

**Технічні рекомендації з монтажу нерухомих опор
трубопроводів зовнішніх мереж із полімерних труб.**

ЗМІСТ

1.	Основні положення	3
2.	Теоретична частина	3
3.	Проектування нерухомих опор	4
4.	Типове рішення з застосування фланцевого адаптеру	6
Додаток 1. Орієнтовні розміри опор в місцях відгалужень та поворотів		7
Додаток 2. Приклад програмного розрахунку		8
Додаток 3. Відносне видовження ПЕ труб		9
Додаток 4. Розрахунок габаритних розмірів нерухомих опор (окремий файл)		

1. Основні положення

Рекомендації призначені для інженерного та технічного персоналу організацій, що виконують проектні та монтажні роботи з будівництва поліетиленових трубопроводів з поліетиленових напірних труб виготовлених згідно ДСТУ EN 12201-2, ДСТУ Б.В.2.7-73-98, ДСТУ Б EN 1555-2. Рекомендації визначають схеми і порядок виконання робіт із компенсації температурного видовження трубопроводів.

Компенсація температурного видовження здійснюються за допомогою нерухомих опор.

В рекомендаціях надані:

- теоретичні обґрунтування необхідності і можливості встановлення нерухомих опор, методики розрахунку параметрів опор;
- можливі схеми встановлення;
- методики монтажу.

Строк служби матеріалів та виробів, які застосовуються, повинен бути не менше строку служби трубопроводу.

При проведенні будівельних робіт необхідно керуватися наступною нормативно-технічною документацією:

- ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування ;
- ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування ;
- НПАОП 45.2-7.02-12 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення;
- ДСТУ Б В.2.7-178:2009 Будівельні матеріали. Деталі з'єднувальні для водопроводів з поліетиленових труб. Технічні умови.
- ДБН В.1.2-7:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека;
- ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб;
- ТУ У 22.2-35615975-007:202 Опори нерухомі для трубопроводів Технічні умови
- ДСТУ Б.В.2.7-73-98 «Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови»
- ДБН В.2.5-41:2009 Газопроводи з поліетиленових труб. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.

2. Теоретична частина

Обґрунтування застосування нерухомих опор

Температурні коливання можливі в системах холодного водопостачання та газопостачання внаслідок зміни температури оточуючого середовища або температури транспортуваної рідини чи комбінації цих факторів.

Для розрахунку величини лінійного розширення ΔL зазвичай використовують формулу:

$$\Delta L = \alpha \times \Delta T \times L \quad (1)$$

де: α – коефіцієнт лінійного теплового розширення, $1/^\circ\text{C}$ (для поліетилену $\alpha = 2 \times 10^{-4}$), L – лінійний розмір тіла (в нашому випадку – довжина труби), ΔT – зміна температури. Десятиметровий відрізок поліетиленової труби при підвищенні температури на 20°C видовжиться на $\Delta L = \alpha \times \Delta T \times L = 2 \times 0,0001 \times 20 \times 10000 = 40 \text{ мм}$.

При зміні температури на зафіксовані кінці труби діє сила реакції опор N , яка перешкоджає її видовженню. В стінці труби виникають напруження стиску, величина яких визначається рівнянням:

$$\sigma = \alpha \times \Delta T \times E \quad (2)$$

де E – модуль пружності матеріалу поліетиленової труби (ПЕ80), рівний при 20°C $800 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$.

Для поліетиленового трубопроводу із ПЕ 80 всіх діаметрів при зміні температури транспортуваної рідини на 20°C σ складатиме $3,2 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$.

Зусилля, з яким труба діє на опори, визначається за рівнянням:

$$N = \alpha \times \Delta T \times E \times F \quad (3)$$

де F – площа стінки труби в її поперечному перерізі.

