правил. Зовнішні мережі гарячого водопостачання та водяного опалення з використанням труб зі структурованого поліетилену з тепловою ізоляцією зі спіненого поліетилену і захисною гофрованою поліетиленовою оболонкою.

СНиП III-42-80* Магистральные трубопроводы. (Магістральні трубопроводи)

СНиП 2.01.01-92 Строительная климатология и геофизика. (Будівельна кліматологія та геофізика)

СНиП 2.04.01-85 Внутренний водопровод и канализация зданий. (Внутрішній водопровід та каналізація будівель)

СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди)

СНиП 2.04.07-86 Тепловые сети (Теплові мережі)

СНиП 2.04.14-88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов (Теплова ізоляція устаткування і трубопроводів)

СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий (Споруди промислових підприємств)

СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты (Земляні споруди, основи та фундаменти)

СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве (Геодезичні роботи у будівництві)

СНиП 3.05.03-85 Тепловые сети (Теплові мережі)

НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні

НПАОП 0.00-1.11-98 Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води

НПАОП 0.00-1.16-96 Правила атестації зварників

НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів

ОСТ 108.031.08-85 – ОСТ 108.031.10-85 Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность (Котлы стаціонарні і трубопроводи пари і гарячої води. Норми розрахунку на міцність)

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ, ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цьому стандарті використано терміни, установлені згідно з ДСТУ Б В.2.5-31. Нижче подано терміни, додатково вжиті у цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

3.1 З'єднання трубопроводів видів СТ/ПЕ, СТ/НМ (далі – з'єднання СТ)

Складальний вузол, отриманий у результаті послідовного виконання наступних технологічних операцій при будівництві теплових мереж згідно з цим стандартом:

- з'єднання зварюванням у стик вільних від ізоляції й оболонки кінців провідних труб;
- з'єднання провідників системи сигналізації ушкоджень провідних труб і оболонок;
- з'єднання оболонок над стиком провідних труб з використанням муфт з'єднувальних згідно з додатком А;
- перевірка герметичності з'єднання оболонок;
- об'єднання в одне ціле провідних труб і муфт з'єднувальних шляхом інжекції ізоляції в простір між стиком провідних труб і муфт з'єднувальних.

3.2 З'єднання трубопроводів видів ПП/ПЕ, ПП/НМ (далі – з'єднання ПП)

Складальний вузол, отриманий у результаті послідовного виконання наступних технологічних операцій при будівництві мереж гарячого водопостачання згідно з цим стандартом:

- з'єднання зварюванням у стик вільних від ізоляції й оболонки кінців провідних труб;
- з'єднання оболонок над стиком провідних труб з використанням муфт з'єднувальних згідно з додатком А;
- перевірка герметичності з'єднання оболонок;
- об'єднання в одне ціле провідних труб і муфт з'єднувальних шляхом інжекції ізоляції в простір між стиком провідних труб і муфт з'єднувальних.

3.3 З'єднання трубопроводів виду РЕ-Х/ПЕ (далі – з'єднання РЕ-Х)

Складальний вузол, отриманий у результаті послідовного виконання наступних технологічних операцій при будівництві розподільних мереж водяного опалення та гарячого водопостачання згідно з цим стандартом:

- гідроізоляція торців ізоляції з використанням термоусадкових заглушок згідно з ДБН В.2.5-22;
- з'єднання провідних труб з РЕ-Х з використанням перехідників "поліетилен – метал" згідно з ДБН В.2.5-22;
- з'єднання оболонок з використанням муфт ізоляційних і трійників ізоляційних згідно з ДБН В.2.5-22.

Нижче подано позначки та скорочення, додатково вжиті у цьому стандарті, та пояснення до них:

A_{BH}	– площа дії внутрішнього тиску;
A_j	– площа перерізу стінки труби в розрахунковому перерізі;
A_K	– ефективна площа сильфону компенсатора;
A_n	– зміцнювальна площа накладки;
B	– розрахункова ширина траншеї на рівні верху ізоляції;
G_q	– коефіцієнт осьової жорсткості сильфонового компенсатора;
G_v	– коефіцієнт вертикального тиску ґрунту;
c	– сумарний додаток до товщини стінки;
d_y	– умовний діаметр провідної сталеві труби;

ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007

d_{BH}	– внутрішній діаметр провідної сталеві труби;
d_3	– зовнішній діаметр провідної сталеві труби;
D_{PE}	– зовнішній діаметр попередньо ізолюваної труби (захисної поліетиленові труби-оболонки);
d	– діаметр циліндричного шару ізоляції (загальна позначка);
$d_{внВ}$	– внутрішній діаметр відводу;
$d_{зВ}$	– зовнішній діаметр відводу;
e_b	– товщина стінки штуцера;
e_{minCT}	– мінімальна товщина стінки провідної сталеві труби;
$e_{нCT}$	– номінальна товщина стінки провідної сталеві труби;
e_R	– розрахункова товщина стінки;
E_{PE}	– товщина стінки поліетиленові труби-оболонки;
E	– модуль поздовжньої пружності;
F	– сила (загальна позначка);
G_0	– короткочасна кільцева жорсткість оболонки труби;
G_τ	– тривала кільцева жорсткість оболонки труби;
$G_{тр}$	– питома вага попередньо ізолюваної труби з водою;
$H_{тр}$	– величина напору;
H	– глибина траншеї;
h	– глибина залягання трубопроводу від поверхні до верху труби;
h_0	– глибина залягання трубопроводу від поверхні до осі труби;
h_b	– висота штуцера;
$h_{M.O}$	– втрати напору в стикових з'єднаннях і в місцевих опорах;
$H_{геом}$	– геометрична висота;
h_B	– вільний напір на виливі із трубопроводу;
I	– момент інерції труби;
i	– відносна деформація матеріалу;
$i_{поч}$	– початковий вигин труби;
i_i	– коефіцієнт інтенсифікації;
i_t	– питомі втрати напору;
k_π	– коефіцієнт перевантаження;
L	– довжина ділянки трубопроводу (загальна позначка);
M_B	– згинальний момент;
M_κ	– крутний момент;
P	– зовнішній тиск (загальна позначка);
P_y	– умовний внутрішній тиск у трубопроводі;
P_p	– робочий внутрішній тиск у трубопроводі;
q	– питома витрата тепла попередньо ізолюваною трубою;
R	– радіус вигину відводу;
Re	– число Рейнольдса;
$R_{кр}$	– критичне зусилля;
R_{CT}	– вертикальне стабілізуюче навантаження;
r	– термічний опір шару матеріалу або конструкції (загальна позначка);
t	– температура (загальна позначка);
$[t]$	– допустима максимальна температура;
W	– момент опору поперечного перерізу провідної сталеві труби;
α	– коефіцієнт лінійного видовження;
β	– кут зміни напрямку траси;
ε	– деформація (загальна позначка);
γ_n	– питома вага ґрунту;
γ_f	– коефіцієнт надійності за навантаженням;
$\Delta\ell$	– лінійне переміщення ділянки трубопроводу внаслідок зміни температури (загальна позначка);

Δt	– різниця температур (загальна позначка);
δ	– товщина компенсаційного шару подушки компенсаційної зони;
η_h	– коефіцієнт вертикального тиску ґрунту;
λ	– коефіцієнт теплопровідності (загальна позначка);
μ	– коефіцієнт тертя між попередньо Ізольованою трубою та ґрунтом засипки;
ν	– коефіцієнт Пуассона;
ρ	– густина матеріалу;
σ	– напруження в стінці провідної сталеві труби (загальна позначка);
$[\sigma]$	– допустиме напруження в стінці провідної сталеві труби (загальна позначка);
$\sigma_{0,2}$	– умовна границя текучості металу;
σ_B	– тимчасовий опір металу до розриву;
σ_n	– коефіцієнт нормативного бокового тиску ґрунту;
φ	– коефіцієнт зниження міцності;
φ_n	– нормативний кут внутрішнього тертя ґрунту;
φ_w	– коефіцієнт міцності зварного з'єднання;
ω	– кутове переміщення;
Ω	– концентрація напружень вигину в трійниках;
ξ_j	– коефіцієнт гідравлічного опору стикових з'єднань;
ψ	– відносне скорочення вертикального діаметра труби в ґрунті (загальна позначка).

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Будівництво підземних теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з використанням елементів трубопроводів ПТПУ згідно з ДСТУ Б В.2.5-31 видів СТ/ПЕ, РЕ-Х/ПЕ та ПП/ПЕ проводиться переважно за методом безканалного прокладання та згідно з цим стандартом.

Допускається підземне прокладання трубопроводів ПТПУ виду СТ/ПЕ у каналах та тунелях на піщану подушку та (або) з використанням ковзних та нерухомих опор згідно з додатками Б і Г ДСТУ Б В.2.5-31, за умов виключення контакту зовнішньої поверхні оболонки з елементами каналів (тунелів) або іншими об'єктами, які можуть ушкодити оболонку при тепловому русі трубопроводу.

4.2 Будівництво надземних теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з використанням елементів трубопроводів ПТПУ згідно з ДСТУ Б В.2.5-31 видів СТ/НМ та ПП/НМ проводиться згідно з пунктом 5.6 НАПБ А.01.001, СНиП 2.04.07 та цим стандартом на естакадах з використанням ковзних та нерухомих опор згідно з додатками Б і Г ДСТУ Б В.2.5-31 та зі зважанням заходів щодо виключення контакту зовнішньої поверхні оболонки з елементами естакад або іншими об'єктами, які можуть ушкодити оболонку при тепловому русі трубопроводу.

4.3 При підземному безканалному прокладанні трубопроводів ПТПУ в процесі експлуатації трубопроводу виникає ефект самокомпенсації – термічні подовження провідної труби частково компенсуються при взаємодії оболонки і ґрунту за умов передачі зусилля від провідної труби через ізоляцію на оболонку.

4.4 Під час надземного та підземного прокладання трубопроводів ПТПУ в каналах (тунелях) ефект самокомпенсації не виникає.

4.5 Елементи трубопроводів ПТПУ (труби, фасонні вироби та арматура) повинні відповідати ДСТУ Б В.2.5-31.

Провідні елементи труб, фасонних виробів та арматури видів СТ/ПЕ і СТ/НМ повинні виготовлятися із труб сталевих, дозволених до використання у мережах гарячого водопостачання та опалення НПАОП 0.00-1.11 та СНиП 2.04.07, цим стандартом та відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.5-31. Товщина стінки труб, фасонних виробів та арматури видів СТ/ПЕ і СТ/НМ повинна бути підтверджена розрахунком у кожному проекті трубопроводу.

4.6 З'єднання трубопроводів СТ/ПЕ, СТ/НМ, ПП/ПЕ та ПП/НМ повинні відповідати цьому стандарту, виконуватись із використанням муфт з'єднувальних згідно із додатком А та відповідати наступним вимогам:

ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007

- зварювальні роботи повинні проводитися згідно з НАПБ А.01.001, НПАОП 0.00-1.11, НПАОП 0.00-1.16, НПАОП 40.1-1.21 з урахуванням [1] та цього стандарту;
- теплова ізоляція з'єднання повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.5-31;
- конструкція з'єднання після монтування з'єднувальної муфти і перед заповненням її ізоляцією повинна витримувати випробувальний тиск не менше 0,05 МПа у порожнині між провідною трубою і муфтою з'єднувальною без ознак втрати герметичності протягом не менше 5 хв;
- конструкція з'єднання повинна бути стійкою до повздовжнього зсуву згідно з [14] та ДСТУ Б В.2.5-31.

4.7 З'єднання трубопроводів РЕ-Х/ПЕ повинні відповідати ДБН В.2.5-22, том 2 і цьому стандарту.

4.8 Крім труб, фасонних виробів, арматури згідно з ДСТУ Б В.2.5-31 та муфт з'єднувальних згідно з додатком А цього стандарту для будівництва трубопроводів ПТПУ повинні постачатися комплектні та виготовлені серійно згідно з цим стандартом та конструкторською і технологічною документацією, яка затверджена у встановленому порядку, наступні елементи:

- повнозбірні щитові залізобетонні нерухомі опори;
- компенсатори осьові сильфонові;
- компенсатори стартові;
- елементи ізоляції стикових з'єднань;
- компоненти пінополіуретану (ППУ) для заливання стиків;
- гільзи гумові або полімерні для ущільнення проходів крізь будівельні конструкції або металеві (сталеві) із сальниковим ущільненням;
- прокладки, що амортизують, бічні переміщення трубопроводу;
- елементи системи сигналізації та контролю ушкоджень провідної труби та (або) оболонки (далі система ОДК), у тому числі прилади системи ОДК – для трубопроводів ПТПУ видів СТ/ПЕ та СТ/НМ.

4.9 Трубопроводи видів СТ/ПЕ, СТ/НМ повинні мати не менше двох провідників-індикаторів системи ОДК. Ці провідники-індикатори мають бути розміщені в ізоляції на відстані 10 – 25 мм від зовнішньої поверхні сталеві провідної труби.

4.10 Система ОДК призначена для контролю стану вологості теплоізоляційного шару з пінополіуретану ізольованих трубопроводів і виявлення за допомогою стаціонарних або переносних детекторів ділянок з підвищеною вологістю ізоляції, викликані або проникненням вологи через зовнішню поліетиленову оболонку трубопроводу, або за рахунок витоків теплоносія зі сталевих трубопроводів внаслідок корозії або дефектів зварних з'єднань.

4.11 Система ОДК у загальному випадку включає:

- мідні провідники – індикатори в теплоізоляційному шарі трубопроводів, що проходять по всій довжині теплопроводів, основний сигнальний провідник і транзитний провідник;
- клемні коробки з уведеннями, клемною колодкою й з'єднувачами (термінали) для підключення приладів і з'єднання сигнальних провідників у місцях контролю;
- кабелі для з'єднання провідників-індикаторів, прокладених в ізоляції з терміналами в місцях контролю, а також для з'єднання провідників-індикаторів на ділянках трубопроводів, де встановлені неізольовані елементи трубопроводу (запірна арматура тощо через елементи з герметичними кабельними виводами);
- стаціонарний або переносний детектор ушкоджень;
- локатор ушкоджень.

4.12 Трубопровід ПТПУ підземного безканального прокладання повинен вважатися таким, що зазнав ушкоджень, не сумісних з подальшою експлуатацією у випадках:

- втрати здатності до самокомпенсації (при втраті адгезії між ізоляцією і провідною трубою і (або) оболонкою або відсутності контакту між оболонкою та ґрунтом);
- при ушкодженні провідної труби і (або) оболонки, що викликала розгерметизацію в будь-якому місці трубопроводу ПТПУ;
- виходу з ладу системи ОДК (для трубопроводів СТ/ПЕ);
- виходу з ладу запірної і регулюючої арматури.

4.13 Трубопровід ПТПУ надземного та підземного прокладання в каналах (тунелях) повинен вважатися таким, що зазнав ушкоджень, не сумісних з подальшою експлуатацією у випадках:

- ушкодження провідної труби і (або) оболонки, що викликала розгерметизацію в будь-якому місці трубопроводу ПТПУ;
- виходу з ладу системи ОДК (для трубопроводів СТ/НМ);
- виходу з ладу запірної і регулюючої арматури.

5 ПРОЕКТУВАННЯ

5.1 Вимоги до проектної документації.

5.1.1 Проектна документація на трубопроводи ПТПУ повинна відповідати ГОСТ 2.102, НАПБ А.01.001, НПАОП 0.00-1.11, НПАОП 40.1-1.21, ОСТ 108.031.08 – ОСТ 108.031.10, чинним нормативно-правовим актам України, цьому стандарту та наступним вимогам:

- на монтажній схемі трубопроводів необхідно показати всі елементи попередньо ізольованих трубопроводів згідно з таблицею Б.1 додатка Б та каталогом виробника;
- до проекту трас з аварійною сигналізацією має входити окремим документом схема системи ОДК з позначенням всіх її елементів;
- у специфікації до проекту необхідно вказати всі попередньо ізольовані елементи траси та елементи системи ОДК із зазначенням позначень елементів трубопроводу ПТПУ згідно з каталогом виробника;
- вся документація повинна бути виконана чітко, якісно та має забезпечити однозначність трактування проектних рішень;
- у складі проектної документації повинні бути присутні декларації про відповідність або сертифікати відповідності елементів трубопроводу ПТПУ вимогам Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764.

5.1.2 Проектна документація на трубопроводи ПТПУ повинна містити відповідні розрахунки згідно з 5.1.2.1, 5.1.2.2, 5.1.2.3, та 5.1.2.4 згідно з цим стандартом.

5.1.2.1 При проектуванні безканального прокладання трубопроводів ПТПУ виду СТ/ПЕ необхідно провести:

розрахунок на міцність провідних труб та провідних елементів фасонних виробів і арматури під впливом основних навантажень на трубопровід (внутрішній тиск при відповідній температурі теплоносія) згідно з ОСТ 108.031.08 – ОСТ 108.031.10, НПАОП 0.00-1.11 та додатком Б до цього стандарту;

розрахунок на міцність провідних труб та провідних елементів фасонних виробів і арматури під впливом додаткових навантажень на трубопровід:

- сили тертя між оболонкою та ґрунтом з урахуванням тиску власної ваги оточуючого ґрунту і тиску ґрунту від тимчасового навантаження наземного транспорту;
- сили пружної деформації, яка виникає при компенсації теплових видовжень гнучкими компенсаторами, при застосуванні стартового підігріву, при застосуванні стартового підігріву з використанням стартових Е-компенсаторів, при застосуванні сильфонових компенсаторів та при самокомпенсації трубопроводу;
- власної ваги трубопроводу, включно із розрахунком максимальної довжини прямих ділянок трубопроводу, розрахунком температурних деформацій (подовжень) трубопроводу, розрахунком компенсаційних пристроїв та розрахунком товщини амортизаційних прокладок згідно з додатком Б до цього стандарту;

розрахунок навантаження на нерухомі опори згідно з додатком В до цього стандарту;

розрахунок на стійкість (подовжній вигин) за умов закладання трубопроводу на глибині менше 1 м від осі труб до поверхні землі; ймовірності затоплення трубопроводу ґрунтовими, паводковими або іншими водами; ймовірності ведення поряд із трубопроводом земляних робіт; необхідності вжиття додаткових заходів щодо забезпечення живучості теплопроводу (на основі технічного завдання замовника) згідно з додатком Б до цього стандарту;

теплові розрахунки згідно з додатком Г цього стандарту та з урахуванням розділу 2 СНиП 2.04.07 і розділу 3 СНиП 2.04.14;

гідравлічні розрахунки згідно з розділом 5 СНиП 2.04.07 і додатком 10 СНиП 2.04.02.

5.1.2.2 При проектуванні прокладання трубопроводів ПТПУ виду СТ/ПЕ в каналах, тунелях та при надземному прокладанні трубопроводів ПТПУ виду СТ/НМ необхідно провести:

розрахунок на міцність провідних труб, провідних елементів фасонних виробів, арматури згідно з ОСТ 108.031.08 – ОСТ 108.031.10 та НПАОП 0.00-1.11;

розрахунок навантаження на рухомі (ковзні, коткові, кулькові), нерухомі опори та сіль-фонові компенсатори згідно з додатком 8 СНиП 2.04.07;

розрахунок навантаження на тунелі та канали згідно зі СНиП 2.09.03 та СНиП 2.04.07;

розрахунок на стійкість (поздовжній вигин) згідно з додатком Б до цього стандарту;

теплові розрахунки згідно з розділом 2 СНиП 2.04.07 і розділом 3 СНиП 2.04.14;

гідравлічні розрахунки згідно з розділом 5 СНиП 2.04.07 і додатком 10 СНиП 2.04.02.

5.1.2.3 При проектуванні безканального прокладання трубопроводів ПТПУ виду ПП/ПЕ та наземного прокладання трубопроводів ПТПУ виду ПП/НМ необхідно провести:

розрахунок на міцність провідних труб та провідних елементів фасонних виробів і арматури при проектній температурі теплоносія згідно з ДСТУ Б В.2.7-93 та додатком Д до цього стандарту включно із розрахунком основних навантажень (внутрішній тиск при відповідній температурі теплоносія) та додаткових навантажень на трубопровід:

– тиску власної ваги оточуючого ґрунту і тиску ґрунту від тимчасового навантаження наземного транспорту (для безканального прокладання);

– сили пружної деформації, яка виникає при компенсації теплових видовжень гнучкими компенсаторами;

– власної ваги трубопроводу;

розрахунок компенсації температурних деформацій трубопроводу включно із розрахунком максимальної довжини прямих ділянок, температурних деформацій (подовжень) трубопроводу та розрахунком товщини амортизаційних прокладок згідно з додатком Д до цього стандарту;

розрахунок навантаження на нерухомі опори згідно з додатком 8 СНиП 2.04.07 та додатком Б до цього стандарту;

розрахунок на стійкість (поздовжній вигин) згідно з додатком Б до цього стандарту;

теплові розрахунки згідно з додатком Г до цього стандарту та з урахуванням розділу 2 СНиП 2.04.07 і розділу 3 СНиП 2.04.14;

гідравлічні розрахунки згідно з додатком Д до цього стандарту та додатком 10 СНиП 2.04.02.

5.1.2.4 При проектуванні безканального прокладання трубопроводів РЕ-Х/ПЕ "змійкою" необхідно провести:

розрахунок на міцність провідних труб за проектної температури теплоносія згідно з ДСТУ Б В.2.5-17 та додатком Д до цього стандарту включно із розрахунком основних навантажень (внутрішній тиск при відповідній температурі теплоносія) та додаткових навантажень на трубопровід:

– тиску власної ваги оточуючого ґрунту і тиску ґрунту від тимчасового навантаження наземного транспорту;

– власної ваги трубопроводу;

розрахунок навантаження на нерухомі опори згідно з ДБН В.2.5-22;

теплові розрахунки згідно з додатком Г цього стандарту та з урахуванням розділу 2 СНиП 2.04.07 і розділу 3 СНиП 2.04.14;

гідравлічні розрахунки згідно з додатком Д до цього стандарту та додатком 10 СНиП 2.04.02

5.1.3 На вимогу замовника проектна організація зобов'язана надати розрахунки до проекту трубопроводу ПТПУ.

5.2 Підземне безканальне прокладання

5.2.1 Основні розміри траншеї

5.2.1.1 Будівництво підземних мереж гарячого водопостачання та опалення з використанням елементів трубопроводів ПТПУ проводиться на глибині не менше 0,5 м від поверхні ґрунту та не менше 0,6 м від нижнього краю дорожнього покриття до зовнішньої поверхні оболонки.

Трубопроводи ПТПУ укладають на піщану подушку завтовшки не менше 100 мм.

5.2.1.2 Максимальна глибина траншеї від поверхні ґрунту (нижнього краю дорожнього покриття до дна траншеї при двотрубному прокладанні трубопроводів ПТПУ повинна бути:

- для трубопроводів видів РЕ-Х/ПЕ та ПП/ПЕ – не більше 1,5 м;
- для трубопроводів виду СТ/ПЕ – згідно з таблицею Б.2 та рисунком Б.1 додатка Б, але не більше 3,0 м.

Максимально допустима глибина залягання вираховується для кожного трубопроводу ПТПУ за умови неперевищення сумарного еквівалентного тиску власної ваги ґрунту та власної ваги трубопроводу на поверхню трубопроводу значення 0,3 МПа.

5.2.1.3 За необхідності підземного прокладання трубопроводів ПТПУ на глибині більше ніж зазначена у 5.1.1.2 їх варто прокладати в каналах (тунелях) згідно з 6.12 СНиП 2.04.07.

Допускається замість каналів (тунелів) застосування розвантажувальних залізобетонних плит.

5.2.1.4 Ширина та основні розміри траншеї при двотрубному прокладанні трубопроводів виду РЕ-Х/ПЕ повинні відповідати наведеним у таблиці Б.2 додатка Б.

5.2.1.5 Ширина та основні розміри траншеї при двотрубному прокладанні трубопроводів виду ПП/ПЕ повинні відповідати наведеним у таблиці Б.2 додатка Б з максимальною глибиною траншеї згідно з 5.1.1.2.

5.2.1.6 Трубопроводи виду РЕ-Х/ПЕ прокладаються "змійкою". При двотрубному прокладанні трубопроводів виду РЕ-Х/ПЕ ширина траншеї в основі повинна бути не менше п'яти зовнішніх діаметрів оболонки.

При однотрубному прокладанні "змійкою" трубопроводів виду 2РЕ-Х/ПЕ та 4РЕ-Х/ПЕ ширина траншеї повинна бути в основі не менше трьох зовнішніх діаметрів оболонки.

5.2.1.7 У місцях з'єднання елементів трубопроводів ПТПУ виконується прямок завдовжки не менше 2,0 м для з'єднання елементів трубопроводу видів СТ/ПЕ та ПП/ПЕ, і довжиною не менше 1,0 м - для з'єднання елементів трубопроводу виду РЕ-Х/ПЕ.

Ширина та глибина прямока повинні бути збільшені не менше ніж на 0,4 м порівняно з розмірами траншеї.

5.2.1.8 Піщане обсіпання слід виконувати з піску дрібної й середньої фракцій (з розміром фракції (більше 5 мм) згідно з ДСТУ Б В.2.7-3 з коефіцієнтом фільтрації не менше 5 м/добу.

Пісок не повинен містити включень із гострими крайками, які можуть ушкодити оболонки трубопроводів і муфт з'єднувальних.

Після засипання пісок повинен бути втрамбований до ступеня ущільнення $(0,95 \pm 0,03)$ для забезпечення рівномірного тертя між оболонкою трубопроводу й ґрунтом.

5.2.2 Траса і спосіб прокладання

5.2.2.1 Трубопроводи ПТПУ прокладаються в містах, сільських районах, поза населеними пунктами.

5.2.2.2 Трубопроводи ПТПУ не повинні проходити по території цвинтарів, смітників, скотомогильників, місць поховання радіоактивних відходів, землеробських полів зрошення, полів фільтрації й інших ділянок, що представляють небезпеку хімічного, біологічного і радіоактивного забруднення.

5.2.2.3 Перетинання транзитними трубопроводами ПТПУ дитячих, шкільних і лікувально-профілактичних установ без додаткових заходів, що виключають їх механічне ушкодження, не допускається.

5.2.2.4 Труби, деталі й арматура ПТПУ не повинні встановлюватися на відстані ближче двох метрів від джерел теплоносія, незалежно від температури теплоносія чи інших джерел теплової енергії.

Як перехідні елементи від джерела теплоносія до труб, деталей і арматури СТ/ПЕ і СТ/НМ використовуються труби зі сталі відповідного перерізу.

Підключення труб, деталей і арматури ПП/ПЕ і ПП/НМ до труб зі сталі виконуються із використанням деталей з'єднувального виду "перехід поліпропілен – сталь", які виготовляються серійно за технологічною документацією, що затверджена у встановленому порядку.

Підключення труб РЕ-Х/ПЕ до труб зі сталі чи міді виконується з використанням деталей з'єднувального згідно з ДБН В.2.5-22, том 2.

5.2.2.5 Прокладання трубопроводів ПТПУ проводиться в різних ґрунтах за винятком таких, що спучуються, набухають і просадних згідно з 2.8 ДСТУ Б В.2.1-2.

При заторфованих і мулистих ґрунтах, на ділянках траси, де можливе сезонне підняття ґрунтових вод, у насичених водою фільтруючих ґрунтах та у ґрунтах з несучою здатністю менше 0,1 МПа потрібно виконувати під трубопроводами штучне підґрунтя з шару щебеню завтовшки не менше 0,1 м, яке запобігає їх нерівномірному осіданню. У цьому випадку трубопроводи доцільно класти на піщану подушку завтовшки не менше 0,3 м, розміщену поверх шару щебеню.

5.2.2.6 На ділянках трубопроводів ПТПУ, що проходять по підроблюваних територіях, при розрахунку трубопроводу на міцність згідно з додатком Б повинні бути враховані додаткові напруження від переміщення та деформації земної поверхні згідно з 13.36 СНиП 2.04.07.

5.2.2.7 Безканальне прокладання трубопроводів ПТПУ необхідно проектувати під непроїзною частиною вулиць і всередині кварталів житлової забудови.

Безканальне прокладання трубопроводів ПТПУ під проїзною частиною автомобільних і магістральних доріг і вулиць загальноміського значення, як правило, не допускається.

5.2.2.8 Прокладання трубопроводів ПТПУ при перетинанні залізниць і автомобільних доріг загальноміського значення і трамвайних колій слід передбачати:

- у футлярах, каналах і тунелях згідно з 6.12 СНиП 2.04.07 та згідно з 4.1 цього стандарту;
- із застосуванням розвантажувальних плит над трубопроводом у випадках можливості проведення будівельно-монтажних робіт відкритим способом за нормативною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

При підземному перетинанні доріг і вулиць необхідно дотримуватися правил, викладених в 6.12 – 6.20 і додатку 6 СНиП 2.04.07.

5.2.2.9 Безканальне прокладання трубопроводів ПТПУ виду СТ/ПЕ над спорудами метрополітенів паралельно лінії руху складу метрополітену не допускається.

При перетинанні споруд метрополітену трубопроводи ПТПУ виду СТ/ПЕ повинні прокладатися в сталевих футлярах, кінці яких повинні виходити за межі тунелю метрополітену на 10 м в обидва боки, або в монолітному залізобетонному прохідному каналі. У знижених місцях траси до або після перетинання лінії метрополітену повинні влаштовуватися спускники з випуском в існуючу систему дощової каналізації. Вимикальна арматура теплової мережі повинна бути, як правило, розташована на відстані не більше 100 м від лінії метрополітену.

5.2.2.10 Прокладання трубопроводів ПТПУ у насипах автомобільних доріг загальної мережі категорії за розділом 1 частини 1 ДБН В.2.3-4 не допускається.

5.2.2.11 Прокладання трубопроводів ПТПУ уздовж брівок укосів терас, ярів, штучних виїмок повинно передбачатися за межами призми обвалення ґрунту при його змочуванні аварійними водами.

5.2.2.12 При розташуванні трубопроводів ПТПУ під укосом будинків і споруд різного призначення варто передбачати заходи щодо відводу аварійних вод з метою недопущення затоплення території забудови.

5.2.2.13 Ухил трубопроводів ПТПУ, незалежно від напрямку руху теплоносія, повинен бути не менше 0,002. На окремих ділянках (перетинання комунікацій тощо) допускається прокладання без ухилу. Ухил трубопроводів ПТПУ до окремих будинків повинен прийматися від будинку до найближчого розвідного колодязя або теплової камери.

5.2.2.14 При проходженні трубопроводів ПТПУ через фундаменти і стіни підвалів будинків і споруд зовнішня поверхня оболонки труб ПТПУ повинна бути захищена прохідними ком-

плектами ущільнювальними гумовими кільцями, адаптерами та (або) натискними сальниками згідно з додатком Е від безпосереднього контакту з матеріалом фундаментів і стін.

Перетинання трубопроводами ПТПУ із зовнішнім діаметром провідної труби не менше 300 м будинків допускається тільки за умови влаштування технічного коридору, технічного підпілля або тунелю заввишки не менше 1,8 м з окремими входами, що замикаються.

5.2.2.15 Найменша відстань у світлі по горизонталі і по вертикалі трубопроводів ПТПУ до споруд, інженерних мереж і зелених насаджень повинна відповідати наведеній у додатку І.

Трубопроводи ПТПУ при перетинанні з іншими інженерними мережами можуть бути розташовані над ними чи під ними.

5.2.2.16 Трубопроводи ПТПУ виду РЕ-Х/ПЕ прокладаються переважно без попутного дренажу.

Відведення води після промивання трубопроводів ПТПУ чи при усуненні аварійного ушкодження провідної труби проводиться з розвідних колодязів у побутову каналізацію з використанням пересувного насоса або самопливом із застосуванням гідрозатвора, а у випадку можливості зворотного струму води – додаткового замикаючого клапана. Відведення води у водойми чи на рельєф місцевості допустиме за умов узгодження у встановленому порядку.

Допускається зливання води безпосередньо з ділянки трубопроводу, що дронується, до суміжної з нею ділянки, а також із подавального трубопроводу до зворотного.

5.2.2.17 Трубопроводи ПТПУ видів СТ/ПЕ, ПП/ПЕ прокладаються з попутним дренажем згідно з СНиП 2.04.07.

5.2.2.18 Під час прокладання трубопроводів ПТПУ зі сталевими провідними трубами (види СТ/ПЕ, СТ/НМ) необхідно вживати заходів захисту від електрохімічної корозії під дією блукаючих струмів.

Не ізольовані в заводських умовах кінці труб, фасонних виробів, арматури та інших металевих конструкцій повинні покриватися на період монтажу антикорозійними засобами за нормативною документацією, що затверджена у встановленому порядку.

Запірна арматура, яка розташована у теплових камерах, повинна мати посилене захисне антикорозійне покриття за нормативною документацією, що затверджена у встановленому порядку.

5.2.2.19 Під час прокладання трубопроводів видів ПП/ПЕ та РЕ-Х/ПЕ заходи щодо захисту від електрохімічної та інших видів корозії не вживаються.

5.2.2.20 Зміна напрямку траси трубопроводів ПТПУ (крім трубопроводів виду РЕ-Х/ПЕ) на кут до 90° досягається з використанням фасонних виробів згідно з додатками А та Г ДСТУ Б В.2.5-31.

При компенсації температурних розширень за рахунок кутів повороту траси або з використанням П-подібних, Г-подібних та Z-подібних компенсаторів варто передбачати влаштування амортизаційних прокладок або пустотілих каналів (ніш).

В якості амортизуючих прокладок застосовують спінені поліетилен, каучук або нежорсткий пінополіуретан густиною $(35,0 \pm 5,0)$ кг/м³. Товщина прокладки визначається виходячи з величини розрахункового переміщення теплопроводу, яке не повинно перевищувати 50 % товщини прокладки при її стисненні.

5.2.2.21 Для трубопроводів СТ/ПЕ для зміни напрямку допустимо використовувати вигин у траншеї ("дорожні криві") декількох труб СТ/ПЕ, попередньо зварених між собою з мінімальним допустимим радіусом вигину згідно з додатком Е і максимальним кутом відхилення не більше 3° .

5.2.2.22 Максимальна відстань від будь-якої точки прямої ділянки трубопроводів ПТПУ до компенсаційного кута, на якому осьове напруження досягає максимально допустимої величини для матеріалу провідної труби, не повинна перевищувати значень, отриманих розрахунковим шляхом згідно з додатком Б для трубопроводів ПТПУ виду СТ/ПЕ та додатком Д для трубопроводів ПТПУ виду ПП/ПЕ.

Для трубопроводів ПТПУ виду РЕ-Х/ПЕ у разі їх підземного безканального прокладання "змійкою" згідно з цим стандартом максимальна довжина не обмежується.

5.2.2.23 Збільшення довжини прямої ділянки трубопроводів виду СТ/ПЕ допускається з використанням методів проектування і монтажу "попередній підігрів", "попередній підігрів з використанням разових компенсаторів Е" і "холодна установка з використанням сільфонових компенсаторів" гідно з додатком Б.

5.2.2.24 Зміна напрямку траси трубопроводів РЕ-Х/ПЕ на кут до 90° досягається без застосування додаткових пристосувань із радіусом вигину не менше зазначеного в ДБН В.2.5-22.

5.2.2.25 У трубопроводах ПТПУ, що містять дві провідні труби в одній ізоляції та в одній оболонці, подавальна провідна труба розміщується під зворотною провідною трубою.

5.2.2.26 При рівнобіжному прокладанні в одній траншеї двох і більше трубопроводів ПТПУ із зовнішнім діаметром провідної труби не більше 100 мм відстань у світлі по горизонталі між їх оболонками повинна бути не менше 0,15 м, для трубопроводів ПТПУ із зовнішнім діаметром провідних труб більше 100 мм – не менше 0,2 м.

5.2.2.27 Під час проектування мереж опалення з використанням трубопроводів виду СТ/ПЕ після центрального теплового пункту (ЦТП) установку запірної арматури на відгалуженнях до окремих будинків треба передбачати на трубопроводах із зовнішнім діаметром провідної труби 150 мм і більше або на трубопроводах незалежно від діаметра провідної труби при довжині відгалуження 100 м і більше.

5.2.2.28 Камери по трасі мереж опалення з використанням трубопроводів виду СТ/ПЕ та ПП/ПЕ, як правило, не передбачаються. Вони можуть споруджуватися на вимогу замовника або експлуатуючої організації у виняткових випадках на відгалуженнях, у місцях установки запірної арматури, приладів і сільфонових компенсаторів, якщо потрібно їх обслуговування при експлуатації трубопроводу.

Камери вздовж трас мереж опалення та гарячого водопостачання з використанням трубопроводів виду РЕ-Х/ПЕ не передбачаються. Запірна арматура та прилади встановлюються у колодязях згідно з ДБН В.2.5-22 та конструкторською документацією виробника, що затверджена у встановленому порядку.

5.2.2.29 Відгалуження від трубопроводів видів СТ/ПЕ та ПП/ПЕ, як правило, повинні передбачатися в зоні мінімальних переміщень поблизу нерухомих опор.

Допускається розміщення відгалужень в умовно нерухомих місцях трубопроводів виду СТ/ПЕ із вжиттям заходів щодо збільшення товщини стінки провідних елементів фасонних виробів за технологічною документацією виробника, що затверджена у встановленому порядку.

Відгалуження, які розташовані в зоні мінімальних переміщень або умовно нерухомих опор, також варто обкладати амортизуючими прокладками для забезпечення бічних переміщень.

Відгалуження від трубопроводів виду РЕ-Х/ПЕ виконуються у довільному місці згідно з проектом траси.

5.2.2.30 У місцях з'єднання безканалних ділянок трубопроводів виду СТ/ПЕ з каналними варто встановлювати гумові або сталеві гільзи із сальниковим ущільненням, що забезпечує можливість бічних переміщень.

5.2.2.31 У проектах варто передбачати заходи щодо захисту теплових мереж та обладнання із теплових пунктів від недопустимих за умовами міцності підвищень тиску, що виникають при нестационарних гідравлічних режимах.

Для внутрішньоквартальних теплових мереж у проектах теплових пунктів також варто передбачати заходи щодо захисту споживачів від підвищення тиску, якщо статичний тиск у теплових мережах перевищує робочий тиск обладнання теплових пунктів та обладнання, що встановлено в будинках.

5.2.2.32 При безканалному прокладанні трубопроводів відстань по горизонталі від зовнішньої поверхні ізолюваного трубопроводу до фундаментів будинків і споруд повинна прийматися згідно з СНиП 2.04.07 та додатком Б до цього стандарту.

При неможливості витримати ці відстані трубопроводи повинні прокладатися в каналах або сталевих футлярах на відстані не менше 2 м від фундаментів будинків або в пристінних (прибудованих до фундаментів будинків) тунелях з монолітного залізобетону у металевій ізоляційній оболонці.

5.2.2.33 3 камер і спускників при безканальному прокладанні трубопроводів виду СТ/ПЕ повинні влаштовуватися водовипуски у водоприймальні колодязі з водовідведенням у дощову каналізацію або, якщо це неможливо, з наступним відкачуванням.

У місцях, де неможливо виконати самопливний випуск від спускників в існуючу дощову каналізацію через відмітки лотків, необхідне влаштування відповідних пристроїв за узгодженням з експлуатуючими організаціями насосних перекачувальних станцій і за технологічною документацією що затверджена у встановленому порядку.

5.2.2.34 Трубопроводи виду СТ/ПЕ із діаметрів провідної труби не більше 400 мм при прокладанні на ділянках у непрохідних каналах рекомендується укладати на підгрунтя з піску з коефіцієнтом фільтрації не менше 5 м/добу. Для більших зовнішніх діаметрів провідних труб допускається прокладання трубопроводу на ковзних опорах. При цьому необхідна перевірка тепломережі на поздовжню стійкість.

На ділянках трубопроводів виду СТ/ПЕ у прохідних і напівпрохідних каналах завдовжки не більш 30 м допускається їх прокладання на ковзних опорах. Довжина каналів може бути збільшена за узгодженням у встановленому порядку.

5.2.2.35 Перешкоди, що виникають при безканальному прокладанні трубопроводів ПТПУ, обходяться з урахуванням положень 5.1.2, 5.2 та додатків Б, Е та И.

5.2.2.36 Вибір траси при безканальному прокладанні трубопроводів ПТПУ повинен здійснюватись з урахуванням положень 5.1.2, 5.2, додатків Б, Е, И цього стандарту та розділу 4 СНиП 2.04.07.

5.3 Підземне прокладання в каналах

5.3.1 Під час реконструкції теплових мереж допускається укладання трубопроводів ПТПУ видів СТ/ПЕ та РЕ-Х/ПЕ в існуючий непрохідний канал на піщану подушку завтовшки не менше 0,1 м і наступним засипанням каналу піском та згідно з 5.1.2.2 та 5.1.2.4.

Прокладання трубопроводів ПТПУ виду ПП/ПЕ в існуючий непрохідний канал не допускається.

5.3.2 Під час каналного прокладання мереж опалення та мереж гарячого водопостачання із застосуванням трубопроводів ПТПУ видів СТ/ПЕ та РЕ-Х/ПЕ конструктивні рішення каналів, камер павільйонів приймаються аналогічними рішенням при каналному прокладанні теплових мереж та мереж гарячого водопостачання з іншими видами ізоляції.

5.4 Надземне прокладання

5.4.1 Під час надземного прокладання трубопроводів ПТПУ видів СТ/НМ та ПП/НМ конструктивні рішення приймаються аналогічними рішенням при надземному прокладанні теплових мереж з іншими видами ізоляції та на підставі розрахунків згідно з 5.1.2.2 та 5.1.2.3.

5.4.2 Надземне прокладання трубопроводів ПТПУ виду СТ/НМ без системи ОДК не допускається.

