

Изпитване на водопроводите

Описаните в настоящото приложение процедури за изпитване се прилагат, когато са залегнали в проекта.

I. Общи изисквания

Всеки изграден тръбопровод трябва да бъде подложен на изпитване на налягане с вода, за да се гарантира целостта на тръбите, съединенията, фасонните части и други елементи (като опорни блокове).

Процедурата за изпитване и критериите за преминаване/неуспех се посочват в проекта. В случаите, когато се ползва това приложение, процедурата се избира в съответствие с т. II (за нее вискоеластични материали като метал, бетон или подсилена със стъкло пластмаса) или т. III (за вискоеластични материали като PE и PVC) от приложението.

Преди избора на процедура в съответствие с т. II или т. III проектантът трябва да провери дали трябва да се вземат под внимание някакви нетипични аспекти или особености, които не са обхванати от т. II или т. III.

При изпитването на водопроводи не се допуска да се използва среда за изпитване, различна от питейна вода (плюс дезинфектанти, когато е необходимо). Причините са, както следва:

– газообразна среда за изпитване под налягане (въздух, азот и др.) води до сериозни опасности за безопасността на хора и предмети в близост до изпитваните участъци;

– помпите, използвани за създаване на налягане, могат да причинят отлагания в изпитвания участък, които да повлияят неблагоприятно на качеството на водата след въвеждане в експлоатация.

I.1. Безопасност

а) Предпазно облекло и оборудване

Преди започване на дейностите по изпитване се извършва проверка дали се използва подходящо оборудване за безопасност и дали персоналят има необходимото защитно облекло.

б) Изкопни работи

Всички изкопи трябва да останат подходящо укрепени за времето на монтажа на водопровода до завършване на възстановяването на терена. По време на изпитването под налягане в траншеите на водопроводите не се разрешават дейности, които не са свързани с изпитването под налягане.

I.2. Пълнене и изпитване

За целите на изпитването тръбопроводите трябва да се пълнят от най-ниската възможна точка бавно с питейна вода, докато всички средства за изпускане на въздуха са отворени и тръбопроводите са подходящо вентилирани, за да се избегне наличието на въздух под налягане и икономия на енергия.

Когато е необходимо, се добавя биоцид (дезинфектант).

Преди изпитването на налягане се извършва проверка, за да се гарантира, че оборудването за изпитване е калибрирано, в добро работно състояние и правилно монтирано към тръбопровода. Изпитванията под налягане се извършват при затворено положение на всички средства за вентилиране и отворени междинни спирателни кранове.

На всички етапи от изпитването и при планиране на цикъла на изпитване се вземат предвид условията на замръзване през нощта или прекомерното нагряване през деня и всяка промяна на дейностите трябва да се контролира, за да се избегне опасност за персонала. Целият персонал трябва да бъде ясно информиран за интензивността на натоварването върху временните фасонни части и опори и за последствията, ако възникне повреда.

I.3. Изпитване на налягане

I.3.1. Подготовка

а) Обратно засипване и укрепване

Преди изпитването на налягане тръбите трябва, когато е подходящо, да бъдат покрити (например с материал за обратно засипване), така че да се избегнат промени в почвените условия, които могат да бъдат критични за целостта на тръбопровода, както и да се сведе до минимум влиянието на температурните промени. На местата, където връзките остават непокрити, може да се извърши проверка за тяхната плътност и цялост. Въпреки това може да възникне твърде голяма разлика в температурите, поради което може да се приложи съответно обратно засипване и на връзките. Постоянните опори или укрепления трябва да бъдат конструирани така, че да издържат на натиска при налягането при изпитване. Бетонните опорни блокове трябва да са набрали подходящата якост преди започване на изпитването. Преди изпитването се осигурява, че тапите или други временни глухи фланци са подходящо укрепени и натоварването се разпределя според здравината на опорната основа. Докато налягането в тръбопровода не се понижи до атмосферното, не трябва да се отстраняват никакви временни опори или укрепления в краищата на изпитвания участък.

