



## **Merkblatt Nr. 3.7/2**

**Stand: Januar 2012**

Ansprechpartner: Referat 93

### **Планування та монтаж ґрунтових зондів для теплонасосних систем потужністю до 30кВт**

## 1. Планування

### 1.1 Попереднє обстеження

Важливою передумовою правильного облаштування геотермальних зондів є максимально точна інформація про підземний геологічний профіль та гідрогеологічні умови (наприклад, рівень ґрунтових вод та положення підземних водоносних шарів). Повна та достовірна інформація про ґрунти дасть змогу спроектувати ефективне геотермальне поле, а капітальні та експлуатаційні витрати будуть мінімізовані. Необхідна інформація може бути отримана від фахівців з гідрогеології, які використовують спеціалізовану літературу, геолого-гідрогеологічні карти і досвід буріння в певній місцевості.

**Перед плануванням геотермальних систем обов'язково проконсультуйтеся з фахівцями бурової компанії !**

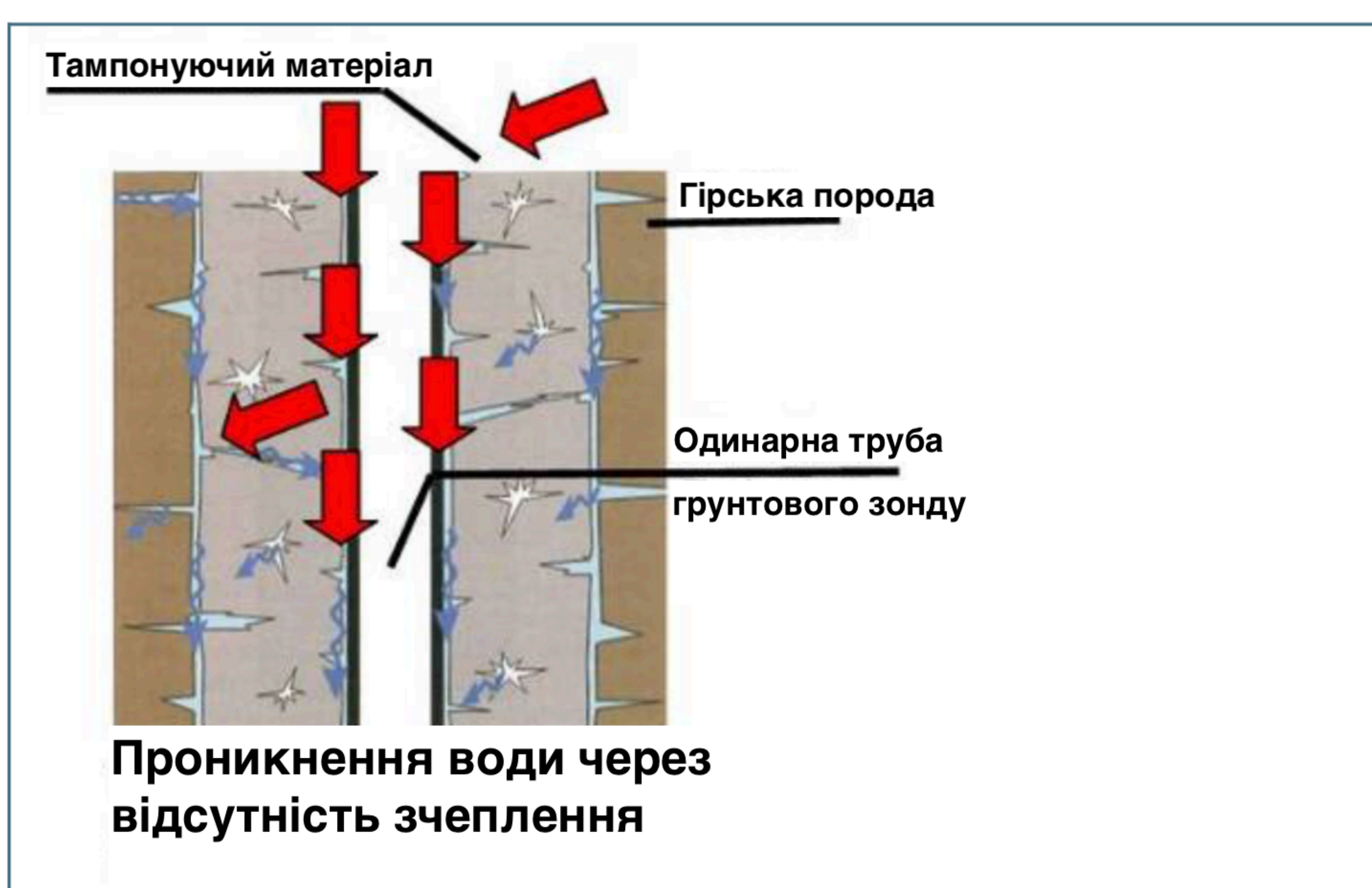
У виняткових випадках, в районах з невідомими гідрогеологічними умовами, може бути проведено облаштування розвідувальної свердловини для отримання необхідних гідрогеологічних параметрів. На підставі гідрогеологічних результатів розвідувальної свердловини приймається рішення про тип та розміри геотермальної системи.