Для труби ПЕ 80 SDR 17 діаметром 160 мм ($F=0,00449 \text{ м}^2$) величина N складатиме $1,4 \times 10^4$ Н, а напруження в стінці труби – $3,2 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$, що в 6 раз менше межі текучості поліетилену (для ПЕ 80 $\sigma_T = 2 \times 10^7 \text{ Н/м}^2$). Це значить, що навіть при більш високих значеннях ΔT поліетиленова труба не зруйнується і збереже свою несучу здатність.

Для типу поліетилену ПЕ100 модуль пружності становить $950 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$ (при 20°C), і для труби діаметром 315 мм, SDR 17 ($F=0,0172 \text{ м}^2$) величина зусилля N складатиме $6,4 \times 10^4$ Н, а напруження в стінці труби (σ) $3,7 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$, при величині на розтяг для ПЕ 100 $\sigma_T = 2,2 \times 10^7 \text{ Н/м}^2$. Запас міцності поліетиленової труби із ПЕ100 теж у 6 раз вищий за режим експлуатації.

Другою особливістю поліетилену є його схильність до релаксації: при фіксованій деформації внутрішнє напруження протягом однієї години зменшується вдвоє. Це явище прийнято називати «самокомпенсацією». Дана властивість пояснюється тим, що полімерні матеріали не мають регулярної кристалічної решітки і їх макромолекули можуть переміщуватися одна по відношенню до іншої, приймаючи енергетично вигідну позицію, що приводить до зняття напружень.

Невелика величина внутрішніх напружень, що виникає і здатність труби до самокомпенсації дозволяє застосовувати нерухомі опори, які фіксують ділянки трубопроводу і не дозволяють трубі переміщатися. При цьому експлуатаційні властивості трубопроводу не погіршуються, оскільки напруження, що виникають, є малими і швидко зникають.

Приймаючи до уваги відносно невеликі зусилля які виникають в трубопроводах діаметром до 315 мм, при різниці температур до 20°C , а також здатність ґрунту до стримування переміщень труби при цих зусиллях, допускається не встановлювати нерухомі опори на таких трубопроводах, нехтуючи цим зусиллям.

3. Проектування нерухомих опор

Місця встановлення нерухомих опор

Нерухомі опори встановлюються перед входами до камер (колодязів) і після виходу із них для захисту арматури від можливих зрушень труби.

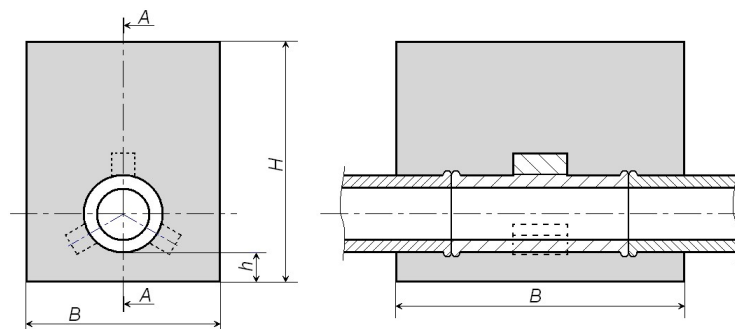
Нерухомі опори встановлюються у місцях відводів і трійників для мінімізації додаткових навантажень (на згин, осьових), що виникають під дією внутрішнього тиску і температурного видовження у місцях поворотів і відгалужень трубопроводів. Для зварних відводів та трійників встановлення нерухомих опор є обов'язковим.

Нерухомі опори повинні встановлюватися на твердий і ретельно ущільнений ґрунт і не створювати додаткове навантаження на трубопровід.