5.4.3 Надземне прокладання трубопроводів ПТПУ виду РЕ-Х/ПЕ можливо за умов їх прокладання "змійкою" та улаштування захисту поверхні оболонки труб РЕ-Х/ПЕ від дії прямого сонячного тепла, механічних ушкоджень та на підставі розрахунків згідно з 5.1.2.4.

5.5 Система ОДК

5.5.1 З метою уніфікації використовуваних для контролю приладів рекомендовано забезпечити наступні значення основних параметрів системи ОДК:

- електричний опір сигнального ланцюга (петлі) повинен бути приблизно 200 Ом, що відповідає довжині контрольованого трубопроводу приблизно 5 км (при перевищенні зазначеного значення детектор спрацьовує на обрив);
- спрацьовування сигналу зволоження має відбуватись при граничному електричному опорі ізоляції 1 – 5 кОм.

З метою забезпечення поточного контролю за станом ізоляції рекомендується застосування детекторів, що мають кілька щаблів спрацьовування, що дозволяє виявити та оцінити рівень зволоження ізоляції.

5.5.2 Проектування систем СДК необхідно здійснювати з можливістю приєднання проектованої системи до діючих систем ОДК запланованих у майбутньому.

5.5.3 У якості основного сигнального провідника використовується провідник, розташований праворуч у напрямку подачі води до споживача на обох трубопроводах. Другий сигнальний провідник є транзитним.

5.5.4 Всі бічні відгалуження повинні включатися в розрив основного сигнального провідника. Забороняється підключати бічні відгалуження до мідного провідника, розташованого ліворуч по ходу подачі води до споживача (транзитного провідника).

5.5.5 Стационарний детектор має забезпечувати безперервний контроль стану ізоляції. За відсутності можливості підключення стационарного детектора періодичний контроль може проводитися з використанням переносного детектора.

5.5.6 У місцях контролю на кінцях трубопроводу мають бути встановлені кінцеві термінали, один із яких може мати вихід на стационарний детектор.

5.5.7 Місця контролю необхідно встановлювати на відстані не більше 300 м один від одного. В зазначених місцях улаштовуються проміжні термінали.

5.5.8 На початку бічних відгалужень завдовжки від 30 м до 40 м ставиться проміжний термінал незалежно від розташування інших місць контролю на основному трубопроводі.

5.5.9 На межах з'єднання ділянок теплових мереж, побудованих за різними проектами, у місцях з'єднання між собою необхідно передбачати місця контролю й установлювати подвійні кінцеві термінали, що дозволяють об'єднати або роз'єднати системи ОДК цих ділянок.

5.5.10 При послідовному з'єднанні провідників системи ОДК у місцях закінчення ізоляції (прохід трубопроводів через теплові камери, підвали будинків тощо) з'єднання провідників потрібно виконувати тільки через термінали.

5.5.11 Максимальна довжина кабелю від трубопроводу до терміналу не повинна перевищувати 10 м.

Якщо буде потреба застосування кабелю з більшою довжиною, потрібна установка додаткового терміналу якнайближче до трубопроводу.

5.5.12 Для з'єднання сигнальних провідників і підключення контрольних приладів рекомендовано використання терміналів наступних типів:

- кінцевий термінал – у місцях контролю на кінцях трубопроводу;
- кінцевий термінал з виходом на стационарний детектор – у місцях контролю на кінці трубопроводу, в яких має бути встановлений стационарний детектор;
- проміжний термінал – у проміжному місці контролю трубопроводу;
- подвійний кінцевий термінал – у місці контролю на межі ділянки;
- об'єднуючий термінал – у тих місцях контролю, де необхідно об'єднати в єдину петлю дві ділянки трубопроводу;
- прохідний термінал – для підключення з'єднувальних кабелів у місцях відсутності ізоляції (у теплових камерах, у підвалах будинків тощо) і при довжині з'єднувального кабелю більше 10 м.

Наведені типи терміналів повинні бути виготовлені за технологічною і конструкторською документацією, яка затверджена у встановленому порядку.

5.5.13 Установка терміналів із зовнішніми з'єднувачами для сигнальних проводів у приміщенні з підвищеною вологістю (теплові камери, підвали будинків тощо) не допускається.

5.5.14 Установка терміналів у проміжних і кінцевих місцях контролю здійснюється в надземних або настінних покриттях згідно з технологічною та конструкторською документацією, яка затверджена у встановленому порядку. У кінцевих місцях трубопроводу допускається установка терміналів у ЦТП.

5.5.15 Конструкція покриття терміналу повинна виключати процес утворення конденсату на елементах терміналу, проникнення вологи й забезпечувати вентиляцію внутрішнього об'єму покриття. Внутрішній об'єм покриття повинен бути засипаний сухим піском від основи до рівня 0,2 м до верхнього краю покриття.

5.5.16 Під час улаштування покриттів на трубопроводах, що прокладаються в насипних ґрунтах необхідно передбачати додаткові заходи щодо захисту покриття від осідання ґрунту.

5.5.17 З'єднувальний кабель від трубопроводу з герметичним кабельним виводом до терміналу повинен прокладатися в захисній трубі з оцинкованої сталі зовнішнім діаметром 50 мм. Зварювання (паяння) захисної оцинкованої труби із прокладеним у ній кабелем забороняється.

5.5.18 Прокладання з'єднувального кабелю усередині будинків (споруд) до місця установки терміналів або в місці розриву теплової ізоляції (у тепловій камері тощо) також необхідно здійснювати в захисній оцинкованій трубі зі сталі з умовним проходом 50 мм, що закріплюється до стіни скобою. Усередині будинків допускається застосування захисних гофрованих шлангів зі сталі або з алюмінію. за нормативною та конструкторською документацією, яка затверджена у встановленому порядку.

5.5.19 Після монтажу системи ОДК варто виконати її виконавчу схему, включаючи:

- графічне зображення схеми з'єднання сигнальних провідників;
- характерні точки, що відповідають монтажній схемі відгалуження від магістралі тепло-траси, кути поворотів, нерухомі опори, переходи діаметрів, місця контролю (наземні й настінні покриття);
- таблицю даних по характерних місцях із вказівкою параметрів: номер місця, діаметр труб на ділянці; довжина трубопроводу між місцями за проектною документацією (для подавального зворотного трубопроводів); довжина трубопроводу між місцями за схемою стиків (для основного транзитного сигнальних провідників подавального та зворотного трубопроводів);
- маркування на терміналах (на алюмінієвих бирках);
- специфікацію застосовуваних приладів і матеріалів.

6 МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДІВ

6.1 Загальні положення

6.1.1 Будівельні роботи при прокладанні трубопроводів ПТПУ повинні проводитись згідно з стандартом, вимогами НПАОП 0.00-1.11, СНиП 3.05.03, робочим проектом на трубопровід і включати наступні основні процеси

- розбивку траси;
- земляні роботи¹⁾;
- транспортування елементів трубопроводу ПТПУ заводського виготовлення і зберігання їх поблизу місця проведення робіт;
- розкладку труб та фасонних виробів по трасі;
- перевірку цілісності провідників і стану ізоляції системи ОДК²⁾;
- зварювання (з'єднання) провідних труб та провідних елементів фасонних виробів та арматури;
- улаштування нерухомих, ковзних опор та, в разі потреби, теплових камер, дренажних засобів, тощо³⁾;
- улаштування компенсаційних пристроїв, включаючи, у разі потреби, осьові сільфонові компенсатори й стартові компенсатори⁴⁾;
- з'єднання провідників системи ОДК у місцях стиків труб, фасонних виробів та арматури⁵⁾;
- ізоляція стиків труб, фасонних виробів та арматури,
- засипання труб, крім місць стиків труб, фасонних виробів та арматури⁶⁾;
- попередній пуск теплопроводу і зварювання стартових компенсаторів⁷⁾;
- ізоляцію стиків на стартових компенсаторах⁸⁾;
- гідравлічні випробування трубопроводу;
- встановлення контрольних приладів;
- зворотне засипання трубопроводу⁹⁾;
- здавання системи ОДК¹⁰⁾;
- здавання трубопроводу в експлуатацію

Примітка. Крім ²⁾, ³⁾, ⁴⁾, ⁵⁾, ⁷⁾, ⁸⁾, ¹⁰⁾ – при підземному прокладанні трубопроводів виду РЕ-Х/ПЕ; крім ²⁾, ⁵⁾, ⁷⁾, ⁸⁾, ¹⁰⁾ – при підземному прокладанні трубопроводів виду ПП/ПЕ; крім ¹⁾, ⁶⁾, ⁹⁾ – при надземному прокладанні трубопроводів виду СТ/НМ; крім ¹⁾, ²⁾, ⁵⁾, ⁶⁾, ⁷⁾, ⁸⁾, ⁹⁾, ¹⁰⁾ – при надземному прокладанні трубопроводів виду ПП/НМ.

6.1.2 Розбивка траси проводиться згідно зі СНиП 3.01.03, проектом організації будівництва, проектом виконання робіт, проектно-конструкторською документацією та чинними нормативно-правовими актами та законами України.

6.1.3 Земляні роботи

6.1.3.1 Розробка траншей і котлованів і роботи з улаштування основи для безканального прокладання трубопроводів ПТПУ мають проводитись згідно з вимогами СНиП 3.02.01 і СНиП III-42.

6.1.3.2 При безканальному прокладанні додатково повинні бути виконані наступні вимоги:

– риття траншеї повинне виконуватися без порушення природної структури ґрунту в основі. Розробка траншеї виконується з недобором по глибині (0,1 + 0,05) м. Зачищення робиться вручну. У випадку розробки ґрунту нижче проектною відмітки на дно повинен бути підсипаний пісок до проектною оцінки з ретельним ущільненням при коефіцієнті ущільнення не менше 0,98 на глибину більше 0,5 м.

Має бути здійснене:

– улаштування прямиків – не менше 1 м у кожену сторону від трубопроводів для установки фасонних виробів (осьових компенсаторів, арматури, відводів, трійників) для зручності зварювання й ізоляції стиків труб і не менше 2м – для установлення стартових компенсаторів;

– риття розширеної траншеї за розмірами, наведеними у проектній документації, для установки демпферних подушок, улаштування теплових камер, дренажної системи тощо;

– забезпечення достатнього простору для укладання, підтримки й складання труб на заданій глибині, а також для зручності ущільнення матеріалу при зворотному засипанні навколо теплопроводів;

– на дні траншеї слід передбачати піщане підсипання завтовшки 100-150 мм. Перед улаштуванням піщаної основи або пластового дренажу слід провести огляд дна траншеї, вирівняти ділянок перебору ґрунту, перевірку відповідності проекту ухилів дна траншеї.

Основні розміри траншеї – згідно з 5.2.1.

Результати огляду дна траншеї оформляються актом на приховані роботи.

6.1.3.3 При бетонній основі або небезпеці підтоплення під час монтажу в траншеях труби зовнішнім діаметром провідної труби менше 400 мм необхідно укладати на подушки з піску, що забезпечують відстань не менше 200 мм від оболонки труби до бетонної плити, а при діаметрі більше 400 мм – на відстані не менше 300 мм. Укладання повинно здійснюватись на попередньо втрамбовану подушку з піску з коефіцієнтом ущільнення не менше 0,98.

6.1.3.4 Зворотне засипання при безканальному прокладанні повинно виконуватись пошарово з сучасним ущільненням кожного шару.

У місцях установки стартових і осьових сильфонових компенсаторів у зоні найбільшого руху теплопроводів при температурних деформаціях необхідно вести пошарове ущільнення ґрунту з коефіцієнтом ущільнення не менше 0,97 при зворотному засипанні як між трубопроводами, так і між трубопроводами та стінками траншеї.

Над верхом поліетиленової оболонки ізоляції труб, стартових і осьових компенсаторів має бути передбачений захисний шар з піщаного ґрунту завтовшки не менше 150 мм. Засипний матеріал не повинен містити каміння, щебеню, гранул з розміром зерен більше 16 мм, залишків рослин, сміття, глини. Стики засипають після гідравлічних випробувань та ізоляції. Над кожною трубою на захисний шар необхідно укладати маркувальну стрічку. Засипання мерзлим ґрунтом забороняється.

На поверхні необхідне відновлення тих же шарів покриття, газонів, тротуарів, які були до початку робіт. До влаштування асфальтового покриття необхідно укладати стабілізуючий шар з гравію за нормативною документацією, що затверджена у встановленому порядку.

У тих місцях, де глибина виїмки ґрунту, ґрунтові характеристики або нетипові умови прокладання не дозволяють вирити звичайну траншею з укосами й прямиками для розміщення компенсаторів, має бути проведено вертикальне кріплення траншеї й прямиків.

При високому рівні ґрунтових вод (вище глибини дна траншеї) у період будівництва трубопроводів повинне бути проведено їх відкачування.

6.1.4 Транспортування та зберігання елементів трубопроводів ПТПУ поблизу місця проведення робіт.

6.1.4.1 Транспортування та зберігання елементів трубопроводів ПТПУ поблизу місця проведення робіт має проводитись згідно з ДСТУ Б В.2.5-31 та цим стандартом.

6.1.4.2 Перевозити елементи трубопроводів ПТПУ необхідно автотранспортом з подовженим причепом або іншим транспортом, пристосованим для перевезення труб. У транспорті повинне бути передбачене пристосування, що запобігає скочуванню й переміщенню продукції в кузові під час перевезення.

6.1.4.3 При навантаженні елементів трубопроводів ПТПУ необхідно вжити заходів, що забезпечують схоронність оболонки і ізоляції.

Розвантаження труб ПТПУ та інших елементів має проводитись з використанням підйомних транспортних засобів, оснащених м'якими стропами.

При використанні траверс і високоміцних м'яких рушників або сталевих стропів із торцевими захватками їх довжина повинна бути підібрана так, щоб кут між ними в місці приєднання до гака не більше 90°.

При проведенні вантажно-розвантажувальних робіт забороняється розвантажувати автотранспорт з трубами ПТПУ самоскиданням, скиданням, а також пересувати труби волоком.

6.1.5 Розкладання труб та фасонних виробів по трасі.

6.1.5.1 Роботи повинні проводитись за температури навколишнього повітря не нижче мінус 15 °С. Якщо температура зовнішнього повітря нижче мінус 15 °С, переміщення й монтаж трубопроводів в відкритому повітрі не рекомендуються.

6.1.5.2 Перед укладанням труб ПТПУ в траншею проводиться візуальний контроль зовнішнього вигляду оболонки і цілісності сигнальних проводів системи ОДК і окремих елементів. Всі елементи ретельно оглядають з метою виявлення тріщин, відколів, глибоких надрізів поліетиленової оболонки.

6.1.5.3 При виявленні надрізів і тріщин оболонки завдовжки більше 300 мм і завглибшки більше 1/3 товщини стінки виробу відбраковують. Дрібні дефекти й проколи зашпаровуються на місці шляхом екструзійного зварювання або іншим способом.

Укладання труб та фасонних виробів ПТПУ з ушкодженою оболонкою забороняється.

6.1.5.4 Для перевірки стану ізоляції й цілісності сигнальних проводів системи ОДК елементи трубопроводів, що підлягають монтажу на трасі, а також при роботах з ізоляції стиків повинні застосовуватися високовольтні тестери.

Перевірка ізоляції повинна виконуватися напругою 500 В. Якщо ізоляція суха, прилад повинен показувати "нескінченність" або величину більше 2000 МОм. Опір ізоляції елементів трубопроводу повинен бути не менше 10 МОм на один елемент.

6.1.5.5 Розмотування бухт та котушок із трубами РЕ-Х/ПЕ проводять після зняття пакувального покриття з зовнішнього діаметра бухти або котушки, вживаючи заходів безпеки від удару кінця труби, що звільняється.

6.1.5.6 Труби РЕ-Х/ПЕ згідно з ДСТУ Б В.2.5-31 укладаються змійкою з котушок безпосередньо в траншею відповідно до робочого проекту трубопроводу.

6.1.5.7 При проходженні трубопроводів ПТПУ через стіни, фундаменти і перекриття з цегли, бетону, інших негорючих матеріалів у стінах, фундаментах і перекриттях монтується прохідні гофровані оболонки з поліетилену або гумові прохідні ущільнення циліндричної форми. В інших випадках при проходженні трубопроводів ПТПУ через стіни, фундаменти і перекриття гофровані оболонки поліетилену чи гумові прохідні ущільнення циліндричної форми повинні бути встановлені у гільзи з негорючих матеріалів згідно з 5.6.2 НАПБ А.01.001 і 5.6.3 НАПБ А.01.001.

Трубопроводи ПТПУ прокладаються так, щоб уникнути безпосереднього контакту зовнішньої поверхні оболонки з матеріалом стін чи фундаментів, перекриттів і ушкодження оболонки при експлуатації трубопроводу.

6.1.5.8 Під час прокладання трубопроводів ПТПУ видів ПП/ПЕ та РЕ-Х/ПЕ під дорогами, при проведенні будівництва відкритим способом рекомендується встановлювати бетонні

розвантажувальні плити згідно з ГОСТ 12767 чи ГОСТ 13580 згідно та технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

6.1.5.9 Трубопроводи ПТПУ повинні прокладатися на відстані не менше одного метра від будь-яких тепловипромінюючих поверхонь незалежно від їх температури.

6.1.6 Зварювання (з'єднання) провідних елементів трубопроводу.

6.1.6.1 Зварювання провідних елементів труб та фасонних виробів проводиться після укладання труб у траншею. Допускається зварювати труби між собою на брівці траншеї. Перед зварюванням їх розміщують на тимчасових опорах (стиролових блоках, мішках з піском тощо).

Для попереднього нагрівання труб СТ/ПЕ по трасі трубопроводу можуть бути використані мережна вода, повітряні калорифери або підігрівачі води.

6.1.6.2 Провідні елементи зі сталі зварюють у стик.

6.1.6.3 Монтажні й зварювальні роботи за температури зовнішнього повітря нижче мінус 10 °С повинні проводитись у спеціальних кабінах, де температура повітря в зоні зварювання повинна підтримуватися не нижче 0 °С

6.1.6.4 Присадкові матеріали для зварювання провідних труб зі сталі повинні мати механічні властивості, близькі до властивостей основного матеріалу провідних труб. Допускаються всі типи зварювання плавленням, електродуговим зварюванням електродами з покриттям і електродуговим зварюванням у середовищі захисних газів.

6.1.6.5 Граничні відхили кутів між перехресними поздовжніми осями провідних труб зі сталі з d_v не більше 200 мм повинні бути не більше (+ 2) %, для труб з d_v більше 200 мм – не більше (+ 1) %

6.1.6.6 При проведенні зварювальних робіт необхідно:

– виключити ймовірність нагрівання пінополіуретанової ізоляції до температури понад 150 °С, щоб уникнути утворення на робочому місці токсичних викидів;

– ретельно очистити перед зварюванням поверхні неізолізованих кінців провідного елемента від залишків пінополіуретану;

– видалити з ґрунту на робочому місці зварника залишки пінополіуретану.

6.1.6.7 Після проведення зварювання провідних труб зі сталі кожен зварювальний шов повинен перевірятися методами неруйнівного контролю згідно з ГОСТ 15027 і технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

6.1.6.8 З'єднання провідних труб із поліпропілену проводяться зварюванням нагрітим інструментом у стик або врозтруб з використанням фасонних виробів з поліпропілену згідно з ДСТУ Б В.2.5-18 та фасонних виробів, що виготовлені зварюванням у стик елементів, що виготовлені з труб поліпропілену ПП-80, тип 3 згідно з ДСТУ Б В.2.7-93 за технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

6.1.6.9 З'єднання провідних труб і провідних елементів виробів ПП/ПЕ і ПП/НМ з арматурою ПП/ПЕ і ПП/НМ проводять з використанням переходів "поліпропілен – сталь" зварюванням нагрітим інструментом у стик або врозтруб з використанням фасонних виробів з поліпропілену згідно з ДСТУ Б В.2.5-18 за технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

6.1.6.10 З'єднання провідних труб з РЕ-Х проводяться з використанням перехідників "поліетилен – метал" і деталей з'єднувальних згідно з ДБН В.2.5-22, том 2.

6.1.6.11 З'єднання провідників системи сигналізації ушкоджень трубопроводів СТ/ПЕ і СТ/НМ проводиться пайкою із вжиттям заходів, що виключають можливість взаємного контакту й ушкодження провідників при заповненні стику ізоляцією.

6.1.6.12 Приєднання провідних труб трубопроводу, виконаного з використанням труб РЕ-Х/ПЕ, ПП/ПЕ, ПП/НМ до джерела теплоносія, проводиться через запірну арматуру згідно з ГОСТ 8943.

6.1.7 Улаштування нерухомих, ковзних опор, теплових камер, дренажних засобів тощо.

6.1.7.1 Улаштування нерухомих, ковзних опор, теплових камер, дренажних засобів повинно проводитись згідно з проектом трубопроводу та конструкторською документацією, що затверджена в встановленому порядку.

6.1.7.2 Відстань від стику трубопроводу до зовнішньої поверхні камери або до конструкції з'єднання каналної й безканалної ділянок повинна бути не менше 2 м.

6.1.7.3 Монтаж збірних елементів дренажних колодязів має проводитися після інструментальної перевірки підґрунтя з піску, щебеню за ступенем ущільнення або бетону під конструкцією колодязів.

6.1.7.4 Запірна арматура з діаметром умовного проходу 300 мм та більше, в залежності від конструкції й потреби у періодичному обслуговуванні, повинна встановлюватися безпосередньо в ґрунті з виведенням під "килим" подовжувачів штоків запірної арматури. Допускається установка запірної арматури у камерах, а також у колодязях мілкого закладання.

6.1.7.5 З'єднання оболонок і засипання траншеї виконуються після проведення гідравлічних випробувань трубопроводу.

6.1.7.6 З'єднання оболонок труб і деталей СТ/ПЕ і ПП/ПЕ проводиться з використанням муфт з'єднувальних термодифузійних і муфт з'єднувальних термоусадочних згідно з додатком А.

Порядок проведення з'єднання оболонок з використанням муфт з'єднувальних наведено у додатку А.

Допускається використовувати для з'єднання оболонок з номінальним зовнішнім діаметром ≥ 315 мм муфти складані закордонного виробництва, що випускаються серійно за технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

6.1.7.7 З'єднання оболонок труб РЕ-Х/ПЕ проводиться згідно з ДБН В.2.5-22, том 2.

6.1.7.8 Засипання трубопроводів ПТПУ здійснюється піском дрібною чи середньої фракції згідно з ДСТУ Б В.2.7-32 до відстані у світлі не менше 0,3 м у горизонтальному чи вертикальному напрямках від трубопроводу. Ущільнення піску під, над і з боків трубопроводу повинне бути виконане вручну з використанням дерев'яної лопати або трамбування іншими не механічними засобами, що виключають ушкодження оболонки труб ПТПУ.

Механічні засоби для ущільнення ґрунту допускається застосовувати над і з боків трубопроводу тільки тоді, коли товщина ущільненого піску над і з боків трубопроводу досягне 0,3 м.

6.1.7.9 Під час рівнобіжного прокладання в одній траншеї двох і більше трубопроводів ПТПУ відстань у світлі по горизонталі між ними повинна бути не менше 0,05 м.

7 ПРИЙМАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ

7.1 Приймання і введення в експлуатацію трубопроводів ПТПУ повинні проводитися згідно з постановою КМУ № 1243 від 22.09.2004 після проведення гідравлічних випробувань.

7.2 Перед проведенням гідравлічних випробувань трубопроводів ПТПУ слід робити продування провідних труб з метою очищення їх внутрішньої поверхні.

Перед проведенням гідравлічних випробувань проводять присипку трубопроводу по довжині випробовуваної ділянки на $(0,30 \pm 0,05)$ м вище верхньої оболонки за винятком розвідних колодязів та муфт з'єднувальних.

7.3 Гідравлічні випробування трубопроводів ПТПУ проводять після зовнішнього огляду трубопроводів і усунення видимих дефектів оболонки. Довжина ділянки трубопроводу, що піддається гідравлічним випробуванням, повинна бути не більше 1 км.

7.4 Гідравлічні випробування повинна проводити будівельно-монтажна організація в присутності представника замовника.

7.5 При проведенні гідравлічних випробувань повинна використовуватися апаратура згідно з ГОСТ 24157.

7.6 Гідравлічні випробування слід проводити після установки арматури і випробувального обладнання згідно з 7.5. Якщо арматура, яка встановлена на трубопроводі, не розрахована на випробувальний тиск, її замінюють на час проведення випробувань заглушками або пробками.

7.7 Гідравлічні випробування трубопроводів ПТПУ проводять при повному заповненні випробовуваної ділянки трубопроводу водою з температурою не вище 20 °С і за температури зовнішнього повітря не нижче 0 °С. Швидкість заповнення трубопроводу водою повинна бути не більше (10 ± 3) дм³/с.

На випробовуваній ділянці трубопроводу в провідних сталевих трубах для опалення створюють випробувальний тиск $(2,4 \pm 0,1)$ МПа, у провідних трубах для водяного опалення з РЕ-Х – $(0,9 \pm 0,1)$ МПа, в провідних трубах для гарячого водопостачання з РЕ-Х і ПП-80, тип 3 – $(1,5 \pm 0,1)$ МПа. Випробувальний тиск підтримують протягом (30 ± 5) хв. Падіння тиску в трубопроводі за рахунок зміни геометричних параметрів провідних труб з РЕ-Х чи ПП-80, тип 3 під дією внутрішнього тиску компенсують додаванням необхідної кількості води у випробовувану ділянку трубопроводу. Потім випробувальний тиск у провідних трубах знижують до $(1,2 \pm 0,1)$ МПа – для сталевих труб, $(0,3 \pm 0,1)$ МПа – труб з РЕ-Х для водяного опалення, $(0,5 \pm 0,1)$ МПа – труб з РЕ-Х і ПП-80, тип 3 для гарячого водопостачання.

Після стабілізації випробувального тиску в провідних трубах проводять безперервний контроль його за допомогою манометра протягом контрольного часу (90 ± 5) хв.

7.8 Результати гідравлічних випробувань трубопроводу слід вважати позитивними, якщо протягом контрольного часу (90 ± 5) хв тиск у трубопроводі залишається незмінним (немає видимого падіння тиску на манометрі).

При спостереженні падіння тиску протягом контрольного часу роблять огляд трубопроводу, усувають ушкодження і повторюють випробування до одержання позитивного результату.

7.9 Після завершення гідравлічних випробувань проводять закриття розвідних колодязів, з'єднання захисних оболонок за допомогою муфт з'єднувальних і засипання трубопроводу згідно з 6.18.

8 ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРУБОПРОВОДІВ

8.1 Технічна експлуатація трубопроводів повинна відповідати вимогам "Правил технічної експлуатації систем тепlopостачання комунальної енергетики України", чинним нормативно-правовим актам України і цьому стандарту.

8.2 Під час експлуатації трубопроводів, виконаних з використанням труб РЕ-Х, граничні і робочі значення тисків води і температури води повинні бути не більше значень, зазначених для провідних труб зі структурованого поліетилену в ДСТУ Б В.2.5-17.

8.3 Під час експлуатації трубопроводів, виконаних з використанням труб із ПП-80, тип 3, граничні і робочі значення тисків води і температури води повинні бути не більше значень, зазначених для провідних труб з поліпропілену в ДСТУ Б В.2.7-93.

9 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ Й ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

9.1 Вимоги безпеки при монтажі, прийманні й експлуатації трубопроводів ПТПУ для гарячого водопостачання й опалення повинні задовольняти вимоги НПАОП 0.00-1.11, розділу 5 НАПБ А.01.001, розділу 6 ДСТУ Б В.2.5-17 і розділу 6 ДСТУ Б В.2.7-93.

9.2 До робіт із монтажу повинні бути допущені монтажники зовнішніх трубопроводів не нижче четвертого розряду, що пройшли інструктаж з безпеки праці при будівництві трубопроводів гарячого водопостачання й опалення.

9.3 При проведенні розмотування бухт і котушок із трубами РЕ-Х/ПЕ категорично забороняється перебувати в секторі можливого удару при випрямленні вільного кінця труби.

9.4 Трубопроводи ПТПУ при експлуатації не мають шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Додаток А
(довідковий)

МЕТОДИ ІЗОЛЯЦІЇ СТИКІВ ТЕПЛОІЗОЛЬОВАНИХ ТРУБ І ФАСОННИХ ВИРОБІВ

Примітка. Додаток складено з урахуванням рекомендацій [6].

А.1 Ізоляція стикового з'єднання за допомогою електрозварної муфти

А.1.1 Загальні вимоги

- місце в траншеї для виконання теплогідроізоляції зварного з'єднання повинно бути сухим відкритим, доступним та розширеним;
- труба провідна повинна бути сухою, очищеною від бруду, іржі тощо;
- під час зварювання сталевих труб потрібно захистити від високої температури пінопіліуретанну ізоляцію спеціальним щитком;
- зварні з'єднання сталевих труб повинні пройти випробування методами неруйнівного контролю.

А.1.2 Муфта зварна

Муфта зварна має бути виготовлена з того ж самого матеріалу, що й зовнішня труба-оболонка, мати товщину стінки не менше ніж труба-оболонка. Під час електронного контролювання процес зварювання муфта та труба-оболонка зварюються в одне ціле. Перед заповненням ізоляцією муфта зварена з трубою-оболонкою, має витримати випробування на герметичність під дією внутрішнього тиску.

Вузол зварної муфти складається з наступних елементів (рисунок А.1):

- зварна муфта;
- елементи оснащення:
 - а) конічні пробки – 2 шт.;
 - б) регульовальні болти;
 - в) установчий місток – 1 шт.;
 - г) дренажні пробки для видалення повітря – 2 шт.

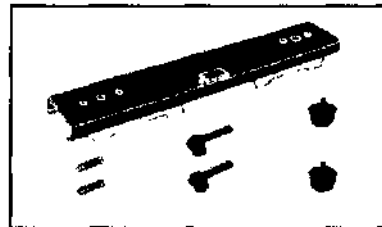
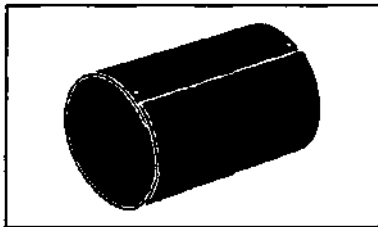


Рисунок А.1 – Елементи зварної муфти

А.1.3 Інструкція з монтажу

Примітка. Монтаж необхідно проводити згідно з рекомендаціями виробника. Нижче як приклад подано один з варіантів монтажу.

Відкрити з'єднання так, щоб місце з'єднання було чистим. Перед установленням муфти зачищають обидва кінці поліетиленової захисної труби на ділянці не менше 60 мм за допомогою металевої щітки, щоб усунути окислений та жирний шар з поверхні зовнішньої труби. Треба переконатися, що правильна відстань між кінцями труби. Кінці зовнішньої труби повинні бути паралельними. Обріз варто робити перпендикулярно до сталеві труби.

Після зачищення та підготовки на сталевій трубі встановлюється місток 8-10 см зверху (рисунок А.2). Місток повинен сприймати натиск при зварюванні.

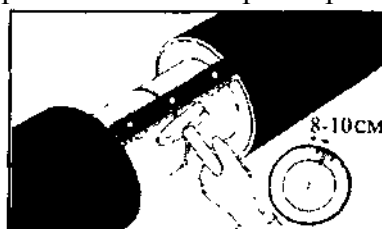


Рисунок А.2

Регулювання болтів слід зробити так, щоб установочний місток знаходився в одній площині із зовнішньою трубою та був паралельним сталевій трубі. Регулювальні болти не повинні торкатися проводів аварійної сигналізації.

Місток вводиться рівномірно в поверхню піни нижче зовнішньої труби до упору. Необхідно, щоб відстані між містком та зовнішньою трубою були однакові з обох кінців (рисунок А.3).

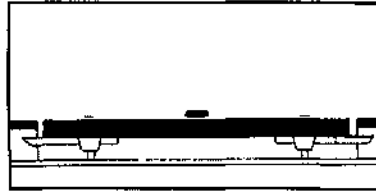


Рисунок А.3

Отвори для заповнення піною повинні знаходитися в положенні 12 год. Потім усі зварні поверхні, тобто всі зачищені місця та місця упору з внутрішньої сторони витираються спиртом.

Через середину муфти проводиться затискна стрічка. Необхідно переконатися в тому, чи торкається муфта зовнішньої труби по всьому колу. До закладання муфти підганяється поздовжня рейка, що притискається разом з гумовою підкладкою. Рейку варто розташовувати рівномірно на обох кінцях. Для центрування можна використовувати також заливочні отвори (рисунок А.4).

Навколо муфти обмотують дві стрічки та частково їх затискають (рисунок А.4).

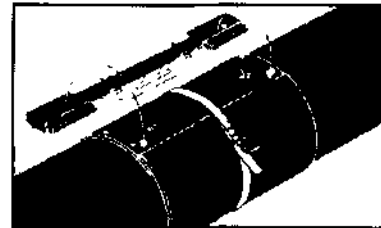
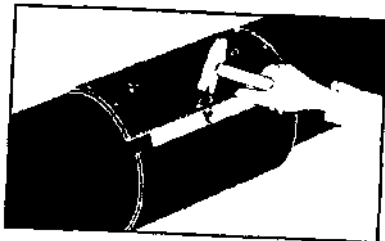


Рисунок А.4

Кріплення розміщується у внутрішніх пазах на муфтовому з'єднанні нормальної довжини. У такий спосіб тиск при зварюванні буде розподілятися рівномірно на дротах. Протилежний кінець поясу розміщується на гаку кріплення і механізм закриття відтягується назад так, щоб пояс щільно охоплював усю зону зварювання.

Натискна поздовжня рейка з'єднується з одним із поясів за допомогою сполучного дроту. Дріт з обома з'єднувачами підводиться до поясів та до зварювальної машини. Потім з'єднують два дроти зварювальної машини з електричними дротами в отворах для заповнення піною. Це з'єднання необхідно виконати дуже ретельно.

Затискачі повинні бути затиснуті сильно. Включають зварювальну машину, яка почне відраховувати необхідну тривалість зварювання та автоматично закінчить роботу (рисунок А.5).

З'єднання перевіряється випробуванням на внутрішній тиск (0,05 МПа) та на мильну воду (рисунок А.6).

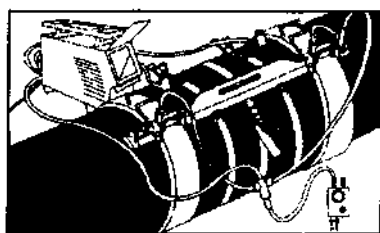


Рисунок А.5

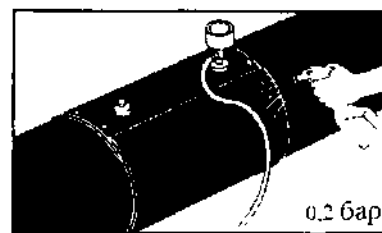


Рисунок А.6

Вентиляційні заглушки вставляються в отвори для заливання піни. Після затвердіння піни (через 15 хв) ці заглушки усувають, отвори закривають конічними пробками. Для свердління отворів застосовуються конічні свердла. Пробки зварюються нагрівальним елементом врозтруб.

А.2 Ізоляція стикового з'єднання за допомогою термоусадкової муфти

Поліетиленові муфти, які застосовуються для цього способу, можуть бути рознімні та нерознімні.

Рознімні муфти застосовуються, як правило, при ремонті трубопроводів і можуть встановлюватися після зварювання металевого трубопроводу з наступною герметизацією горизонтального шва муфти ручним екструдером.

Нерознімна або рознімна муфти розміщаються на прилеглому краї труби.

Після зварювання зачищають поверхню труби, видаляють шар ППУ з торцевої поверхні труби на глибину до 30 мм та зачищають її наждаковим папером або металевою щіткою, після чого знежирюють поліетиленову оболонку труб під муфтою та з'єднують провідники системи ОДК.

Розміщають муфту по центру стику й садять по черзі краї муфти за технологічною документацією, що затверджена у встановленому порядку.

Торці муфти зварюють з поверхнею оболонки труби за технологічною документацією, що затверджена у встановленому порядку, та проводять перевірку герметичності.

Заливають у заздалегідь підготовлені отвори суміш компонентів пінополіуретану, чекають завершення реакції спінювання й закривають отвори.

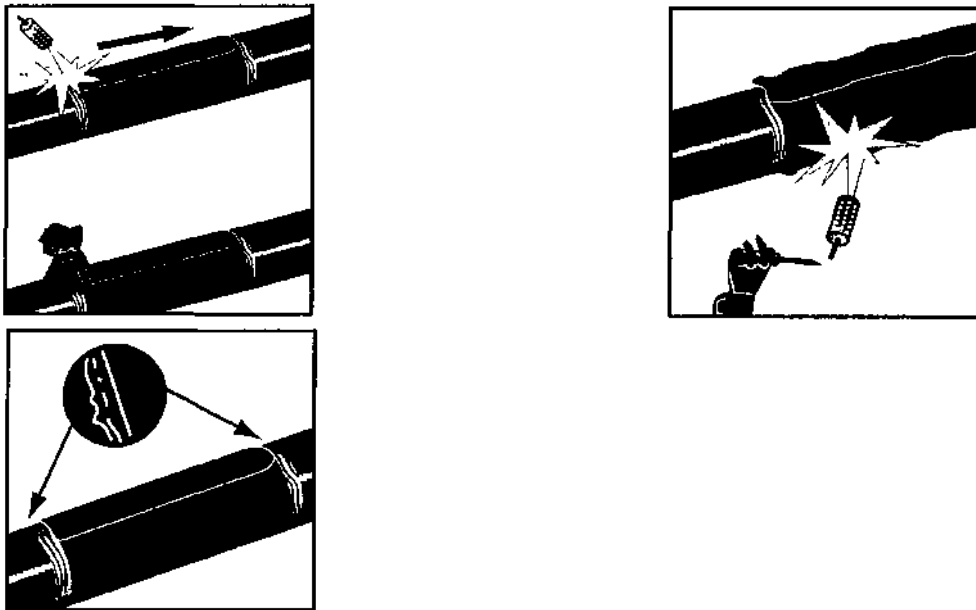


Рисунок А.7 – Ізоляція стикового з'єднання за допомогою термоусадкової муфти

А.3 Ізоляція стикового з'єднання за допомогою рознімного кожуха

Після зварювання металевих труб необхідно зачистити їх поверхню, видалити шар пінополіуретану з торцевої поверхні, зачистити й знежирити поліетиленову оболонку труб у місці стику, з'єднати провідники системи ОДК.

Поміщають на стикове з'єднання рознімний кожух з напустком на краї оболонки та фіксують його. В залежності від конструкції кожуха можливі такі варіанти фіксації:

- бандажними стрічками й саморізами;
- конічними затискачами.

Заливають у заздалегідь підготовлені отвори суміш компонентів пінополіуретану, чекають завершення реакції спінювання й закривають отвори.

Гідроізоляцію стикового з'єднання на кожусі виконують термоусадковою стрічкою.

Докладні інструкції із застосування матеріалів для ізоляції стикового з'єднання надає фірмовий виробник продукції та постачальник муфт.

Виробник теплоізолюваних труб або атестована будівельна організація мають право застосовувати іншу технологію ізоляції стикового з'єднання, що пройшла випробування й погоджена з усіма зацікавленими організаціями.

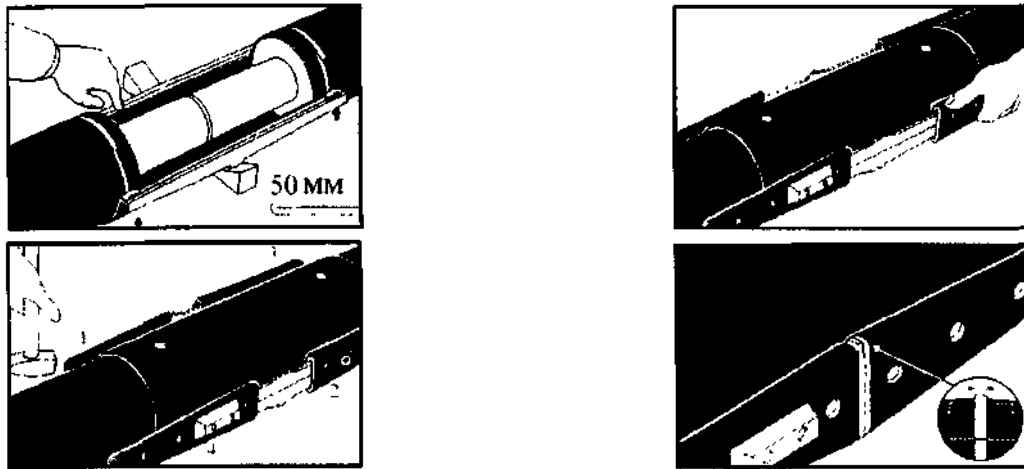


Рисунок А.8 – Ізоляція стикового з'єднання за допомогою рознімного кожуха з кінчними затискачами

Додаток Б
(довідковий)

РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ТА МЕРЕЖ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРУБОПРОВОДІВ ПТПУ

Примітка. Додаток викладено з урахуванням рекомендацій [2,3,6]

Б.1 Вимоги до проектної документації

При розробленні проектної документації на теплові мережі з використанням трубопроводів ПТПУ необхідно передбачати наступне:

- на монтажній схемі трубопроводів необхідно показати всі елементи попередньо ізольованих трубопроводів згідно з таблицею Б.1;
- до проекту трас з аварійною сигналізацією має входити окремим документом схема системи аварійної сигналізації з позначенням всіх елементів системи;
- у специфікації до проекту необхідно вказати всі попередньо ізольовані елементи траси, елементи системи аварійної сигналізації із зазначенням познач згідно з каталогом виробів.