### 1.2 Довжина зонда

На основі даних ґрунтового профілю та гідрогеологічних умов можна отримати відповідні значення питомої теплової потужності (ват на метр довжини зонда), враховуючи кількість годин роботи протягом року. На основі цих даних та враховуючи визначену проектом теплову потужність теплового насосу, визначається необхідна довжина зондів та їх кількість.

### 1.3 Глибина буріння

Максимальна глибина свердловин та кількість зондів, окрім властивостей породи, істотно залежать від рівня підземних вод. Перетину водоносних шарів, бажано уникати, оскільки матеріали та способи виробництва, які в даний час використовуються в стандартних геотермальних рішеннях не завжди забезпечують надійне ущільнення. Тому, навіть при ретельному виконанні тампонування свердловин водонепроникними суспензіями, нема гарантії досягнення необхідної герметичності.



*Малюнок 1: Проникнення води через відсутність зчеплення суспензії з гладкою поверхнею зонда та внутрішнє вимивання тампонажу.*

---

Іншими факторами, що обмежують глибину буріння та ставлять під сумнів тривалу стійкість тампонажу, є:

- сили, що блокують лінійне розширення труб зонда внаслідок зміни температури по довжині свердловини в процесі затвердіння тампонажної суспензії (безперешкодне лінійне розширення 100-метрової труби PE 80/100 з зміною температури 10 К становить приблизно 20 см), а також коливання робочої температури
- деформація тампонажу внаслідок неправильного планового тестування (наприклад, утворення кільцевої щілини через занадто пізнє випробування тиском вже після процесу тампонування)
- сили плавучості, що діють на зонд під час і після процесу тампонування, підвищують зусилля стиснення

#### 1.4 Відстані між зондами

Щоб уникнути негативних впливів геотермальних зондів один на одного, згідно VDI 4640 рекомендується підтримувати мінімальну відстань між зондами не менше 6 м. Через немінучі відхилення свердловини від вертикалі під час буріння, слід збільшувати відстані між зондами при зростанні глибини буріння (при глибині більше 100 метрів - відстань між зондами до 8-10 метрів). Для межі з сусідньою земельною ділянкою слід передбачати відстань не менше 3 метрів.

У «Рекомендаціях LAWA щодо вимог використання водних ресурсів для геотермальних зондів та геотермальних колекторів» від грудня 2011 року рекомендовані відстані між зондами - 10 м один від одного та 5 м до межі земельної ділянки.

Крім того, відповідно до VDI 4640, для геотермальних зондів і горизонтально прокладених ліній подачі та повернення геотермального поля, слід дотримуватись мінімальної відстані 0,7 м до інших інженерних мереж (наприклад, трубопроводів водопостачання, каналізаційних мереж чи мереж системи опалення), щоб уникнути їх пошкодження під час буріння чи експлуатації.