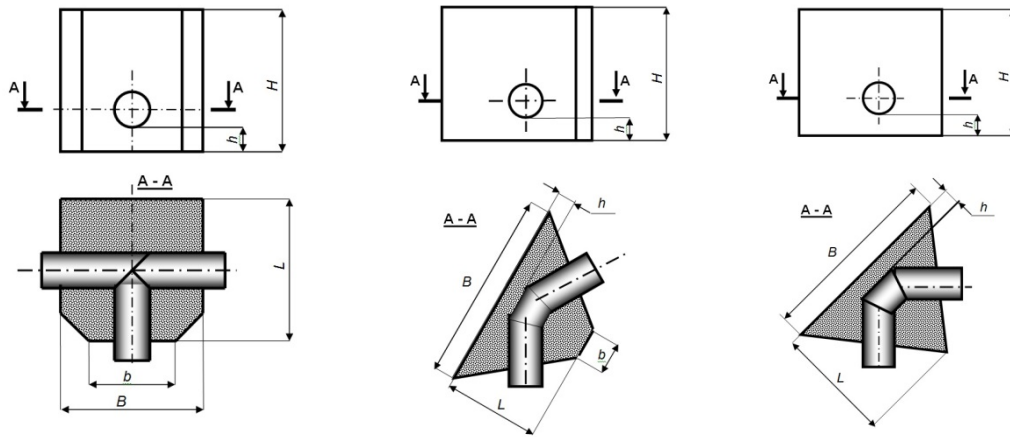
Конструкція нерухомих опор

Нерухома опора представляє собою бетонну плиту, оформлену навколо трубопроводу, яка перешкоджає температурним зміщенням труби. Габарити плити розраховуються на етапі проектування. При стиснених умовах будівництва можлива зміна форми або габаритів нерухомої опори при відповідному обґрунтуванні. Розрахункові розміри бетонної плити наведено в додатку 4.

На прямолінійних ділянках рекомендується застосовувати нерухомі опори прямокутної форми. Для фіксації труби відносно плити застосовують приварені поліетиленові виступи (шипи).



В місцях поворотів і відгалужень на трубопроводі рекомендується виконувати нерухомі бетонні опори, як показано нижче. Приварювання шипів в таких випадках не потрібно. Орієнтовні розміри опор приведені в Додатку 1.



Армування нерухомих опор

Спеціальних вимог по армуванню нерухомих опор не передбачено. При будівництві слід керуватися правилами та нормативними документами з монтажу бетонних (залізобетонних) конструкцій.

Армувальна сітка служить виключно для цілісності бетонної конструкції нерухомої опори протягом експлуатації трубопроводу.

Методика розрахунку кількості шипів.

Розрахунок проводиться по граничним напруженням, що виникають в зоні приварювання шипів до труби. Шипи при виникненні зусиль теплового розширення працюють на зріз.

Нижче показана методика розрахунку на прикладі конкретного трубопроводу.

Навантаження, що виникають на з'єднаннях труби (ПЕ100) діаметру 500 мм SDR 17 і запірної арматури можна вирахувати із розрахунків приведених в ДСТУ-Н Б В. 2.5-40:2009.

Зусилля з яким труба буде діяти на опору при перепаді температури в 20°C:

$N = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \cdot F$, де α – коефіцієнт лінійного теплового розширення, 1/°C (для поліетилену $\alpha = 2 \cdot 10^{-4}$), E – модуль пружності матеріалу поліетиленової труби, приймаємо рівним 950×10^6 Н/м², ΔT - зміна температури, F - площа поперечного перерізу труби. Зусилля теплового розширення (або стиску) виникає у повздовжньому напрямку.

$$N = \alpha \times \Delta T \times E \times F = 0,0002 \times 20 \times 950000000 \times 0,0435 = 165300 \text{ Н (16867,3 кгс)}$$

Розраховуємо, яке зусилля зможе витримати один шип (сегмент труби) розміром 330мм×70мм, приварений до труби електрозварною пластиною. Висота сегмента прийнята 29,4 мм із умови, що сегмент вирізається із труби діаметра 500 мм ПЕ100 SDR 17. Межу текучості поліетилену (ПЕ100) приймаємо 220 кг/см².

$N_1 = \sigma \times K \times S$, σ – межа текучості поліетилену, S - площа контакту «шип – труба», K -коефіцієнт міцності зварного шва (рівний 1) (СН 550-82).

$$N_1 = \sigma \times K \times S = 220 \times 1 \times (330 \times 70 / 100) = 50820 \text{ кгс.}$$

Таким чином, для того, щоб витримати все навантаження в 16867,3 кгс нам буде достатньо 1 шип ($N/N_1 = 16867,3/50820 = 0,33$), відповідно, 1 електрозварна пластина. Приймаємо необхідну кількість шипів $n=2$ із міркувань надійності.