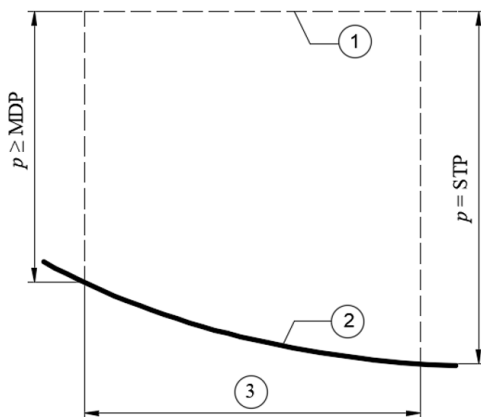
б) Избор на участъка за изпитване и напълването му за изпитване

Тръбопроводът се изпитва като цяло или, когато е необходимо, се разделя на няколко изпитвани участъка.

Изпитванията участъци не трябва да надвишават 3 km или да имат твърде големи обеми, тъй като това може да създаде неуправляеми проблеми по време на изпитването (напр. установяване на течове, осигуряване на необходимото количество вода за изпитване и нейното отвеждане).

Изпитванията участъци се избират така, че:

- налягането за изпитване на системата (STP) да се постигне и да не се превиши в най-ниската точка на всеки изпитван участък, както е показано на фиг. 1;
- в най-високата точка на всеки изпитван участък се достига налягане, най-малко равно на максималното оразмерително налягане (MDP), съгласно фиг. 1, освен ако в проекта не е посочено друго;
- необходимото количество вода за изпитване може да бъде осигурено и отведено без затруднения;
- да се сведат до минимум влиянията от разликите в температурата, където тръбата и връзките са разкрити.



- 1 – хидростатична линия на изпитвания участък;
- 2 – тръбопровод;
- 3 – изпитван участък.

Фиг. 1. Максимална разлика между MDP и STP

Преди напълването и изпитването от вътрешността на тръбопровода се отстраняват всички замърсявания и чужди вещества. Изпитваният участък се напълва с вода. За изпитване на налягане на водопроводите трябва да се използва питейна вода, освен ако не е посочено друго в проекта.

Въздухът трябва възможно най-пълно да бъде премахнат от тръбопровода. Пълненето се извършва бавно и при възможност от най-ниската точка на тръбопровода така, че да се предотврати създаване на вакуум и въздухът да може да излиза през подходящо оразмерени средства за вентилиране.

1.3.2. Налягане за изпитване

За всички тръбопроводи налягането за изпитване на системата (STP) се изчислява в зависимост от максималното проектно налягане (MDP) съгласно следните формули.

- при изчисляване на хидравличен удар:

$$STP = MDP_c + 100 \text{ kPa}$$

- без изчисляване на хидравличен удар:

$$\left. \begin{array}{l} STP = MDP_a \times 1,5 \\ \text{или} \\ STP = MDP_a + 500 \text{ kPa} \end{array} \right\} \text{ използва}$$

се по-малката от двете стойности, където

MDP се обозначава като MDP_a , когато има фиксирана допустима стойност за хидравличен удар;

MDP се обозначава като MDP_c , когато хидравличният удар е изчислен.

За всички тръбопроводи изпитването трябва да се проведе при налягане за изпитване на системата (STP) в съответствие с изискванията в таблица 1, като се гарантира, че максималното налягане за изпитване не надвишава $1,5 \times PFA$ в нито един от най-ниско разположените елементи по тръбопровода или в изпитвания участък.

Условия на налягането за определяне на елементи

елементи		система	
PFA	\geq	DP	
PMA	\geq	MDP	
PEA	\geq	STP	
<p>PFA е допустимото работно налягане на елемент, което представлява максималното хидростатично налягане, което елементът може да издържи при непрекъсна експлоатация;</p> <p>PMA е допустимото максимално работно налягане на елемент, което представлява максимално налягане, възникващо от време на време, включително хидравличен удар, което елементът може да издържи при работа;</p> <p>PEA е допустимото налягане за изпитване за изпитвания участък, което представлява максимално хидростатично налягане, което новомонтиран елемент може да издържи за относително кратък период от време, за да се гарантира целостта и херметичността на тръбопровода;</p> <p>DP е оразмерителното налягане, което представлява максималното работно налягане на системата или на участъка, дадени в проекта, без да се взима предвид хидравличен удар.</p>			

Установената допустима стойност за налягането при хидравличен удар, включена в MDPa, трябва да бъде не по-малка от 200 kPa.