#### 1.5 Робоча температура

Необхідно забезпечити, щоб температура теплоносія, що надходить з теплового насоса, не перевищувала дозволених температури, зазначені у цьому розділі. Тому необхідно, на додаток до фахового підбору геотермальних зондів, забезпечити необхідний режим експлуатації. Оскільки неможливо гарантувати, що тампонажна суспензія має достатню стійкість до заморожування, необхідно не допустити опускання її температури нижче 0°C, навіть в умовах пікового навантаження. Ключовим параметром є температура на виході з теплового насоса.

Відповідно до VDI 4640, допустимий вплив на біологію підземних вод знаходиться в межах зміни температури  $\pm 6$  К. Прийнятна температура підземних вод 20°C.

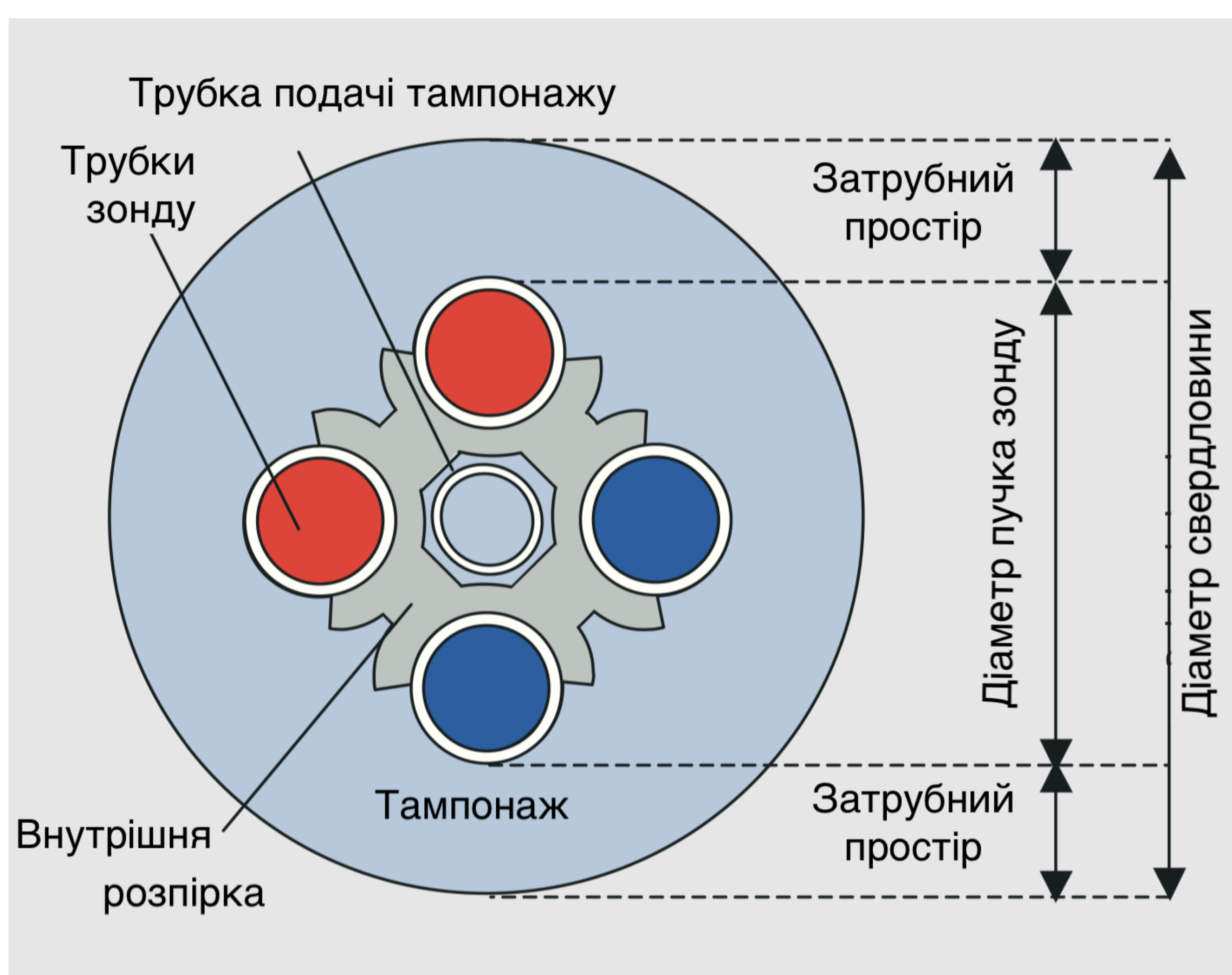
При подачі тепла в ґрунт через геотермальний зонд необхідно звернути увагу не тільки на максимально допустиму температуру підземних вод, але й на відповідні матеріали для труб.