Шипи приварюються за допомогою електрозварних пластин рівномірно по колу робочої поліетиленової труб для розподілу зусиль.

Примітка: В заводських умовах допускається виготовлення нерухомих опор методом приварки шипа до труби спеціальним обладнанням з лабораторним контролем якості шва.

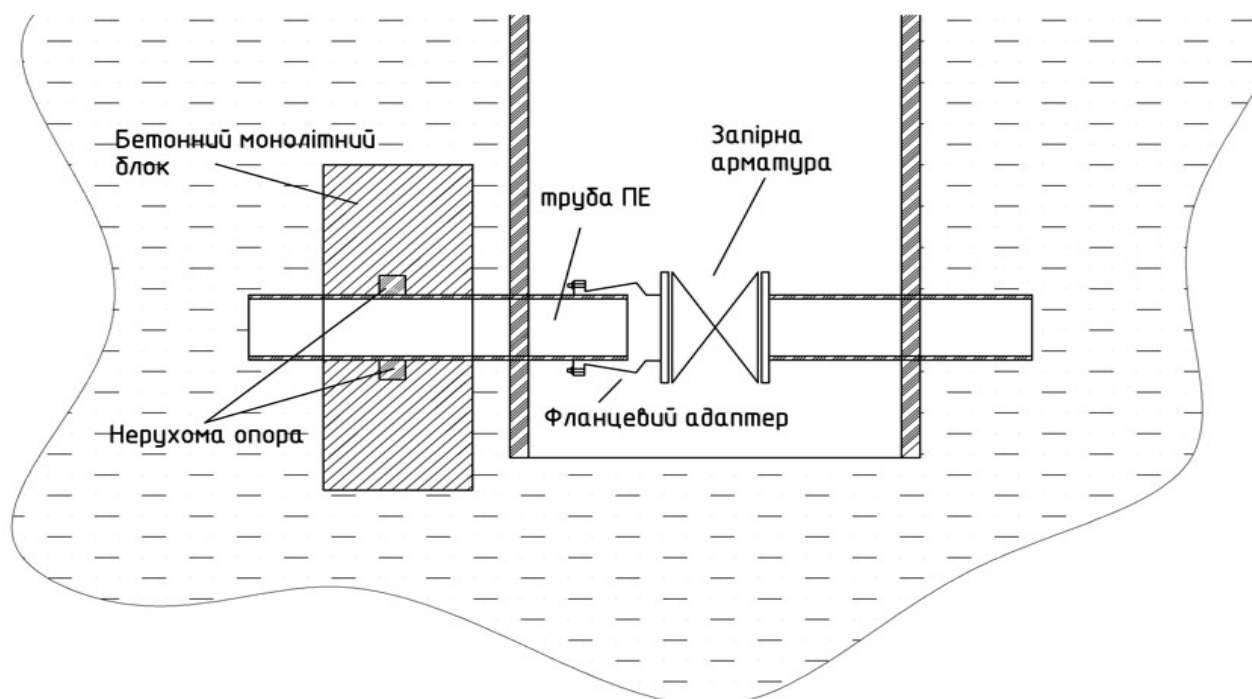
Основним елементом нерухомої опори, що несе навантаження є зварний шов, що кріпить шип до тіла труби. Для оцінки його міцності були проведені випробування з метою визначення напруження зсуву. Зразок представляв трубу Ø110 із привареними трьома шипами, діаметрально розміщеними по колу, із розмірами (Ш х Д х В) 25х40х18, катети зварного шва 10х15, зварний шов лежав з двох сторін від шипа.

Зразки випробовувались «на зріз» за допомогою сталевієї оправки через яку здійснювалось навантаження на шипи.

Випробування проводились у сертифікованій лабораторії, результати випробувань дозволяють говорити про кореляцію приведених вище методик розрахунку.