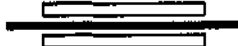


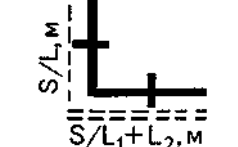


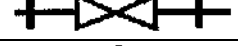
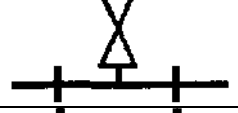

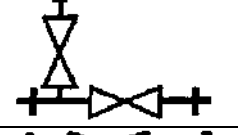

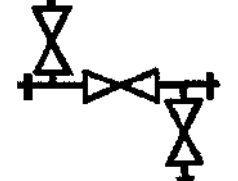
Вся документація повинна бути виконана чітко, якісно та має забезпечити однозначність трактування проектних рішень. На вимогу замовника проектна організація зобов'язана надати розрахунок до проекту.

Б.2 Умовні графічні позначки



Умовні графічні позначки елементів попередньо ізольованих трубопроводів теплових мереж безканальної прокладки видів СТ/ПЕ та ПП/ПЕ наведено в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1

Позначення	Назва
	Труба пряма повна
	Труба дорізна
	Зварний стик з теплогідроізоляцією
	Коліно (відвід) горизонтальне
	Коліно (відвід) вертикальне (напрямок вниз)
	Коліно (відвід) вертикальне (напрямок вгору)
	Трійник прямий
	Трійник кутовий
	Трійник паралельний
	Перехід діаметрів
	Умовна нерухома опора

Позначення	Назва
	Наявна (фізична) нерухома опора
	Компенсатор сильфоновий: В – вільний; Д – допоміжний ("міні")
	Компенсатор разовий ("стартовий")
	Ковпак кінцевий термоусадковий
	Кільце гумове ущільнювальне
	Перетин стін з посиленим ущільненням
	Адаптер
	Муфта кінцева
	Компенсаційна зона
	Горизонтальна зміна напрямку на з'єднанні (стику)
	Вертикальна зміна напрямку на з'єднанні (стику)
	Арматура відсікаюча ізольована
	Випуск повітря
	Дренаж (спуск води із системи)
	Арматура відсікаюча з випуском повітря
	Арматура відсікаюча зі спуском води із системи
	Арматура відсікаюча з випуском повітря та спуском води із системи

Кінець таблиці Б.1

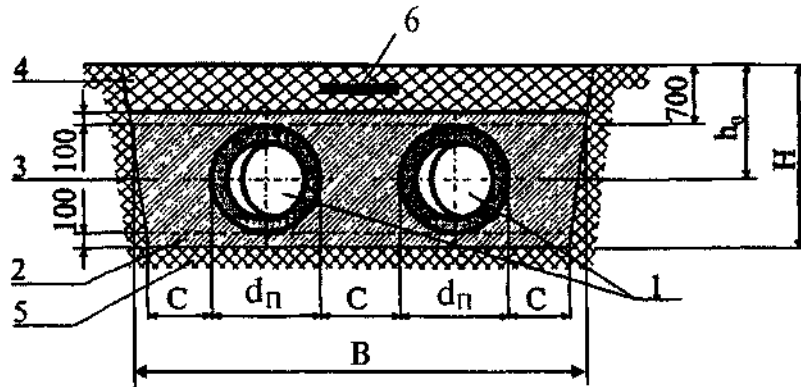
Позначення	Назва
	Арматура відсікаюча з двома випусками повітря
	Арматура відсікаюча з двома спусками води

Б.3. Познаки та скорочення

Познаки та скорочення – згідно з розділом 3 цього стандарту. Для деяких загальних позначок умови застосування та індекси знайшли своє пояснення при розгляді конкретних формул та рисунків.

Б.4 Розташування труб у траншеї

При прокладанні попередньо ізольованих труб у траншеї необхідно витримати мінімальні відстані згідно з рисунком Б.1 та таблицею Б.2.



1 – труба СТ/ПЕ (ПП/ПЕ); 2 – підсипка піском; 3 – засипка піском; 4 – засипка ґрунтом; 5 – основний ґрунт; 6 – стрічка сигнальна

Рисунок Б.1 – Розташування труб ПТПУ в траншеї

Таблиця Б.2- Мінімальні відстані між трубами і мінімальні розміри траншеї

У міліметрах

$d_v (d_{ппп})$	$D_{ПЕ}$	$A, \text{ min}$	$B, \text{ min}$	$C, \text{ min}$	$h_0, \text{ min}$	$H^*, \text{ мм}$
25	90	240	630	150	750	890
32	110	260	670	150	760	910
40	110	260	670	150	760	910
50	125	275	700	150	770	930
65	140	290	730	150	770	940
80	160	310	770	150	780	960
100	200	356	850	150	800	1000
100	200	350	850	150	800	1000
125	225	425	1050	200	820	1025
150	250	450	1100	200	830	1050
200	315	515	1230	200	860	1115
250	400	600	1400	200	900	1200
300	450	650	1500	200	930	1250
350	500	700	1600	200	950	1300
400	560	760	1720	200	980	1360
450	630	830	1860	200	1020	1430
500	710	910	2020	200	1060	1510
600	800	1000	2200	200	1100	1600
700	900	1100	2400	200	1150	1700
800	1000	1200	2600	200	1200	1800

Примітка. Розміри, виділені у верхній частині таблиці Б.2, стосуються труб СТ/ПЕ та ПП/ПЕ.

Показники в таблиці Б.2 наведені для глибини залягання від верху труби до поверхні землі. Мінімальна глибина залягання приймається 700 мм.

Для зручності проведення монтажних робіт траншею можна розширити на (200 ± 100) мм по відношенню до розмірів, що вказані у таблиці Б.2.

Б.5 Нормативне навантаження від ваги ґрунту

Нормативне навантаження від ваги ґрунту на одиницю довжини трубопроводу, що укладається в траншеї $q_{гр}$, Н/м, визначають за формулою:

$$q_{гр} = \eta_h \cdot \gamma_{гр} \cdot B \cdot h, \quad (\text{Б.1})$$

де B – розрахункова ширина траншеї на рівні верху ізоляції;

$$h = \left(h_0 - \frac{D_{ПЕ}}{2} \right), \quad (\text{Б.2})$$

η_h – коефіцієнт вертикального тиску ґрунту, визначений за таблицею Б.3.

Таблиця Б.3

Н/В	Коефіцієнт вертикального тиску η_h для типів ґрунтів				
	1	2	3	4	5
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,0	0,82	0,84	0,86	0,89	0,91
2,0	0,68	0,73	0,76	0,80	0,82
3,0	0,59	0,63	0,66	0,70	0,74
4,0	0,52	0,55	0,58	0,64	0,66
5,0	0,45	0,48	0,51	0,56	0,60
6,0	0,40	0,44	0,46	0,50	0,54
7,0	0,35	0,39	0,42	0,45	0,50
8,0	0,32	0,35	0,38	0,42	0,46
9,0	0,29	0,32	0,35	0,39	0,44
10,0	0,27	0,30	0,34	0,37	0,40

Примітка. Позначки типів ґрунтів, що використано у цій таблиці:

- 1 – піски маловологі й рослинний ґрунт;
- 2 – піски й рослинний ґрунт вологі й насичені водою, супісок твердий, тугопластичний і пластичний; суглинок твердий і тугопластичний;
- 3 – супісок м'якопластичний і текучий; суглинок пластичний, глина тверда й тугопластична;
- 4 – суглинок м'якопластичний і текучий; глина пластична й м'якопластична;
- 5 – глина текуча.

Розрахункова ширина траншеї B , мм, при однотрубному прокладанні не повинна перевищувати:

- при значеннях $D_{\text{ПЕ}} \leq 700$ мм

$$B = 2 \cdot (D_{\text{ПЕ}} + 100) \cdot \operatorname{tg}(90 - \vartheta) \cdot D_{\text{ПЕ}} + 300,$$

- при значеннях $D_{\text{ПЕ}} > 700$ мм

$$B = 2 \cdot (D_{\text{ПЕ}} + 100) \cdot \operatorname{tg}(90 - \vartheta) \cdot D_{\text{ПЕ}} + 1,5 \cdot D_{\text{ПЕ}}.$$

Значення кута крутості ϑ укосу приймаються за таблицею Б.4.

Таблиця Б.4

Ґрунти	Кут крутості укосу ϑ , град, при глибині траншеї h , м		
	$\leq 1,5$	$1,5 < h \leq 3,0$	$> 3,0$
Піщані гравійні	63	45	45
Супіски	76	56	50
Суглинки	90	63	53
Глини	90	63	63

При двотрубному прокладанні у формулу (Б.1) замість B варто підставляти $B/2$.

Примітка. У цих та подальших розрахунках застосовується коефіцієнт перевантаження n_i : 1,2 – до щільного ґрунту; 1,1 – до ваги труби, 1,2 – до ваги ізоляції; 1,0 – до внутрішнього тиску; 1,0 – до ваги транспортованого середовища (води).

Б.6 Визначення товщини стінки згідно з ОСТ 108.031.09

Б.6.1 Коефіцієнти зниження міцності

При розрахунку елементів, що мають зварні шви або отвори, варто враховувати коефіцієнти зниження міцності φ , що приймається найменшим із двох значень:

$$\varphi = \min[\varphi_w; \varphi_d]. \quad (\text{Б.5})$$

Коефіцієнти зниження міцності зварних швів φ_w , приймаються згідно з ОСТ 108.031.10.

Б.6.2 Розрахункова й номінальна товщини стінок

Розрахункову товщину стінки труб і деталей трубопроводу e_R варто обчислювати за формулами (Б.8) – (Б.28).

Номінальну товщину стінки труби або деталі трубопроводу $e_{нСТ}$, мм, варто визначати виходячи з умови

$$e_{нСТ} \geq e_R + c \quad (Б.6)$$

округленням до значення найближчої більшої товщини стінки. Допускається округлення у бік меншої товщини стінки, якщо різниця не перевищує 3 %.

Збільшення c варто визначати за формулою:

$$c = c_1 + c_2, \quad (Б.7)$$

c_1 – технологічне збільшення, яке приймається рівним від'ємному відхиленню товщини стінки за стандартами і технічними умовами;

c_2 – збільшення на корозію й зношування, прийняте за нормами проектування з урахуванням розрахункового строку експлуатації.

Для труб-заготовок, що використовуються для згинання відводів на верстатах, збільшення c_1 дорівнює сумі допусків на мінімальну товщину стінки труби-заготовки й максимальне потоншення при згинанні. Остання величина за відсутності спеціальних вказівок визначається як $e_{нСТ} / (1 + 2R / d_{вн})$.

Для деталей трубопроводів, які виготовляються з труб шляхом зварювання (секторні відводи, зварні трійники), збільшення c_1 дорівнює допуску на мінімальну товщину стінки труби-заготовки.

Для деталей трубопроводів, виготовлених із труб шляхом гарячого або холодного деформування крутогнуті відводи, штамповані трійники), збільшення c_1 дорівнює допуску на мінімальну товщину стінки, зазначеному у відповідних технічних умовах.

Б.6.3 Труби

Розрахункову товщину стінки труби варто визначати згідно з ОСТ 108.031.09.

Для трубопроводів безканальної прокладки в ґрунті, які мають відношення $e_{нСТ} / d_3 < 0,015$, повинна додатково виконуватися умова

$$e_R \geq \sqrt{\frac{d_3 \cdot \eta_b \cdot (0 < 375g_1 + 0,546g_2)}{\varphi_{bw} \cdot [\sigma]}}, \quad (Б.8)$$

g_1 – навантаження на одиницю довжини трубопроводу від ваги ґрунту й продукту, що заповнює трубу. Навантаження від ваги ґрунту визначається згідно з Б.5;

g_2 – навантаження на одиницю довжини трубопроводу від ваги труби й ізоляції.

$$\eta_b = \frac{1}{1 + \frac{(k_0 \cdot d_3 + 2 \cdot P_p)}{200 \cdot E} \left(\frac{d_3}{e_{нСТ}} \right)^3}, \quad (Б.9)$$

$$k_0 = k_{0u} \cdot k_{0гр} / (k_{0u} \cdot k_{0гр}). \quad (Б.10)$$

Значення, що рекомендуються для k_{0u} та $k_{0гр}$, наведені в таблиці Б.5.

Таблиця Б.5

Найменування	k_{0u} або $k_{0гр}$
Ґрунт	
Пливун, свіжонасипаний пісок, розм'якшена глина	1-5
Залежалий баластовий пісок, насипний гравій, волога глина	5-50
Щільно залежалий пісок і гравій	50-100
Щебінь, глина малої вологості, штучно ущільнений піщано-глинистий ґрунт, тверда глина	100-200
М'яка скеля, вапняк, піщаник	200-1000
Теплова ізоляція	
Пінополіуретан, °С	
100	5
20	15

Б.6.4 Відводи

Розрахункову товщину стінки відводів e_R , мм, визначають за формулами:

$$e_R = \frac{P \cdot d_3}{2 \cdot \varphi_w \cdot [\sigma] + P} k_i, \tag{Б.11}$$

або

$$e_R = \frac{P \cdot d_{BH}}{2 \cdot \varphi_w \cdot [\sigma] - P} k_i. \tag{Б.12}$$

Для безшовних і штамповарних відводів $\varphi_w = 1$, а для гнутих, кругогнутих і секторних (рисунок Б.2, а, б) значення φ_w , варто приймати відповідно до ОСТ 108.031.10.

Значення k_i приймається:

- для гнутих і кругогнутих відводів – за таблицею Б.6;
- для секторних нормалізованих відводів, що складаються із секторів і напівсекторів з кутом скосу $\theta \leq 22,5^\circ$:

$$k_i = \frac{4R - d_3 + e_R}{4R - 2d_3 + e_R}, \tag{Б.13}$$

- для штамповарних відводів при розташуванні зварних швів у площині кривизни (рисунок Б.2)

$$k_i = \frac{4R - d_3 + e_R}{\varphi_w \cdot (4R - 2d_3 + e_R)}, \tag{Б.14}$$

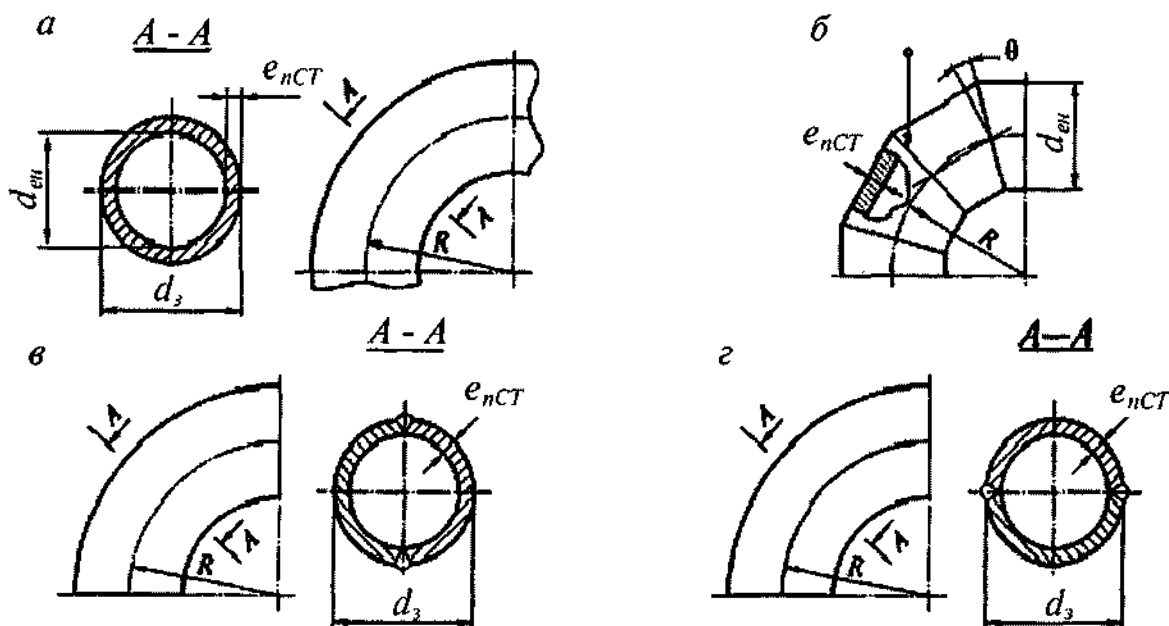
$$k_i = \max \left(\frac{4R - d_3 + e_R}{(4R - 2d_3 + e_R) \cdot \varphi_w}, 1 \right), \tag{Б.15}$$

Коефіцієнт міцності φ_w , у формулах (Б.14) і (Б.15) приймається згідно з ОСТ 108.031.10.

Таблиця Б.6

$R / (d_3 - e_{нСТ})$	Понад 2,0	1,5	1,0
k_i	1,00	1,15	1,30

Примітка. Для проміжних значень $R / (d_3 - e_{нСТ})$ значення k_i визначається лінійною інтерполяцією. $R / (d_3 - e_{нСТ}) < 1,0$ варто приймати $k_i = 1,3$.



а – гнутий; б – секторний; в, г – штамповарний

Рисунок Б.2 – Відводи

Б.6.5 Трійники та врізки

Розрахункова товщина стінки магістралі e_R , мм, розраховується за формулою:

$$e_R = \frac{P \cdot d_{BH}}{2 \cdot \varphi_w \cdot [\sigma] - P} \quad (\text{Б.16})$$

Коефіцієнт міцності φ приймається відповідно до Б.6.1. Коефіцієнт зниження міцності зварного шва φ_w , приймається:

- для зварного трійника – згідно з ОСТ 108.031.10;
- для штампозварного трійника – згідно з ОСТ 108.031.10;
- для штампованого трійника $\varphi_w = 1$.

Розрахункову товщину стінки штуцера (відгалуження) e_R , мм, визначають за формулою:

$$e_R = \frac{P \cdot d_{внВ}}{2 \cdot \varphi_w \cdot [\sigma] - P} \quad (\text{Б.17})$$

Коефіцієнт зниження міцності φ приймається згідно з Б.6.1 цих Норм. Коефіцієнт зниження міцності зварного шва φ_w визначається:

- для зварного трійника – як для магістралі;
- для штампозварного й штампованого трійника – згідно з ОСТ 108.031.10.

Коефіцієнт міцності за рахунок ослаблення отвором магістралі зварного трійника φ_d розраховується за формулою (рисунок Б.4, а):

$$\varphi_d = \frac{2}{1,75 + \frac{d_{внВ}}{\sqrt{(d_3 - e_{нСТ})(e_{нСТ} - c)}}} \left[1 + \frac{\sum A}{2(e_{нСТ} - c)\sqrt{(d_3 - e_{нСТ})(e_{нСТ} - c)}} \right], \quad (\text{Б.18})$$

де c – визначається згідно з формулою (Б.6);

$\sum A$ – сума зміцнювальних площ штуцера й накладки (якщо така є):

$$\sum A = A_b + A_n \quad (\text{Б.19})$$

Для штампованих (штампозварних) трійників (рисунок Б.4, б) замість величини $d_{внВ}$ формулу (Б.18) варто підставляти d_{eq} , мм:

$$d_{eq} = d_{внВ} + 0,25 \cdot r, \quad (\text{Б.20})$$

причому r приймається за кресленням на конкретний трійник, але не менше 5 мм.

Зміцнювальна площа штуцера визначається за формулами:

для зовнішніх штуцерів, конструкція яких відповідає рисунку Б.3, а):

$$A_b = 2 \cdot h_b [(e_b - c) - e_{ob}], \quad (\text{Б.21})$$

де h_b – висота штуцера, мм;

e_b – товщина стінки штуцера, мм;

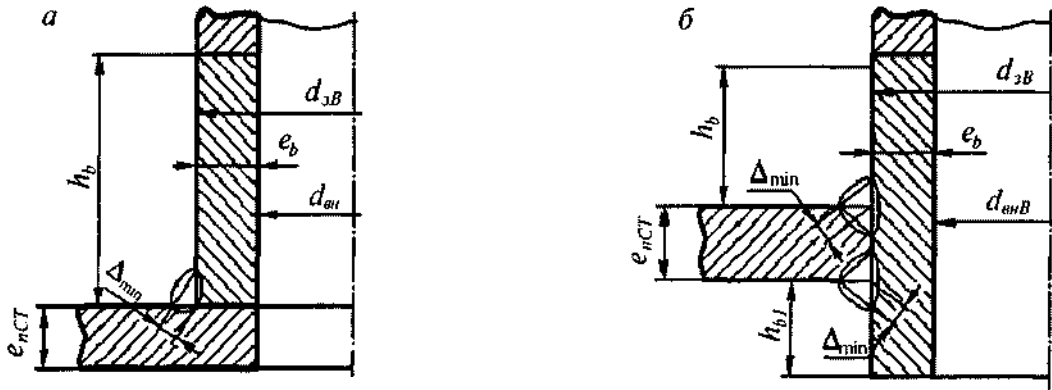
e_{ob} – мінімально допустима товщина стінки штуцера, мм, що обчислюється за формулами

(Б.16) – (Б.17) при значенні $\varphi = 1$.

Для пропущених усередину магістралей штуцерів, конструкція яких відповідає рисунку Б.3, б),

$$A_b = 2 \cdot h_b [(e_b - c) - e_{ob}] + 2 \cdot h_{b1} (e_b - c), \quad (\text{Б.22})$$

де h_{b1} – довжина штуцера всередині магістралі;



а – штуцер примикає до зовнішньої поверхні магістралі; б – штуцер пропущений усередину магістралі

Рисунок Б.3 – Типи зварних з'єднань трийників зі штуцером

Для витягнутої горловини штампованого (штампозварного) трийника, конструкція якого відповідає рисунку Б.4, б,

$$A_b = 2(h_{bs} - h_b)[(e_s - c) - e_{0s}] + 2h_b[(e_b - c) - e_{0b}]. \quad (\text{Б.23})$$

Мінімально допустима товщина стінки e_{0s} визначається за формулами (Б.16) – (Б.17) при значенні $\varphi = 1$. Для штампованих трийників при визначенні e_{0b} у формулу (Б.17) замість $d_{внB}$ варто підставляти d_{eq} .

Розрахункове значення висоти штуцера h_b , мм, приймається відповідно до розміру за кресленням на конкретний штуцер, але не більше певного за формулами:

$$h_b = h_{bs} = 1,25\sqrt{(d_3 - e_b)(e_b - c)}; \quad (\text{Б.24})$$

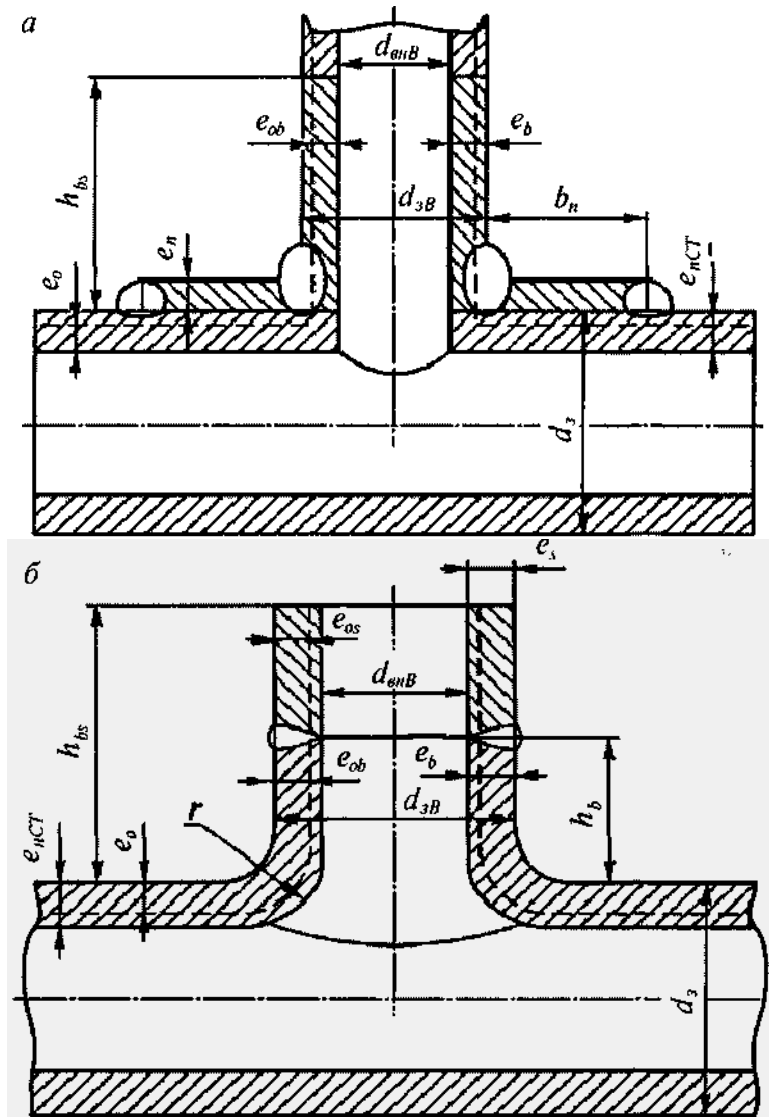
$$h_{b1} = 0,5\sqrt{(d_3 - e_b)(e_b - c)}. \quad (\text{Б.25})$$

При одночасному зміцненні отвору штуцером і накладкою (рисунок Б.4, а) висота зміцнювальна частини штуцера приймається без урахування товщини накладки:

$$h_b = 1,25\sqrt{(d_3 - e_b)(e_b - c)}.$$

Зміцнювальна площа накладки (рисунок Б.4, а), A_n , визначається за формулою:

$$A_n = 2b_n e_n. \quad (\text{Б.26})$$



а – зварний; б – штампований

Рисунок Б.4 – Трійник

Використовуване в розрахунку значення ширини накладки b_n повинне відповідати розміру за кресленням на конкретну накладку, але не більше певного за формулою

$$h_b = 1,25\sqrt{(d_3 - e_b)(e_b - c)}. \quad (\text{Б.27})$$

Якщо у зварних трійниках або врізках номінальна товщина стінки штуцера або приєднаної труби дорівнює $e_{об} + c$ і відсутні накладки, варто приймати $\sum A = 0$. У цьому випадку діаметр отвору повинен бути не більше обчисленого за формулою

$$d_{внБ} = \left(\frac{2}{\varphi_d} - 1,75 \right) \sqrt{(d_3 - e)(e - c)}. \quad (\text{Б.28})$$

Б.7 Сила тертя між ґрунтом і трубою

Переміщення попередньо ізолюваної труби в ґрунті внаслідок температурних видовжень при зміні температури теплоносія призводить до виникнення сили тертя між оточуючим ґрунтом і зовнішньою поверхнею трубопроводу $F_{тр}$, Н/м, що дорівнює:

$$F_{тр} = \mu \cdot \left[(1 - 0,5 \cdot \sin \varphi_n) \cdot \gamma_n \cdot h_0 \cdot \pi \cdot D_{ге} \cdot 10^{-3} + g_{тр} \right], \quad (\text{Б.29})$$

де μ – коефіцієнт тертя поліетиленової оболонки по ґрунту, при терті по піску допускається приймати $\mu = 0,40$;

$g_{тр}$ – вага 1 м теплопроводу з водою, Н/м;

γ_n – питома вага ґрунту й води, Н/м³;

h_0 – глибина засипання стосовно осі труби, м;

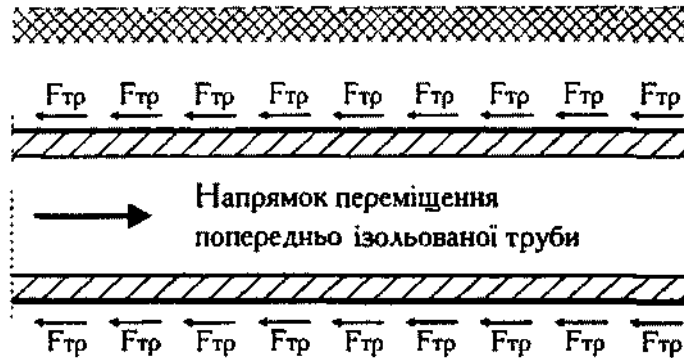


Рисунок Б.5 – Сила тертя між ґрунтом і оболонкою

Б.8 Напруження в трубах, відводах і трійниках – згідно з ОСТ 108.031.09

Б.8.1 Розрахункові напруження

При визначенні розрахункових напружень передбачається, що товщини стінок труб, відводів і трійників задовольняють вимоги розділу Б.6.

Середнє окружне напруження від внутрішнього тиску σ_p , МПа, визначається за формулою:

$$\sigma_p = \frac{P_p \cdot d_{BH}}{2 \cdot e_{нСТ} \cdot \varphi}, \tag{Б.30}$$

де d_{BH} – внутрішній діаметр перерізу, що розраховується;

φ – коефіцієнт зниження міцності, обумовлений згідно з п.Б.6.1.

Середнє окружне напруження від тиску ґрунту в трубопроводах безканальної прокладки σ_u , МПа, визначається за формулою:

$$\sigma_u = \frac{d_3}{\varphi_{bw} \cdot e_{нСТ}^2} \eta_b (0,375g_1 + 0,546g_2), \tag{Б.31}$$

де g_1 – навантаження на одиницю довжини трубопроводу від ваги ґрунту й продукту, що заповнює трубу. Навантаження від ваги ґрунту визначається згідно з розділом Б.5;

g_2 – навантаження на одиницю довжини трубопроводу від ваги труби й ізоляції.

Сумарне середнє окружне напруження σ_φ , МПа, варто визначати за формулою:

$$\sigma_\varphi = \sigma_p + \sigma_u. \tag{Б.32}$$

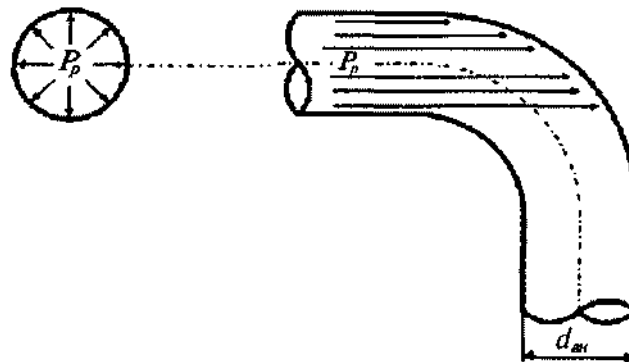


Рисунок Б.6 – Дія тиску теплоносія на стінки провідної труби

Сумарне середнє осьове напруження σ_z , МПа, від внутрішнього тиску, осьової сили і згинального моменту визначається за формулою:

$$\sigma_z = \sigma_{pz} \pm \sigma_{zz} \pm \sigma_b, \tag{Б.33}$$

(знак "+" відповідає розтягу, а "-" – стиску)

де осьове напруження від внутрішнього тиску σ_{pz} , МПа:

$$\sigma_{pz} = \frac{P_p \cdot d_{BH}^2}{4(d_{BH} + e_{нСТ}) \cdot e_{нСТ} \cdot \varphi}, \quad (Б.34)$$

напруження від осьової сили σ_{zz} , МПа:

$$\sigma_{zz} = \frac{F_z}{A_i \cdot \varphi}, \quad (Б.35)$$

осьове напруження від згинального моменту σ_b , МПа:

$$\sigma_b = \frac{0,8}{\varphi_{bw} \cdot W} \sqrt{(i_0 \cdot M_x)^2 + (i_l \cdot M_y)^2}. \quad (Б.36)$$

При визначенні напружень у трубах коефіцієнти інтенсифікації i_0 та i_l приймаються рівними одиниці, тоді формула (Б.36) набуває виду:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{\varphi_{bw} \cdot W}. \quad (Б.37)$$

Напруження від кручення

$$\tau = \frac{M_\kappa}{2 \cdot W}. \quad (Б.38)$$

Радіальне напруження від внутрішнього тиску σ_r , МПа, визначається за формулою:

$$\sigma_r = -\frac{P_p}{2}. \quad (Б.39)$$

Характеристики перерізу W , см³; A_i , см², визначаються за формулами:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{\pi}{4} \cdot (d_3 - e_{нСТ})^2 \cdot e_{нСТ} \\ A_i &= \pi \cdot (d_3 - e_{нСТ}) \cdot e_{нСТ} \end{aligned} \right\}. \quad (Б.40)$$

Для розрахункового перерізу трубопроводу обчислюються три головних нормальних напруження, які являють собою алгебраїчну суму діючих в одному напрямку напружень від прикладених до перерізу навантажень.

Головні напруження обчислюються за формулами:

– за наявності моменту кручення:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= 0,5 \left[\sigma_\varphi + \sigma_z + \sqrt{(\sigma_\varphi - \sigma_z \cdot 2 + 4 \cdot \tau^2)} \right] \\ \sigma_2 &= 0,5 \left[\sigma_\varphi + \sigma_z - \sqrt{(\sigma_\varphi - \sigma_z \cdot 2 + 4 \cdot \tau^2)} \right] \\ \sigma_3 &= \sigma_r \end{aligned} \right\}. \quad (Б.41)$$

Моменти кручення присутні тільки в тримірних трубопроводах, а в двомірних (площинних) трубопроводах $\tau = 0$.

За відсутності моменту кручення:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_\varphi; \sigma_2 = \sigma_z; \sigma_3 = \sigma_r, \sigma_\varphi > \sigma_z > \sigma_r \\ \sigma_1 &= \sigma_z; \sigma_2 = \sigma_\varphi; \sigma_3 = \sigma_r, \sigma_z > \sigma_\varphi > \sigma_r \\ \sigma_1 &= \sigma_z; \sigma_2 = \sigma_r; \sigma_3 = \sigma_z, \sigma_\varphi > \sigma_r > \sigma_z \end{aligned} \right\}. \quad (Б.42)$$

Для забезпечення умови $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ індекси при позначеннях остаточно встановлюються після визначення чисельних значень σ_φ і σ_z .

Еквівалентні напруження σ_{eq} , МПа, для розрахункового перерізу трубопроводу дорівнюють:

$$\sigma_{eq} = \sigma_1 - \sigma_3. \quad (Б.43)$$

Б.8.2 Допустиме еквівалентне напруження (ОСТ 108.031.09)

Величина нормативного напруження приймається згідно з ОСТ 108.031.08. Проміжні значення визначаються методом апроксимації.

Величина еквівалентного напруження σ_{eq} , МПа, у циліндричних колекторах, трубах та трубопроводах від дії внутрішнього тиску та вагових навантажень повинна відповідати умові

$$\sigma_{eq} \leq 1,1[\sigma]. \quad (Б.44)$$

Величина еквівалентного напруження σ_{eq} , МПа, у трубах та трубопроводах від дії внутрішнього тиску, вагових навантажень та самокомпенсації теплових розширень повинна відповідати умові

$$\sigma_{eq} \leq 1,5[\sigma]. \quad (Б.45)$$

Перевірочний розрахунок на міцність трубопроводів виконується спочатку на дію зусиль та моментів, викликаних ваговими навантаженнями, а потім на спільний вплив вагових навантажень та самокомпенсації теплових розширень.

Осьові напруження, а також крутні моменти при розрахунку на спільну дію ваги та самокомпенсації теплових розширень підсумовуються алгебраїчно.

Згинальні моменти при розрахунку на спільну дію ваги та самокомпенсації складаються алгебраїчно тільки в тому випадку, якщо ці моменти діють в одній площині поздовжнього перерізу трубопроводу. Якщо згинальні моменти виникають від дії вагових навантажень та від самокомпенсації теплових розширень, які діють в різних площинах, то складання моментів проводиться геометрично; при цьому необхідно визначити площину, в якій сумарний момент буде найбільшим.

Б.8.3 Напруження у відгалуженнях

Напруження у відгалуженнях визначаються відповідно до Б.8.1 для двох крайніх перерізів А – А та Б – Б (рисунок Б.7). За розрахункове еквівалентне напруження приймається найбільше з двох значень. Характеристики перерізів W і A_i розраховуються за формулою (Б.40), а коефіцієнти i_0 і i_i – за формулами:

– для гнутих, крутогнутих і штампозварних відгалужень, що стикуються з трубами зварюванням:

$$\left. \begin{aligned} i_0 &= \frac{0,75}{\lambda^{2/3} \cdot \omega_p} \\ i_i &= \frac{0,9}{\lambda^{2/3} \cdot \omega_p} \end{aligned} \right\}; \quad (Б.46)$$

– для відгалужень тих же конструкцій, що стикуються з трубами з використанням фланців:

$$\left. \begin{aligned} i_0 &= \frac{0,75}{\lambda^{1/3} \cdot \omega_p} \\ i_i &= \frac{0,9}{\lambda^{1/3} \cdot \omega_p} \end{aligned} \right\}; \quad (Б.47)$$

– для відгалужень тих же конструкцій, що стикуються з трубами на фланці з одного кінця й зварюванням – з іншого:

$$\left. \begin{aligned} i_0 &= \frac{0,75}{\lambda^{1/2} \cdot \omega_p} \\ i_i &= \frac{0,9}{\lambda^{1/2} \cdot \omega_p} \end{aligned} \right\}; \quad (Б.48)$$

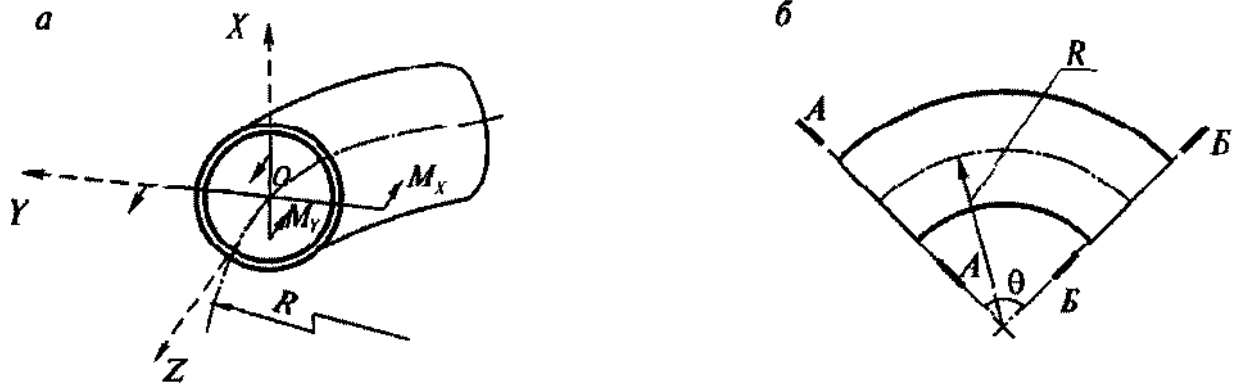
– для секторних нормалізованих відгалужень, що стикуються з трубами зварюванням:

$$i_0 = i_i = \frac{0,9}{\lambda^{2/3} \cdot \omega_p}, \quad (Б.49)$$

де

$$\lambda = \frac{4 \cdot R \cdot e_{нСТ}}{(d_3 - e_{нСТ})^2}, \quad (Б.50)$$

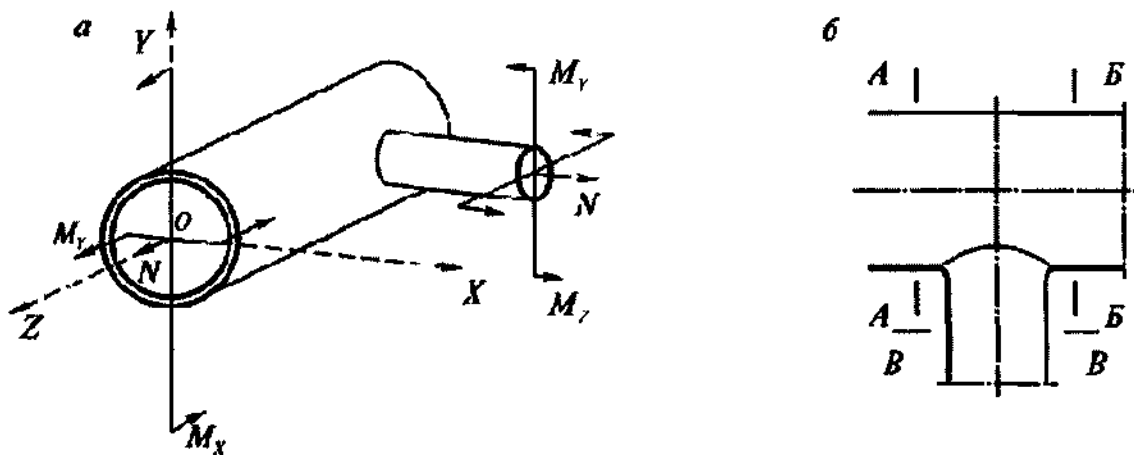
$$\omega_p = 1 + 3,25 \left[\frac{P}{E_i} \left(\frac{d_3 - e_{нСТ}}{2 \cdot e_{нСТ}} \right)^{5/2} \left(\frac{2 \cdot R}{d_3 - e_{нСТ}} \right)^{3/2} \right]. \quad (Б.51)$$



а – схема навантаження; б – розрахункові перерізи
Рисунок Б.7 – Розрахункова схема відгалуження

Б.8.4 Напруження у трійниках

Напруження у трійниках визначаються згідно з Б.8.1 для перерізів А – А, Б – Б та В – В (рисунок Б.8). За розрахункове еквівалентне напруження приймається найбільше із трьох значень.



а – схема навантаження; б – розрахункові перерізи
Рисунок Б.8 – Розрахункова схема трійникового з'єднання

Концентрація напружень вигину в трійниках залежить від безрозмірного параметра Ω .