## 2. Вимоги до бурових робіт

### 2.1 Кінцевий діаметр свердловини та діаметри труб зонду

Остаточний діаметр свердловини слід вибирати таким чином, щоб залишався затрубний простір, щонайменше, 30 мм навколо пучка зонда ( чотири паралельні труби зонду, при необхідності, з трубкою подачі тампонажу ) / діаметр свердловини > діаметр пучка зонда + 60 мм. Для свердловин в сипких ґрунтах краще передбачити 40 мм / діаметр свердловини > діаметр пучка зонда + 80 мм.

При визначенні діаметра свердловини, на діаметр зондового пучка може впливати також габарит оголовку зонда або використання внутрішніх розпірок чи центрувальних направляючих для установки пучка зонда в свердловині.



Малюнок 2: Поперечний розріз геотермальної свердловини.

Важливим фактором для оптимального теплообміну між ґрунтом та теплоносієм є швидкість потоку теплоносія в трубці зонду, яка повинна знаходитися в зоні турбулентного потоку з мінімальною потужністю насоса. Отже, відповідний діаметр труби і типорозмір циркуляційного насосу повинні бути обрані з урахуванням розрахункової довжини зондів. На практиці, найбільш поширені геотермальні зонди з трубкою, діаметром 32 мм. Діаметр пучка зонда - з рекомендованим використанням внутрішніх розпірок - приблизно 110 мм. Таким чином, з урахуванням рекомендованих внутрішніх розпірок, мінімальний діаметр свердловини для зондів, діаметром 32 мм, повинен складати 170 мм. Без внутрішніх розпірок, діаметр свердловини повинен бути не менше ніж 150 мм. Залежно від методу буріння і бажаної кінцевої глибини, для досягнення необхідного діаметра свердловини необхідно вибрати відповідний більший діаметр стартового свердла.

У окремих випадках можливі відхилення від зазначених розмірів. В стійких, не набухаючих ґрунтах можливо використовувати менший діаметр свердловини. Однак, мінімального діаметру в 150 мм потрібно дотримуватись навіть в таких виняткових випадках.

---

## 2.2 Вимоги до облаштування геотермальної свердловини

Буріння повинно забезпечити безпечну установку зонда і правильне тампонування по всій довжині стовбура свердловини. Беручи до уваги економічну ефективність та охорону навколишнього середовища, необхідно використовувати такі пристрої та процеси, які відповідають геолого-гідрологічним умовам на ділянці. Для створення належного і, таким чином, якісного геотермального поля під час бурових робіт необхідно звернути увагу на наступні фактори:

- **Достатній діаметр свердловини** - залежно від методу буріння вірно підібрати необхідний діаметр початкового бурового свердла.
- **Найбільш можлива вертикальна спрямованість і стабільність діаметру свердловини** - це призводить до полегшення безпечної центрованої установки і дотримання необхідної відстані до сусідніх геотермальних зондів і, отже, отримання більш ефективної системи.
- **Достатня глибина свердловини з урахуванням максимально допустимої глибини буріння** - це необхідно для безпечного досягнення запланованої глибини установки з урахуванням обсіпання свердловини до і під час встановлення зонда.
- **Використання спеціальних добавок для бурових розчинів** - це іноді необхідно для безпроблемного буріння або видалення бурового шламу та для забезпечення стабільності відкритої свердловини під час встановлення зонда до завершення процесу тампонажу.
- **Заходи у випадку несподіваних гідрологічних умов** - якщо під час буріння виникають нештатні гідрологічні ситуації, як наприклад, напірні артезіанські води, виходи газу, порожнини, набухаючі шари, забруднені ділянки, необхідно негайно вжити відповідних захисних заходів і в жодному разі не встановлювати геотермальний зонд. Про всі випадки стосовно стану та кольору надр, запаху або кольору води, ґрунтових зсувів, сильного підйому або падіння рівня води, газових покладів, порожнин в землі потрібно негайно повідомити місцеві адміністративні органи. Буровий підрядник повинен негайно виконати необхідні заходи безпеки.
- **Критерії припинення буріння** - це великі порожнини або втрати промивної води, які роблять неможливим подальше тампонування свердловини, напірні артезіанські підземні води і несподіване підняття ґрунтових вод перед досягненням заданої кінцевої глибини.
- **Професійне та безпечне обладнання на будівельному майданчику** - забезпечити і використовувати відповідну установку для приготування тампонуєчої суспензії, високонапірні насоси і вимірювальну апаратуру для визначення щільності тампонажу. Буровий розчин слід прокладати через контейнери для відстоювання та промивні ванни.
- **Перевірка достовірності питомої теплоємності** - на основі ґрунтового профілю, проектувальник або клієнт може перевірити проектні рішення і таким чином пересвідчитись, чи необхідна потужність забезпечується досягнутою довжиною геотермальних зондів.
- **Утилізація** - буровий шлам та буровий розчин необхідно утилізувати належним чином. Це також стосується, зокрема, ґрунтових вод, які можуть змішуватися з буровими шлами в разі свердління ударним методом. Можливість вивантаження цієї води в поверхневі води або каналізацію узгоджується з компетентним органом управління водними ресурсами або оператором каналізаційної системи / станції очищення стічних вод.

Заповнення свердловини буровим шламом не допускається.

---

### 3. Облаштування свердловини для геотермального зонда

#### 3.1 Матеріал трубок зонда

Геотермальний зонд, включно з оголовком зонда, попередньо виготовляється на заводі і доставляється одним виробом, необхідної довжини. На місці, з'єднання труб можна здійснювати тільки в зоні підключення геотермальних зондів до мережевих магістралей (за межами свердловини). Роз'ємні з'єднання можуть використовуватися лише у доступних для огляду та обслуговування герметичних шахтах (кесонах). За межами таких кесонів використовуються тільки нерозбірні зварні з'єднання. Для зварювальних процесів слід дотримуватися рекомендацій DVS - Німецької асоціації з зварювання та пов'язаних з ним процесів.

Монтаж або зварювання окремих частин зонда не допускається, крім горизонтального підключення зонда до магістральних трубопроводів. Щоб уникнути можливих витоків внаслідок неякісних зварних швів на будівельному майданчику, оголовок зонда також повинен бути фабрично виготовленим та фабрично підключеним або привареним до зондів. Оголовки зонда повинні мати принаймні такий же опір тиску, що й трубки зонду.

Матеріали, з яких виготовляються трубки зонду, повинні мати високу щільність та стійкість. Вплив точкових або лінійних навантажень на зовнішню поверхню труб призводить до скорочення терміну експлуатації, встановленого відповідними стандартами для будівництва трубопроводів. Тому необхідно монтувати зонд таким чином, щоб на стінки труби під час експлуатації не діяли точкові або лінійні навантаження.

Для забезпечення достатньої стійкості трубок зонду до навантажень під час будівництва та експлуатації, необхідно використовувати зонди, що використовують матеріали з підвищеною стійкістю до навантаження, наприклад, виготовлені з поперечно-зшитого поліетилену (PE-X) або неструктурованого поліетилену PE 100-RC (PE-RC) з підвищеною стійкістю до поширення тріщин (підвищена стійкість до розтріскування) і точкових навантажень.