4. Типове рішення з комплексного застосування нерухомої опори та фланцевого адаптеру.

Для полегшення виконання робіт з приєднання поліетиленової труби до запірної арматури в стиснених умовах (колодці, камери) та при змонтованій нерухомій опорі (або в інших випадках) пропонується застосовувати чавунні фланцеві адаптери



Таблиця 5.1 Значення осьових сил, що діють при внутрішньому тиску 1 бар

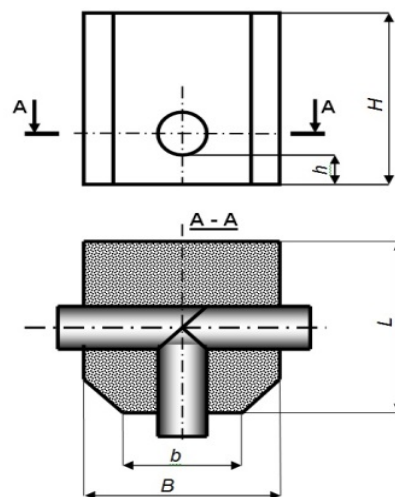
Зовнішній діаметр, мм	Осьова сила N_1 при тиску 1 бар, кН
90	0,64
110	0,95
125	1,23
140	1,54
160	2,00
200	3,15
225	4,00
250	4,90
280	6,16
315	7,80
400	12,60

Таблиця 5.2. Значення кутових коефіцієнтів

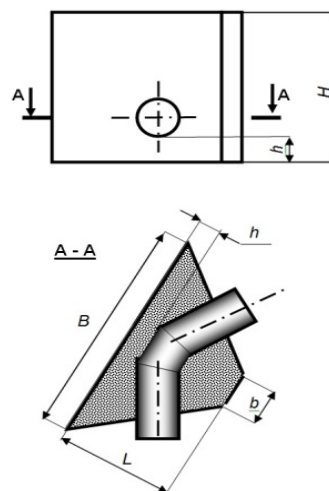
Кут α	11°	22°	30°	45°	60°	90°
K	0,19	0,38	0,52	0,77,	1,00	1,41

Додаток 1. Орієнтовні розміри опор у місцях поворотів і відгалужень

$d, \text{мм}$	Розміри опор для трійника			
	$L, \text{м}$	$B, \text{м}$	$b, \text{м}$	$H, \text{м}$
90–125	0,41	0,41	0,41	0,41
140–180	0,46	0,46	0,46	0,46
200–250	0,53	0,68	0,52	0,53
280–355	0,64	1,06	0,63	0,62
400–500	0,90	1,38	0,90	1,20
560	1,12	1,65	1,12	1,30
630	1,26	1,80	1,26	1,36
710	1,42	1,80	1,32	1,63
800	1,60	2,00	1,49	1,84
900	1,80	2,20	1,67	2,07
1000	2,00	2,50	1,86	2,30
1200	2,40	3,00	2,23	2,76