Изчисляването на хидравличен удар се извършва чрез подходящи методи и с помощта на съответните общи формули в съответствие с конкретните условия на проектиране и въз основа на най-неблагоприятните работни условия.

1.3.3. Място за монтаж на оборудването за изпитване

При нормални обстоятелства мястото за монтаж на оборудването за изпитване трябва да бъде най-ниската точка на участъка за изпитване.

Ако не е възможно оборудването за изпитване да се монтира в най-ниската точка на изпитвания участък, налягането за изпитването на налягане трябва да бъде налягането за изпитване на системата, изчислено за най-ниската точка на изпитвания участък, намалено с разликата във височината.

1.3.4. Изпитване при работно налягане с визуална проверка

В специални случаи, със съгласието на съответния ВиК оператор (напр. тръбопровода с малки дължини, сградни водопроводни отклонения или участъци, изпълнени от тръби на ролки без връзки между двата края на участъка), за подлежащите на изпитване водопроводи може да бъде извършена визуална проверка и налягането на изпитване на системата да бъде работното налягане на тръбопровода. Да се има предвид и т. I.4.7 за случаи на изключения.

1.4. Процедура на изпитване

1.4.1. Общи изисквания

За всички видове тръби и материали могат да се приложат различни приложими процедури за изпитване. Процедурата за изпитване се определя с проекта и се извършва на три етапа:

1. предварително изпитване;
2. изпитване на спад на налягането (в I.4.3 са посочени алтернативи);
3. основно изпитване на налягане.

1.4.2. Предварително изпитване

Предварителното изпитване има за цел да се:

- стабилизира частта от тръбопровода, която ще се изпитва, като позволява по-голямата част от преместванията, които зависят от времето;
- постигне подходящо насищане с вода, когато се използват водопоглъщащи материали;
- позволи зависимостта от налягането увеличение на обема при гъвкавите тръби да се случи преди основното изпитване.

Тръбопроводът се разделя подходящо на участъци за изпитване, изцяло напълнени с вода и обезвъздушени. Налягането се повишава в най-високата точка най-малко до максималното оразмерително налягане (MDP), освен ако не е посочено друго в проекта, и до STP в най-ниската точка (т. I.3.1, буква „б“). Поддържаното чрез припомпване налягане на входа на тръбопровода не трябва да превишава STP.

В случай че се появят неприемливи промени в положението на която и да е част от тръбопровода и/или течове, налягането в тръбопровода трябва да се понижи до атмосферното и неизправностите да се отстранят.

Продължителността и налягането на предварителното изпитване зависят от материалите на тръбопровода и се определят в проекта, като се вземат предвид съответните продуктови стандарти.

1.4.3. Изпитване на спад на налягане

Въздух в изпитвания участък на тръбопровода може погрешно да покаже теч или в някои случаи да прикрие малък теч, следователно наличието на въздух ще намали точността на основното изпитване на налягане. Прекомерното количество въздух в тръбопровода може също така да представлява риск за безопасността по време на изпитването под налягане. Следователно трябва да се проведе изпитване на спад на налягане, за да се определи дали има твърде много съдържание на въздух.

Изпитването на спад на налягане позволява да се направи оценка на оставащия обем въздух в изпитвания участък. Прокарване на тапа, избутваща въздуха, може да бъде средство за подпомагане на отстраняването на въздуха преди изпитването на налягане.

Критериите за успешно/неуспешно провеждане на изпитването за спад на налягане се определят в проекта.

В проекта може да не се определи провеждане на изпитването за спад на налягане, когато необходимото отстраняване на въздуха може да се извърши по друг начин, например когато изпитваният участък има:

- достатъчни наклони (≥ 2 mm/m);
- въздушници във всички високи точки;
- няма елементи, които могат да бъдат причина за задържане на въздушни възглавници.

1.4.4. Основно изпитване на налягане

а) Общи изисквания

Основното изпитване на налягане не трябва да започва, докато предварителното изпитване и изпитването на спад на налягане не са приключили успешно.

Необходимо е да се вземе предвид влиянието на температурните разлики по време на изпитването на налягане.

Има два основни метода за изпитване:

- метод на загуби на налягане;
- метод на загуби на вода.

б) Метод на загуби на налягане

Загубите на налягане Δp и тяхното нарастване е показател за течове и водонепропускливост.