Для зварних трійників без зміцнювальних накладок, конструкція яких відповідає рисунку Б.3, а,

$$\Omega = \frac{2 \cdot e_{нСТ}}{d_3 - e_{нСТ}} \quad (Б.52)$$

Для зварних трійників зі зміцнювальними накладками, конструкція яких відповідає рисунку Б.4, а, при $e_n \leq 1,5 \cdot e_{нСТ}$

$$\Omega = \frac{2 \cdot (e_{нСТ} + 0,5 \cdot e_n)^{5/2}}{e_{нСТ}^{3/2} \cdot (d_3 - e_{нСТ})}, \quad (Б.53)$$

при $e_n \geq 1,5 e_{нСТ}$

$$\Omega = \frac{8 \cdot e_{нСТ}}{d_3 - e_{нСТ}}, \quad (Б.54)$$

Для штампованих і штампозварних трійників, конструкція яких відповідає рисунку Б.4, б,

$$\Omega = \frac{2 \cdot e_{нСТ}}{d_3 - e_{нСТ}} \left(1 + \frac{2 \cdot r}{d_3 - e_{нСТ}} \right). \quad (Б.55)$$

При розрахунку відгалуження (переріз В – В) у ці формули замість номінальної товщини стінки підставляється ефективна e_e , мм, яка визначається так:

– за наявності внутрішнього тиску ($P \neq 0$):

$$e_e = e_{нСТ} \cdot e_R / e_{Rm}, \quad (Б.56)$$

де $e_{нСТ}$ – номінальна товщина стінки магістралі;

e_R – товщина стінки магістралі без урахування ослаблення отвором (розраховується згідно з (Б.6));

e_{Rm} – товщина стінки магістралі згідно з (Б.6);

– за відсутності внутрішнього тиску ($P = 0$):

$$e_e = e_{нСТ} \cdot \varphi_d / \varphi_m, \quad (Б.57)$$

де φ_d – обчислюється за формулою (Б. 18),

φ_m – приймається найбільшим із двох значень φ_d і φ_w :

$$\varphi_m = \max(\varphi_d, \varphi_w).$$

Коефіцієнти концентрації напружень вигину i_0 при дії згинального моменту із площини трійника:

– у звареному трійнику з відношенням зовнішнього діаметра відгалуження до зовнішнього діаметра магістралі $d_{3B} / d_3 > 0,5$:

$$i_0 = \frac{1,35}{\Omega^{2/3} \cdot \omega_p}, \quad (Б.58)$$

– у звареному трійнику з відношенням $d_{3B} / d_3 \leq 0,5$, а також у штампованому (штампозварному) трійнику:

$$i_0 = \frac{0,9}{\Omega^{2/3} \cdot \omega_p}. \quad (Б.59)$$

Коефіцієнти концентрації напружень вигину i_i при дії згинального моменту в площині трійника: незалежно від його конструкції й співвідношення d_{3B} / d_3 обчислюються за формулою:

$$i_i = 0,75i_0 + 0,25. \quad (Б.60)$$

Безрозмірний параметр ω_p у формулах (Б.56) – (Б.58) визначається за формулою:

$$\omega_p = 1 + 3,25 \cdot \frac{P}{E_1} \left(\frac{d_3 - e_{нСТ}}{2 \cdot e_{нСТ}} \right)^{5/2}. \quad (Б.61)$$

Характеристики перерізу при розрахунку магістралі (перерізи А – А і Б – Б) визначаються за формулою (Б.40), при розрахунку відгалуження (переріз В – В) – за формулами:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{\pi}{4} \cdot (d_3 - e_b)^2 \cdot e_{bm} \\ A_i &= \pi \cdot (d_3 - e_b) \cdot e_{bm} \end{aligned} \right\}, \quad (Б.62)$$

у яких e_{bm} приймається: при розрахунку зварних трійників як найменше значення з величин e_b і e_{bi} , а при розрахунку штампованих і штампозварних трійників як найменше значення з величин e_s і e_{si} .

Врізання, конструкція яких відповідає рисунку Б.3, а та рисунку Б.4, а, розраховуються за формулами зварних трійників.

Б.8.5 Напруження від росту температури

Якщо в трубопроводі, який укладений у ґрунт і підданий нагріванню, відсутня компенсація температурних деформацій, то в стінці труби виникають напруження σ_t , МПа, які обчислюють за формулою:

$$\sigma_t = \sigma \cdot E \cdot \Delta t, \quad (\text{Б.63})$$

де σ – середній коефіцієнт лінійного видовження при нагріванні від 0 до максимальної температури теплоносія;

E – модуль поздовжньої пружності (за максимальної температури теплоносія);

$\Delta t = t_1 - t_{\text{МОНТ}}$ – різниця між максимальною температурою теплоносія та температурою трубопроводу при монтажних роботах.

Модулі пружності і коефіцієнт лінійного розширення для трубних сталей марок Ст.3, 10, 20 наведені в таблиці Б.7.

Таблиця Б.7

Температура стінки труби $t^\circ\text{C}$	Модуль пружності E , Па	Коефіцієнт лінійного розширення, α $^\circ\text{C}^{-1}$	$E \cdot \alpha$, МПа \cdot $^\circ\text{C}^{-1}$
20	$20,11 \times 10^{10}$	$1,16 \times 10^{-5}$	2,33
75	$19,52 \times 10^{10}$	$1,20 \times 10^{-5}$	2,34
100	$19,38 \times 10^{10}$	$1,22 \times 10^{-5}$	2,36
125	$19,13 \times 10^{10}$	$1,24 \times 10^{-5}$	2,37
150	$18,93 \times 10^{10}$	$1,25 \times 10^{-5}$	2,37

Б.9 Максимальна довжина прямих ділянок

Базуючись на інформації, яка була викладена в розділах Б.1 – Б.8, можна окреслити загальні принципи розрахунку витривалості попередньо ізольованих теплових мереж. Починаючи розрахунок проєктант має керуватися однією засадою – сумарне напруження, яке виникає в стінці провідної труби, завжди має бути меншим ніж допустиме нормативне напруження.

Розгляд проблеми розрахунку попередньо ізольованих трубопроводів слід почати з наступного прикладу.

Ділянка трубопроводу завдовжки L_0 затиснута між двома нерухомими опорами (рисунок Б.9).

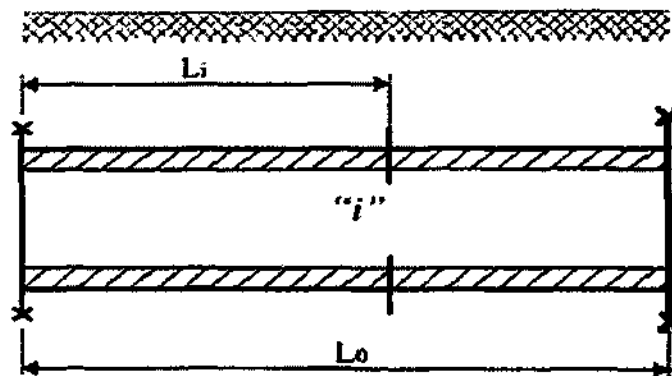


Рисунок Б.9 – Трубопровід між двома нерухомими опорами

Наповнення трубопроводу теплоносієм з температурою t_1 , що відрізняється від початкової температури труби t_0 підтиском P_p , викликає в перерізі "i" на відстані від нерухомої опори L_0 , м, осьові напруження розширення σ_z , МПа:

$$\sigma_z = \alpha \cdot E \cdot \Delta t - \nu - \sigma_\alpha, \quad (\text{Б.64})$$

де $\Delta t = t_1 - t_0$

У ситуації, коли один із кінців звільнений від нерухомої опори (рисунок Б.10), замість напружень у матеріалі труби виникає деформація i_{zt} :

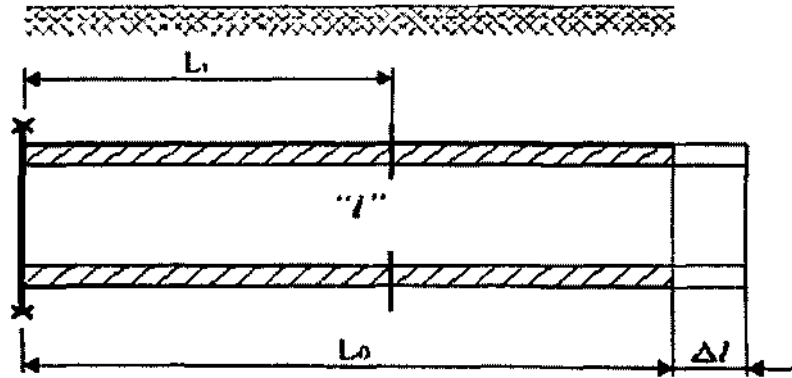


Рисунок Б.10 – Теплове видовження трубопроводу з одним вільним кінцем

$$i_{zt} = \frac{\sigma_z}{E} = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta t - \nu \cdot \sigma_\varphi}{E}, \quad (Б.65)$$

яка викликає переміщення вільного кінця на величину Δl_i , м:

$$\Delta l_i = L_i \cdot i_{zt} = L_i \cdot \alpha \cdot \Delta t. \quad (Б.66)$$

Якщо додатково помістити трубопровід у ґрунт (рисунок Б.11), який впливає на зовнішню оболонку (що передається на провідну трубу) рівномірно розкладеною силою P , це викличе додаткові напруження від тертя $\sigma_z^{тр}$, МПа:

$$\sigma_z^{тр} = -\frac{F_{тр} \cdot L_i}{A_i}. \quad (Б.67)$$

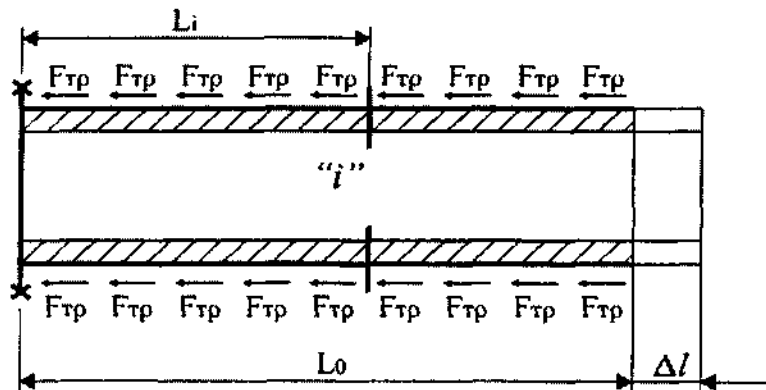


Рисунок Б.11 – Теплове видовження трубопроводу в ґрунті з одним вільним кінцем

З урахуванням дії тиску (якщо, наприклад, на вільному кінці знаходиться коліно) отримаємо осьові напруження стиску σ_z , МПа:

$$\sigma_z = -\left(\frac{F_{тр} \cdot L_i}{A_i} - 0,5 \cdot \sigma_\varphi \right). \quad (Б.68)$$

Ці напруження призводять до деформації i_{zf} :

$$i_{zf} = \frac{1}{E} \left(\frac{F_{тр} \cdot L_i}{A_i} - 0,5 \cdot \sigma_\varphi \right), \quad (Б.69)$$

які з деформаціями за формулою (Б.65) викликають відносну деформацію i_z

$$i_z = i_{zt} + i_{zf} \quad (Б.70)$$

і переміщення вільного кінця Δl_i :

$$\Delta l_i = i_z \cdot L_i. \quad (Б.71)$$

Це переміщення буде виступати до того моменту, поки в пункті $L_i = L_{тр}$ не настане рівновага:

$$|i_{z1}| = |i_{zf}|, \quad (Б.72)$$

В цьому пункті виникне рівновага напружень:

$$\left| \frac{F_{тр} \cdot L_{тр}}{A_i} - 0,5 \cdot \sigma_\varphi \right| = |E \cdot \alpha \cdot \Delta t - \nu \cdot \sigma_\varphi|, \quad (Б.73)$$

звідки $L_{тр}$, м:

$$L_{тр} = \frac{A_i}{F_{тр}} [E \cdot \alpha \cdot \Delta t + (0,5 - \nu) \cdot \sigma_\varphi] \quad (Б.74)$$

або без впливу дії тиску

$$\left| \frac{F_{тр} \cdot L_{тр}}{A_i} \right| = |E \cdot \alpha \cdot \Delta t|, \quad (Б.75)$$

$$L_{тр} = \frac{A_i \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta t}{F_{тр}}. \quad (Б.76)$$

Довжина визначає граничну відстань від вільного кінця труби до пункту, де відсутнє переміщення труби. Такий пункт називається натуральною або умовною нерухомою опорою. Як видно з формул (Б.75) і (Б.76), відсутні напруження від тиску в трубопроводі і максимальне напруження може досягти $\sigma_{max} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$. Це викликано тим, що в аварійній ситуації може впасти тиск у мережі, а температура деякий час утримається на досягнутому рівні.

У такому випадку напруження в трубі σ , МПа, при рекомендованій температурі монтажу $t_{МОНТ} = t_0 = 10^\circ\text{C}$ при рості до $t_1 = 150^\circ\text{C}$ видно з формули (Б.63):

$$\sigma = 2,37 \cdot (150 - 10) = 332 \text{ МПа},$$

що перевищує допустиме.

Гранична довжина прямої ділянки теплопроводу, що компенсується між нерухомою опорою (або природно нерухомим перерізом труби) і пристроєм, що компенсує, L_{max} , м, не повинна перевищувати граничної довжини, розрахованої за формулою:

$$L_{max} = \frac{[\sigma] \cdot A_i}{F_{тр}}, \quad (Б.77)$$

де A_i – площа поперечного перерізу стінки труби, мм^2 ,

$F_{тр}$ – питома сила тертя на одиницю довжини труби, Н/м

Гранична довжина ділянки теплопроводу, що компенсується, може бути збільшена різними способами, наприклад, шляхом:

- застосування сталевих труб з підвищеною товщиною стінки;
- зменшення коефіцієнта тертя μ обгортанням теплопроводу поліетиленовою плівкою;
- зменшення глибини прокладання теплопроводу, тобто засипання стосовно осі труби

тощо.

Приклад

Визначити граничну довжину прямої ділянки теплопроводу 159 x 4,5 мм, робоча температура 140°C , робочий тиск 1,6 МПа, матеріал – сталь Вст3сп5. Ґрунт піщаний, кут внутрішнього тертя ґрунту $\varphi_{ГР} = 30^\circ$, відстань від поверхні землі до осі труби $h_0 = 1,0$ м

Номінальне допустиме напруження для заданого матеріалу за температури 140°C $[\sigma] = 127$ Мпа.

Площа поперечного перерізу стінки труби:

$$A_i = \pi \cdot (d_3 - e_{нСТ}) \cdot e_{нСТ} = 3,14 (159 - 4,5) 4,5 = 2183 \text{ мм}^2$$

Питома сила тертя на одиницю довжини труби:

$$F_{тр} = \mu \cdot [(1 - 0,5 \cdot \sin\varphi_n) \cdot \gamma_n \cdot h_0 \cdot \pi \cdot D_{ПЕ} \cdot 10^{-3} + g_{тр}] = \\ = 0,4[(1 - 0,5 \cdot 0,5)1,2 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 10^{-3} + 503] = 4440 \text{ Н/м}$$

Осьове допустиме напруження:

$$[\sigma] = 1,1 \cdot \sigma = 1,1 \cdot 127 = 140 \text{ МПа}$$

Гранична довжина прямої ділянки теплопроводу:

$$L_{max} = \frac{[\sigma] \cdot A_i}{F_{тр}} = \frac{140 \cdot 2183}{4440} = 68,8.$$

При збільшенні товщини стінки труби, наприклад, до 6 мм:

$$A_i = 3,14(159 - 6) \cdot 6 = 2882 \text{ мм}^2;$$

$$F_{тр} = 0,4[(1 - 0,5 \cdot 0,5)18 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 10^3 + 508] = 4445 \text{ Н/м};$$

$$L_{max} = \frac{140 \cdot 2882}{4445} = 90,8.$$

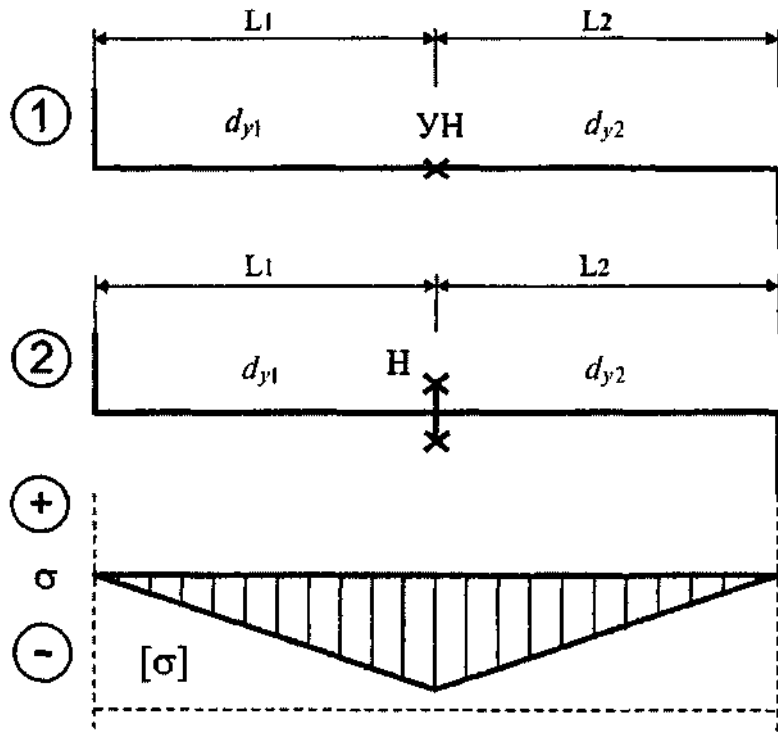
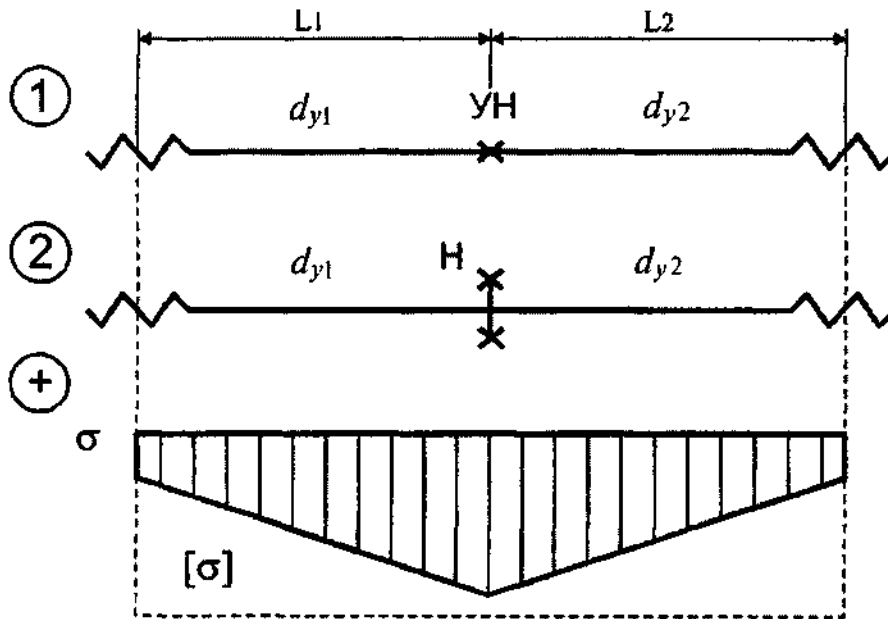


Рисунок Б.12 – Осьові напруження між компенсаційними колінами



$$1 - d_{y1} = d_{y2}; 2 - d_{y1} \neq d_{y2}$$

Рисунок Б.13 – Осьові напруження між сільфовими компенсаторами

Виходячи з вищенаведеного, можливо зробити висновок, що основною проблемою при проектуванні тепломереж із попередньо ізольованих труб є правильний вибір геометрії траси і розташування компенсуючих елементів так, щоб не існувало таких пунктів на трасі, де напруження, яке виникає в стінці труби, перевищувало б допустиме.

Можна відзначити три способи досягнення цієї умови. При розгляді цих способів слід зазначити, що тут і в подальших поясненнях під терміном "вільний кінець трубопроводу" мається на увазі компенсуючий елемент трубопроводу.

Перший спосіб полягає в тому, що геометрія тепломережі має бути запроектована так, щоб відстані від вільного кінця до умовної або дійсної нерухомої опори ("УН" або "Н") не перевищувала величини L_{max} , яка робить неможливим виникнення напружень, більших за допустимі: $\sigma_{n(yn)} \leq [\sigma]$.

До того ж дійсні нерухомі опори "Н" застосовуємо тільки тоді, коли на розрахунковій ділянці змінюється діаметр трубопроводу для захисту труби меншого діаметра.

Іншим способом мережа проектується так, щоб осьові напруження σ_z , МПа, від приросту температури в умовних нерухомих опорах і на ділянках між ними незалежно від відстані до вільного кінця не перевищували допустимі:

$$\sigma_z = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \leq [\sigma_z] \quad (Б.78)$$

Цього можна досягти наступними способами:

- перший – це вибрати такий матеріал труби, щоб напруження при розрахунковій різниці температур не перевищували б допустимих;
- другий – це виконання попереднього підігрівання труби під час монтажних робіт.

На рисунку Б.14 показано розклад напружень у трубі між двома компенсаційними колінами на ділянках між кутами повороту і умовними нерухомими опорами, де відбувається видовження і осьові напруження зростають від $\sigma_z = 0$ до $\sigma_z = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$ в пунктах "УН". Між нерухомими опорами ділянка трубопроводу "затиснута" силами тертя між ґрунтом і трубою і напруження підпорядковані умові формули (Б.32). Напруження в трубі не перевищують допустимі.

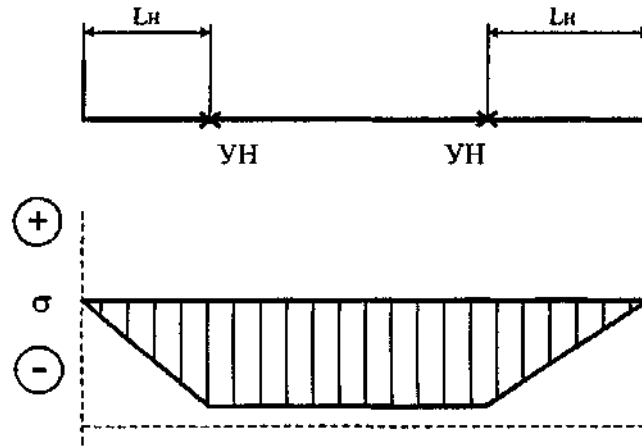


Рисунок Б.14 – Нерухома ділянка трубопроводу довільної довжини між двома компенсаційними колінами

Метод попереднього підігрівання труби заснований на тому, що при монтажних роботах труба попередньо підігривається до відповідної температури. При цьому при якійсь певній різниці температур є можливість видовження вільних кінців труби ($\sigma_z = 0$). Після цього виконується один із можливих засобів закріплення труби і засипка труби. Температура t_n має бути підібрана так, щоб при нагріванні трубопроводу від t_n до максимальної робочої температури напруження стискування, а при охолодженні труби від t_n до мінімальної можливої температури (а це буде температура ґрунту на осі залягання труби в разі зупинки тепломережі) напруження розтягу не перевищувало допустимого.

Третій спосіб застосовується на прямих ділянках траси великої довжини і полягає в застосуванні різних видів осьових (в нашому випадку сильфонових) компенсаторів.

На рисунку Б.15 показаний розклад напружень на одному із варіантів такої прокладки.

Слід додати, що реально величина обмежується компенсуючою здатністю підбраного компенсатора.

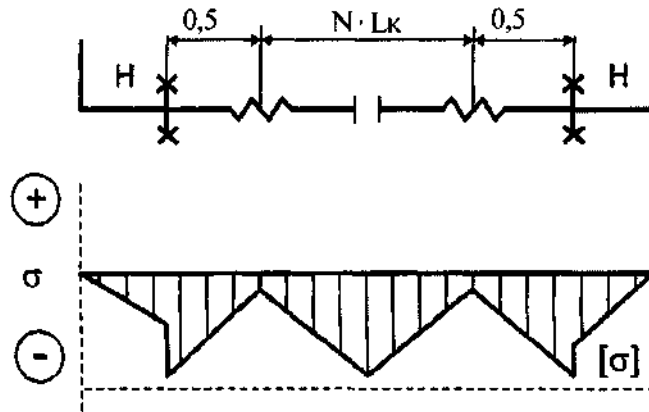


Рисунок Б.15 – Застосування ланцюга із сильфонових компенсаторів на прямій ділянці трубопроводу довільної довжини

Б.10 Вибір та розрахунок компенсуючих пристроїв

Компенсація теплових деформацій теплопроводу може бути здійснена наступними компенсуючими пристроями і системами:

І група (пристрої)

- а) з П-подібними компенсаторами, кутами повороту траси у вигляді Г-подібних, Z-подібних компенсаторів;
- б) із сильфоновими компенсаторами (СК) або сильфоновими компенсуючими пристроями (СКП).

ІІ група (системи)

- а) системи з попереднім підігріванням до засипки ґрунтом;
- б) системи зі стартовими компенсаторами, що заварюються після попереднього підігрівання.

Компенсуючі пристрої групи Іа можуть бути розміщені в будь-якому місці теплопроводу.

При цьому протяжний теплопровід може мати три види зон:

- **зони вигину** $L_{ВИГ}$ – ділянки теплопроводу, що безпосередньо примикають до компенсатора. Теплопровід при нагріванні переміщується в осьовому й бічному напрямках;
- **зони компенсації** L_K – ділянки теплопроводу, що примикають до компенсатора та переміщуються при температурних деформаціях. Ділянки вигину включаються в довжину ділянок компенсації;
- **зони заземлення** L_3 – нерухомі (затиснені) ділянки теплопроводу, що примикають до нерухомих опор або природно нерухомих перерізів труби, компенсація температурних коливань у яких відбувається за рахунок зміни осьового напруження.

Б.10.1 Вибір та розрахунок П-подібних, Г-подібних, Z-подібних компенсаторів (група Іа)

Розміщення компенсуючих пристроїв групи Іа найбільш ефективно в середині ділянки, що компенсується.

При П-подібних компенсаторах рекомендується довжину найбільшого плеча приймати < 60 % загальної довжини ділянки.

За наявності кутів повороту траси рекомендується використовувати їх як компенсуючі пристрої.

Довжина ділянки труб у зоні компенсації $L_{к}$, м, може бути визначена за спрощеною формулою:

$$L_k = \frac{A_i}{F_{TP}} E \cdot \alpha \cdot \Delta t . \quad (Б.79)$$

Δt – приймати рівним $(t_{max} - t_{МОИТ})$, °С;

Вибір $t_{МОИТ}$ проводиться при проектуванні за узгодженням із замовником і експлуатуючою організацією.

Максимальне подовження зони компенсації Δl_k при нагріванні теплопроводу після засипання траншеї ґрунтом можна визначити за спрощеною формулою:

$$\Delta l_k = \Delta l_T - \Delta l_{TP} = \alpha(t_{max} - t_{МОИТ})L_k - \frac{F_{TP} \cdot L_k^2}{2 \cdot E \cdot A_i}. \quad (Б.80)$$

У формулах (Б.79) і (Б.80) з метою спрощення проектних розрахунків не враховані два члени:

- осьова складова окружного розтягувального напруження від внутрішнього тиску, яка при розширенні враховується з позитивним знаком;
- вплив зусилля від активної реакції ґрунту, яке при розширенні враховується з від'ємним знаком.

Прокладку з радіальною (гнучкою) компенсацією для безканалних трубопроводів можна поділити на два типи: типова і нетипова. Це пов'язано з тим, що кути менше 45° вважаються некомпенсуючими (мова йдеться про кут відхилення осі трубопроводу від прямої лінії).

Для всіх видів радіальної компенсації необхідно дотримуватися (рисунки Б.16) наступних правил:

- при прокладанні трубопроводів не застосовувати коліна (відводи) з кутами в межах від 10° до 45° в якості компенсаційних;
- у випадку застосування колін з кутами більше ніж 45° та менше ніж 90° переміщення визначаються за формулою (Б.80);
- відстань від дійсної (фізичної) або умовної опори до компенсаційного коліна не може перевищувати L_{max} .
- у випадку застосування несиметричних ділянок компенсації (Z, П, нетипова) необхідно визначити переміщення ділянок, які знаходяться по обидві сторони компенсуючого елемента. Для визначення розміру компенсуючого плеча приймається подвійна величина переміщення кінця довшої з ділянок;
- зміну напрямку траси на кут менше 10° трактувати як пряму трубу, а таку зміну виконувати шляхом підрізки кінців окремих елементів при зварюванні стиків. Кут зміни на кожному стикі не може перевищувати 3°;
- слід уникати змін напрямку траси поблизу нерухомих опор і сильфонових компенсаторів.

З метою можливості переміщення компенсуючих колін і сприйняття згину труб на ділянках гнучкої компенсації необхідно виконувати так звані "компенсаційні зони" з еластичних матеріалів.

Для виконання компенсаційних зон можна застосовувати:

- для $D_{ПЕ}$ менше 315 мм мінераловатні плити завтовшки 50 ÷ 60 мм з обгорткою зовні поліетиленою плівкою (заклеювання стиків клейкою стрічкою) або руберойдом (з просмоленням стиків);
- мати із спіненого поліетилену завтовшки 40 ÷ 60 мм.

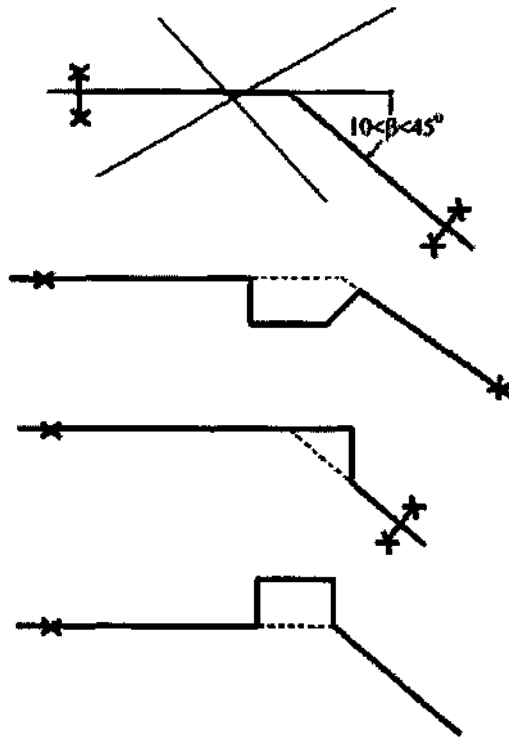


Рисунок Б.16 – Приклади застосування нетипової компенсації в місцях кутів від 10° до 45°

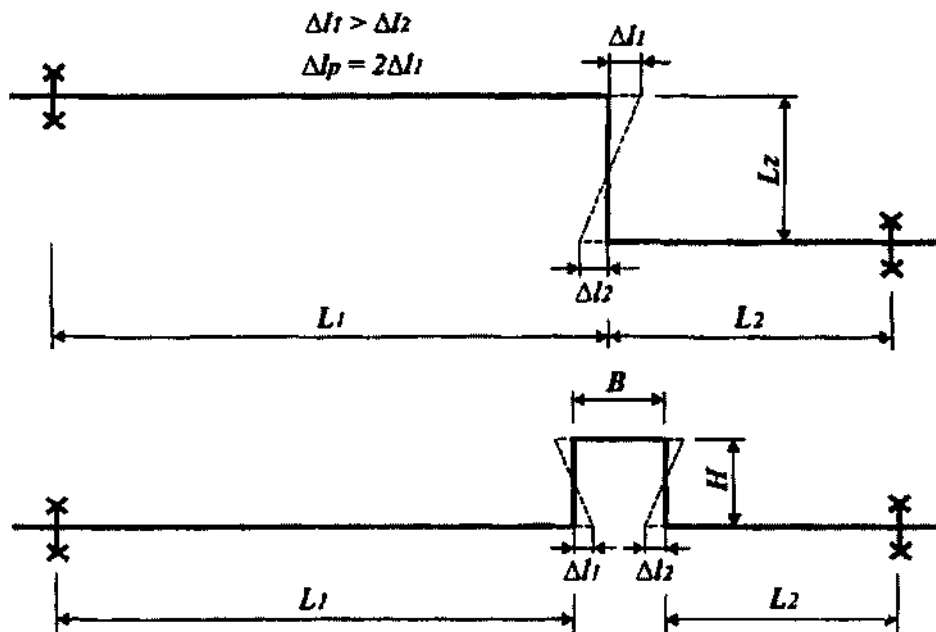


Рисунок Б.17 – Приклади застосування несиметричних компенсаторів

Приклади виконання компенсаційних зон для різних способів прокладання із радіальною (гнучкою) компенсацією наведено на рисунку Б.18.

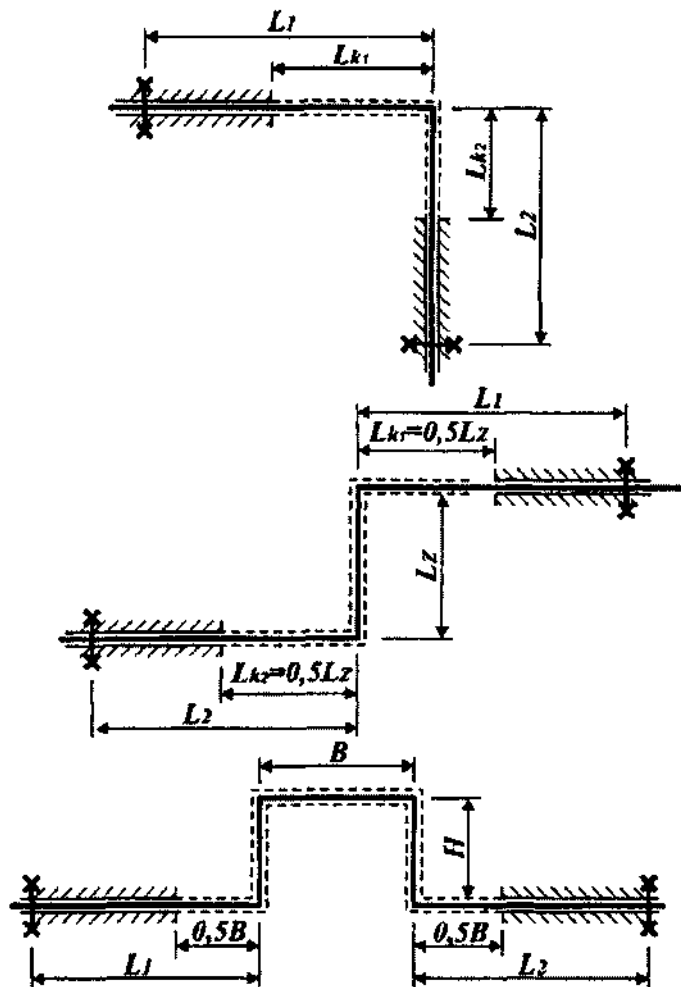


Рисунок Б.18

Приймається, що один шар мінеральної вати, плити або шкаралупи завтовшки 50 ÷ 60 мм із спінених полімерів сприймає 30 мм переміщення компенсаційного плеча.

У місцях компенсаційних зон необхідно виконати розширення траншеї. Приклади розміщення компенсаційних подушок і розширення траншеї наведені в додатку Е. У таблиці Б.8 наведено рекомендовані довжини компенсаційної зони в залежності від розрахункового видовження провідної труби. Для довідки в таблиці Б.8 надані рекомендації щодо встановлення одного багат шарових компенсаційних зон при розрахунковому видовженні $\Delta l_z \leq 90$ мм. Для $\Delta l_z \leq 10$ мм встановлення компенсаційних подушок не потрібне.

Визначені згідно з нижченаведеними розрахунками розміри (довжини) компенсаційних зон, в мм, необхідно заокруглити в більшу сторону до цілого значення.

Крім того, якщо виникне необхідність застосування інших компенсаційних матеріалів, можна користуватися наступним допущенням. Якщо один шар компенсаційного матеріалу завтовшки δ сприймає якусь частину видовження Δl на повній довжині зони компенсації L_{k1} , то другий шар повинен мати довжину L'_{k1} , м, що визначається за формулою:

$$L'_{k1} = \frac{\Delta l - \delta}{\Delta l} L_{k1}, \quad (\text{Б.81})$$

Таблиця Б.8

Довжина компенсаційного плеча до, м	Довжина компенсаційної зони, м, в залежності від розрахункового видовження, мм		
	$\Delta l_z \leq 30$	$30 \leq \Delta l_z \leq 60$	$60 \leq \Delta l_z \leq 90$
1,0	1	1+1	–
2,0	2	2+1	–
3,0	3	3+2	3+2+2
4,0	4	4+3	4+3+2
5,0	5	5+4	5+4+3
6,0	6	6+5	6+5+4
7,0	7	7+6	7+6+5
8,0	8	8+7	8+7+6
9,0	–	9+8	9+8+7
10,0	–	–	10+9+8
11,0	–	–	11+10+9

Кількість шарів залежить від компенсуючої здатності матеріалів. Застосування матеріалів, які вимагають встановлення більше трьох шарів компенсації, не рекомендується.

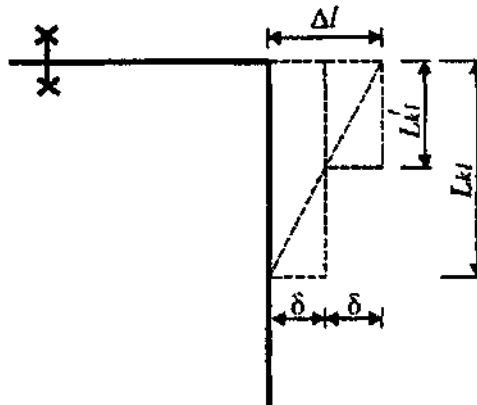


Рисунок Б.19 – Визначення кількості шарів компенсаційних матеріалів

До типових видів радіальної компенсації відноситься використання Г-, Z- і П-подібних компенсаторів. В подальшому на всіх рисунках умовно показані фізичні нерухомі опори. Застосування умовної нерухомої опори повинно бути підтверджено розрахунком відстані від неї до компенсаційного коліна, яка не може бути більше L_{max} .

Б.10.1.1 Г-подібна компенсація

Г-подібна компенсація рекомендується в межах кутів від 45° до 90°.

Визначення розмірів компенсаційних зон трубопроводу з Г-подібною компенсацією проводиться в залежності від розміру компенсаційного кута.

Розміри компенсаційних зон L_k , м, для компенсаційних кутів 90°

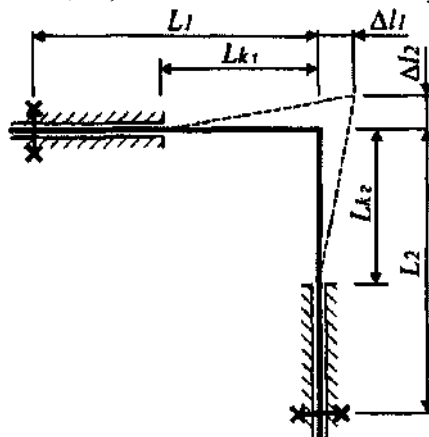


Рисунок Б. 20 – Визначення розмірів компенсаційних зон для компенсаційних кутів 90°

$$l_{k1} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot E \cdot d_3 \cdot \Delta l_2}{[\sigma_\sigma]}}, \quad (\text{Б.82})$$

$$l_{k2} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot E \cdot d_3 \cdot \Delta l_1}{[\sigma_\sigma]}}, \quad (\text{Б.83})$$

де $D_3(d_3)$ і $\Delta l_{1,2}$ – зовнішній діаметр провідної труби та видовження, м.

Розміри компенсаційних зон L_k , м, для компенсаційних кутів $\beta \geq 45^\circ$

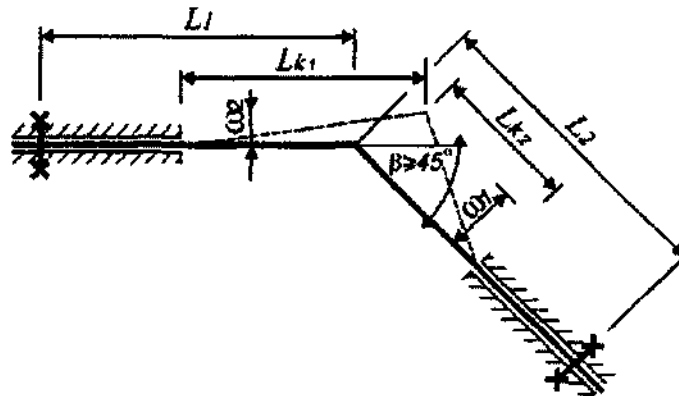


Рисунок Б.21 – Визначення розмірів компенсаційних зон для компенсаційних кутів $\beta \geq 45^\circ$

$$L_{k1} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot E \cdot d_3 \cdot \omega_2}{[\sigma_\sigma]}}, \quad (\text{Б.84})$$

$$L_{k2} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot E \cdot d_3 \cdot \omega_1}{[\sigma_\sigma]}}, \quad (\text{Б.85})$$

де $\omega_{1,2}$ – приведені довжини переміщень, м, які визначаються за формулами:

$$\omega_1 = \frac{\Delta l_2}{\text{tg}\beta} + \frac{\Delta l_1}{\sin\beta}, \quad (\text{Б.86})$$

$$\omega_2 = \frac{\Delta l_2}{\sin\beta} + \frac{\Delta l_1}{\text{tg}\beta}. \quad (\text{Б.87})$$

Розміри компенсаційних зон для компенсаційних кутів $10^\circ < \beta < 45^\circ$

Кути більше ніж 10° та менше ніж 45° не є компенсаційними кутами, тому під час проектування трубопроводу доцільно замінити їх на не типову компенсацію або встановити кутові нерухомі опори в місцях зміни напрямку траси (рисунок Б.22).