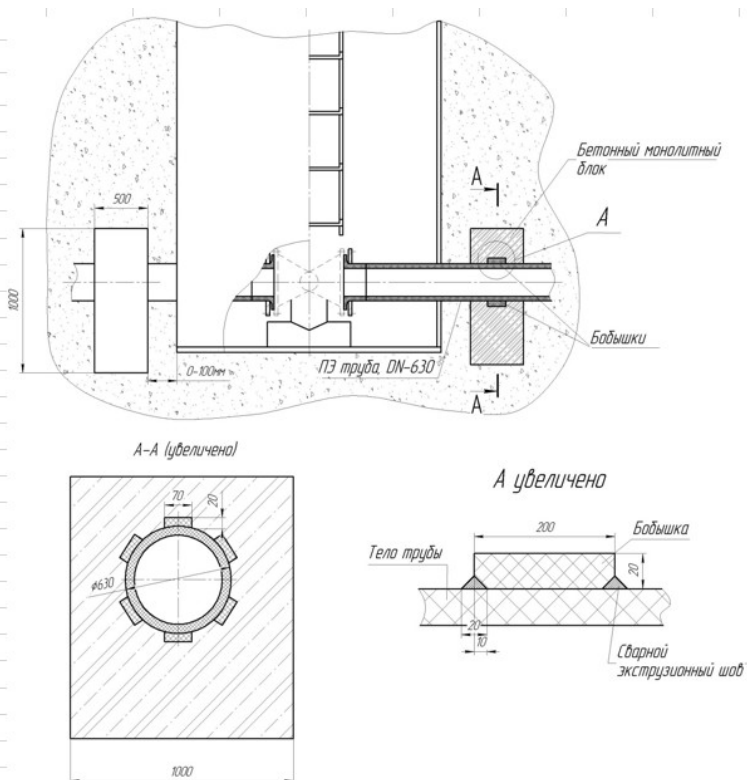
$d, \text{мм}$	Розміри опори для відводу 15°			
	$L, \text{м}$	$B, \text{м}$	$b, \text{м}$	$H, \text{м}$
90–125	0,46	0,47	0,23	0,41
140–180	0,52	0,52	0,25	0,46
200–250	0,60	0,64	0,33	0,53
280–355	0,74	0,87	0,49	0,62
400–500	1,03	1,11	0,58	0,75
560	1,27	1,27	0,61	0,86
630	1,40	1,40	0,62	0,96
710	1,56	1,60	0,70	1,06
800	1,76	1,80	0,75	1,20
900	1,98	2,00	0,85	1,35
1000	2,20	2,30	0,90	1,50
1200	2,60	2,70	1,00	1,80



$d, \text{мм}$	Розміри опори для відводу 45°				Розміри опори для відводу 90°		
	$L, \text{м}$	$B, \text{м}$	$b, \text{м}$	$H, \text{м}$	$L, \text{м}$	$B, \text{м}$	$H, \text{м}$
90–125	0,53	0,67	0,14	0,41	0,68	0,60	0,41
140–180	0,60	0,79	0,19	0,46	0,82	0,71	0,46
200–250	0,69	0,98	0,29	0,53	1,03	0,90	0,53
280–355	0,87	1,30	0,43	0,62	1,37	1,2	0,65
400–500	1,20	1,69	0,50	0,77	1,79	1,56	1,01
560	1,46	1,98	0,52	1,00	2,1	1,83	1,33
630	1,62	2,13	0,52	1,18	2,26	1,97	1,57
710	1,80	2,40	0,60	1,33	2,30	2,63	1,70
800	2,04	2,69	0,65	1,50	2,60	2,97	1,92
900	2,28	3,03	0,75	1,68	2,90	3,34	2,16
1000	2,52	3,37	0,85	1,87	3,20	3,71	2,40
1200	3,09	4,04	0,95	2,24	3,90	4,45	2,88

Додаток 2. Приклад програмного розрахунку лінійного видовження та нерухомих опор

Розрахунок нерухомих опор		
	параметри для вводу	
	розрахункові параметри	
	інше	
Зовнішній діаметр	400	мм
SDR	11	
Довжина ділянки	2000	м
Товщина стінки	36,36	мм
Площа поперечного перерізу	0,0415	м ²
Зміна температури	20	град. С
Модуль пружності	400	Мпа
Зусилля телового розширення	6643,31	кг
Відновне видовження ділянки труби	8	м
Довжина шипів	40,91	мм
Ширина шипів	150	мм
Висота шипів	36,36	мм
Площа зварювання	76,36	см ²
Прочність сварного шва	28	кгс/см ²
Максимальне навантаження на 1 шип	2138,18	кгс/см ²
Мінімальна кількість шипів	3,11	шт



Додаток 3. Відносне видовження ПЕ труб.