Продължителността на изпитването за загуби на налягане трябва да бъде 1 час или повече, освен ако не е посочено друго в проекта. По време на основното изпитване на налягане загубите на налягане Δp трябва да показват намаляваща тенденция и не трябва да надвишават следните стойности в края на първия час:

- 20 kPa за тръби от сферографитен чугун със или без покритие от циментов разтвор, стоманени тръби със или без покритие от циментов разтвор, стоманени цилиндрични бетонни тръби, пластмасови тръби;
- 40 kPa за нецилиндрични бетонови тръби.

в) Метод на загуби на вода

Могат да се използват два еквивалентни метода за измерване на загубите на вода:

- измерване на обема на източената вода;
- измерване на обема на припомпената вода.

Проектантът трябва да посочи кой метод да се използва.

1.4.5. Понижаване на налягането

Налягането в тръбопроводите трябва да се понижава бавно, като при изпразването им всички средства за вентилация трябва да бъдат отворени, за да се избегне създаване на вакуум и разрушаване на тръбопровода.

1.4.6. Оценка на изпитването

В случай че загубите на налягане или загубите на вода надхвърлят определените граници, или в случай че се установят неизправности, тръбопроводът трябва да бъде проверен и/или поправен. Изпитването трябва да се повтори, докато загубите съответстват на посочените граници.

1.4.7. Крайно изпитване на системата

Когато дължината на тръбопровода е разделена на два или повече участъка за изпитване на налягане и всички участъци са изпитани успешно, цялата система трябва да се подложи на работното налягане в продължение на най-малко 2 часа. Всеки допълнителен елемент, който е включен след изпитването на налягане на съседните участъци, трябва да бъде визуално проверен за течове и промени в трасето и котите на тръбопровода (да се има предвид и т. 1.3.4).

I.4.8. Записване на резултатите от изпитването

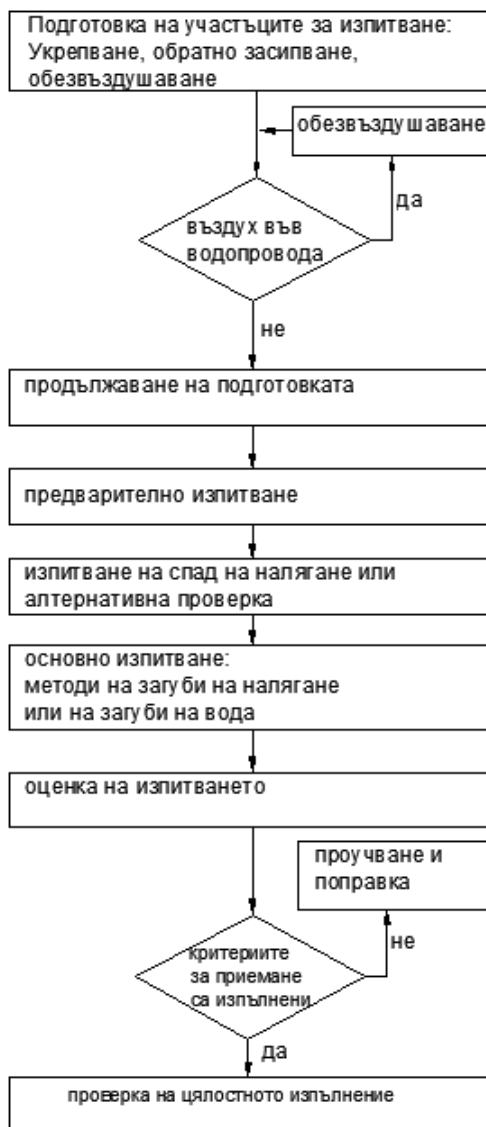
Изготвя се и се съхранява пълен запис на детайлите от изпитването.

II. Изпитване на невискоеластични тръбопроводи (тръбопроводи от твърд материал) (метални, бетонни, стъклопласт (GRP))

II.1. Общи положения

При тръбопроводи от метал (от чугун или стомана) с всякакъв вид вътрешно покритие (напр. покритие от циментов разтвор) следва да се отчита, че изпълнените по тръбопровода съединения с муфи, съединения със затегнати муфи, фланшови съединения и заварени съединения имат различно поведение по време на процедурата за изпитване на налягане (напр. преместване и закотвяне). Да се има предвид, че различията във вътрешното покритие, съединенията или други характеристики трябва да се вземат предвид и за други невискоеластични (например бетонни или подсилени със стъклопласт (GRP) тръбопроводи).