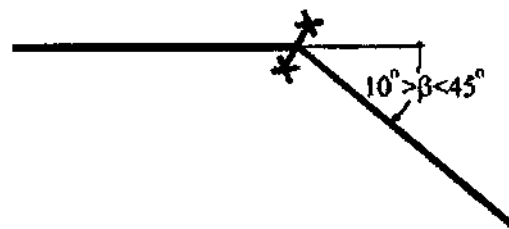


Рисунок Б.22 – Влаштування кутової нерухомої опори

Б.10.1.2 Z-подібна компенсація

Співвідношення між прилеглими ділянками повинно бути не більшим ніж 40 % – 60 % загальної відстані між нерухомими опорами (умовними та фізичними).

Найефективнішим є вибір розміру компенсаторів із співвідношенням $H = 1B \div 2B$, при $L_1 > L_2$ розрахунок ведеться для $2L_1$.

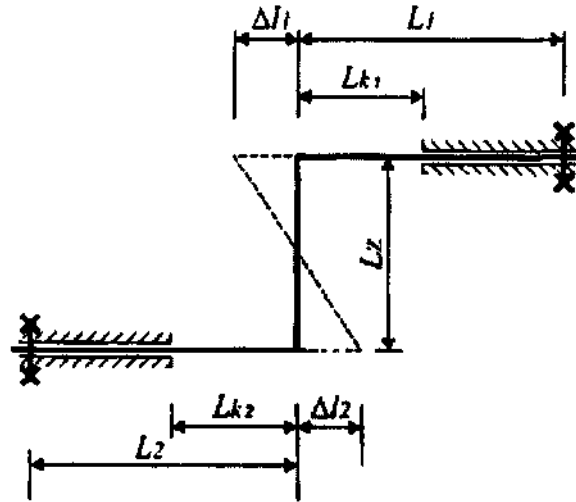


Рисунок Б.23 – Визначення розмірів компенсаційних зон для Z-подібних компенсаторів

Довжина компенсаційної зони визначається за умови, що L_{k1} та L_{k2} , м, вибираються однаково і може бути визначена за формулою:

$$L_{k1} = L_{k2} = 0,1 \cdot \sqrt{d_3 \cdot L_2}, \quad (\text{Б.88})$$

але повинна бути не менше $L_k = 0,5 \cdot L_2$.

Б.10.1.3 П-подібна компенсація

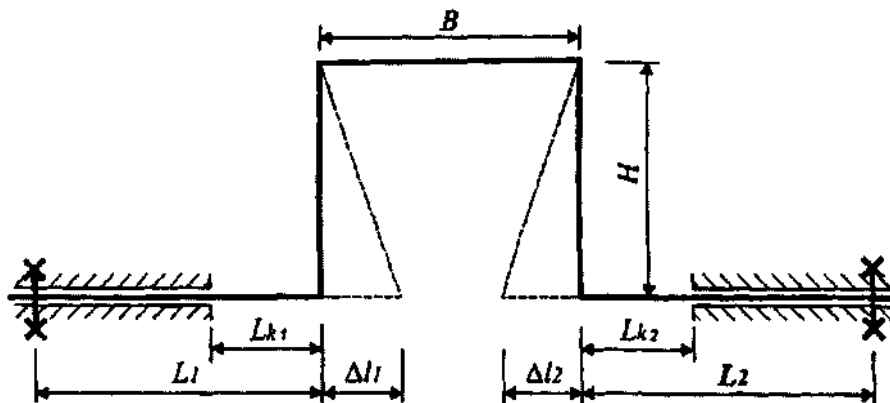


Рисунок Б.24 – Визначення розмірів компенсаційних зон для П-подібних компенсаторів

Найкраще розташовувати компенсатор посередині розрахункової ділянки.

Співвідношення між прилеглими ділянками повинно бути не більшим ніж 40 % – 60 % загальної відстані між нерухомими опорами (умовними або фізичними). Найефективнішим є вибір розміру компенсатора із співвідношенням $H = 1B \div 2B$, при $L_1 > L_2$ розрахунок ведеться для $2L_1$.

Довжина компенсаційної зони L_k , м, вибирається однаковою і може бути визначена за формулою (Б.80), але повинна бути не меншою $L_k = 0,5 \cdot H$.

$$L_{k1} = L_{k2} = 0,1 \cdot \sqrt{d_3 \cdot H}. \quad (\text{Б.89})$$

Б.10.1.4 Нетипова компенсація

У випадках, коли необхідно виконати зміну напрямку траси в межах кутів від 45° , застосовується так звана "нетипова" компенсація, яка поширюється на некомпенсуючі кути, при цьому можливо виконати штучний компенсатор, який можна обрахувати як типовий. Приклади таких рішень показані нижче.

У випадку (рисунок Б.25) заміна має трактуватися як дві Г-подібні ділянки компенсації. При величині цих кутів в межах від 45° до 55° один із них можна замінити на кут 90° або замінити на фізичну нерухому опору.

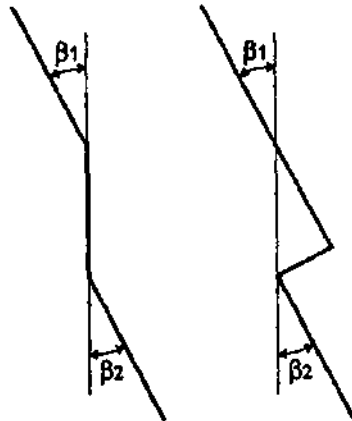


Рисунок Б.25 – Приклад заміни кута повороту від 10° до 45° на типову компенсацію

Оптимальний варіант заміни кута повороту від 10° до 45° наведено на рисунку Б.22.

Але у всіх випадках такі заміни треба трактувати тільки як комбінацію Г-подібних ділянок компенсації і кожне коротше плече повинно сприймати видовження довшого плеча. Необхідність влаштування фізичних або наявність умовних нерухомих опор залежить від конкретної конфігурації траси. У випадках, коли немає місця для виконання нетипової компенсації, найкращим рішенням є встановлення фізичної кутової нерухомої опори (див. рисунок Б.22).

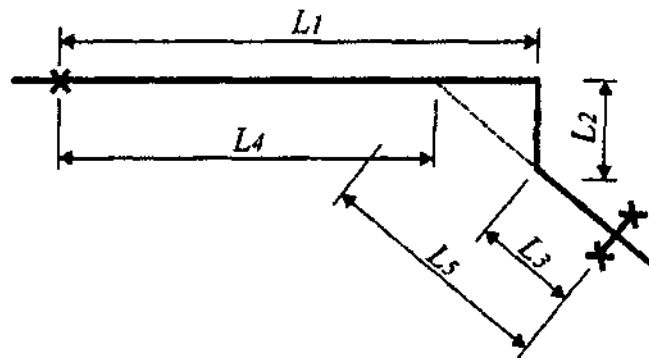


Рисунок Б.26 – Приклад зміни кута повороту від 10° до 45° на дві Г-подібні ділянки компенсації

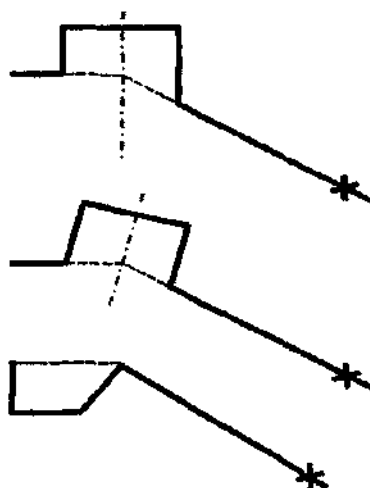


Рисунок Б.27

Б.10.2 Вибір і розрахунок сильфонових компенсаторів (група Іб)

Вибір і розрахунок компенсуючих пристроїв групи Іб рекомендується робити за формулами і таблицями, наведеними у рекомендаціях із застосування осьових сильфонових компенсаторів і сильфонових комплектуючих пристроїв конкретних підприємств-виробників СК і СКП, продукція яких, як правило, відрізняється конструктивно й технологічно.

Довжина ділянки, на якій встановлюється один СК або СКП, розраховується за формулою:

$$l_M^\lambda = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda}{\alpha(t_{max} - t_0)} < l_{max}, \tag{Б.90}$$

де λ – амплітуда осьового ходу, мм;

t_0 – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення (середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю $t_{0(0,92)}$) згідно зі СНиП 2.01.01, °С.

Коефіцієнт 0,9 приймається за наявності на ділянці каналної й безканалної прокладок, 1,15 – при безканалному прокладанні.

Довжина зони компенсації L_k розраховується за формулою:

$$L_k = \frac{A_i}{F_{TP}} [E \cdot \alpha \cdot \Delta t + (A_k - 0,3)\sigma_\phi]. \tag{Б.91}$$

Приклад

Визначити максимальну довжину ділянки, на якій встановлюється один компенсатор СТ/ПЕ 159 х 250:

$$L_M^\lambda = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda}{\alpha(t_1 - t_0)} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot 50}{0,0125(150 + 30)} = 40,0 \text{ м} < 68,8 \text{ м}.$$

Б.10.3 Вибір і розрахунок компенсуючих систем з попереднім підігріванням (група ІІ)

Системи компенсації ІІ групи не вимагають установки постійно діючих компенсуючих пристроїв.

Компенсація температурних деформацій відбувається за рахунок зміни осьового напруження в затисненій трубі. Тому область застосування теплових мереж без постійно діючих компенсуючих пристроїв обмежена допустимим перепадом температур Δt .

Системи ІІ групи застосовуються, як правило, у випадках, коли траса складається з довгих прямолінійних ділянок із зонами заземлення L_3 .

Максимально допустимий перепад температур Δt з урахуванням попереднього підігрівання не повинен перевищувати:

$$\Delta t = \frac{1,8 \cdot [\sigma] \cdot 10^3}{\alpha E}. \tag{Б.92}$$

Звідси максимальна температура теплоносія t_{max} :

$$t_{max} = \Delta t + t_3. \tag{Б.93}$$

Приклад

Визначити максимальну температуру теплоносія для прямої ділянки при $\sigma = 127$ МПа і $t_3 = t_{МОНТ} = 10^\circ\text{С}$.

Допустимі осьові напруження становлять:

$$[\sigma] = 1,5 \cdot 127 = 190 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\Delta t = \frac{1,8 \cdot 190}{2,37} = 144 \text{ }^\circ\text{С}.$$

Звідси максимальна температура теплоносія:

$$t_{max} = \Delta t + t_{МОНТ} = 144 + 10 = 154 \text{ }^\circ\text{С}.$$

Б.10.3.1 Системи з попереднім нагріванням перед засипкою ґрунтом (група Іа)

Системи, що відносяться до Іа групи з попереднім підігріванням до засипки ґрунтом:

– монтується і до засипання ґрунтом нагріваються до температури попереднього підігрівання t_n :

$$t_n = \frac{t_{\text{э}} + t_{\text{max}}}{2}, \quad (\text{Б.94})$$

– теплопроводи засипаються. Температура підігрівання повинна підтримуватися до повного засипання їх ґрунтом. Потім трубопроводи охолоджуються до температури монтажу. У затисненій зоні L_3 рівень напружень σ_{ox} , МПа, буде приблизно дорівнювати:

$$\sigma_{ox} = E \cdot \sigma \cdot \Delta t, \quad (\text{Б.95})$$

де $\Delta t = t_{\text{max}} - t_n, ^\circ\text{C}$.

Потім теплопровід нагрівається до робочої температури.

Б.10.3.2 Системи із застосуванням стартових компенсаторів (група Пб)

У системах, що відносяться до групи Пб, передбачають застосування стартових компенсаторів.

Вимоги до стартових компенсаторів наведено у додатку В цього стандарту.

Максимально допустима відстань, м, між стартовими компенсаторами становить

$$L_e = \frac{200 \cdot A_i}{F_{\text{тр}}} (2 \cdot [\sigma] - \alpha \cdot E \cdot (t_{\text{max}} - t_3)), \quad (\text{Б.96})$$

Діапазон температур попереднього нагрівання, при яких може бути здійснене зварювання компенсаторів:

$$t_n = t_n^{\text{max}} = t_{\text{МОИТ}} + \frac{[\sigma]}{\alpha \cdot E}, \quad (\text{Б.97})$$

$$t_n = t_n^{\text{min}} = t_{\text{max}} - \frac{[\sigma]}{\alpha \cdot E}, \quad (\text{Б.98})$$

Формула (Б.97) виходить із досягнення допустимих осьових напружень у холодному стані трубопроводу після розтягу, а формула (Б.98) – з досягнення таких же напружень у робочому стані. В інтервалі від t_n^{max} до t_n^{min} будь-яка t_n буде задовольняти умови міцності трубопроводу.

При проектуванні варто враховувати, що $t_{\text{МОИТ}}$ може змінюватися в межах від нуля (при тривалій зупинці нагрівання води у межах) до розрахункової температури зовнішнього повітря, прийнятої для розрахунку опалення (при глибині прокладання менше 0,7 м). Тому рекомендується приймати t_n за формулою (Б.94).

За допомогою нагрівання до температури t_n і заварки стартового компенсатора здійснюється розтяг трубопроводу на величину Δl ,

$$\Delta l_e = L_e \left(\alpha \cdot \Delta t_n - \frac{0,25 \cdot F_{\text{ТР}} \cdot L_e}{A_i \cdot E} \right), \quad (\text{Б.99})$$

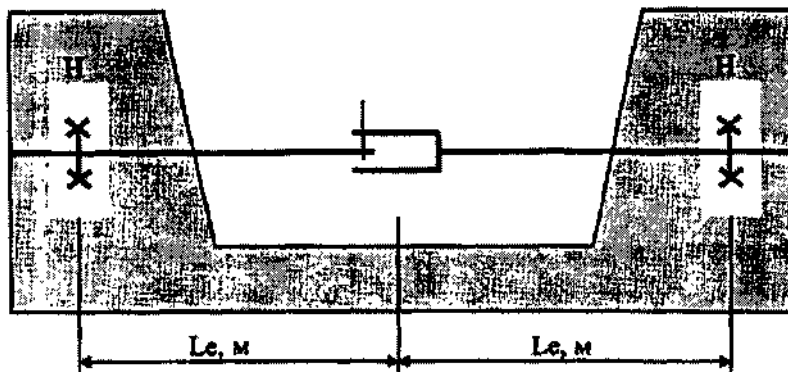


Рисунок Б.28 – Трубопровід з Е-компенсатором перед підігріванням

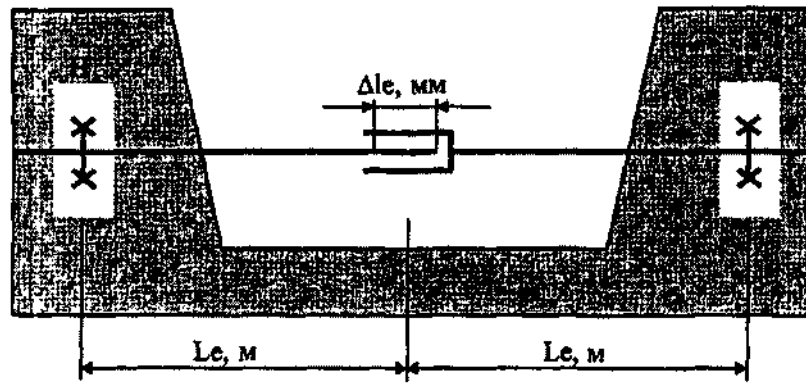


Рисунок Б.29 – Трубопровід з Е-компенсатором після підігрівання

Якщо за конструктивними міркуваннями відстань між стартовими компенсаторами потрібно зменшити, у формулу (Б.99) замість максимально допустимого значення L_e підставляється реальне.

Приклад

Визначити гранично-допустиму відстань між стартовими компенсаторами, температуру попереднього підігрівання й величину розтягу за наступними вихідними даними. Трубопровід діаметром провідної труби із СТ20 426 мм із товщиною стінки 7 мм із ізоляцією, зовнішній діаметр оболонки 560 мм, площа поперечного перерізу труби 92 см^2 , тиск у робочому стані 1,6 МПа, найбільша температура теплоносія 140°C , при монтажі компенсаторів -10°C , вага трубопроводу з ізоляцією й водою з урахуванням коефіцієнтів перевантаження 2122 Н/м . Трубопровід має глибину закладення в ґрунті $h_0 = 1,1 \text{ м}$, ґрунт – пісок.

Визначаємо допустиме осьове напруження:

$$[\sigma] = 1,5 \cdot 127 = 190 \text{ МПа.}$$

Питома сила тертя становить:

$$F_{\text{тр}} = 0,4[(1 - 0,5 \cdot 0,5)1,2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 1,13 \cdot 14560 \cdot 10^3 + 2122] = 11294 \text{ Н/м.}$$

Гранично-допустима відстань між стартовими компенсаторами:

$$L_e = \frac{200 \cdot 92}{11294} (2 \cdot 190 - 2,37(130 - 10)10^{-3}) = 155 \text{ м.}$$

Температура попереднього підігрівання:

$$t_n = t_n^{\text{max}} = 10 + \frac{190}{0,012 \cdot 2,0 \cdot 10^5} 10^3 = 89,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

за формулою (В.19)

$$t_n = t_n^{\text{min}} = 130 - \frac{190}{0,012 \cdot 2,0 \cdot 10^5} 10^3 = 50,8 \text{ }^\circ\text{C};$$

Прийmemo середнє значення $t_n = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, тоді осьові напруження в робочому стані складуть:

$$\sigma = 0,012(130 - 70)2,0 \cdot 10^2 = 144,0 \text{ МПа} < 190 \text{ МПа.}$$

Визначаємо Δl_e за формулою:

$$\Delta l_e = 155 \left(0,0125 \cdot 60 - \frac{0,25 \cdot 11294 \cdot 155}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 92} \right) = 107,9 \text{ мм,}$$

де $\Delta l_n = 70 - 10 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

У практиці проектних і монтажних робіт допускається використовувати наближені формули для визначення розрахункового стиску стартового компенсатора Δl_e , мм:

$$\Delta l_e = 0,5(t_{\text{max}} - t_{\text{МОИТ}})L_e \cdot \alpha, \tag{Б.100}$$

$$\Delta l_e = 0,5(t_n - t_{\text{МОИТ}})L_e \cdot \alpha. \tag{Б.101}$$

У місцях установлення стартових компенсаторів теплопроводи повинні мати прямолінійні ділянки завдовжки не менше 12 м.

Для зменшення величини тертя теплопроводу об ґрунт допускається його обернути поліетиленою плівкою.

Траншею в місцях встановлення стартових компенсаторів варто засипати тільки після проведення попереднього підігрівання теплопроводу, завершення зварювальних робіт і монтажу стикового з'єднання.

Відстань від стартового компенсатора до місця встановлення відгалуження повинна бути не менше $L_e / 3$.

Б.10.4 Бетонування фізичних нерухомих опор, коли трубопровід знаходиться в стані видовження

Цей спосіб застосовується тільки з попереднім підігріванням труби при монтажних роботах. Можна визначити п'ять етапів проведення робіт цим способом:

- трубопровід змонтований, випробуваний, нерухомі опори не забетоновані;
- трубопровід нагрівається до температури t_n з перевіркою видовження або до досягнення розрахункового видовження;
- після досягнення необхідної температури або видовження бетонуються нерухомі опори;
- після витримування бетону до досягнення розрахункової міцності пазухи в районі нерухомих опор засипаються піском і трамбується;
- засипається вся розрахункова ділянка теплопроводу.

Б.10.5 Радіальна компенсація в умовах попереднього підігрівання

Радіальна компенсація застосовується як для трас без попереднього підігрівання, так і для трас, виконаних з попереднім підігріванням. Розрахунки на компенсацію теплопроводів із попереднім підігріванням аналогічні розрахункам для теплопроводів без нього. Єдиною різницею є те, що за початкову температуру при визначенні теплових переміщень Δl (видовжень або скорочень) труби приймається температура попереднього підігрівання t_n . Оскільки попереднє підігрівання виконується на не засипаних вільних кінцях теплопроводів (у випадку радіальної компенсації мінімум компенсаційної зони на кутах повороту з невеликим запасом), то компенсаційні подушки встановлюються після підігрівання траси до температури t_n .

Компенсаційні подушки необхідно встановлювати з обох сторін труби для сприйняття як видовження, так і скорочення розрахункової ділянки.

Б.11 Методика перевірки теплопроводу на стійкість

Критичне зусилля Н/м від найбільш не вигідного сполучення впливів і навантажень, коли нерозрізний теплопровід втрачає стійкість, підраховується за формулою:

$$R_{кр} = \frac{1,1 \cdot \sigma_{zcm}^2}{E \cdot I} 100 \cdot i, \quad (\text{Б.102})$$

де σ_{zcm} – осьове стискальне зусилля в трубі, Н;
 E – модуль пружності матеріалу труби, Н/мм²;
 I – момент інерції труби, см⁴: $I = 0,05 (d_3^4 - d_{BH}^4)$;
 $I_{поч}$ – початковий вигин труби, м:

$$i = \frac{L_{ВИГ}}{200}; \quad (\text{Б.103})$$

$L_{ВИГ}$ – довжина місцевого вигину теплопроводу, м:

$$L_{ВИГ} = 0,1 \cdot \pi \sqrt{\frac{E \cdot I}{|\sigma_{zcm}|}}, \quad (\text{Б.104})$$

де $|\sigma_{zcm}|$ – абсолютне значення величини осьового стискального зусилля в трубі, Н.

Вертикальне навантаження Н/м має стабілізуючий вплив й визначається за формулою:

$$R_{СТ} = g_{гр} + g_{тр} + 2 \cdot F_{зр} > R_{кр}, \quad (\text{Б.105})$$

де $g_{гр}$ – вага ґрунту над теплопроводом, Н/м;

$g_{тр}$ – вага 1м теплопроводу з водою, Н/м;

$F_{зр}$ - зрушувальна сила, яка виникає в результаті дії тиску ґрунту в стані спокою, Н/м.
Для випадків, коли рівень стояння ґрунтових вод нижче глибини закладання теплопроводу:

$$F_{зр} = 0,5 \cdot \gamma_n \cdot h_0^2 \cdot K_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (\text{Б.106})$$

$$g_{гр} = \gamma_n \left[h_0 \cdot D_{ПЕ} - \frac{D_{ПЕ}^2 \cdot \pi}{8} \right], \quad (\text{Б.107})$$

де γ_n – питома вага ґрунту, Н/м³;

h_0 – глибина засипання стосовно осі труби, м;

K_0 – коефіцієнт тиску ґрунту в стані спокою;

φ_n – кут внутрішнього тертя ґрунту;

$D_{ПЕ}$ – зовнішній діаметр оболонки, м.

Осьове стискальне зусилля $\sigma_{зсм}$, Н, у затисненій ділянці прямої труби з рівномірно розподіленим вертикальним навантаженням:

$$\sigma_{зсм} = - \left[A_i (E \cdot \alpha \cdot \Delta t - 0,3 \sigma_\varphi) + P_p \cdot A_{ВН} \right], \quad (\text{Б.108})$$

де A_i – площа кільцевого перерізу труби, мм²;

α – коефіцієнт лінійного розширення сталі, мм/м · °С;

E – модуль пружності матеріалу труби, Н/мм²;

Δt – приймати рівним ($t_{max} - t_{МОНТ}$) °С;

σ_φ – окружне розтягувальне напруження від внутрішнього тиску, Н/мм²;

P_p – внутрішній тиск (робочий), МПа;

$A_{ВН}$ – площа дії внутрішнього тиску ($0,785 d_{вн}^2$), мм².

Приклад

Провести перевірку теплопроводу 159 x 4,5 мм, прокладеного безканально, на стійкість при найбільш несприятливому сполученні навантажень і впливів для випадку, коли рівень стояння ґрунтових вод нижче глибини прокладання теплопроводу.

Осьове стискальне зусилля в затисненій трубі:

$$\sigma_{зсм} = - \left[A_i (E \cdot \alpha \cdot \Delta t - 0,3 \sigma_\varphi) + P_p \cdot F_{нл} \right] = - \left[2183(2,37 \cdot 140 - 0,3 \cdot 26,7) + 1,6 \cdot 17662,5 \right] = -744262 \text{ Н.}$$

Довжина місцевого вигину теплопроводу:

$$i_{ВИГ} = 0,1 \cdot \pi \sqrt{\frac{E \cdot I}{|\sigma_{зсм}|}} = 0,314 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 664,4}{744262}} = 4,2 \text{ м.}$$

Початковий вигин труби:

$$I_{ноч} = \frac{L_{ВИГ}}{200} = \frac{4,2}{200} = 0,021 \text{ м.}$$

Критичне зусилля, за якого затиснений теплопровід при безканальному прокладанні втрачає стійкість:

$$R_{кр} = \frac{1,1 \cdot \sigma_{зсм}^2}{E \cdot I} 100 \cdot i_{ноч} = \frac{110 \cdot 744262^2}{2 \cdot 10^5 \cdot 664,4} 0,021 = 9630 \text{ Н/м.}$$

Вага ґрунту над теплопроводом:

$$g_{ГР} = \gamma_n \left[h_0 \cdot D_{ПЕ} - \frac{D_{ПЕ}^2 \cdot \pi}{8} \right] = 18000 \left(1 \cdot 0,25 - \frac{0,25^2 \cdot 3,14}{8} \right) = 4058 \text{ Н/м.}$$

Зрушувальна сила, що виникає в результаті дії тиску ґрунту в стані спокою при $\varphi = 35^\circ$:

$$F_{зр} = 0,5 \cdot \gamma_n \cdot h_0^2 \cdot K_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi_n = 0,5 \cdot 18000 \cdot 1^2 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 3150 \text{ Н/м.}$$

Стабілізуюче вертикальне навантаження

$$R_{СТ} = g_{зр} + g_{ГР} + 2 \cdot F_{зр} = 4058 + 503 + 2 \cdot 3150 = 10861 \text{ н/м.}$$

Умова стійкості $R_{СТ} > R_{КР}$, тобто $10861 > 9630$ Н/м виконується.

Якщо рівень ґрунтових або сезонних поверхневих вод (паводок, підтоплювані території тощо) може підніматися вище глибини безканально прокладених теплопроводів, тобто існує

ймовірність спливання труб при їх спорожнюванні, необхідна вага баласту, Н/м, який повинен надати теплопроводу надійну негативну плавучість, визначається за формулою:

$$g_{бал} = K_{спл} \cdot \gamma_{пульпи} \cdot V_{пульпи} + g_{ТРО} + g_{оп}, \quad (Б.109)$$

де $K_{спл}$ - коефіцієнт стійкості проти спливання. Приймається рівним: 1,10 – при періодично високому рівні ґрунтових вод або при прокладанні у зонах підтоплюваних територій; 1,15 – при прокладанні по болотистій місцевості;

$\gamma_{пульпи}$ – питома вага пульпи (води й зважених часток ґрунту), Н/м³;

$V_{пульпи}$ – об'єм пульпи, витиснутої теплопроводом, м³/м;

$g_{ТРО}$ – вага 1 м теплопроводу без води, Н/м;

$g_{оп}$ – вага нерушливих опор, Н/м.

При веденні поблизу земляних робіт середню відстань між теплотрасою (при двотрубному прокладанні) і брівкою укосу X варто визначати за формулою:

$$X \geq \frac{15,4 \cdot N^2 \cdot i}{E \cdot I \cdot K_{\gamma}^S \cdot \gamma_n \cdot h_0} + 0,25 \cdot h_0. \quad (Б.110)$$

У цій формулі K_{γ}^S – коефіцієнт пасивного тиску, прийнятий для піску 3,0.

Залежно від кута нахилу бічного укосу σ (рисунок Б.30) відстань X приймається:

- при $ctg\alpha < 0,5$ – рівною відстані до брівки укосу;
- при вертикальних стінках і виїмці ґрунту без кріплень – $X + 5 (0,5D_{ПЕ} + 0,01)$, м;
- при вертикальних стінках і виїмці ґрунту з використанням кріплень приймається відстань до місця виїмки ґрунту.

Наведені формули справедливі для випадку, коли виїмка ґрунту проводиться на глибину не більше 0,1 м під прокладеними трубами. В інших випадках необхідно проводити розрахунок за допомогою загальних аналітичних методів розрахунку на стійкість.

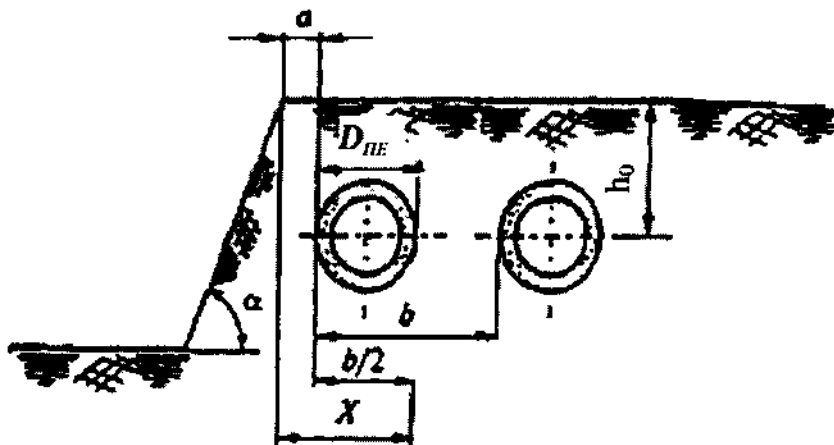


Рисунок Б.30

Додаток В
(довідковий)

НЕРУХОМІ ОПОРИ

В.1 Умовна нерухома опора

Визначення умовної нерухомої опори полягає в правильному знаходженні місця між двома вільними кінцями ділянки, в якій відсутнє переміщення труби під впливом зміни температури. Умовна нерухома опора на прямій ділянці трубопроводу утворюється в такому місці, де настає рівновага сил тертя між ґрунтом і трубою і сил від впливу температури. Найпростіше визначити місце утворення умовної нерухомої опори, коли ділянка укладена паралельно рівню землі. У цьому випадку умовна нерухома опора буде знаходитися посередині між вільними кінцями ділянки. Очевидно, що умовою є однорідність ґрунту засипки всієї ділянки. У випадку (рисунок В.1), коли по всій довжині ділянки ґрунт є однорідним, глибина залягання вільних кінців є різною, а зміна рельєфу є лінійною. Відстань від вільного кінця з більшою глибиною залягання до умовної нерухомої опори $L_{ун}$, м, можна визначити за формулою:

$$L_{ун} = \frac{2h_{0_1} - \sqrt{2(h_{0_1}^2) + h_{0_2}^2}}{2(h_{0_1} - h_{0_2})} \cdot L, \quad (B.1)$$

де h_{0_1} – більше заглиблення трубопроводу до осі труби, м;

h_{0_2} – менше заглиблення трубопроводу до осі труби, м.

Знайдена відстань не може перевищувати L_{max} .

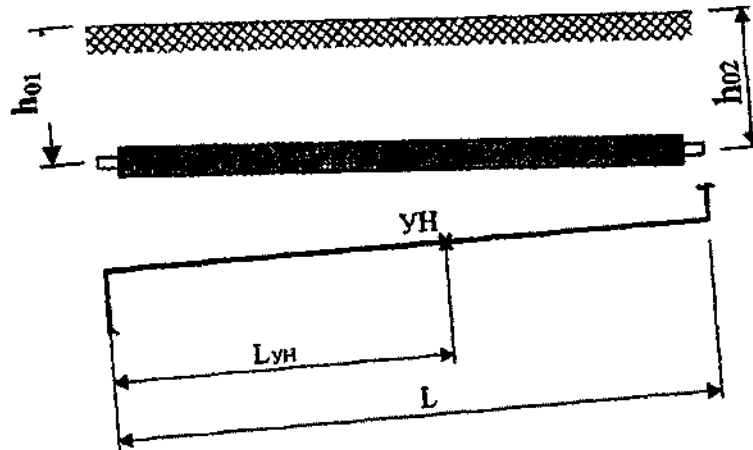


Рисунок В.1 – Визначення місця знаходження умовної нерухомої опори при лінійній зміні рельєфу землі

При нелінійній зміні рельєфу (рисунок В.2) місце знаходження умовної нерухомої опори можна з достатньою точністю визначити з допомогою середньої величини глибини залягання трубопроводу.

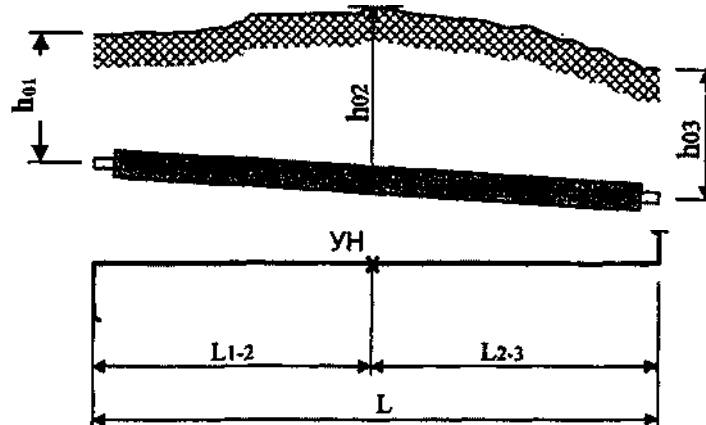


Рисунок В.2 – Визначення середньої глибини залягання трубопроводу

Середню глибину залягання можна визначити за формулою:

$$h_{0_{ср}} = \frac{0,5 \cdot (h_{0_1} + h_{0_2}) \cdot L_{1-2} + 0,5 \cdot (h_{0_2} + h_{0_3}) \cdot L_{2-3}}{L} \quad (B.2)$$

У цьому випадку глибину залягання можна приймати, як для середньої глибини залягання трубопроводу.

Коли відстань між вільними кінцями перевищує $2L_{max}$, застосування умовних опор недопустиме. В цьому випадку необхідно змінити геометрію мережі або застосувати прокладку з фізичними нерухомими опорами.

В.2 Фізичні нерухомі опори

Однією з переваг безканального прокладання є можливість вилучення фізичних нерухомих опор у порівнянні з аналогічною конфігурацією траси при каналному прокладанні. Як відомо, нерухома опора обмежує три ступені свободи труби. В трубопроводі, що укладений в ґрунт, два ступені свободи обмежуються ґрунтом.

Ґрунт сам "слідкує" за розподілом компенсаційних ділянок шляхом утворення "умовних" нерухомих опор, які фактично є місцем зрівноваження сил, що діють на трубопровід.

Існують такі випадки, коли неможливо обійтись без фізичної нерухокої опори. Фірми-виробники по-різному вимагають застосування таких опор у залежності від конкретних умов.

Фізичні нерухомі опори застосовують у наступних випадках:

- 1) при виконанні кута повороту траси від 10° до 45° ;
- 2) при переході діаметрів на прямих ділянках з метою захисту ділянки з меншим діаметром труби.

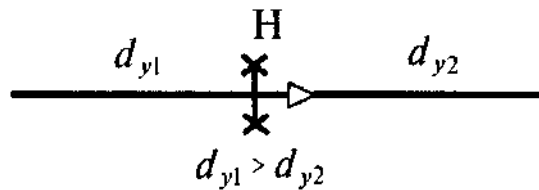


Рисунок В.3 – Застосування нерухокої опори з метою захисту ділянки з меншим діаметром труби

У цьому випадку при різниці діаметрів більше ніж на один типорозмір необхідність встановлення нерухокої опори перевіряється розрахунком. При різниці діаметрів на один типорозмір нерухома опора не застосовується, але рекомендується перевіряти такі ситуації розрахунком за конкретних умов.

- 3) для захисту трубопроводів при комбінації осьової і радіальної компенсації;

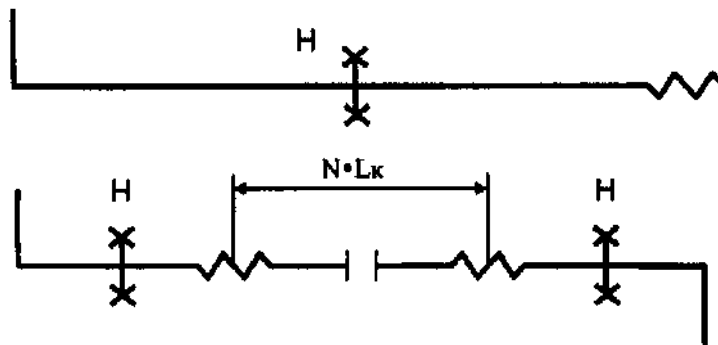


Рисунок В.4 – Захист трубопроводів при комбінації осьової і радіальної компенсації

- 4) для захисту малих компенсаційних плечей при радіальній компенсації;

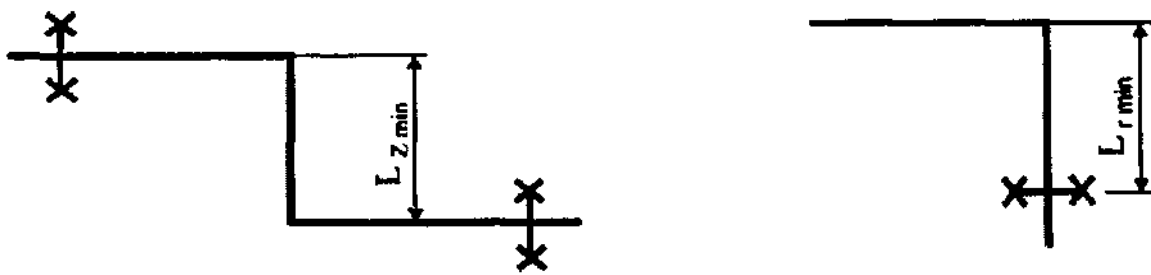


Рисунок В.5 – Захист малих компенсаційних плечей

5) для захисту трубопроводів традиційного каналного прокладання при комбінації з безканальним;

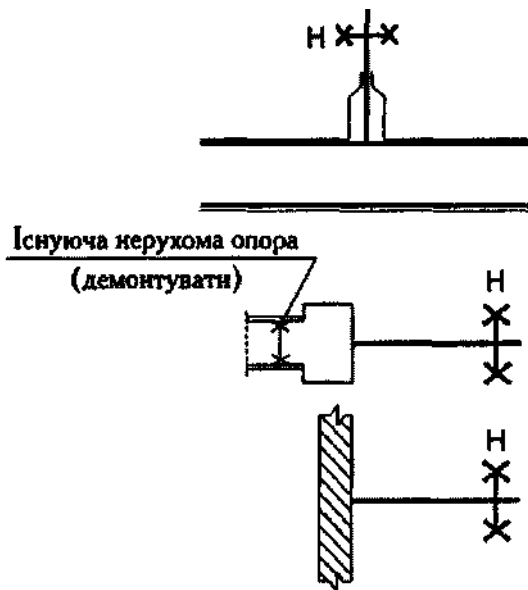


Рисунок В.6 – Захист трубопроводів традиційного каналного прокладання

6) для захисту відгалужень від основного теплопроводу, виконаного з допомогою "трійника прямого" або "трійника кутового".

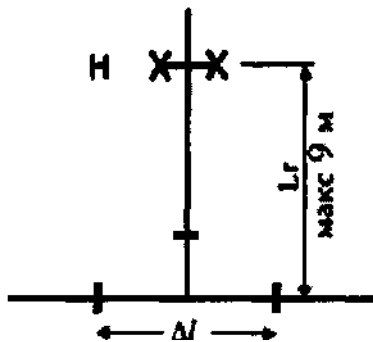


Рисунок В.7 – Відгалуження з допомогою "трійника прямого" або "трійника кутового"

Фізична нерухома опора являє собою спеціальний елемент заводського виготовлення (рисунок В.8), який бетонується при монтажних роботах.

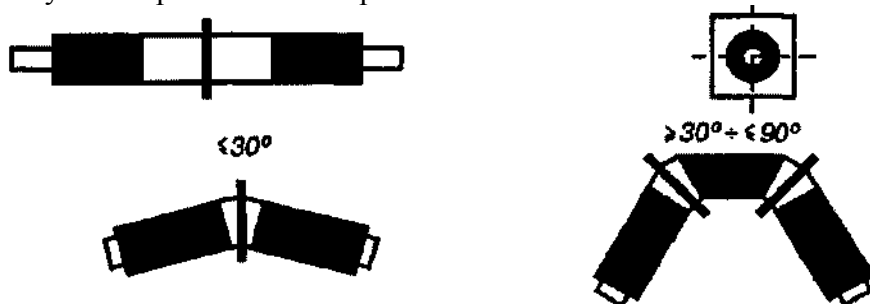


Рисунок В.8 – Прямі і кутові нерухома опора

Розміри бетонного блока і його армування розраховуються проектантом-будівельником на підставі сили, що діє на нерухому опору, ґрунтових умов і інших факторів, що залежать від конкретних умов прокладання.

Правильне визначення сил, які діють на нерухомі опори, є основою при розробленні бетонного блока для конкретних умов. У таблиці В.1 наведені найбільш розповсюджені випадки влаштування фізичних нерухомих опор з формулами для визначення діючих сил. При складанні таблиці враховані наступні припущення:

- трубопровід по обидві сторони опори знаходиться в однакових ґрунтових умовах;
- довжини ділянок по обидві сторони опори відповідають засадам формування геометрії траси із попередньо ізольованих трубопроводів і не перевищують L_{max} .

Приклади 4 і 5 таблиці В.1 доцільно використовувати для променевих схем. Для кільцевих схем сили тертя з обох сторін сумуються. Слід також відзначити, що нерухома опора заводського виготовлення (елемент теплової мережі) розрахована на умови сприйняття сили від довжини ділянки, яка не перевищує L_{TP}^{max} . У випадку, коли сила F_1 перевищує силу, яку може витримати опора заводського виготовлення, слід змінити проектне рішення за конфігурацією трубопроводу.