Діаметр труби, мм	SDR	Зусилля, кг	Видовження, мм, при перепаді ΔT 20 С				Кількість шипів, шт.
			на 5м	на 10м	на 50м	на 100м	
160	SDR21	758,27	0,02	0,04	0,2	0,4	0,4
	SDR17	925,67	0,02	0,04	0,2	0,4	0,49
	SDR11	1381,81	0,02	0,04	0,2	0,4	0,74
180	SDR21	959,69	0,02	0,04	0,2	0,4	0,5
	SDR17	1171,55	0,02	0,04	0,2	0,4	0,62
	SDR11	1748,85	0,02	0,04	0,2	0,4	0,93
200	SDR21	1184,8	0,02	0,04	0,2	0,4	0,61
	SDR17	1446,36	0,02	0,04	0,2	0,4	0,75
	SDR11	2159,07	0,02	0,04	0,2	0,4	1,13
225	SDR21	1499,51	0,02	0,04	0,2	0,4	0,76
	SDR17	1830,54	0,02	0,04	0,2	0,4	0,93
	SDR11	2732,58	0,02	0,04	0,2	0,4	1,41
250	SDR21	1851,25	0,02	0,04	0,2	0,4	0,93
	SDR17	2259,93	0,02	0,04	0,2	0,4	1,14
	SDR11	3373,55	0,02	0,04	0,2	0,4	1,72
280	SDR21	2322,2	0,02	0,04	0,2	0,4	1,14
	SDR17	2834,86	0,02	0,04	0,2	0,4	1,4
	SDR11	4231,79	0,02	0,04	0,2	0,4	2,12
315	SDR21	2939,04	0,02	0,04	0,2	0,4	1,41
	SDR17	3587,87	0,02	0,04	0,2	0,4	1,73
	SDR11	5355,85	0,02	0,04	0,2	0,4	2,62
355	SDR21	3732,85	0,02	0,04	0,2	0,4	1,75
	SDR17	4556,92	0,02	0,04	0,2	0,4	2,15
	SDR11	6802,43	0,02	0,04	0,2	0,4	3,26
400	SDR21	4739,19	0,02	0,04	0,2	0,4	2,17
	SDR17	5785,42	0,02	0,04	0,2	0,4	2,66
	SDR11	8636,3	0,02	0,04	0,2	0,4	4,04
450	SDR21	5998,04	0,02	0,04	0,2	0,4	2,67
	SDR17	7322,18	0,02	0,04	0,2	0,4	3,27
	SDR11	10930,31	0,02	0,04	0,2	0,4	4,98
500	SDR21	7404,99	0,02	0,04	0,2	0,4	3,2
	SDR17	9039,72	0,02	0,04	0,2	0,4	3,93
	SDR11	13494,21	0,02	0,04	0,2	0,4	5,99
560	SDR21	9288,82	0,02	0,04	0,2	0,4	3,89
	SDR17	11339,43	0,02	0,04	0,2	0,4	4,78
	SDR11	16927,14	0,02	0,04	0,2	0,4	7,29
630	SDR21	11756,16	0,02	0,04	0,2	0,4	4,74
	SDR17	14351,46	0,02	0,04	0,2	0,4	5,84
	SDR11	21423,42	0,02	0,04	0,2	0,4	8,92

710	SDR21	14931,42	0,02	0,04	0,2	0,4	5,79
	SDR17	18227,7	0,02	0,04	0,2	0,4	7,13
800	SDR21	18956,77	0,02	0,04	0,2	0,4	7,04
	SDR17	23141,69	0,02	0,04	0,2	0,4	8,67
900	SDR21	23992,16	0,02	0,04	0,2	0,4	8,51
	SDR17	29288,7	0,02	0,04	0,2	0,4	10,49
1000	SDR21	29619,95	0,02	0,04	0,2	0,4	10,05
	SDR17	36158,89	0,02	0,04	0,2	0,4	12,4
1200	SDR21	42652,73	0,02	0,04	0,2	0,4	13,33

Прим. З питань розрахунку лінійного видовження/скорочення поліетиленової труби та нерухомих опор звертатись в відділ інновацій то проектно-технічних рішень ТОВ «КАЛУШПАЙПТРЕЙД» за телефоном (044) 206-32-56.