Фигура 2 представя блок-схема на процедурата за изпитване на налягане.



Фиг. 2. Блок-схема на процедурата за изпитване на налягане

II.2. Безопасност

а) По отношение на персонала се взема предвид следното:

– на всички етапи от изпитването планираната процедура и всяка възможна нейна промяна се извършват така, че да се избегне опасност за персонала;

– целият персонал трябва да е ясно информиран за интензивността на натоварването върху временните съоръжения и за последствията в случай на повреда;

– когато се използват биоциди (дезинфектанти), целият персонал трябва да е ясно информиран за подходящото боравене с тях;

– преди започване на каквато и да е процедура за изпитване на налягане се извършва проверка за наличието на подходяща защитна екипировка и дали персоналот разполага с правилното защитно облекло.

б) Във връзка с изграждането на тръбопроводи и всички свързани с тях дейности се взема предвид следното:

– постоянните опори или укрепвания са конструирани така, че да издържат на натиска на налягането при изпитване;

– бетонните опорни блокове се оставят да наберат подходяща якост, преди да започне изпитването;

– тапи или други временни глухи фланци да са подходящо закрепени, като натоварването се разпредели според якостта на опорната основа. Не се допуска шибъри, пожарни хидранти, устройства за защита от хидравличен удар или предпазни клапани да се използват като глухи фланци;

– всякакви временни опори или укрепвания в краищата на участъка за изпитване не се отстраняват, докато налягането в участъка за изпитване не бъде понижено до атмосферното;

– след завършване на строителството и до засипването всички изкопи да останат подходящо охранявани. Всяка дейност, която не е свързана с изпитванията на налягане, не се извършва в тръбни траншеи по време на такива изпитвания;

– по време на прилагане на налягане траншеята и пространството около нея се защитават чрез осигуряване на безопасно разстояние. В защитената зона може да влиза само компетентен персонал, когато е необходимо да изпълнява определени задължения;

– преди извършване на изпитване на налягане се извършва проверка на оборудването за изпитване, с цел да се установи дали е калибрирано, дали е в добро работно състояние и правилно монтирано към изпитвания участък.

в) По време на изпитването се взема предвид следното:

– въздухът от изпитвания участък се изпуска възможно в най-голяма степен. Пълненето се извършва бавно и при възможност от най-ниската точка на изпитвания участък по такъв начин, че да се предотврати обратно засмукване и така че въздухът да излиза през подходящо оразмерени въздушници;

– изпитваният участък се пълни бавно с вода, докато всички въздушници са отворени и изпитваният участък е подходящо вентилиран;

– водата, използвана за изпитване, се изпуска подходящо, без да наводнява или да оказва неблагоприятно въздействие на строителната площадка.

II.3. Подготовка на участъка за изпитване

II.3.1. Общи положения

Дължината на изпитваните участъци се определя при вземане предвид на следното:

– местните условия (например по отношение на достъпа);

– наличие на подходяща вода за изпитването;

– брой на фасонни части и принадлежности (напр. клапани, хидранти и др.);

– разликата във височина между различните части на изпитвания участък;

– наличието на заключващи се връзки.

Изпитваните участъци се избират така, че:

– обичайно дължината на изпитвания участък да не надвишава 1500 m;

– налягането за изпитване на системата STP да може да бъде създадено за определеното време;

– налягането за изпитване на системата STP да се постига в най-ниската точка на всеки изпитван участък;

– в най-високата точка (по надморска височина) на всеки изпитван участък се постига налягане най-малко максималното оразмерително налягане (MDP) (фиг. 1 за пример на профила на налягането);

– необходимото количество вода за изпитването може да бъде осигурено и отстранено без затруднения;

– влиянието на промените в температурата е сведено до минимум особено когато тръбата и връзките са изложени на метеорологични условия, които могат да са причина за замръзване или прекомерно нагряване.

В случай на частично заключване на фасонни части с тръби за осигуряване на самоукрепване заключените участъци могат да бъдат изпитвани заедно с незаключените участъци. В случай на напълно заключен участък се предвижда възможност за надлъжна деформация на тръбопровода под налягане. Краищата на тези участъци не се затапват.