Оскільки чисті вуглеводневі полімери, такі як поліетилен (PE), поліпропілен (PP) або полібутилен (PB) не відповідають вищезгаданим підвищеним вимогам до стійкості до розтріскування, труби виготовлені з цих матеріалів повинні бути особливо захищені під час монтажу в свердловині. Це можна зробити за допомогою центрувальних пристроїв (рекомендована максимальна відстань між елементами - 2 м), які мінімізують будь-який контакт труб з стінкою свердловини.

Рекомендується використовувати тільки зонди, які відповідають процедурі забезпечення якості.

## 3.2 Підготовчі роботи та опуск зонда

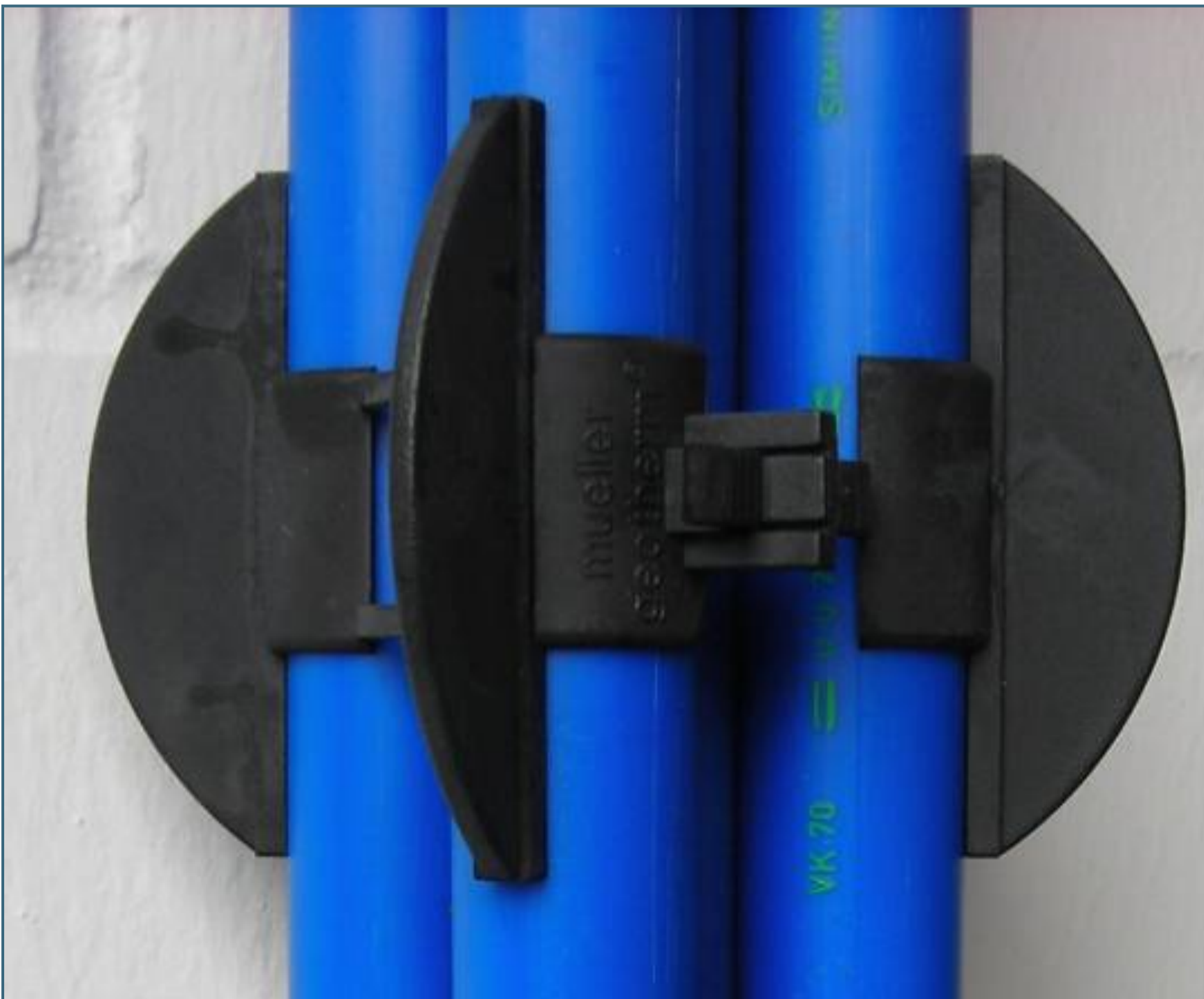
Внутрішні розпірки та центруючі пристрої прикріплюються до труб зонду. Внутрішні розпірки повинні запобігати контакту трубок зонда один з одним, в той час як пристрої для центрування повинні уникати контакту трубок зонда зі стінкою свердловини. Максимальна відстань між внутрішніми розпірками чи центруючими пристроями повинна бути 2 м.