Таблиця В.1 – Приклади обчислення сил, які діють на нерухомі опори

	Геометрія трубопроводу	Складові сил
1		$F_x = F_{TP1} \cdot L_1 - 0,7(F_{TP2} \cdot L_2)$ $F_x = 0,7(F_{TP1} \cdot L_1) - F_{TP2} \cdot L_2$ $F_y = 0$
2		$F_x = F_k + F_{TP1} \cdot L_1 - 0,7(F_{TP2} \cdot L_2)$ $F_x = 0,7(F_k + F_{TP1} \cdot L_1) - F_{TP2} \cdot L_2$ $F_y = 0$
3		$F_x = F_{TP} \cdot L$ $F_y = 0$

Закінчення таблиці В.1

	Геометрія трубопроводу	Складові сил
4		$F_x = F_{TP1} \cdot L_1$ $F_x = F_{TP2} \cdot L_2$ $F_y = F_{TP1} \cdot L_3$
5		$F_x = F_k + F_{TP1} \cdot L_1$ $F_x = F_{TP2} \cdot L_2$ $F_y = F_{TP3} \cdot L_3$

В.3 Стартові компенсатори

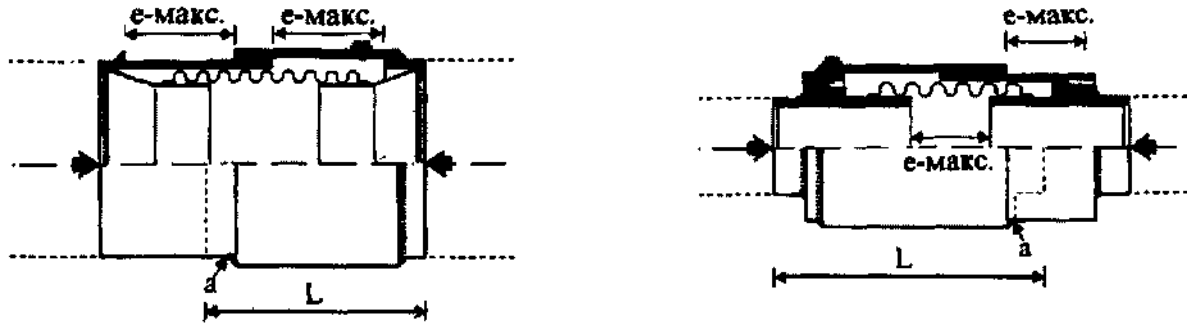


Рисунок В.9 – Стартовий компенсатор (Е-компенсатор)

Трубопровід повністю монтується в траншеї й засипається ґрунтом (за винятком місць встановлення стартових компенсаторів). Потім система нагрівається до температури, за якої всі стартові компенсатори замикаються. Після цього здійснюється їх заварювання. Таким чином, стартові компенсатори спрацьовують один раз, після чого система перетворюється в нерозрізну й компенсації температурних розширень надалі здійснюється за рахунок знакозмінних осьових напружень стиску розтягу.

Матеріали для виготовлення стартових компенсаторів повинні відповідати вимогам ГОСТ 55 (ГОСТ 3262, ГОСТ 8731, ГОСТ 8732, ГОСТ 8733, ГОСТ 8734, ГОСТ 10704, ГОСТ 10705, ГОСТ 20295 СНиП 2.04.07 та НПАОП 0.00-1.11).

Конструкція Е-компенсатора повинна відповідати документації заводу-виробника. Компенсатор мають поставлятися з комплектами ізоляції. Ізоляція стартових компенсаторів проводиться згідно додатком А до цього стандарту.

Зусилля, які сприймає стартовий компенсатор при нагріванні, мають відповідати зазначеним у конструкторській документації заводу-виробника.

Додаток Г
(довідковий)

ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ ТРУБОПРОВІДІВ ПТПУ

Г.1 Теплові розрахунки трубопроводів СТ/ПЕ та СТ/НМ

Термічний опір r , $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, одного метра одиничного попередньо ізольованого трубопроводу, який прокладено безканально, визначається за формулою:

$$r = r_k + r_{\text{гр}}, \quad (\text{Г.1})$$

де r_k і $r_{\text{гр}}$ – відповідно термічні опори конструкції трубопроводу і ґрунту.

Оскільки опір стінки сталеві провідної труби настільки малий, що не впливає на розрахунки, то опір конструкції трубопроводу СТ/ПЕ r_k , $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, можна звести тільки до опору шару ізоляції і опору стінки поліетиленової захисної труби:

$$r_k = r_{\text{із}} + r_{\text{ПЕ}}. \quad (\text{Г.2})$$

Для трубопроводу СТ/НМ формула (Г.2) набуває вигляду:

$$r_k = r_{\text{із}}, \quad (\text{Г.3})$$

де $r_{\text{із}}$ і $r_{\text{ПЕ}}$ – відповідно термічні опори шару ізоляції і стінки захисної труби.

Термічний опір ізоляції визначається як термічний опір однорідного циліндричного шару $r_{\text{із}}$, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, за формулою:

$$r_{\text{із}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{із}}} \ln \frac{d_{2\text{із}}}{d_{1\text{із}}}, \quad (\text{Г.4})$$

де $\lambda_{\text{із}}$ – теплопровідність матеріалу шару ізоляції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$d_{1\text{із}}$ і $d_{2\text{із}}$ – внутрішній і зовнішній діаметри шару ізоляції, м.

Термічний опір ґрунту $r_{\text{гр}}$, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, для трубопроводів СТ/ПЕ визначається за формулою:

$$r_{\text{гр}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \ln \left[\frac{2 \cdot h_0}{D_{\text{ПЕ}}} + \sqrt{\frac{4h_0^2}{D_{\text{ПЕ}}^2} - 1} \right], \quad (\text{Г.5})$$

де $\lambda_{\text{гр}}$ – теплопровідність ґрунту, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Термічний опір повітря $r_{\text{п}}$, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, для трубопроводів СТ/НМ визначається за формулою:

$$r_{\text{п}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{п}}} \ln \left[\frac{2 \cdot h_0}{D_{\text{ПЕ}}} + \sqrt{\frac{4h_0^2}{D_{\text{ПЕ}}^2} - 1} \right], \quad (\text{Г.6})$$

де $\lambda_{\text{п}}$ – теплопровідність повітря, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Умовний додатковий термічний опір, який враховує взаємний вплив сусідніх труб при двох-трубному прокладанні трубопроводів СТ/ПЕ, визначається за формулою:

$$r_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot h_0}{A} \right)^2}, \quad (\text{Г.7})$$

де A – відстань між осями труб, м.

Питомі втрати подавального і зворотного трубопроводів q_1 і q_2 , $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, при двохтрубному прокладанні трубопроводів СТ/ПЕ визначаються за формулами:

$$q_1 = \frac{(t_1 - t_{\text{гр}}) \cdot r_2 - (t_2 - t_{\text{гр}}) \cdot r_0}{r_1 \cdot r_2 - r_0^2}, \quad (\text{Г.8})$$

$$q_2 = \frac{(t_2 - t_{\text{гр}}) \cdot r_1 - (t_2 - t_{\text{гр}}) \cdot r_0}{r_1 \cdot r_2 - r_0^2}, \quad (\text{Г.9})$$

де t_1 і t_2 – температури теплоносія в подавальному і зворотному трубопроводах, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{гр}}$ – температура ґрунту на глибині залягання осі трубопроводу, $^{\circ}\text{C}$;

r_1 і r_2 – термічні опори (ізоляція і ґрунт або ізоляція і повітря) подавального і зворотного трубопроводу, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Термічний опір конструкцій трубопроводів СТ/ПЕ, що були розраховані при теплопровідності ізоляції $\lambda_{із} = 0,035$ Вт/м^{°С} та теплопровідності поліетилену оболонки $\lambda_{ПЕ} = 0,43$ Вт/м^{°С}, наведено у таблиці Г.1.

Таблиця Г.1 – Термічний опір конструкцій трубопроводів СТ/ПЕ

d_y , мм	d_3 , мм	$D_{ПЕ}$, мм	$E_{minПЕ}$, мм	$D_{ВН}$, мм	$r_{ПЕ}$, м ^{°С} /Вт	$r_{із}$, м ^{°С} /Вт	r_k , м ^{°С} /Вт
25	32	90	2,2	85,6	0,01855	4,476970	4,496
32	38	110	2,5	105,0	0,01721	4,624503	4,642
40	45	110	2,5	105,0	0,01721	3,855205	3,872
50	57	125	2,5	120,0	0,01510	3,387204	3,402
65	76	140	3,0	134,0	0,01621	2,580334	2,597
80	89	160	3,1	154,0	0,01414	2,494839	2,509
100	108	200	3,2	193,6	0,01203	2,655666	2,668
125	133	225	3,5	218,0	0,01169	2,248364	2,260
150	159	250	3,9	242,2	0,01173	1,914911	1,927
200	219	315	4,9	305,2	0,01169	1,510125	1,522
250	273	400	6,3	387,4	0,01184	1,592436	1,604
300	325	450	7,0	436,0	0,01169	1,336868	1,349
350	377	500	7,8	484,4	0,01173	1,140530	1,152
400	426	560	8,8	542,4	0,01182	1,099118	1,111
500	530	710	11,1	687,8	0,01175	1,185826	1,198
600	630	800	12,5	775,0	0,01175	0,942502	0,954
700	720	900	13,5	873,0	0,01127	0,876714	0,888
800	820	1000	15,5	969,0	0,01165	0,759669	0,771

У таблиці Г.2 наведено результати розрахунків втрат тепла для трубопроводів СТ/ПЕ з наступними характеристиками:

- теплопровідність ізоляції із спіненого пінополіуретану $\lambda_{із} = 0,035$ Вт/(м °С);
- теплопровідність поліетилену високої густини $\lambda_{ПЕ} = 0,43$ Вт/(м °С);
- теплопровідність ґрунту (сухого) $\lambda_{ґр} = 1,5$ Вт/(м °С);
- середньорічна температура ґрунту на глибині залягання трубопроводу $t_{ґр} = +5$ °С;
- розрахункові середньорічні температури в тепловій мережі $t_1 = 90$ °С, $t_2 = 50$ °С;
- глибина залягання осі трубопроводів h_0 , м, із розрахунку відстані від поверхні землі до верху ізоляції не менше 700 мм в залежності від діаметра умовного проходу трубопроводу: $h_0 = 1,0$ м для $d_y = 25 \div 400$ мм; $h_0 = 1,1$ м для $d_y = 450 \div 600$ мм, $h_0 = 1,2$ м для $d_y = 700$; $h_0 = 1,3$ м для d_y більше ніж 800 мм.

Примітка. Глибина залягання для розрахунків була прийнята саме такою, щоб була можливість порівняти отримані тепловтрати з нормами. При визначенні тепловтрат на глибині залягання до верху труби 700 мм і менше необхідно замість температури ґрунту враховувати середньорічну або середню за опалювальний період температуру зовнішнього повітря.

Таблиця Г.2 – Розрахункові втрати тепла трубопроводами ПТПУ

d_y , мм	d_3 , мм	$D_{ПЕ}$, мм	r , м°С/Вт	r_0 , м°С/Вт	q_1 , Вт/м	q_2 , Вт/м
25	32	90	4,90	0,06	17,24	8,97
32	38	110	5,02	0,06	16,81	8,75
40	45	110	4,25	0,06	19,84	10,29
50	57	125	3,77	0,06	22,36	11,57
65	76	140	2,95	0,06	28,48	14,63
80	89	160	2,85	0,06	29,49	15,13
100	108	200	2,99	0,07	28,16	14,6
125	133	225	2,56	0,07	32,71	16,70
150	159	250	2,22	0,07	37,70	19,13
200	219	315	1,79	0,07	46,57	23,33
250	273	400	1,85	0,07	45,14	22,61
300	325	450	1,58	0,07	52,61	26,05
350	377	500	1,37	0,06	60,39	29,52
400	426	560	1,32	0,08	62,74	30,49
500	530	710	1,39	0,09	59,41	28,86
600	630	800	1,13	0,09	72,44	34,00
700	720	900	1,06	0,10	76,80	35,25
800	820	1000	0,93	0,11	86,78	38,34

Г.2 Теплові розрахунки трубопроводів РЕ-Х/ПЕ та ПП/ ПЕ (ПП/НМ)

Розрахункові втрати тепла з одного погонного метра Ω , Вт/м, при двотрубному прокладанні трубопроводів РЕ-Х/ПЕ та ПП/ПЕ визначаються за формулою:

$$\Omega = 2 \cdot v \cdot \left(\frac{(t_1 - t_2)}{2} - t_{гр} \right), \quad (Г.10)$$

де t_1 – температура води в подавальному трубопроводі, °С;

t_2 – температура води в зворотному трубопроводі, °С;

$t_{гр}$ – температура ґрунту, °С;

v – коефіцієнт теплопередачі для двох трубопроводів, Вт/м °С, що визначається за формулою:

$$v = \frac{1}{r_{РЕ-Х(ПП)} + r_{із} + r_{гр} + r_{1,2}}, \quad (Г.11)$$

де $r_{РЕ-Х(ПП)}$ – термічний опір провідної труби, м °С/Вт;

$r_{із}$ – термічний опір теплової ізоляції, м °С/Вт;

$r_{гр}$ – термічний опір ґрунту для двох трубопроводів, м °С/Вт;

$r_{1,2}$ – термічний опір взаємного впливу зворотного трубопроводу та подавальному трубопроводі, м °С/Вт.

Термічні опори $r_{РЕ-Х(ПП)}$, м °С/Вт, визначаються за формулами (Г.12) – (Г.16):

$$r_{РЕ-Х(ПП)} = \frac{\ln(d_{nРЕ-Х(ПП)} / d_{внРЕ-Х(ПП)})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{РЕ-Х(ПП)}}, \quad (Г.12)$$

де $\lambda_{РЕ-Х(ПП)}$ – коефіцієнт теплопровідності провідної труби зі структурованого поліетилену, $\lambda_{РЕ-Х} = 0,38$ Вт/м °С або труби із ПП-80, тип 3, $\lambda_{ПП} = 0,24$ Вт/м °С;

$d_{nРЕ-Х(ПП)}$ – номінальний зовнішній діаметр провідної труби, мм;

$d_{внРЕ-Х(ПП)}$ – середній внутрішній діаметр провідної труби, мм, що визначається за формулою:

$$d_{внРЕ-Х(ПП)} = d_{nРЕ-Х(ПП)} - 2e_{nРЕ-Х(ПП)}, \quad (Г.13)$$

де $2e_{nРЕ-Х(ПП)}$ – номінальна товщина стінки провідної труби, мм;

$$r_{i3} = \frac{\ln(D_{n\Gamma} / d_{nPE-X(III)})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{i3}}, \quad (Г.14)$$

де λ_{i3} – коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/м °С, $\lambda_{i3} = 0,035$ Вт/(м °С);
 $D_{n\Gamma}$ – номінальний зовнішній діаметр захисної гофрованої оболонки, мм.

$$r_{ГР} = \frac{\ln(4h_0 / D_{n\Gamma})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{ГР}}, \quad (Г.15)$$

де $\lambda_{ГР}$ – коефіцієнт теплопровідності ґрунту, Вт/м °С;
 h_0 – відстань від поверхні ґрунту до осі провідних труб, мм.

$$r_{1,2} = \frac{\ln(1 + (2h_0 / A)^2)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{ГР}}, \quad (Г.16)$$

де A – відстань за горизонталлю між осями трубопроводів, мм.

Для трубопроводів ПП/НМ розрахунки проводяться з використанням формул (Г.10) – (Г.16) без врахування термічного опору оболонки НМ і з урахуванням теплофізичних властивостей повітряного середовища замість ґрунту.

Г.3 Розрахункові втрати тепла з одного погонного метра при прокладанні трубопроводів РЕ-Х/ПЕ та ПП/ПЕ, що складаються з пакета з двох чи чотирьох провідних труб в одній ізоляції та одній захисній оболонці

Термічний опір матеріалу провідних труб $r_{PE-X(III)}$, м°С/Вт, визначається як сума термічних опорів по кожній із труб, що складають пакет, за формулою:

$$r_{PE-X(III)} = \sum_{N=1}^{N=\kappa} r_{PE-X(III)N} = \sum_{N=1}^{N=\kappa} \left(\frac{\ln(d_{nPE-X(III)N} / d_{внPE-X(III)N})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{PE-X(III)}} \right), \quad (Г.17)$$

де κ – кількість труб у пакеті.

Визначення термічного опору ізоляції r_{i3} , м°С/Вт, проводиться як для однострунного прокладання попередньо ізольованої умовної труби з еквівалентним діаметром $d_{екв}$, мм, рівним за площиною перерізу сумі площин перерізу труб у пакеті, за формулою:

$$r_{i3} = \frac{\ln(D_{n\Gamma} / d_{екв})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{i3}} \quad (Г.18)$$

де $d_{екв}$ – еквівалентний діаметр, мм, визначається, як корінь суми квадратів діаметрів труб $d_{nPE-X(III)N}$, що складають пакет, за формулою:

$$d_{екв} = \sqrt{\sum_{N=1}^{N=\kappa} d_{nPE-X(III)N}^2}. \quad (Г.19)$$

Термічний опір ґрунту r_{i3} , м°С/Вт, визначається за формулою:

$$r_{i3} = \frac{\ln(2\rho_0 / D_{n\Gamma})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{i3}}. \quad (Г.20)$$

Коефіцієнт теплопровідності пакета труб V^E , Вт/м °С, визначається за формулою:

$$V^E = \frac{1}{r_{PE-X(III)} + r_{i3} + r_{ГР}}. \quad (Г.21)$$

Розрахункові втрати тепла з одного погонного метра для прокладання пакета труб в одній ізоляції та в одній захисній оболонці $\Omega_{ППТ}^E$, Вт/м, визначаються за формулою:

$$\Omega_{ППТ}^E = v(t_{сер} - t_n), \quad (Г.22)$$

де $t_{сер}$ – середня температура води, °С, в умовній трубі з діаметром $d_{екв}$ визначається за формулою:

$$t_{\text{сер}} = \sum_{N=1}^{N=\kappa} (t_N \cdot \alpha_N), \quad (\Gamma.23)$$

де α_N – коефіцієнт, що враховує вплив різниці діаметрів труб пакета на середню температуру і, відповідно, на сумарний тепловий потік.

Для пакета труб різного діаметра коефіцієнт α_N визначається відношенням площини переїзу провідної труби діаметром $d_{nPE-X(III)N}$ до площини труби з еквівалентним діаметром $d_{екв}$ за формулою:

$$\alpha_N = \frac{d_{nPE-X(III)N}^2}{d_{екв}^2}. \quad (\Gamma.24)$$

Для пакета труб рівного діаметра коефіцієнти однакові й визначаються за формулою:

$$\alpha_N = \frac{1}{\kappa}. \quad (\Gamma.25)$$

Додаток Д
(довідковий)

РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВІДІВ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Примітка. Додаток викладено з урахуванням рекомендацій [4,5,7].

Д.1 Гідравлічний розрахунок трубопроводів із полімерних матеріалів

Гідравлічний розрахунок трубопроводів із ПП/ПЕ (ПП/НМ) полягає у визначенні втрат напору на подолання гідравлічних опорів, що виникають у трубі, у стикових з'єднаннях і з'єднувальних деталях у місцях різких поворотів і змін діаметра трубопроводу.

Гідравлічні втрати напору в трубах визначаються за номограмами на рисунках Д.1. і Д.2.

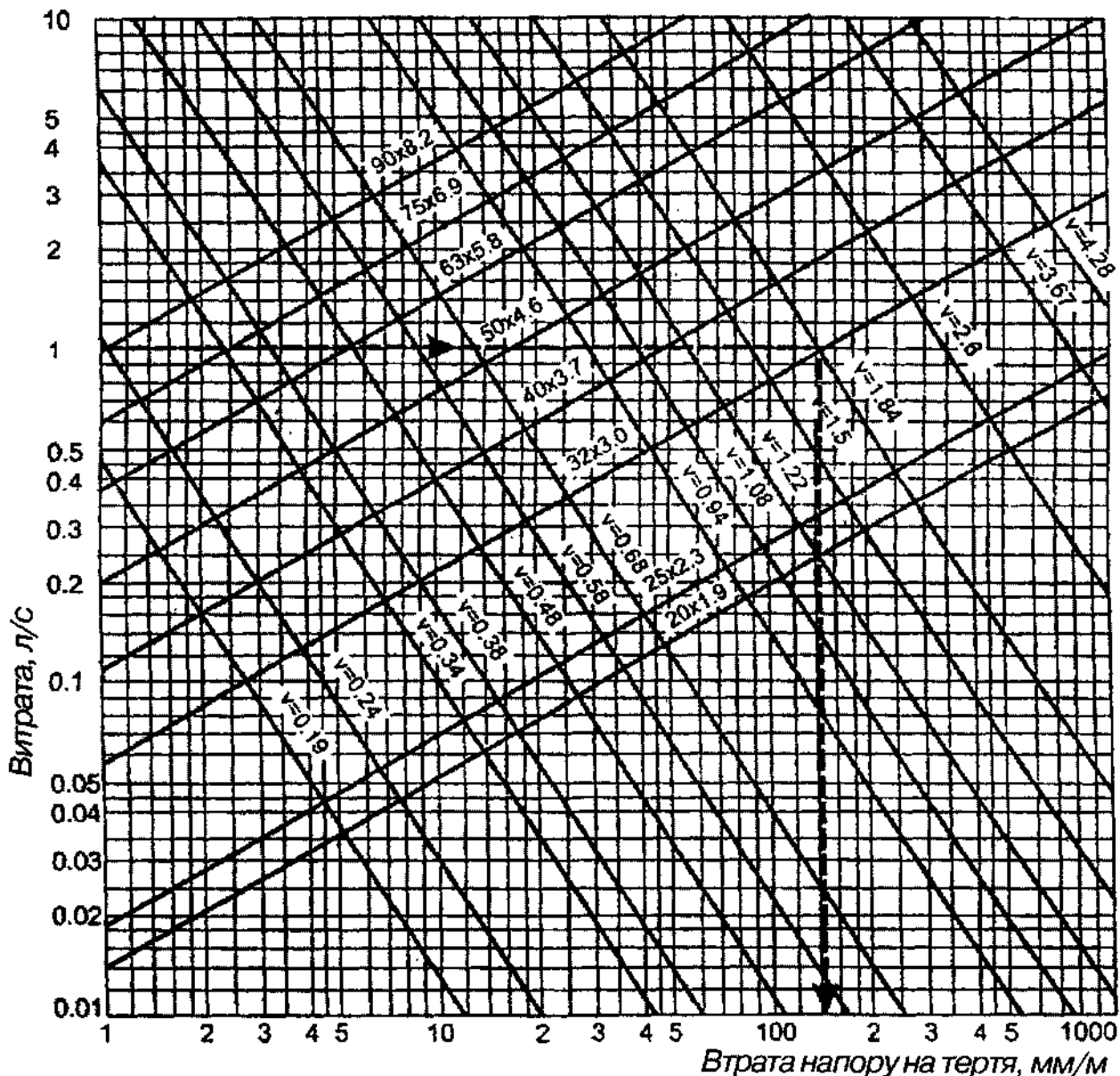


Рисунок Д.1 – Номограма для інженерного гідравлічного розрахунку трубопроводу ПП/ПЕ з провідною трубою SDR 11

Приклад

Дано: провідна труба з ПП-80, тип 3 SDR 11, $d_n = 32$ мм, витрата рідини 1 л/с
За номограмою: середня швидкість плинину рідини 1,84 м/с, втрата напору 140 мм/м

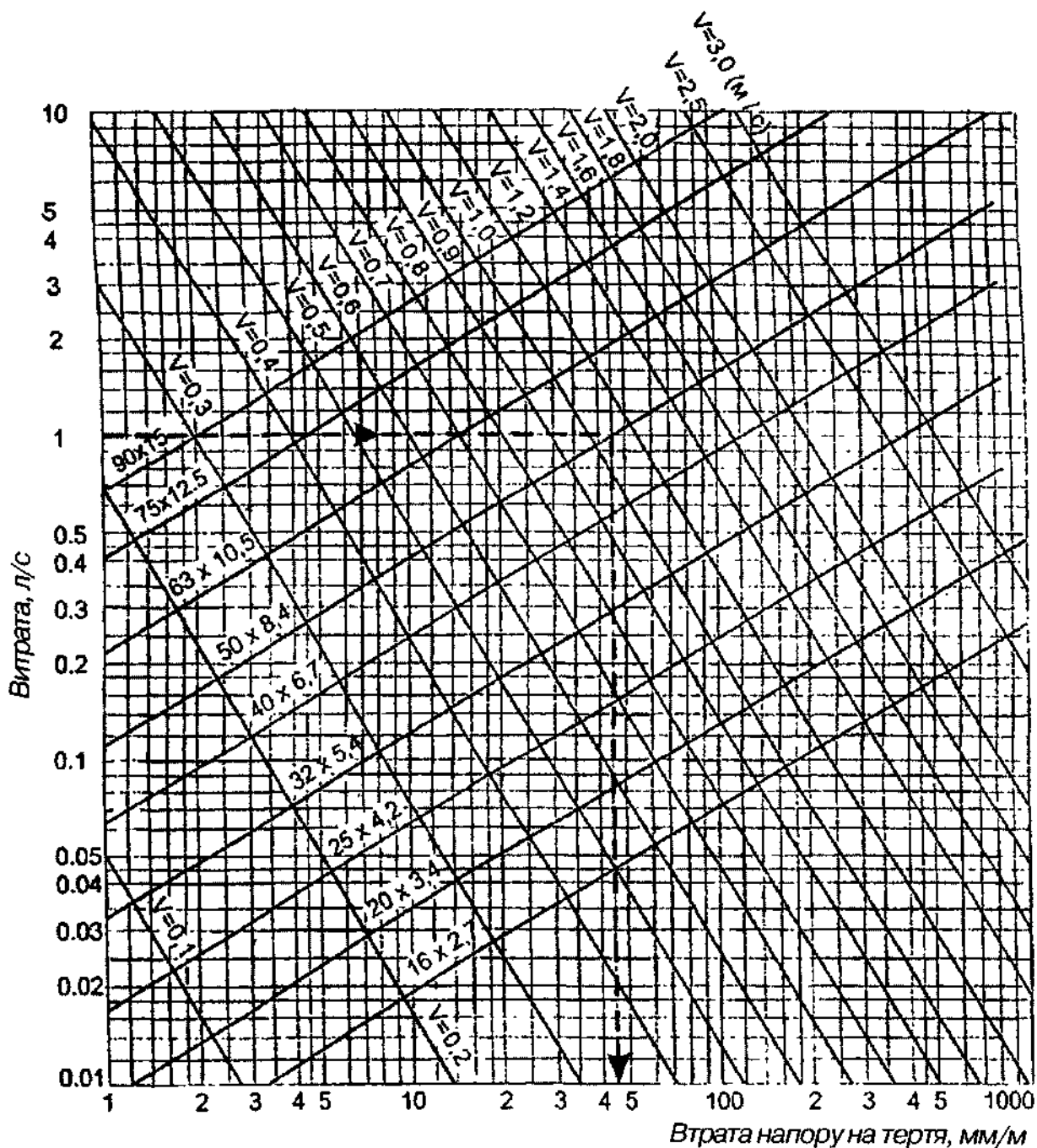


Рисунок Д.2 – Номограма для інженерного гідравлічного розрахунку трубопроводу ПП/ПЕ з провідною трубою SDR 6

Приклад

Дано: труба ПП-80, тип 3 SDR6, $d_n = 50$ мм, За номограмою: середня швидкість плинун рідини 1,1 м/с, витрата рідини 1 л/с

Гідравлічні втрати напору в стикових з'єднаннях можна прийняти рівними 10-15 % величини втрат напору в трубах за номограмою. Для внутрішніх водопровідних систем величину втрат напору на місцеві опори, у сполучних деталях і арматурах рекомендується приймати рівною 30 % величини втрат напору в трубах.

Також розрахунок можливо проводити за наступною методикою.

Величина напору H_{TP} , необхідна для подачі води споживачеві, визначається за формулою:

$$H_{TP} = \sum i_t \cdot L + \sum h_{M.O} + h_{ГЕОМ} + h_B, \quad (Д.1)$$

де i_t – питомі втрати напору за температури води t , °C (втрати напору на одиницю довжини трубопроводу), м/м;

L – довжина ділянки трубопроводу, м;
 $h_{M.O}$ – втрати напору в стикових з'єднаннях і в місцевих опорах, м;
 $h_{ГЕОМ}$ – геометрична висота (оцінка найвищої точки розрахункової ділянки трубопроводу), м;

h_B – вільний напір на виливі із трубопроводу, м (для санітарно-технічних приладів приймається за додатком 2 СНиП 2.04.01).

Примітка. Допускається $\Sigma h_{M.O}$ приймати рівною 20-30 % $\Sigma i_i \cdot L$

Втрати напору на одиницю довжини трубопроводу l_i без урахування гідравлічного опору стикових з'єднань варто визначати за формулою:

$$i_i = \frac{\lambda \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot d_{BH}}, \quad (Д.2)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору по довжині трубопроводу;

V – середня швидкість руху води, м/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

d_{BH} – розрахунковий (внутрішній) діаметр трубопроводу, м.

Коефіцієнт гідравлічного опору λ , варто визначати за формулою:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312(2-b) \lg(3,7d_{BH} / K_E)}{\lg Re_\phi - 1} \right]}{\lg(3,7d_{BH} / K_E)}, \quad (Д.3)$$

де b – число подоби режимів бігу води;

Re_ϕ – число Рейнольдса фактичне;

K_E – коефіцієнт еквівалентної шорсткості, м, наводиться в окремих зводах правил, але не менше 0,00001 м.

Число подоби режимів бігу води b визначають за формулою:

$$b = 1 + \frac{\lg Re_\phi}{\lg Re_{KB}}, \quad (Д.4)$$

(при $b > 2$ варто приймати $b = 2$). Фактичне число Рейнольдса Re_ϕ визначається за формулою:

$$Re_\phi = \frac{V \cdot d_{BH}}{\nu}, \quad (Д.5)$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості води, м/с².

Число Рейнольдса, що відповідає початку квадратичної області гідравлічних опорів при турбулентному русі води, визначається за формулою:

$$Re_{KB} = \frac{500 \cdot d_{BH}}{K_E}. \quad (Д.6)$$

Для орієнтовних розрахунків за вищенаведеними формулами можна використовувати номограми, наведені далі.

Номограми на рисунках Д.3 і Д.4 призначені для визначення питомих втрат напору на тєртя при транспортуванні води з температурою 10 °С.

За номограмами на рисунках Д.5 і Д.6 визначається поправочний коефіцієнт K_t до величини $1000i_{10}$, якщо температура води відмінна від 10 °С.

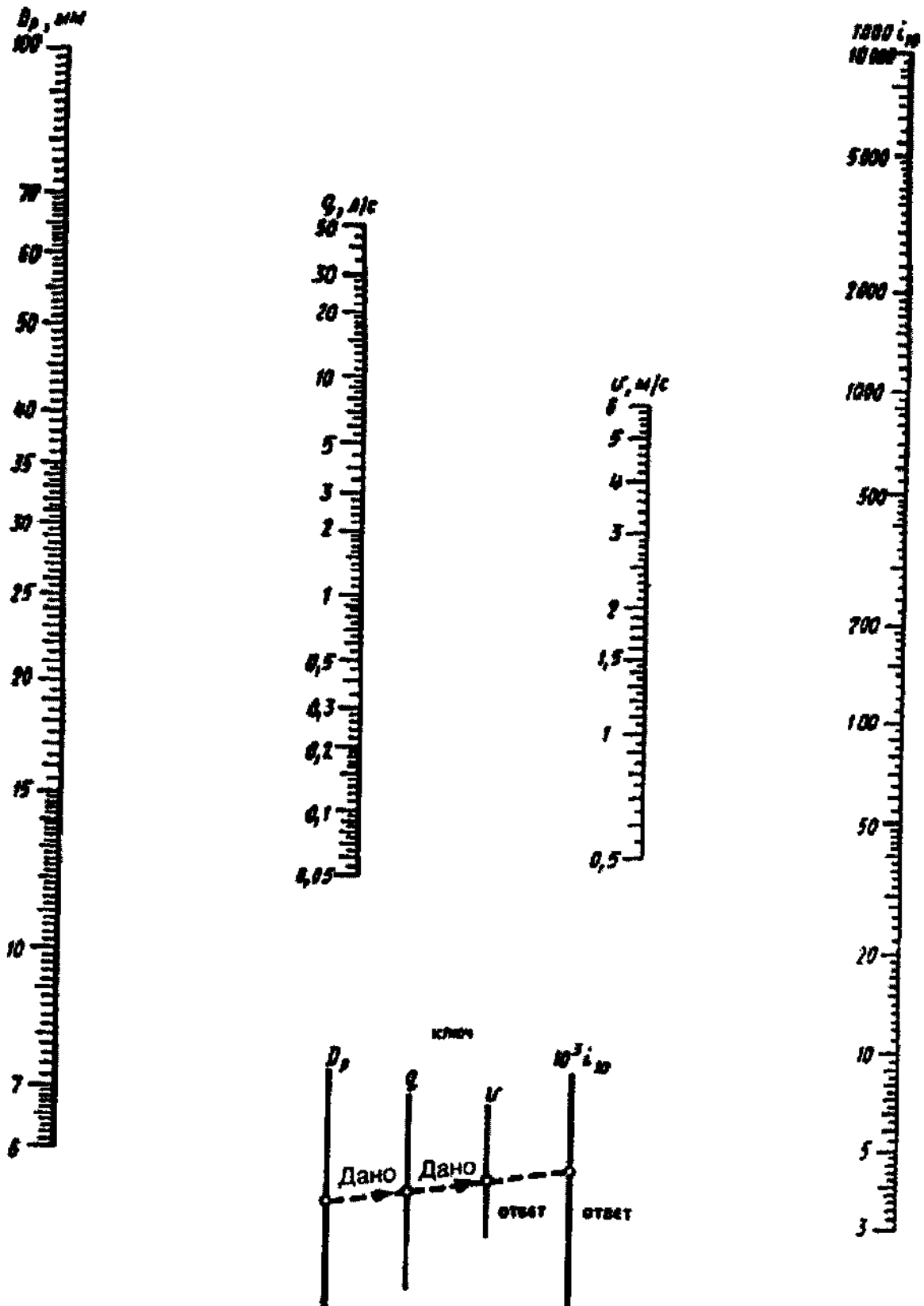


Рисунок Д.3 – Номограма для визначення втрат напору в трубах діаметром 6-100 мм (при $K_E = 0,00002$)

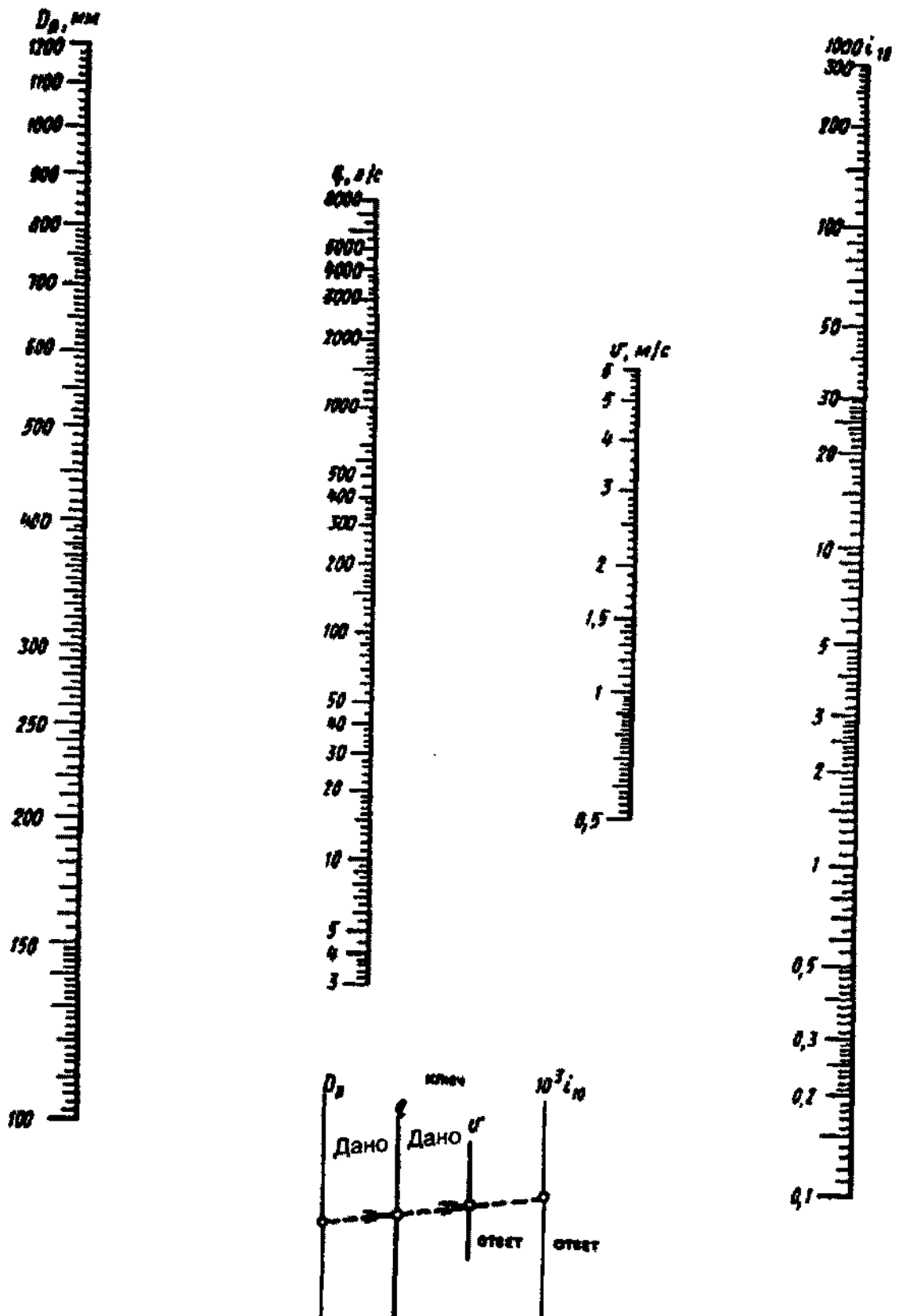


Рисунок Д.4 – Номограма для визначення втрат напору в трубах діаметром 100 – 1200 мм (при $K_E = 0,00002$)

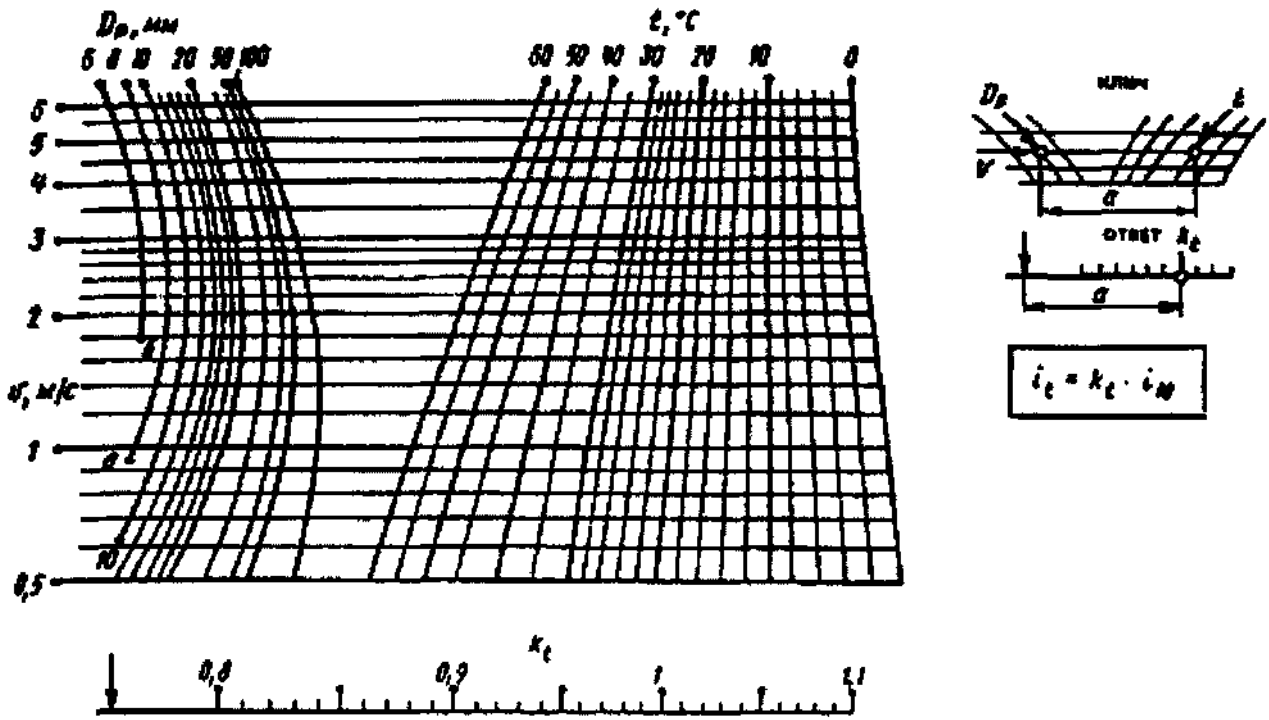


Рисунок Д.5 – Номограма для визначення поправочного коефіцієнта k_t на температуру води при розрахунку труб діаметром 6-100 мм

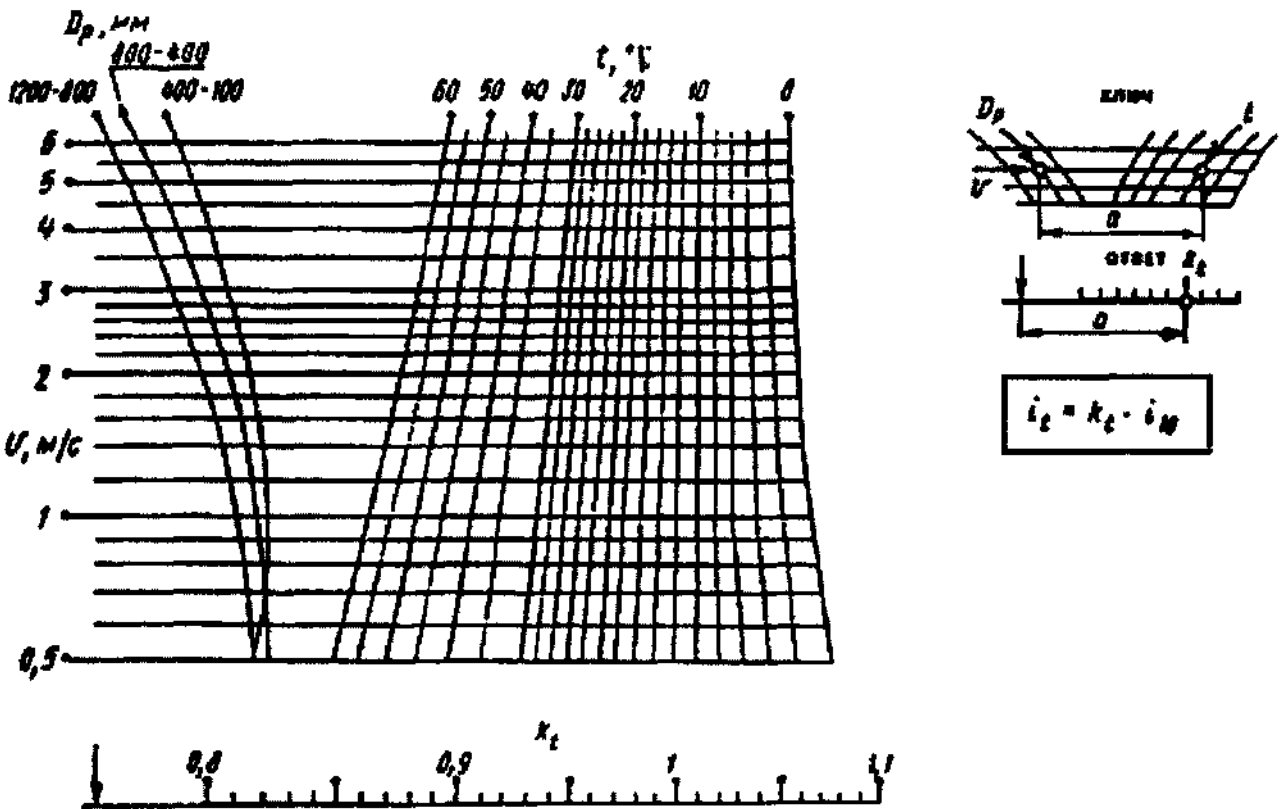


Рисунок Д.6 – Номограма для визначення поправочного коефіцієнта K_t на температуру води при розрахунку труб діаметром 100-1200 мм

Д.2 Гідравлічний розрахунок підземних трубопроводів гарячого водопостачання із труб РЕ-Х із тепловою ізоляцією з пінополіуретану в поліетиленовій оболонці

Гідравлічний розрахунок варто проводити, враховуючи положення частини Д1 цього додатка.