Преди изпитването всички наноси и чужди материали се отстраняват от изпитвания участък.

II.3.2. Укрепване (фиксирание) и затапване

Отделянето на участъците за изпитване се постига чрез използване на глухи фланци или еквивалентни начини за затапване.

Оценяват се хидравличните натоварвания, упражнявани върху краищата на изпитвания участък. Укрепванията се поставят, където е необходимо, така че да поемат натоварванията в напречно поставените на изкопа дървени греди или в шпунтовото укрепване.

Преди изпитването всички връзки за промяна на посоката и/или напречното сечение в изпитвания участък, като колена, тройници, конуси (редуктори) и глухи фланци, се затягат (или укрепват) подходящо с помощта на опорни блокове или затягащи (самозакрепващи) връзки.

Вместо глухи фланци да не се използват други елементи като шибъри, пожарни хидранти, устройства за защита от хидравличен удар или предпазни клапани. В случай че по практически причини като затварящи елементи се използват спирателни вентили, тяхното номинално налягане (PN или PFA) не трябва да бъде по-ниско от налягането за изпитване на системата STP.

Силата на натиск върху затапването на тръбопровод (като глухи фланци) нараства с квадрата на диаметъра. В таблица 2 са дадени примери за сили на натиск, генерирани от налягане от 1 bar при затапен тръбопровод (изчисляване на следващите стойности чрез пример: за DN 150 и 10 bar силата на натиск ще бъде 2270 daN;

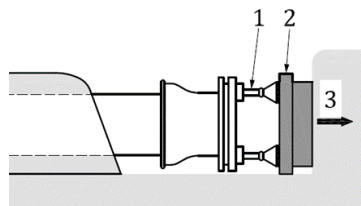
$$F = P \cdot D^2, \text{ където } P \text{ е налягането, а } D \text{ е външният диаметър}.$$

Таблица 2

Примери за сили на натиск, генерирани от налягане от 1 bar при затапен тръбопровод

DN	F (1 bar) daN	DN	F (1 bar) daN	DN	F (1 bar) daN	DN	F (1 bar) daN	DN	F (1 bar) daN
60	47	250	590	600	3167	1200	12370	2200	41115
80	75	300	835	700	4278	1400	16787	2400	48891
100	109	350	1122	800	5568	1500	19236	2600	57340
125	163	400	1445	900	7014	1600	21851		
150	227	450	1809	1000	8626	1800	27612		
200	387	500	2223	1100	10405	2000	34045		

Могат да се използват винтови крикове, за да се компенсира възможното слягане (фиг. 3).



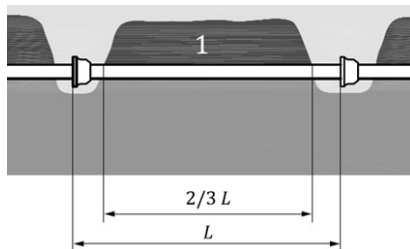
- 1 – винтов крик;
- 2 – натисната опора;
- 3 – сила на натиск.

Фиг. 3. Пример за укрепване с крик

II.3.3. Частично обратно засипване

Изпитваните участъци обикновено са частично обратно засипани, оставяйки тръбните връзки достъпни за проверка. Само ако може да възникне твърде голямо температурно отклонение, се предвижда обратно засипване на връзките или друго покриване.

Полага се достатъчно материал за запълване, за да се предотврати преместване на изпитвания участък (фиг. 4). В частност преди изпитването се засипват частите от изпитвания участък със заключващи връзки, които получават своята стабилност от взаимодействието си с почвата.



- 1 – обратно засипване;
- L – стандартизирана дължина на тръба.

Фиг. 4. Частично обратно засипване преди изпитване

II.3.4. Пълнене с вода и обезвъздушаване

Изпитваният участък е изцяло напълнен с вода и е обезвъздушен. Налягането се повишава до работното налягане ОР, без да надвишава налягането за изпитване на системата STP. Краищата на изпитвания участък са затапени, обикновено с глухи фланци, снабдени с вентилационни клапани.