Внутрішні розпірки зменшують теплове замикання між подачею та зворотною і покращують теплову продуктивність. Відмова від внутрішніх розпірок може, згідно з розрахунками, призвести до зниження продуктивності системи геотермальних зондів від 5 до 8%. При необхідності це необхідно враховувати при плануванні геотермальної системи. Крім того, відмова від внутрішніх розпірок може призвести до втрати гарантії виробника геотермального зонда.



*Малюнок 3: Внутрішня розпірка з центральним отвором для тампонажної труби*

Внутрішні розпірки часто пропонуються в поєднанні з центруючими пристроями, які полегшують монтаж геотермальних зондів.



*Малюнок 4: Центруючий пристрій*

Для правильного тампонажу необхідно приєднати до пучка зонда пластикову трубу для подачі ущільнюючої суспензії. Ця трубка залишається у свердловині.

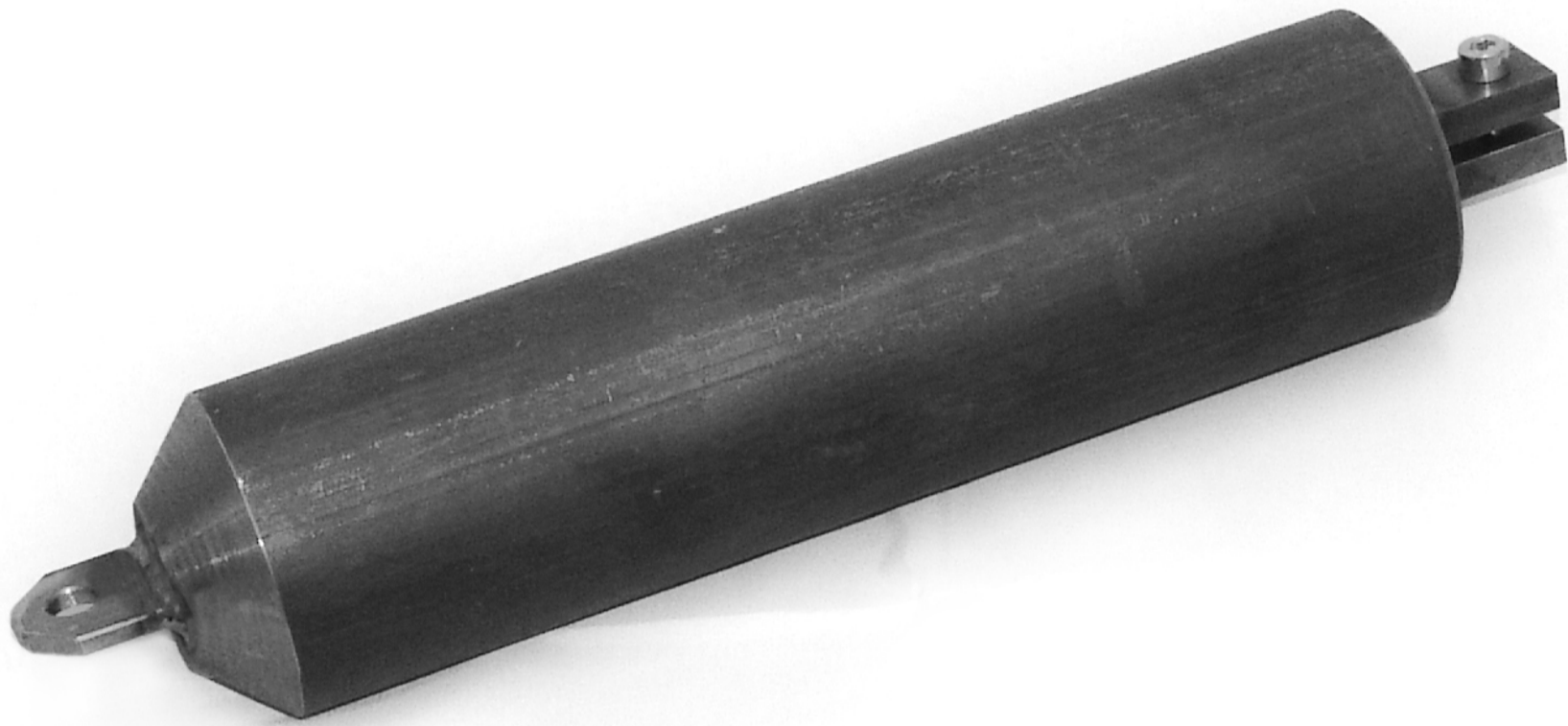
Якщо для тампонажу використовується штанга, внутрішні розпірки повинні бути встановлені з поглибленнями для направляючої штанги, інакше, при витягуванні штанги, зондові труби можуть прилягати одна до одної, що може призвести до зниження продуктивності зонда.