Втрати напору H на ділянці трубопроводу гарячої води варто визначати за формулою:

$$H = L \cdot i_t + \frac{V^2}{2 \cdot g} \sum \xi_j, \quad (Д.7)$$

де L – розрахункова довжина ділянки трубопроводу, м;
 i_t – втрати напору, викликані гідравлічним опором труб, за температури води 75 °С (подавальний трубопровід) і 50 °С (циркуляційний трубопровід);

V – середня швидкість руху води, л/с;

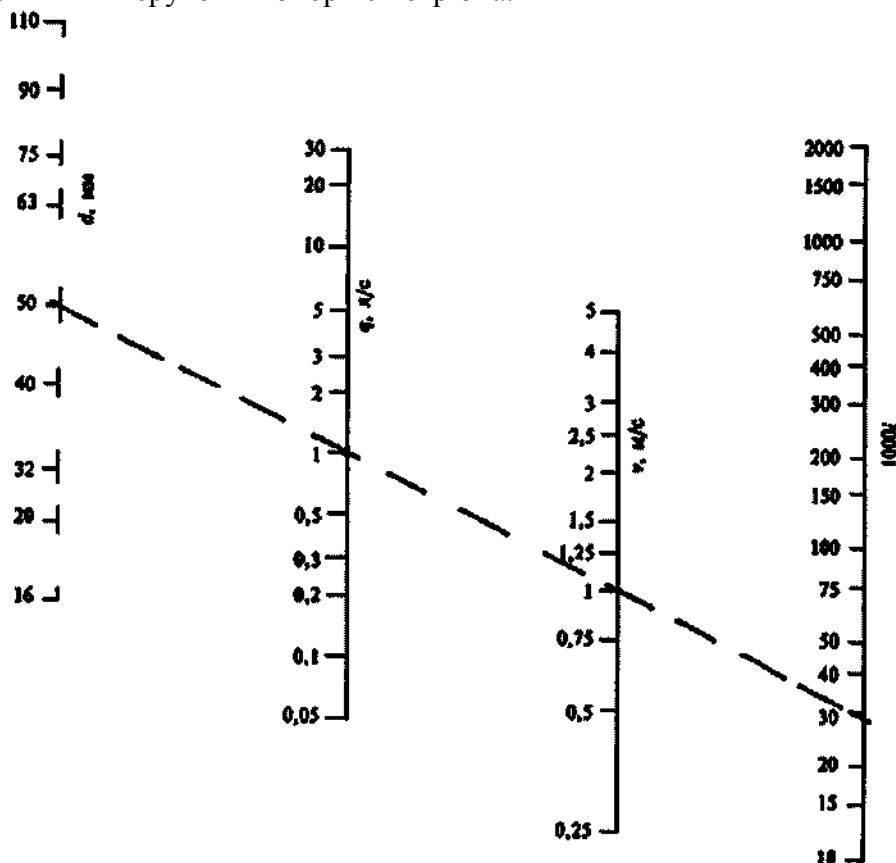
g – прискорення вільного падіння;

$\sum \xi_j$ – сума коефіцієнтів гідравлічних опорів стикових з'єднань, відводів, трійникових відгалужень, запірних арматур.

При проведенні наближених гідравлічних розрахунків при визначенні i_t можна користуватися номограмою (рисунок Д.7), складеною для середньої температури води 60 °С. При використанні номограм для гідравлічного розрахунку подавального трубопроводу гарячої води з температурою 75 °С варто ввести поправочний коефіцієнт 0,96, а для циркуляційного трубопроводу з температурою води 50 °С – коефіцієнт 1,025. При проведенні наближених гідравлічних розрахунків гідравлічні опори стикових з'єднань допускається не враховувати.

Для районів із розрахунковою температурою зовнішнього повітря вище мінус 2 °С застосування спеціальних компенсаторів і пристроїв, що компенсують температурні деформації, не передбачається.

Застосування нерухомих опор варто передбачати в місцях приєднання полімерних трубопроводів до сталевих трубопроводів на відгалуженнях, а також на введеннях у будинки і споруди. Установка проміжних нерухомих опор не потрібна.



d – розрахунковий діаметр; q – розрахункова витрата води; V – середня по перерізу швидкість руху води; i – гідравлічний ухил (втрати напору на одиницю довжини трубопроводу)

Рисунок Д.7 – Номограма для гідравлічного розрахунку трубопроводу гарячої води із середньою температурою 60°

При розрахунку конструкцій нерухомих опор значення осьових зусиль допускається орієнтовно приймати за таблицею 2.

Таблиця 2

Зовнішній діаметр труби, мм	Осьове зусилля, Н
25	400
32	400
40	600
50	1000
63	1500
75	2200
90	3500
110	4700

Перевірка трубопроводу на стійкість, як правило, не проводиться.

Поворот трубопроводу гарячого водопостачання шляхом його згинання варто передбачати з огляду на наступні радіуси вигину R , м, для зовнішніх діаметрів, мм, ПЕ оболонки: до 75 мм $R \approx 0,7$ м; 90 мм $R \approx 0,8$ м; 110 мм $R \approx 0,9$ м.

Д.3 Опори й кріплення

У місцях проходження через будівельні конструкції труби з полімерних матеріалів необхідно прокладати в гільзах. Довжина гільзи повинна перевищувати товщину будівельної конструкції на товщину будівельних оздоблювальних матеріалів, а над поверхнею підлоги підніматися на 20 мм. Розташування стиків труб у гільзах не допускається.

Для трубопроводів із полімерних матеріалів застосовуються рухомі опори, що допускають переміщення труб в осьовому напрямку, і нерухомі опори, що не допускають таких переміщень.

Нерухомі опори на трубах варто виконувати за допомогою приварених або приклеєних (залежно від матеріалу труб) до тіла труби упорних кілець, муфт – для труб діаметром до 160 мм або сегментів – для труб діаметром більше 160 мм.

Приклади розміщення опор наведені на рисунку Д.8.

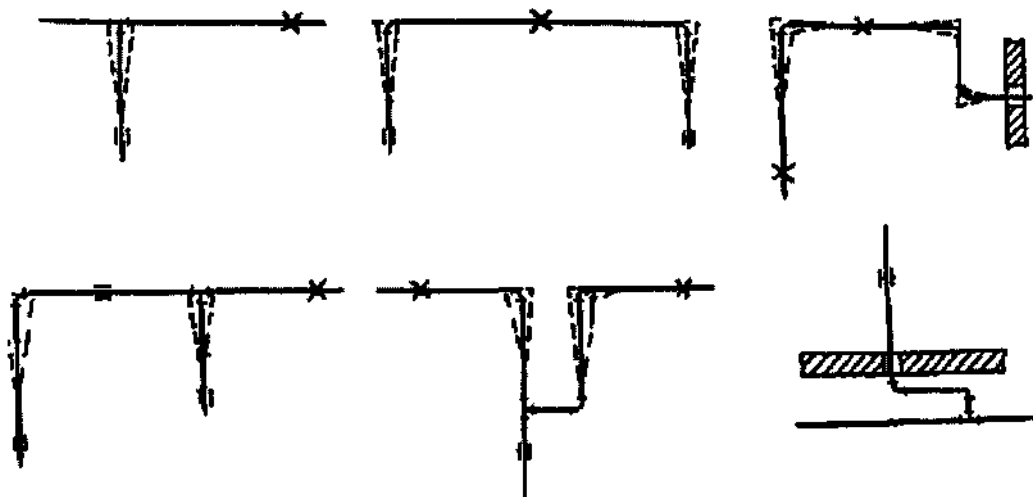


Рисунок Д.8 – Приклади розміщення нерухомих опор

Нерухоме кріплення трубопроводу на опорі шляхом стиску труби не допускається.

Як рухомі опори варто застосовувати підвісні опори або хомути, виконані з металу або полімерного матеріалу, внутрішній діаметр яких повинен бути на 1-3 мм (з урахуванням прокладки й теплового розширення) більше зовнішнього діаметра трубопроводу, який монтується.

Між трубопроводом і металевим хомутом варто поміщати прокладку з м'якого матеріалу. Ширина прокладки повинна перевищувати ширину хомута не менше ніж на 2 мм.

Розміщення нерухомих опор варто приймати таким, щоб температурні зміни довжини ділянок трубопроводів не перевищували їх компенсаційну здатність.

При неможливості встановлення кріплень на розрахунковій відстані з конструктивних міркувань трубопроводи допускається прокласти на суцільній підставці.

Довжина незакріплених горизонтальних трубопроводів у місцях поворотів і приєднання їх до приладів та устаткування фланцевим з'єднанням не повинна перевищувати 0,5 м (рисунок Д.9).

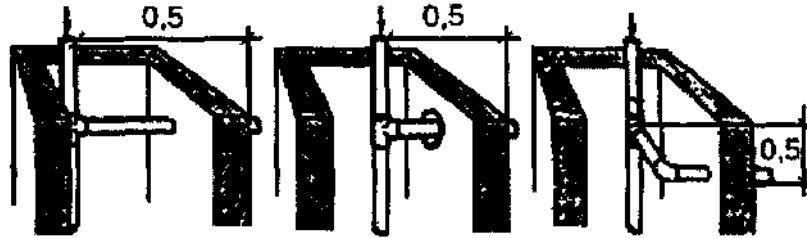


Рисунок Д.9 – Прокладання трубопроводів у шахтах

Закладення штроб, коробів, отворів у міжповерхових перекриттях і стінах варто виконувати після закінчення всіх робіт з монтажу й випробування трубопроводів.

Д.4 Компенсація температурного подовження трубопроводів

Зміна довжини трубопроводів з поліпропілену при перепаді температури визначається за формулою:

$$\Delta l = 0,15 \cdot L \cdot \Delta t, \quad (\text{Д.8})$$

де Δl – температурна зміна довжини труби, мм;

0,15 – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу труби, мм/м;

L – довжина трубопроводу, м;

Δt – розрахункова різниця температур (між температурою монтажу й експлуатації), °С.

Величину температурних змін довжини труби можна також визначити за номограмою на рисунку Д.10.

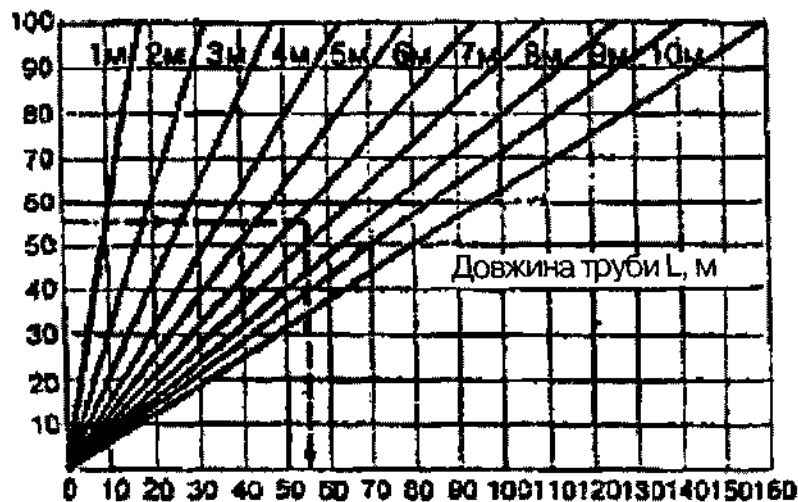


Рисунок Д.10

Приклад

$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$, $L = 6,5 \text{ м}$.

За формулою (2.1) $\Delta l = 0,15 \cdot 6,5 \cdot (75 - 20) = 55 \text{ мм}$; $\Delta t = 75 - 20 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$. За номограмою $\Delta l = 55 \text{ мм}$.

Трубопровід повинен мати можливість вільно подовжуватися або коротшати без перенапруження матеріалу труб, з'єднувальних деталей і з'єднань трубопроводу. Це досягається за рахунок компенсуючої здатності елементів трубопроводу (самокомпенсація) і забезпечується правильним розміщенням опор (кріплень), наявністю відводів у трубопроводі в місцях повороту, інших гнутих елементів і установкою температурних компенсаторів. Нерухомі кріплення труб повинні спрямовувати подовження трубопроводів у бік цих елементів.

Відстань між опорами при горизонтальному прокладанні трубопроводу визначається з табл. 2.1.

При проектуванні вертикальних трубопроводів опори встановлюються не рідше ніж через 1000 мм для труб зовнішнім діаметром до 32 мм і не рідше ніж через 1500 мм для труб великого діаметра.

Компенсуючі пристрої виконуються у вигляді Г-подібних (рис. Д.11) та П-подібних елементів (рис. Д.12).

Таблиця 2.1 – Відстань між опорами в залежності від температури води в трубопроводі

Номинальний зовнішній діаметр труби, мм	Відстань, мм							
	20 °С	30 °С	40 °С	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С	
16	500	500	500	500	500	500	500	
20	600	600	600	600	550	500	500	
25	750	750	700	700	650	600	550	
32	900	900	800	800	750	700	650	
40	1050	1000	900	900	850	800	750	
50	1200	1200	1100	1100	1000	950	900	
63	1400	1400	1300	1300	1150	1150	1000	
75	1500	1500	1400	1400	1250	1150	1100	
90	1600	1600	1500	1500	1400	1250	1200	

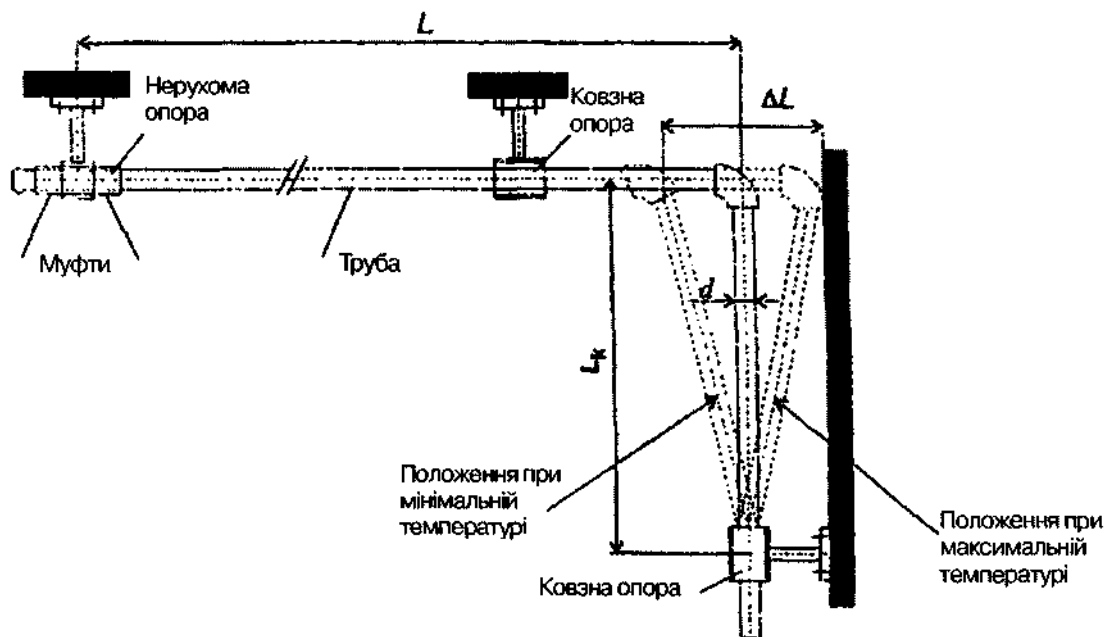


Рисунок Д.11 – Г-подібний елемент трубопроводу

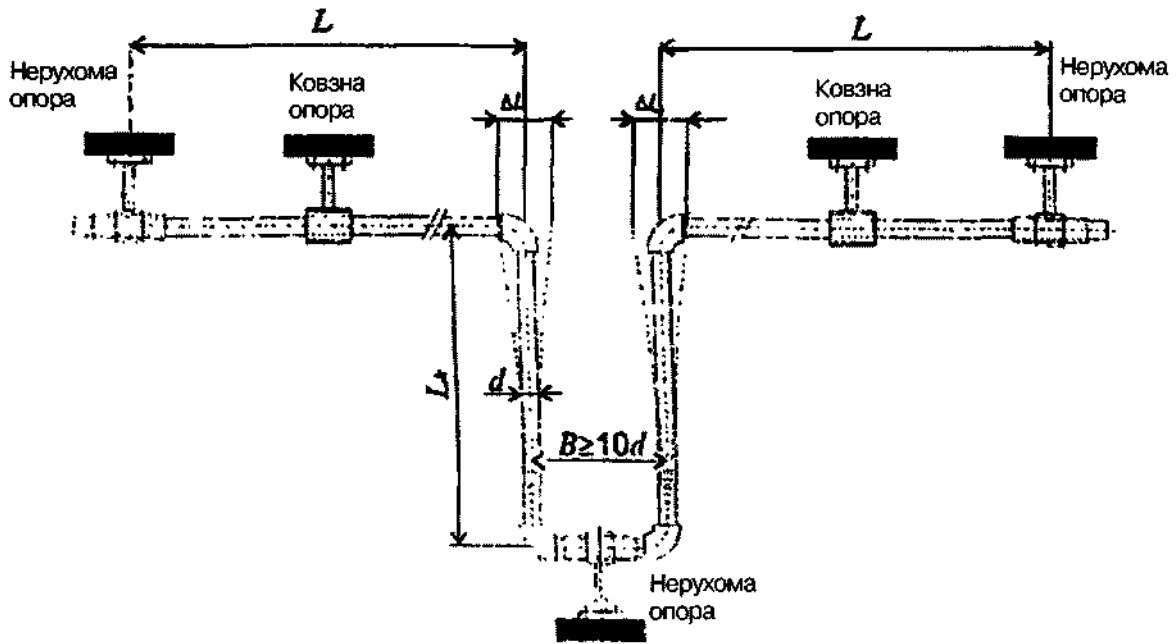


Рисунок Д.12 – П-подібний компенсатор

Розрахунок компенсуючої здатності Г-подібних елементів (рис. Д.11) і П-подібних компенсаторів (рис. Д.12) проводиться за номограмою (рис. Д.13) або за емпіричною формулою (Д.8)

$$L_K = 25\sqrt{d \cdot \Delta l}, \quad (Д.9)$$

де L_K – довжина ділянки Г-подібного елемента, що сприймає температурні зміни довжини трубопроводу, мм;

d – зовнішній діаметр труби, мм;

Δl – температурні зміни довжини труби, мм.

Величину L_K можна також визначити за номограмою (рис. Д.13).

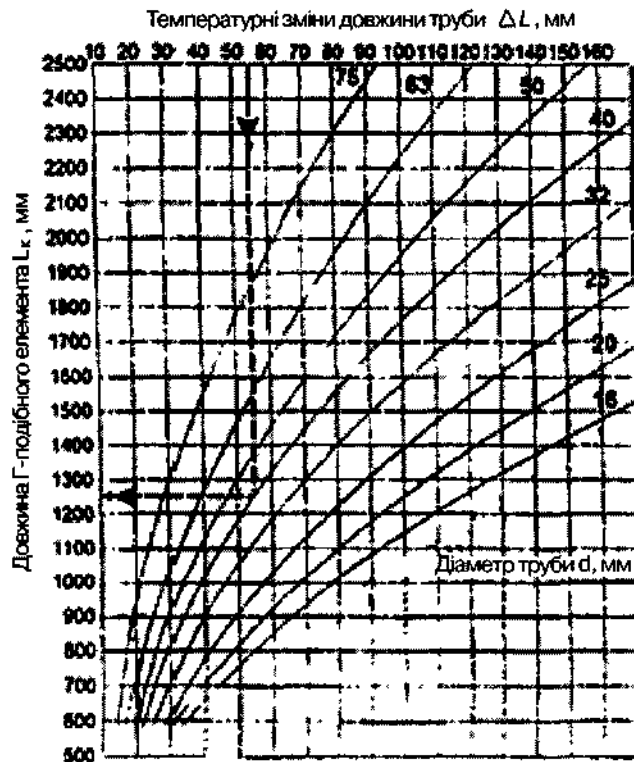


Рисунок Д.13 – Номограма для визначення довжини ділянки труби, яка сприймає теплове подовження

Приклад

$$d = 40 \text{ мм}, \Delta l = 55 \text{ мм}$$

За формулою (2.2) $l_k = 25\sqrt{40 \cdot 55} = 1173 \text{ мм}$. За номограмою $L_k = 1250 \text{ мм}$.

Поздовжні зусилля σ_t , що виникають у трубопроводі при зміні температури, без урахування компенсації температурних деформацій визначають за формулою:

$$\sigma_t = \alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot A_i, \quad (\text{Д.10})$$

де E – модуль пружності матеріалу труби, МПа;

A_i – площа поперечного перерізу стінки труби, м².

Температурні напруження необхідно враховувати в будь-якій закріпленій ділянці трубопроводу при будь-якій довжині ділянки.

Компенсуюча здатність відводу під кутом 90° (Г-подібний) визначається за формулою:

$$\Delta l = \frac{2 \cdot \sigma}{3 \cdot E \cdot D} \cdot \frac{(l_1 + R)^3 + 0,007 \cdot R^3}{l_1 + R}, \quad (\text{Д.11})$$

де Δl – максимально допустиме поздовжнє переміщення трубопроводу від дії температури, що може бути компенсовано відводом, м;

l_1 – довжина прилеглої до відводу прямої ділянки трубопроводу до рухомої опори, м;

R – радіус вигину відводу, м;

D – зовнішній діаметр труб, м;

σ – розрахункова міцність, МПа;

E – модуль пружності, МПа.

Компенсуюча здатність П-подібного компенсатора визначається за формулою:

$$\Delta l = \frac{[\sigma]}{0,25 \cdot E \cdot h \cdot D} (9,4R^3 + 14,9R^2a + 7,8a^2 + 1,3a^2), \quad (\text{Д.12})$$

де Δl – максимально допустиме поздовжнє переміщення трубопроводу від дії температури, що може бути сприйнято компенсатором, м;

h – виліт компенсатора, м;

R – радіус вигину відводів компенсатора, м;

a – довжина прямої ділянки компенсатора, м;

D – зовнішній діаметр труби, м;

$[\sigma]$ – допустиме напруження за умов тривалої міцності, МПа.

Максимально допустима відстань від осі компенсатора до осі нерухомої опори трубопроводу L_{max} , см, повинна обчислюватися за формулою:

$$L_{max} = \frac{\Delta l}{2 \cdot L \cdot \Delta t}. \quad (\text{Д.13})$$

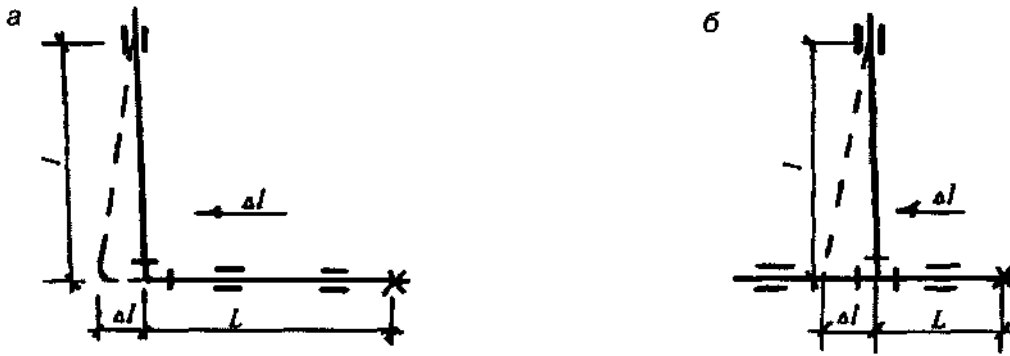
Відстань L від осі труби відводу до осі установки ковзної опори (рисунок Д.14) варто приймати:

$$L = K\sqrt{\Delta l \cdot D}, \quad (\text{Д.14})$$

де K – коефіцієнт, обумовлений міцнісними й пружними властивостями полімерного матеріалу труб за формулою:

$$K = \sqrt{\frac{3 \cdot E}{\sigma}}, \quad (\text{Д.15})$$

де σ – розрахункова міцність матеріалу труби, МПа.



а – на відводі; в – на трійниковому відгалуженні

Рисунок Д.14 – Схеми розташування опор

У необхідних випадках компенсуюча здатність трубопроводів може бути підвищена за рахунок введення додаткових поворотів, спусків і підйомів.

Компенсація теплового лінійного подовження труб із полімерних матеріалів може забезпечуватися поздовжнім вигином при укладанні їх у вигляді "змійки" на опори, ширина якої повинна допускати можливість вигину трубопроводу при перепаді температур.

За необхідності збільшення компенсуючої здатності Г-, Z- і П-подібних елементів трубопроводів застосовують метод "розтягу" (попереднє напруження) при монтажі трубопроводу.

Д.5 Методика розрахунку на міцність трубопроводів з полімерних матеріалів при підземному прокладанні (загальні принципи)

Розрахунок на міцність трубопроводів з полімерних матеріалів, прокладених безканално, рекомендується зводити до дотримання нерівності:

– для напірних трубопроводів

$$\frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_{PP}} + \frac{\varepsilon - \varepsilon_C}{\varepsilon_{PI}} \leq 1,0; \quad (Д.16)$$

– для самопливних трубопроводів

$$\frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_{PP}} + \frac{\varepsilon_C}{\varepsilon_{PI}} \leq 1,0, \quad (Д.17)$$

де ε_P – максимальне значення деформації розтягу матеріалу в стінці труби через овальність поперечного перерізу труби під дією ґрунтів $q_{ГР}$, МПа, і транспортних навантажень q_T , МПа;

ε – ступінь розтягу матеріалу стінки труби від внутрішнього тиску води в трубопроводі;

ε_C – ступінь стиску матеріалу стінки труби від впливу зовнішніх навантажень на трубопроводі;

ε_{PP} – гранично-допустиме значення деформації розтягу матеріалу в стінці труби, що відбувається в умовах релаксації напружень;

ε_{PI} – гранично допустима деформація розтягу матеріалу в стінці труби в умовах повзучості.

Значення ε_P може бути визначене за формулою:

$$\varepsilon_P = 4,27 \cdot K_\sigma \frac{S}{D} \psi \cdot K_{3\psi}, \quad (Д.18)$$

де K_σ – коефіцієнт, що враховує якість ущільнення, його можна приймати: при ретельному контролі – 0,75, при періодичному контролі – 1,0, за відсутності контролю – 1,5;

$K_{3\psi}$ – коефіцієнт запасу на овальність поперечного перерізу труби, приймається рівним: 1,0 – для напірних і самопливних трубопроводів і 2 – для дренажних трубопроводів;

ψ – відносне скорочення вертикального діаметра труби в ґрунті, встановлюється як гранично допустиме значення

$$\psi = \psi_{ГР} + \psi_T + \psi_M, \quad (Д.19)$$

де $\psi_{ГР}$ – відносне скорочення вертикального діаметра труби під дією ґрунтового навантаження;

ψ_T – те саме, під дією транспортних навантажень;

ψ_M – відносне скорочення вертикального діаметра труби, що утворилося в процесі складування транспортування й монтажу. Його можна приблизно приймати за таблицею Д.1.

Таблиця Д.1

Кільцева твердість G_0 оболонки труби, Па	ψ_M при ступені ущільнення ґрунту		
	до 0,85	0,85 – 0,95	більше 0,95
До 276 000	0,06	0,04	0,03
276 000-290 000	0,04	0,03	0,02
Більше 290 000	0,02	0,02	0,01

$$\psi_{ГР} = K_{OK} \frac{K_{\tau} \cdot K_w \cdot q_{ГР}}{K_{Ж} \cdot G_0 + K_{ГР} \cdot E_{ГР}}, \quad (Д.20)$$

де K_{τ} – коефіцієнт, що враховує запізнення овальності поперечного перерізу труби в часі й залежний від типу ґрунту, ступеня його ущільнення, гідрогеологічних умов, геометрії траншеї, може приймати значення від 1 до 1,5;

K_w – коефіцієнт прогину, що враховує якість підготовки ложа й ущільнення, можна приймати:

при ретельному контролі – 0,09, при періодичному – 0,11, при безконтрольному веденні робіт – 0,13;

$K_{ГР}$ – коефіцієнт, що враховує вплив ґрунту засипання на овальність поперечного перерізу трубопроводу, можна прийняти рівним 0,06;

$E_{ГР}$ – модуль деформації ґрунту в траншеї, МПа;

$K_{Ж}$ – коефіцієнт, що враховує вплив кільцевої жорсткості оболонки труби на овальність поперечного перерізу трубопроводу, можна приймати рівним 0,15;

$$q_{ГР} = \gamma_n \cdot h, \quad (Д.21)$$

де γ_n – питома вага ґрунту, Н/м³;

h – глибина засипання трубопроводу від поверхні землі до рівня горизонтального діаметра, м;

G_0 – короткочасна кільцева жорсткість оболонки труби, МПа;

$$G_0 = 53,7 \frac{E_0 \cdot l}{(1 - \nu^2)(D - e)^3}, \quad (Д.22)$$

де E_0 – короткочасний модуль пружності при розтягу матеріалу труби, МПа;

l – момент інерції перерізу труби на одиницю довжини

$$l = \frac{e^3}{12}, \quad (Д.23)$$

ν – коефіцієнт Пуассона матеріалу труби, наводиться в нормативній документації;

$$\psi_T = K_{OK} \frac{K_y \cdot q_T}{K_{Ж} \cdot G_0 + K_{ГР} \cdot n \cdot E_{ГР}}, \quad (Д.24)$$

де K_y – коефіцієнт ущільнення ґрунту;

q_T – транспортне навантаження, прийняте за довідковими даними для гусеничного, колісного й іншого транспорту, МПа;

n – коефіцієнт, що враховує глибину закладення трубопроводу при (H) $h < 1$ $n = 0,5$;

K_{OK} – коефіцієнт, що враховує процес округлення овалізованої труби під дією внутрішнього тиску води у водопроводі P , МПа

$$K_{OK} = \frac{1}{1 + 2 \cdot P / q_C \cdot \psi}, \quad (Д.25)$$

де q_C – сумарне зовнішнє навантаження на трубопровід, МПа;

$$q_C = q_{GP} + q_T; \quad (Д.26)$$

$$\varepsilon = \frac{P}{2 \cdot E} \cdot \frac{D}{e}; \quad (Д.27)$$

$$\varepsilon_C = \frac{q_C}{2 \cdot E} \cdot \frac{D}{e}; \quad (Д.28)$$

$$\varepsilon_{PP} = \frac{\sigma_0}{E_\tau \cdot K_3}, \quad (Д.29)$$

де σ_0 – короткочасна розрахункова міцність при розтягу матеріалу труби, МПа;

E_τ – коротко- і довгострокове значення модуля пружності при розтягу матеріалу труби на кінець терміну служби експлуатації трубопроводу, МПа.

$$\varepsilon_{PI} = \frac{\sigma_0}{E \cdot K_3}, \quad (Д.30)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, повинен наводитися в нормативних документах.

Якщо в результаті розрахунків значення лівої частини виразу (Д.16) буде більше 1, то варто повторити розрахунки при інших характеристиках матеріалу труб або укладання трубопроводу.

Далі перевіряють стійкість оболонки труби проти дії сполучення навантажень: для напірних мереж – ґрунтові й транспортні q_C від ґрунтових вод $Q_{ГВ}$, а також можливого виникнення вакууму $Q_{ВАК}$ в трубопроводі, для самопливних мереж – $q_{GP} + Q_{GP}$, для дренажних мереж – з використанням виразу

$$\frac{K_{yГ} \cdot K_{OB} \sqrt{n \cdot E_{ГP} \cdot G_\tau}}{K_{3y}} \geq (q_C + Q_{ГВ} + Q_{ВАК}), \quad (Д.31)$$

де $K_{yГ}$ – коефіцієнт, що враховує вплив засипання ґрунту на стійкість оболонки, можна прийняти 0,5, а для співвідношення $Q_{GP}:q_T = 4:1$ – рівним 0,07;

K_{OB} – коефіцієнт, що враховує овальність поперечного перерізу трубопроводу, при $0 \leq \psi \leq 0,05$ $K_{OB} = 1 - 0,7\psi$;

K_{3y} – коефіцієнт запасу на стійкість оболонки на дію зовнішніх навантажень, можна прийняти рівним 3;

G_τ – тривала кільцева жорсткість оболонки труби, МПа, визначається за формулою:

$$G_\tau = \frac{4,475 \cdot E_\tau}{(1 - \nu^2)} \left(\frac{e}{D - e} \right). \quad (Д.32)$$

Додаток Е
(довідковий)

**ПРИКЛАДИ ТИПОВИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТРУБОПРОВОДІВ СТ/ПЕ**

Правильне проектування теплової мережі не обмежується тільки вибором компенсаційних елементів, вибором і розташуванням нерухомих опор, компенсаційних зон тощо. При виконанні проектних робіт необхідно передбачити всі фактори, які впливають на безаварійну роботу теплової мережі і прийняти рішення, яке допоможе мінімізувати вплив цих факторів. Крім того, необхідно передбачити захист інших типів прокладки і внутрішніх систем від впливу навантажень з боку безканальних трубопроводів.

Е.1 Зміни напрямку траси

Для випадків кутів повороту до 10° і у разі відсутності можливості для виконання нетипової компенсації або влаштування кутової нерухомої опори (наприклад, якщо теплотраса знаходиться всередині існуючого коридору комунікацій) зміну напрямку траси виконують із застосуванням підрізки країв труби на зварних стиках (рисунок Е.1).

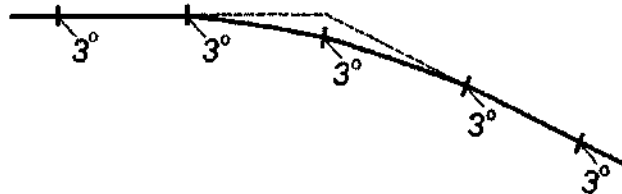


Рисунок Е.1 – Максимальні кути підрізок країв труб на зварних стиках

Максимальні кути підрізок повинні відповідати наведеному на рисунку Е.1. В цьому випадку ділянка трактується як пряма труба.

Е.2 Відгалуження трубопроводів

Важливу роль для безаварійності роботи теплопроводів відіграє правильне проектування відгалужень, яке має враховувати як безпеку основного трубопроводу, так і трубопроводу відгалуження.

В безканальних теплових мережах для виконання відгалужень застосовуються трійники заводського виготовлення трьох типів: прямий; кутовий; паралельний.

При проектуванні відгалужень безканальних трубопроводів необхідно дотримуватися наступних принципів:

1) діаметр відгалуження не може бути більшим основного трубопроводу (початку і продовження) (рисунок Е.2);

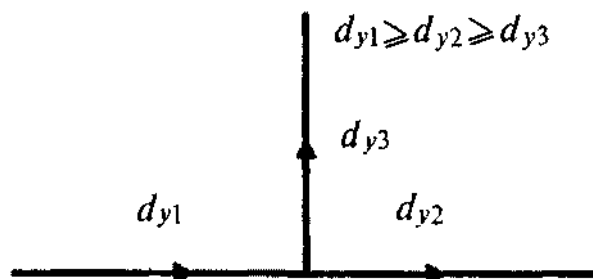


Рисунок Е.2

2) якщо необхідно виконати відгалуження $d_{y1} \geq d_{y3} \geq d_{y2}$, його слід виконати, як на рисунку Е.3 з урахуванням вимог 3) та 4), що наведені нижче;

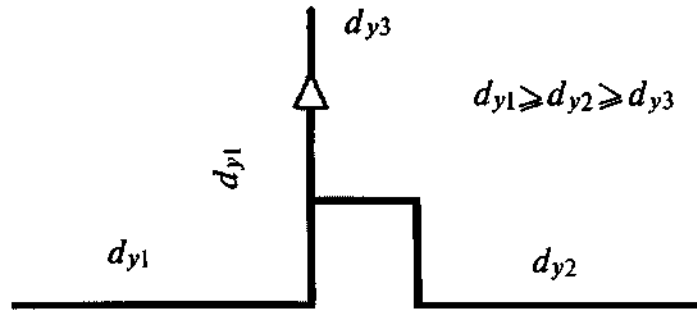


Рисунок Е.3

3) відгалуження не може бути виконано ближче ніж 0,3 довжини компенсаційної зони, рахуючи від кінця компенсаційної зони. Причому видовження основного трубопроводу в місці відгалуження не повинно перевищувати 50 мм (рисунок Е.4);

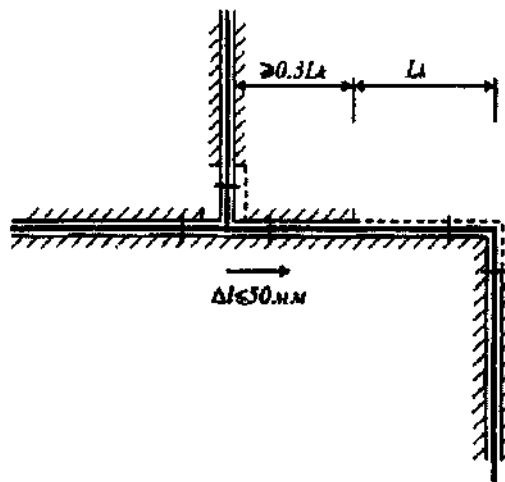


Рисунок Е.4

4) при виконанні відгалуження із застосуванням прямого або кутового трійника таке відгалуження має розглядатися як Z-подібна ділянка компенсації (рисунок Е.5) з виконанням всіх вимог, як для Z-подібної компенсації.

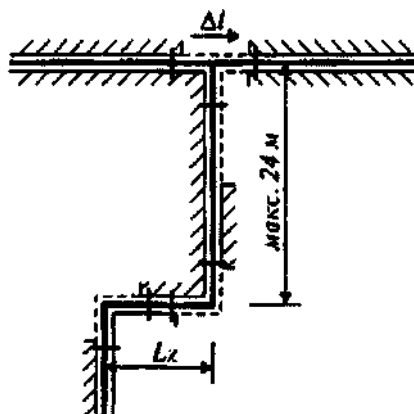


Рисунок Е.5 – Відгалуження із застосуванням прямого або кутового трійника

У разі неможливості виконання цієї умови необхідно обов'язково встановити фізичну нерухому опору (рисунок Е.6) з обов'язковим влаштуванням компенсаційних зон. Причому довжина компенсаційної зони визначається як для Г-подібної компенсації з подвійним видовженням ($2 \Delta l$);

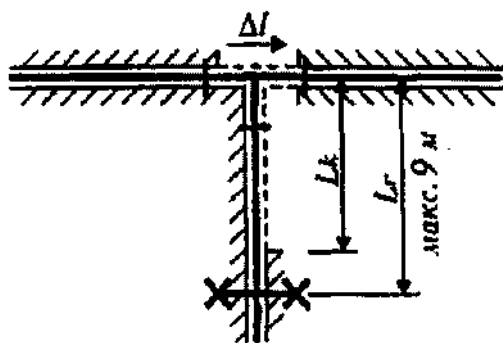


Рисунок Е.6

5) при використанні відгалуження із застосуванням трійника паралельного таке відгалуження має розглядатися як Г-подібна ділянка компенсації. Причому компенсаційне плече приймається із запасом $1,5 \div 2$ м (рисунок Е.7).