Перед тим, як вставити зонд у свердловину, труби повинні бути візуально перевірені на наявність пошкоджень. Відповідно до VDI 4640, рекомендується провести тест на герметичність та міцність ще до встановлення зонда.

У випадку, якщо свердловина знаходиться в водоносному шарі, потрібно використовувати додатковий тягар та заповнення зондових труб водою, щоб зменшити плавучість зонда.

---

Якщо свердловина є сухою, слід відмовитися від заповнення зонду водою під час монтажу до тампонування, інакше, залежно від довжини, розтягуюча сила при опусканні зонда та величина тиску на оголовок можуть бути занадто великими. Перед процесом тампонування зонд повинен бути повністю заповнений водою. У глибоких, сухих свердловинах (зазвичай понад 150 м), завдяки умовам гідростатичного тиску, повне заповнення зондувальних трубок водою повинно відбуватися поступово під час процесу тампонування. Зокрема, тут необхідно дотримуватися обережності, щоб не перевищити дозволені навантаження на зондові труби, оголовок зонда і заводські зварні шви.



*Малюнок 5: Додатковий тягар для зонда*

Введення зонду в свердловину має здійснюватися за допомогою барабану, що розташовується приблизно на висоті 2м над свердловиною на буровому або навантажувальному крані. Внутрішні розпірки монтується поступово під час опускання зонда. Далі, тампонажна штанга чи тампонажна труба фіксуються безпосередньо над оголовком зонда.

За жодних обставин не потрібно розмотувати та розкладати зонд на поверхні перед опусканням, оскільки існує ризик пошкодження труб зонду в результаті шліфування об ґрунт або особливо об край свердловини.



*Малюнок 6: Розмотувальний барабан для геотермального зонда*

### **3.3 Захист трубок зонда**

Під час вставлення зонда переконайтеся, що відкриті кінці окремих труб зонда надійно запечатані, щоб забруднення не проникло всередину труб. Вони можуть бути загерметизовані за допомогою клейкої стрічки чи заглушок. Цей захист слід залишити, поки зонд остаточно не з'єднається з системою розподілу.