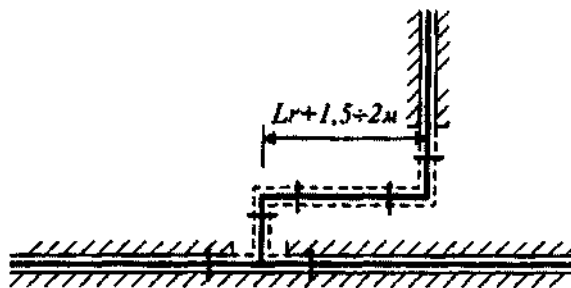


Рисунок Е.7

При проведенні означених вище робіт слід враховувати наступне:

- при виконанні попереднього підігріву компенсаційні подушки встановлюються по обидві сторони відгалуження;
- при проектуванні слід виконувати відгалуження, максимально наближеними до умовних або фізичних нерухомих опор.

Е.3 Перехід трубопроводів ПТПУ через стіни

При перетині трубопроводами ПТПУ будівельних конструкцій (фундаменти будинків, стіни теплових камер тощо) необхідно виконати ущільнення таких проходів. Ущільнення виконується трьох типів за допомогою: гумових кілець; адаптера; натискного сальника, що виготовлені за технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

При виконанні переходів трубопроводів через будівельні конструкції з товщиною стін $\sigma_{ст} < 250$ мм допустимо використання одного гумового кільця.

Ущільнення за допомогою адаптерів виконується у тих випадках, коли при перетині стін присутні невеликі переміщення труби в горизонтальній площині.

В основному такі адаптери застосовуються для малих діаметрів трубопроводів при відгалуженнях від існуючих теплових мереж, які прокладені в каналі або при входах у будинки.

Ущільнення за допомогою натискного сальника застосовується за наявності ґрунтових вод.

При вході в канали, камери та підвали в разі приєднання до трубопроводів без пінополіуретанової ізоляції обов'язкове застосування термоусадкових кінцевих ковпаків на кінцях попередньо ізольованих труб для захисту пінополіуретанової ізоляції від зволоження.

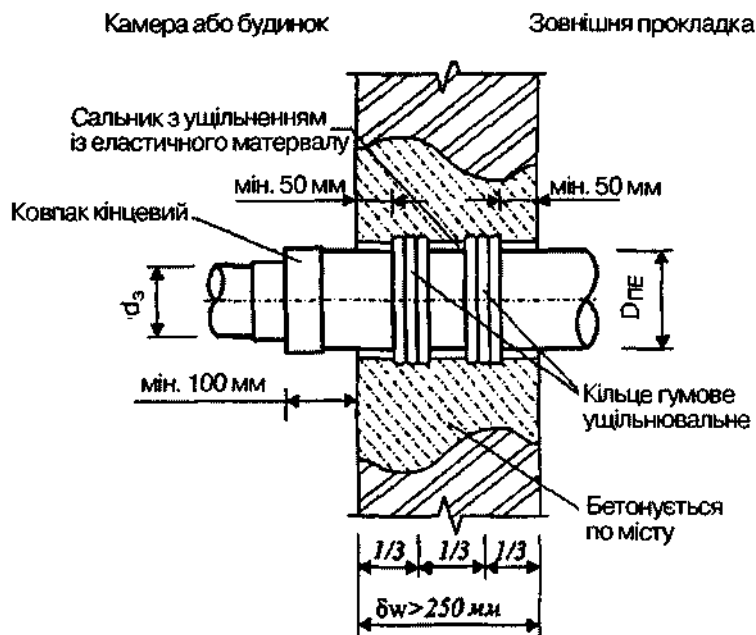


Рисунок Е.8 – Перехід трубопроводів ПТПУ через будівельні конструкції з використанням гумових кілець при товщині стін $\sigma_{ст}$ більше 250 мм

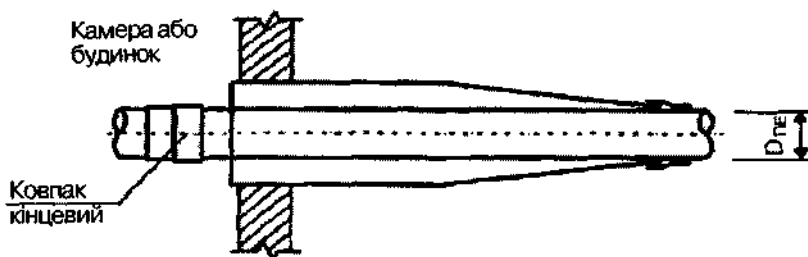


Рисунок Е.9 – Перехід через будівельні конструкції з використанням адаптерів

Е.4 Приєднання до внутрішніх систем будинків

Приєднання трубопроводів ПТПУ до внутрішніх систем будинків можна виконувати одним із наступних методів.

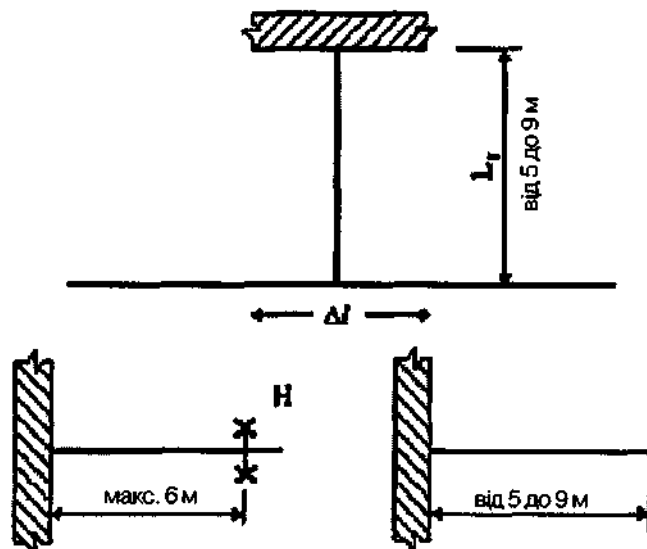


Рисунок Е.10 – Варіанти приєднання трубопроводів до внутрішніх систем будинків

Якщо відома компенсуюча здатність внутрішньої системи, то допускається виконувати під'єднання за рисунком Е.11, але в цьому випадку необхідно перевірити можливість внутрішньої системи до сприйняття теплових видовжень і напружень від зовнішньої мережі.

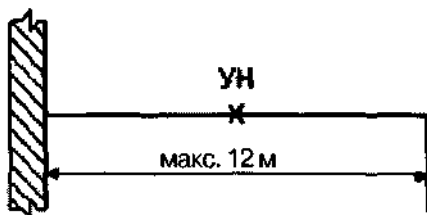


Рисунок Е.11 – Варіант під'єднання трубопроводів, коли відома компенсуюча здатність внутрішньої системи

При всіх варіантах плечі компенсації, компенсаційні зони, під'єднання трійниками тощо мають відповідати всім вимогам, які були наведені в попередніх розділах цього додатка.

Е.5 Приєднання до каналних трубопроводів

Приєднання безканалних трубопроводів до існуючих трубопроводів каналного прокладання найчастіше зустрічається в практиці проектування при реконструкції існуючих теплових мереж. Нижче наведені основні схеми поєднання двох систем.

При під'єднанні безканалного прокладання до каналного на прямих ділянках головним є те, щоб не передавати навантаження від безканалних трубопроводів на каналні. Це досягається основними способами, які представлені на рисунку Е.12.

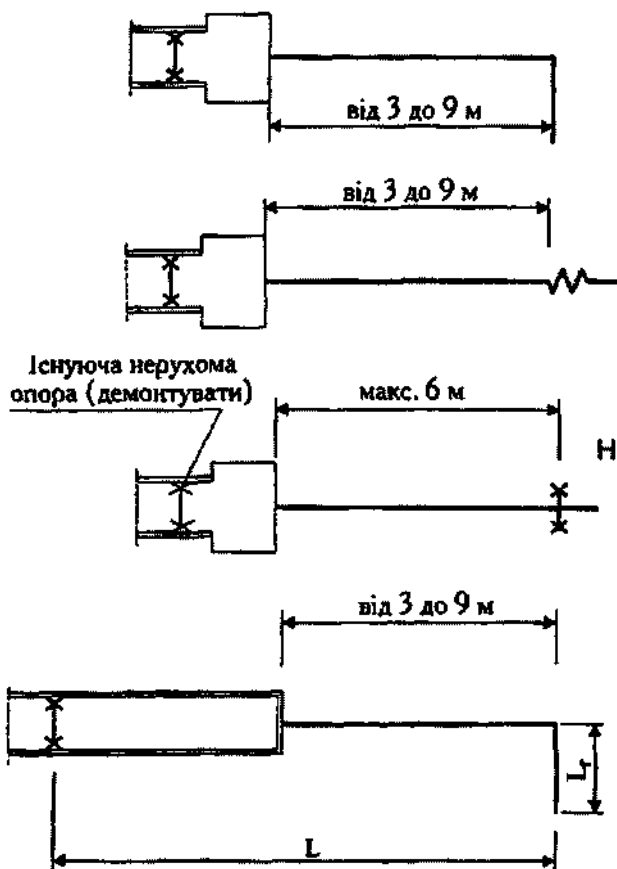


Рисунок Е.12 – Основні варіанти з'єднання трубопроводів СТ/ПЕ з трубопроводами каналного прокладання

При відгалуженні безканалного трубопроводу від каналного (рисунок Е.13) для діаметрів попередньо ізольованих труб до $d_y = 100$ застосовується адаптер, а для діаметрів $d_y =$

125 ÷ 200 – компенсаційна ніша із лоткових елементів. Необхідна довжина компенсаційної ніші визначається, виходячи з дотримання допустимого напруження в трубопроводі на згин.

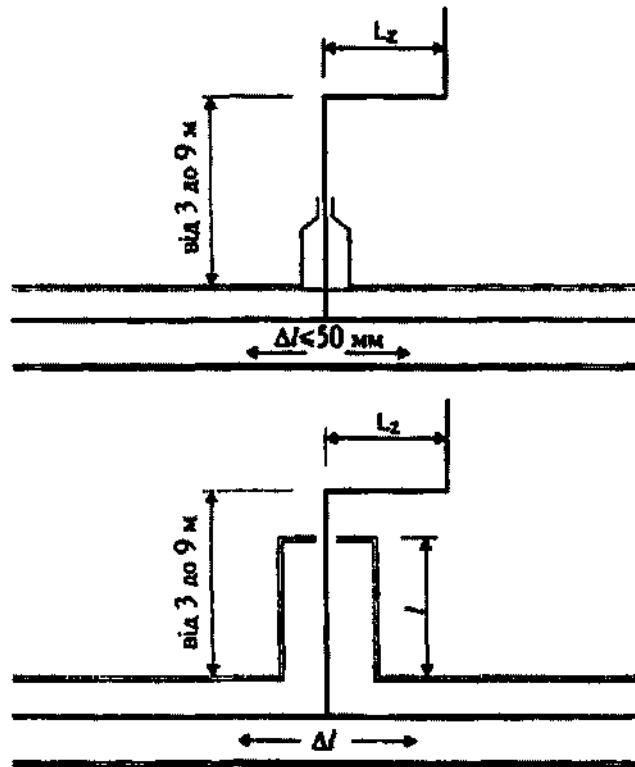


Рисунок Е.13 – Варіанти поєднання трубопроводів СТ/ПЕ з трубопроводами канального прокладання

Відгалуження від теплових камер виконується з дотриманням тих самих вимог, що й для трубопроводів в лотках. Приклади таких відгалужень показані на рисунку Е.14

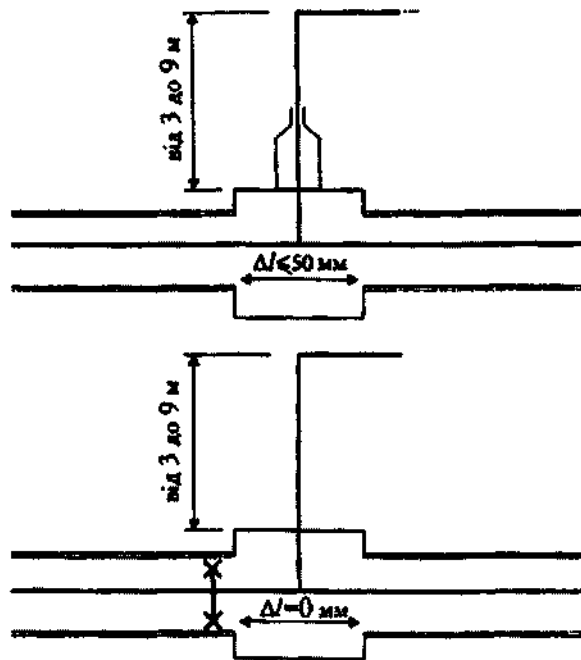


Рисунок Е.14 – Відгалуження від теплових камер

Принципи компенсації та облаштування компенсаційних зон мають відповідати вищевикладеним. Розвантаження трубопроводів канального прокладання від впливу безканальних трубопроводів при відгалуженнях краще виконувати за допомогою самокомпенсуючих ділянок.

Застосування осьових компенсаторів у цих випадках рекомендується, хоча в залежності від діаметрів трубопроводів і сил реакції компенсаторів має бути перевірене розрахунком.

Застосування фізичних нерухомих опор (рисунок Е.15) допускається при влаштуванні нерухомої опори тільки на безканальному трубопроводі. Довжина L_r має компенсувати переміщення Δl точки врізки безканального трубопроводу в канальний. Для сприйняття переміщення може застосовуватися як адаптер, так і компенсаційна ніша з лоткових елементів.

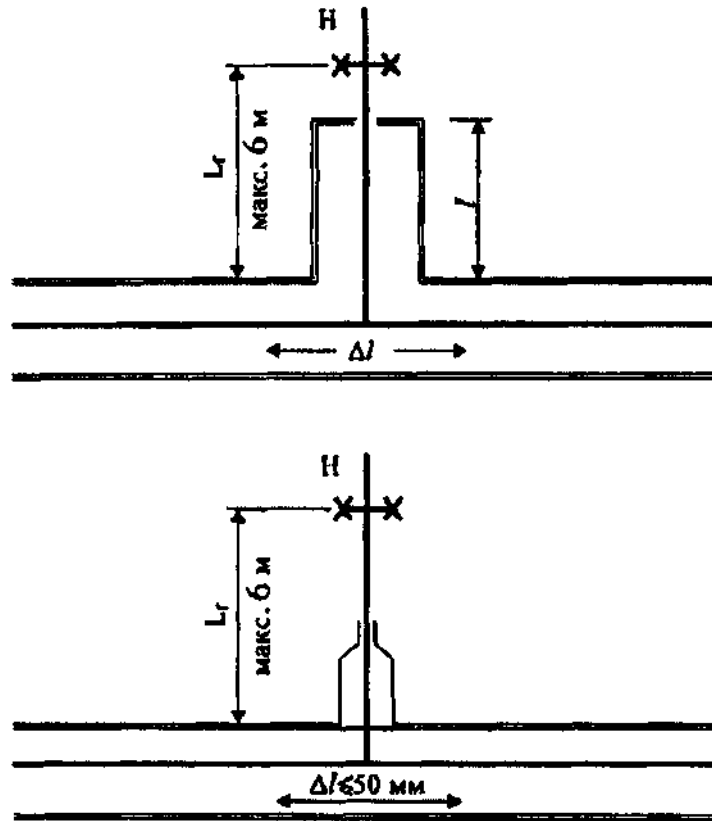


Рисунок Е.15 – Влаштування нерухомих опор при відгалуженнях від трубопроводу, прокладеного в каналі

Додаток Ж
(довідковий)

ЗВАРЮВАННЯ ТА З'ЄДНАННЯ ТРУБ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Примітка. Додаток викладено з урахуванням рекомендацій [4,5,7].

З'єднання труб зі структурованого поліетилену проводять згідно з ДБН В.2.5-22.

З'єднання труб і фасонних виробів з поліпропілену повинні виконуватися за допомогою зварювання контактним нагріванням (стикове, розтрубне) або з використанням деталей із закладним нагрівальним елементом.

Стикове зварювання рекомендується для з'єднання між собою труб і сполучних деталей зовнішнім діаметром більше 50 мм і товщиною стінки більше 4 мм (рисунок Ж.1).

Розтрубне зварювання рекомендується для труб зовнішнім діаметром до 110 мм і стінками будь-якої товщини.

При зварюванні необхідно підбирати труби й фасонні вироби за партіями поставки. Не допускається зварювання труб і деталей з різних типів поліпропілену.

При стиковому зварюванні максимальна величина розбіжності крайок не повинна перевищувати 10 % номінальної товщини стінки труби.

Внутрішній діаметр розтруба сполучних деталей повинен бути менше номінального зовнішнього діаметра труби, що зварюється, у межах допуску.

При стиковому зварюванні безпосередньо перед нагріванням поверхні, що зварюються, повинні піддаватися механічній обробці для зняття можливих забруднень і окисної плівки. Після механічної обробки зазор між торцями труб, що приведені в зіткнення за допомогою центрувального пристрою, повинен бути не більше 0,5 мм для труб діаметром не більше 110 мм і не більше 0,7 мм – для труб більших діаметрів.

Кінці труб при розтрубному зварюванні повинні мати зовнішню фаску під кутом 45° на 1/3 товщини стінки труби.

Зварювання труб у стик у монтажних умовах варто робити на зварювальних установках, що забезпечують автоматизацію основних процесів зварювання й комп'ютерний контроль із реєстрацією технологічного процесу (рисунок Ж.1).

Для запобігання налипанню розплавленого матеріалу при зварюванні труб нагрівач варто покрити теплостійким антиадгезійним покриттям.

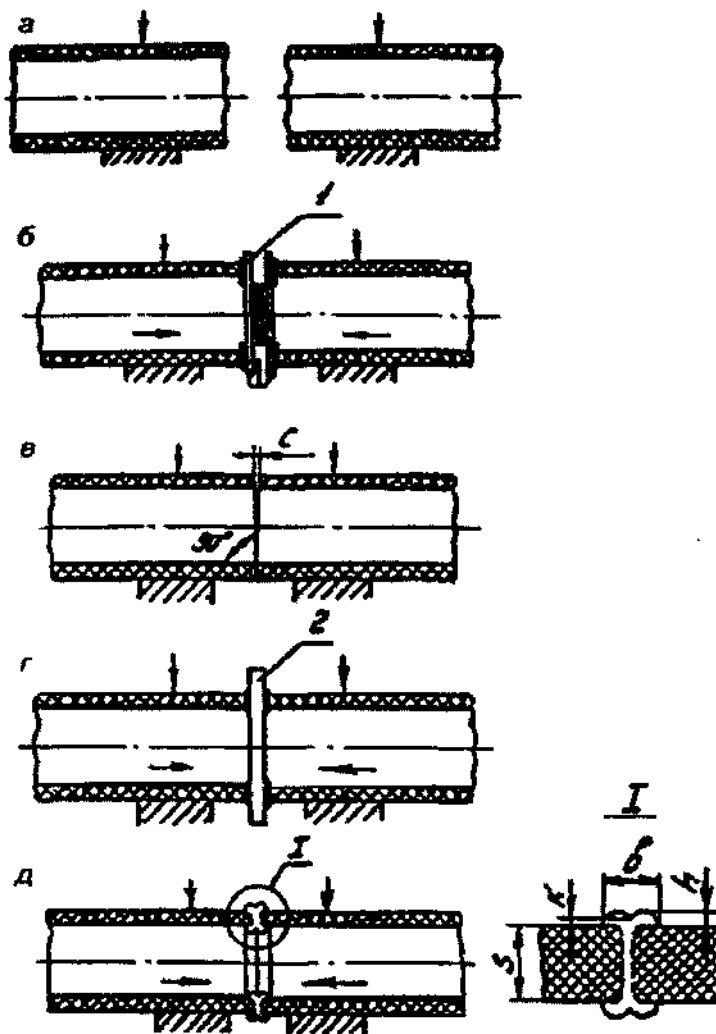
При контактному стиковому зварюванні із застосуванням зварювальних машин і монтажних пристосувань варто виконувати наступні операції:

- установка й центрування труб у затискному центрувальному пристрої;
- механічна торцівка труб і знежирення торців;
- нагрівання й оплавлення поверхонь, що зварюються, під тиском;
- видалення зварювального нагрівача;
- сполучення розігрітих поверхонь, що зварюються (осаду) під тиском;
- охолодження звареного шва під тиском.

Основними контрольованими параметрами процесу стикового зварювання є: температура робочих поверхонь нагрівача, тривалість нагрівання, глибина оплавлення, величина контактних тисків при оплавленні й осаді. Висота h внутрішнього і зовнішнього грата (валиків) після зварювання повинна бути не більше 2-2,5 мм при товщині стінки труби e до 5 мм і не більше 3-5 мм при товщині стінок 6-20 мм.

Контактне розтрубне зварювання містить у собі наступні операції:

- нанесення мітки на відстані від торця труби, яке дорівнює глибині розтруба сполучної деталі плюс 2 мм;
- установку розтруба на дорні;
- установку гладкого кінця труби в гільзі нагрівального елемента;
- нагрівання протягом заданого часу деталей, що зварюються;
- одночасне зняття деталей з дорна й гільзи;
- з'єднання деталей між собою до мітки з витримкою до отвердіння оплавленого матеріалу.



а – центрування й закріплення в затискачах зварювальної машини кінців труб, що зварюються; б – механічна обробка торців труб за допомогою торцівки (1); в – перевірка точності збігу торців за величиною зазору (С); г – нагрівання й оплавлення поверхонь, що зварюються, нагрітим інструментом (2); д – осадження стику

Рисунок Ж.1 – Послідовність процесу складання й стикового зварювання труб контактним нагріванням

При зварюванні поворот деталей відносно одна одної після їх сполучення не допускається. Після кожного зварювання необхідне очищення робочих поверхонь від налиплого матеріалу. Час витримки виробів, що зварюються, до часткового отвердіння залежить від застосовуваного матеріалу.

Маркування зварених стиків роблять відразу після закінчення операції на гарячому розплаві зовнішнього грата у двох діаметрально протилежних точках у процесі охолодження стику в затискачах центратора зварювальної установки або монтажного пристосування.

Для маркування стиків рекомендується використовувати клейма типу ПУ-6 або ПУ-8.

Зварювання за допомогою сполучних деталей із заставними електронагрівальними елементами застосовують для з'єднання пластмасових труб діаметром від 20 мм до 500 мм із будь-якою товщиною стінки, а також для приварювання до трубопроводу сідлових відводів.

Зварювання муфт із заставними нагрівачами рекомендується робити для:

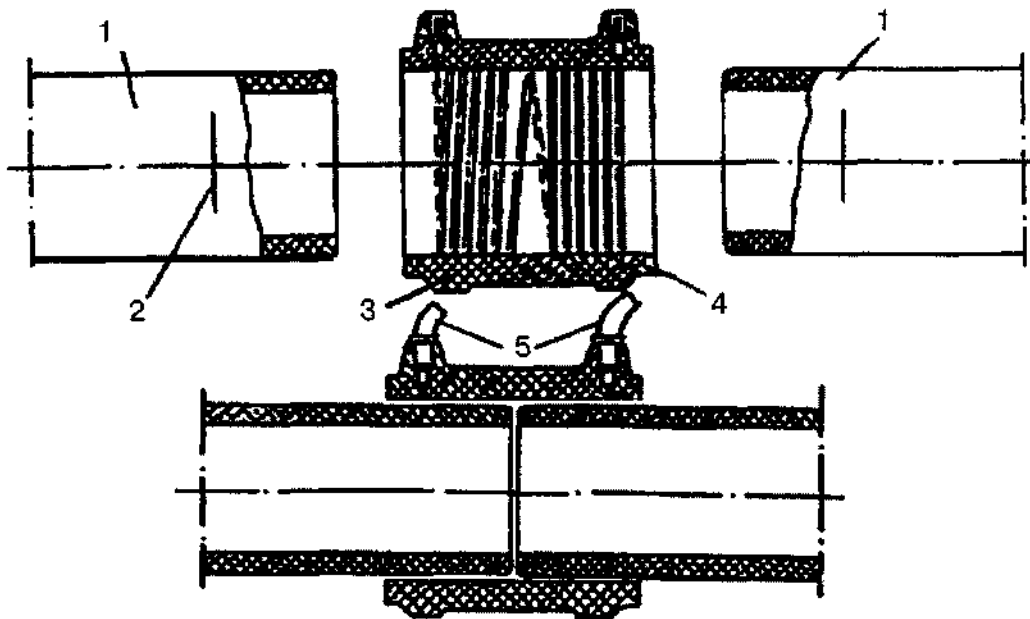
- з'єднання довгомірних труб;
- з'єднання труб з товщиною стінки менше 5 мм;
- ремонту трубопроводу в скрутних умовах.

Зварювання трубопроводів із застосуванням сполучних деталей із заставними нагрівачами роблять за температури навколишнього повітря не нижче мінус 5 °С и не вище +35 °С.

У випадках необхідності проведення зварювання за інших температур повітря роботи виконують в укриттях (намети тощо) із забезпеченням підігрівання зони зварювання. Місце зварювання захищають від впливу вологи, піску, пилу тощо.

Технологічний процес з'єднання труб за допомогою муфт із заставними нагрівачами включає:

- підготовку кінців труб – очищення від забруднення, розмітка, механічна обробка (циклювання) поверхонь, що зварюються, і знежирення їх. Загальна довжина кінців труб, що очищаються, повинна бути не менше 1,5 довжини застосовуваних для зварювання муфт;
- складання стику (установка й закріплення кінців труб, що зварюються, у затискачах центрального пристрою з одночасною посадкою муфти);
- підключення до зварювального апарата;
- зварювання (завдання програми процесу зварювання, нагрівання, охолодження з'єднання) за рисунком Ж.2.



1 – труба; 2 – мітка посадки муфти й механічної обробки поверхні труби; 3 – муфта; 4 – заставний нагрівач; 5 – струмопідвідні (зварювальні) дроти

Рисунок Ж.2 – Зварювання труб муфтою із закладним нагрівачем

Перед механічною обробкою на кінці труб, що зварюються, на довжину 1/2 довжини муфти наносять мітки глибини посадки муфти для позначення зони обробки.

Механічна обробка кінців труб полягає в знятті з поверхні розміченого кінця труби шару матеріалу завтовшки 0,1-0,2 мм, а також видалення задирок. Зазор між поверхнями, що зварюються, труби й розтрубної деталі не повинен перевищувати 0,3 мм.

Поверхні труб, що зварюються, після механічної обробки й муфти ретельно знежирюють шляхом протирання спеціально рекомендованими для цих цілей речовинами.

Муфти із закладними нагрівачами, що поставляються виготовлювачем в індивідуальному герметичному пакуванні, що розкривається безпосередньо перед складанням, знежиренню не піддають.

Допуск перпендикулярності торців труб і максимальний зазор між ними наведені в таблицях 3 і 4 (рисунок Ж.3).

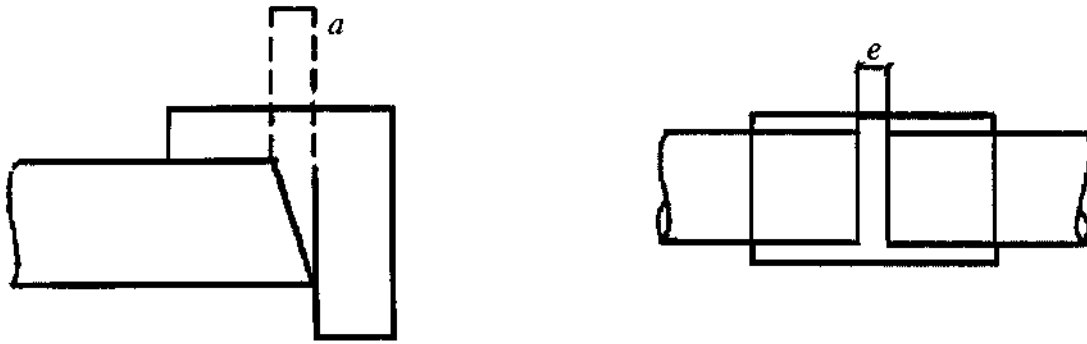


Рисунок Ж.3 – Установка зазора при стикуванні труб

Таблиця Ж.1 – Допуск перпендикулярності торців труб

		У міліметрах								
Зовнішній діаметр		20	32	40	63	90	110	125	160	200
α		2	2	2	3	4	5	6	7	8

Таблиця Ж.2 – Максимальний допустимий зазор між двома трубами

		У міліметрах								
Зовнішній діаметр		20	32	40	63	90	110	125	160	200
e		*)	*)	*)	7	9	11	13	16	20

*) У внутрішній порожнині муфт діаметрами 20, 32, 40 мм передбачений технологічний центральний буртик для упору кінців труб, що зварюються.

Процес складання включає:

- надягання муфти на кінець першої труби до сполучення торців муфти й труби, закріплення кінця труби в затискачі монтажного пристрою;
- установку в упор у торець першої труби кінця другої труби й закріплення в затискачі монтажного пристрою;
- насування муфти на кінець другої труби на 1/2 довжини муфти до упору в затискачі пристрою або до мітки, нанесеної на трубу;
- підключення до клем муфти струмопідвідних дротів від зварювального апарата.

Щоб уникнути uszkodження заставних нагрівачів (дротових електроспіралей) надягання муфти на кінець труби або введення кінця труби в муфту роблять обережно без великих зусиль, перекосів і прокручування.

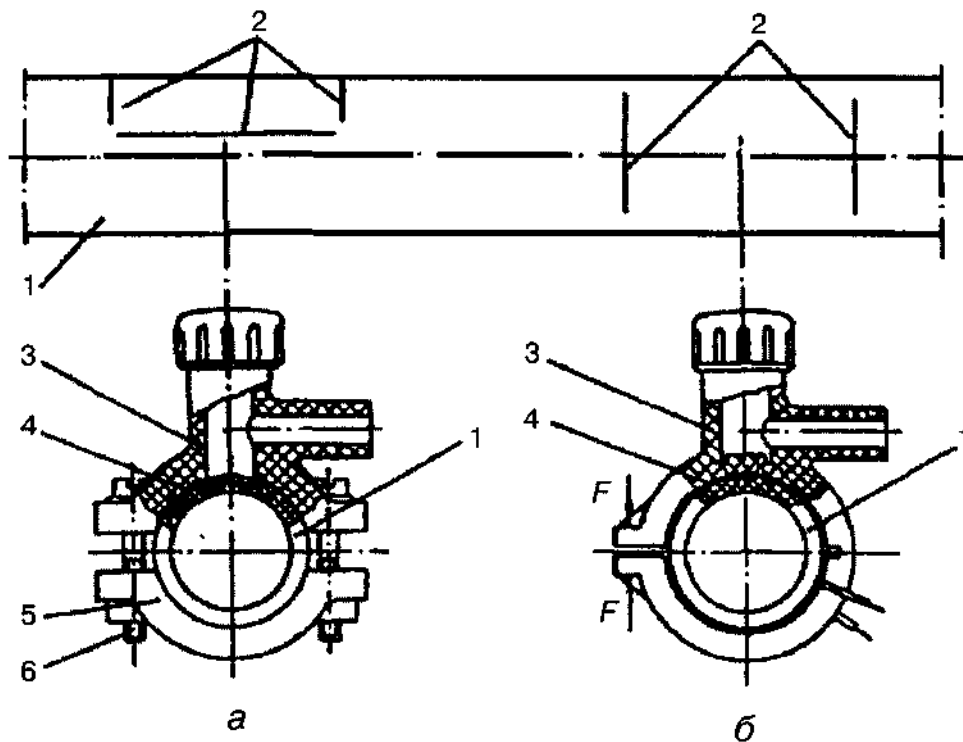
Зібрані труби укладають прямолінійно без вигину й провисання, клеми струмопідводу муфти розташовують із можливістю вільного обслуговування. Параметри режимів зварювання встановлюють на зварювальному апараті залежно від сортаменту муфти або зчитують зі штрихового коду з муфти або магнітної картки за допомогою датчика залежно від виду використовуваних муфт і зварювальних апаратів. Після включення апарата процес зварювання проходить в автоматичному режимі.

Після завершення нагрівання зварене з'єднання можна переміщати не раніше ніж через 20 хв охолодження.

Приварювання до труб сідлових відводів (рисунок Ж.4) роблять у такій послідовності:

- розмічають місце приварювання відводу на трубі;
- поверхню труби в місці приварювання відводу зачищають, а потім знежирюють;
- поверхня відводу, що приварюється, якщо він поставляється виготовлювачем у герметичному індивідуальному пакуванні та розкривається безпосередньо перед складанням, знежиренню не піддають;
- відвід установлюють на трубу й прикріплюють до неї за допомогою механічного затискача;

– підключають до контактних клем струмопроводу зварювальні дроти й роблять зварювання.



а – відвід із сідловим нагрівачем; б – відвід з кільцевим нагрівачем; 1 – труба; 2 – мітки посадки відводів і механічної обробки поверхні труби; 3 – відвід; 4 – заставний нагрівач; 5 – напівхомут; 6 – гвинти кріплення; F – напрямок зусилля стиску відводу при складанні й зварюванні

Рисунок Ж.4 – Зварювання сідлових відводів із закладними нагрівачами із трубою

Після охолодження через патрубок привареного відводу свердлять (фрезерують) стінку труби для з'єднання внутрішніх порожнин відводу й труби.

Контроль якості зварених з'єднань виконується відповідно до нормативної документації. Для оцінки якості зварених з'єднань, виконаних за допомогою муфт і відводів із заставними нагрівачами, муфтові з'єднання випробовуються на сплющування, а сідлові відводи – на розрив.

Додаток И
(обов'язковий)

НАЙМЕНША ВІДСТАНЬ У СВІТЛІ ЗА ГОРИЗОНТАЛЛЮ ТА ЗА ВЕРТИКАЛЛЮ ДО СПОРУД, ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ ТА ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

И.1 Найменша відстань у світлі за горизонталлю до споруд, інженерних мереж, інших споруд та зелених насаджень для трубопроводів ПТПУ наведена у таблиці И.1.

Таблиця И.1

Споруди, інженерні мережі, зелені насадження*)	Найменша відстань у світлі за горизонталлю до трубопроводів, м
1. Водопроводи з умовним проходом: - до 500 мм - більше 500 мм	1,0 1,5
2. Побутова каналізація	1,0
3. Водостоки і дренажі	1,0
4. Газопроводи з максимальним робочим тиском МОР, МПа: МОР < 0,3; 0,3 ≤ МОР < 0,6; 0,6 ≤ МОР ≤ 1,2	1,0 1,5 2,0
5. Силові кабелі з напругою U, кВ U ≤ 10; U > 1	1,0 2,0
6. Броньовані кабелі зв'язку в трубах і блоки телефонного кабелю	1,0
7. Колії залізниці, у тому числі електрифікованої: - з колією 1520 мм, відстань до осі; - з колією 750 мм, відстань до осі	4,0 3,8
8. Споруди земляного полотна залізниці	3,0
9. Шляхи трамвайні, відстань до осі	2,8
10. Бортові камені вулиці, дороги (крайки проїзної частини, укріпленої смуги узбіччя)	Без обмежень
11. Зовнішні брівки кювету, підшви насипу дороги	1,0
12. Фундаменти огорож і опор трубопроводів	1,5
13. Щогли і стовпи зовнішнього освітлення і мережі зв'язку	1,0
14. Канали і тунелі різного призначення (у тому числі до брівки каналів зрошень – ариків)	2,0
15. Споруди метрополітену: - з зовнішньою обклеювальною ізоляцією; - без обклеювальної ізоляції; - огорожі наземних ліній метрополітену	5,0 8,0 5,0
16. До цвинтаря, смітника і скотомогильника	10 ^{**})
17. До вигрібних і помийних ям	7 ^{***})
18. До зелених насаджень: - стовбур дерева; - чагарник	2,0 1,0

Кінець таблиці И.1

*) При паралельному прокладанні трубопроводів ПТПУ та інших інженерних мереж допускається зменшення наведених у таблиці И.1 відстаней до споруд на мережах (колодязів, камер, ніш тощо) до величини не менше 0,5 м, передбачаючи заходи щодо забезпечення збереження споруд при здійсненні будівельно-монтажних робіт. Відстані до спеціальних кабелів зв'язку повинні уточнюватися за відповідними нормами.
***) За наявності на глибині укладання трубопроводів водонасичених фільтруючих ґрунтів з рухом ґрунтового потоку у бік трубопроводів відстані повинні збільшуватися до 30 м.
****) Те саме до 20 м.

И.2 Найменша відстань у світлі за вертикаллю до споруд інженерних мереж, інших споруд та зелених насаджень для трубопроводів ПТПУ наведена у таблиці И.2.

Таблиця И.2

Споруди, інженерні мережі, зелені насадження	Найменша відстань у світлі за вертикаллю до трубопроводів, м
1. Водопровід, водостік, газопровід, каналізація	1,0 ^{*)}
2. Броньовані кабелі зв'язку	0,3
3. Силові і контрольні, у тому числі маслонаповнені кабелі з напругою U, кВ: U ≤ 10; 10 < U ≤ 35; 35 < U ≤ 110	0,3 ^{**)} 0,5 ^{**)} 1,0 ^{**)}
4. Блоки телефонної сигналізації, броньовані кабелі зв'язку в трубі	0,1
5. Канали тепломережі	0,1 ^{*)}
6. Підшви рейок трамвайних шляхів	0,6
7. Верх проїзної частини автодоріг	0,6
*) Влаштування футлярів на інженерних мережах у місцях перетинання не потрібно.	
**) Температура ґрунту в місцях перетинання трубопроводів з електрокабелями на глибині закладення силових і контрольних кабелів не повинна підвищуватися більше ніж на 10 °С стосовно вищої середньомісячної температури ґрунту і на 15 °С – до нижчої середньомісячної зимової температури ґрунту на відстані до 2 м від крайніх кабелів, а температура ґрунту на глибині закладення маслонаповненого кабелю не повинна підвищуватися більш ніж на 5 °С стосовно середньомісячної температури в будь-який час року на відстані до 3 м від крайніх кабелів.	

Додаток К
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

1. РД 34 15.027-89 Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций (РТМ – 1с-89) (Зварювання, термообробка і контроль трубних систем котлів і трубопроводів при монтажі і ремонті устаткування електростанцій (РТМ – 1с-89))
2. РД 10-249-98-Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды (Норми розрахунку на міцність стаціонарних котлів та трубопроводів пари і гарячої води)
3. РД 10-400-01-Нормы расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей (Норми розрахунку на міцність трубопроводів теплових мереж)
4. СП 40-101-96-Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена "Рандом сополимер" (Проектування та монтаж трубопроводів з поліпропілену "Рандом сополімер")
5. СП 40-102-2000-Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов (Проектування та монтаж трубопроводів систем водопостачання та каналізації з полімерних матеріалів)
6. СП 41-105-2002-Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с индустриальной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке (Проектування та будівництво теплових мереж безканального прокладання зі сталевих труб з індустріальною тепловою ізоляцією з пінополіуретану в поліетиленовій оболонці)
7. СП 41-107-2004-Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб РЕ-Х с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке (Проектування та монтаж підземних трубопроводів гарячого водопостачання із труб РЕ-Х з тепловою ізоляцією з пінополіуретану в поліетиленовій оболонці)
8. Довідковий посібник фірми АВВ "Принципы проектирования поперечно изолированных трубопроводов", 1994, FM № 26286;
9. РТМ НТЦ 1-2002 Науково технічного центру "Пластик", Москва, 2002;
10. РТМ НТЦ 3-2003 Науково технічного центру "Пластик", Москва, 2003;
11. Рекомендації з проектування українських виробників попередньо теплоізованих трубопроводів ОАО "Завод сантехнічних заготовок";
12. EN 253 ru – 2003 E Preinsulated bonded pipe systems for underground yot water networks – Pipe assembly of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene (Попередньо ізовані системи збірних труб для підземних мереж гарячої води – Труби, що складаються зі сталевих основних труб, поліуретанової термоізоляції і зовнішньої оболонки з поліетилену високої густини);
13. EN 488 ru – 1994 E Preinsulated bonded pipe systems for underground yot water networks – Fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outhter casing of polyethylene (Попередньо ізовані системи збірних труб для підземних мереж гарячої води – Збірна арматура зі сталевих основних труб, поліуретанової термоізоляції і зовнішньої оболонки з поліетилену високої густини);
14. EN 489 ru – 1994 E Preinsulated bonded pipe systems for underground yot water networks – Joint assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outhter casing of polyethelene (Попередньо ізовані системи збірних труб для підземних мереж гарячої води – З'єднувальні шви для сталевих основних труб, поліуретанова термоізоляція і зовнішня оболонка з поліетилену високої густини);
15. CEN /TC107 / WG10 N 125 D District heating – Preinsulated flexible pipe systems: requirements and test (Централізоване тепlopостачання – Попередньо ізовані системи гнучких труб: вимоги і випробування);

Коди УКНД: 23.040, 93.025, 91.140.10, 91.100.60

Ключові слова: проектування, монтаж, експлуатація, зовнішні мережі, підземні мережі, надземні мережі, теплові мережі, гаряче водопостачання, пінополіуретан, трубопроводи попередньо теплоізольовані, труби сталеві, труби зі структурованого поліетилену, труби з поліпропілену, оболонки з поліетилену, фасонні вироби, арматура.