Изпомпваната вода може да съдържа въздух, който след период от време ще се отдели. Ако се вентилира, обемът, зает преди това от въздуха, може да бъде заменен с вода и по този начин налягането може да намалее. Кинетиката на разтваряне на въздух във вода е функция на много параметри и в частност на:

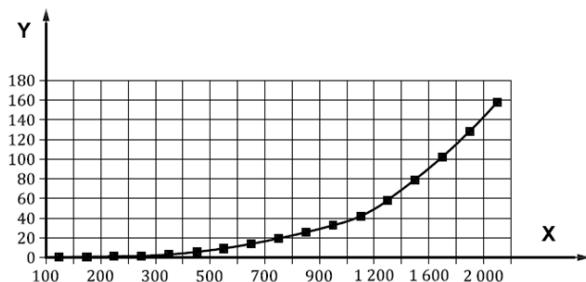
- началното ниво на насищане на изпомпваната вода;
- температурата на водата (количеството разтворен въздух намалява с повишаване на температурата);
- налягане на водата (количеството разтворен въздух намалява с намаляване на налягането);
- разположението на въздушните джобове;
- размерите на разделителната повърхност между въздух и вода.

Изпитваният участък се пълни бавно с отворени въздушници в най-ниската точка, така че да не се получи обратно засмукване и въздухът да може да излиза през въздушниците. Твърде бързото пълнене може да причини задържане на въздушни възглавници.

Пълната проверка на въздушния клапан се извършва чрез проверка дали всеки автоматичен въздушен клапан и всеки ръчен въздушен клапан не изпуска повече въздух.

В случай на променлив наклон без вентилация във всички високи точки, може да се приложи прокарване с тапа, избутваща въздуха, особено когато дори по-високите скорости на пълнене не могат достатъчно да отстранят въздуха.

На фигура 5 са показани типичните водни количества при пълнене.



X – DN на тръбата

Y – водно количество при пълнене в литри/секунда

Фиг. 5. Типични водни количества при пълнене

Поглъщането на вода от вътрешното покритие от циментов разтвор отнема време в зависимост от влажността на въздуха преди запълването, температурата, дебелината на покритието и неговата структура.

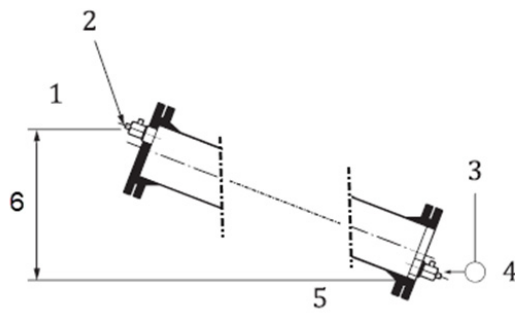
След напълването и преди да започне предварителното изпитване, в изпитвания участък се поддържа работно налягане ОР толкова време, колкото е необходимо за стабилизиране по отношение на възможно движение на тръбопровода и поглъщане на вода (може да бъде 24 часа или дори повече).

Всички открити съединения, фасонни части, укрепления и затапвания се проверяват визуално. Всички открити в този момент дефекти се поправят, където е необходимо, след изпразване на изпитвания участък.

II.4. Процедура за изпитване на налягане

II.4.1. Общи изисквания

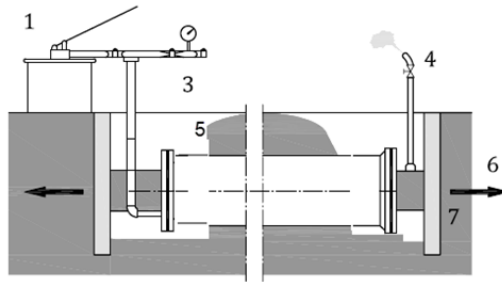
Налягането при изпитване е налягането за изпитване на системата, изчислено за най-ниската точка на изпитвания участък. Ако е възможно, в най-ниската точка на изпитвания участък се монтира калибрирано средство за измерване на налягането с подходящи обхват и точност (фиг. 6).



- 1 – по-висок край;
- 2 – въздушник;
- 3 – помпа за изпитването и средство за измерване на налягането;
- 4 – приложено налягане (STP);
- 5 – по-долен край;
- 6 – разликата във височина между горния и долния край.

Фиг. 6. Пълнене и приложимо налягане

Типичните елементи за изпитване под налягане са показани на фиг. 7.

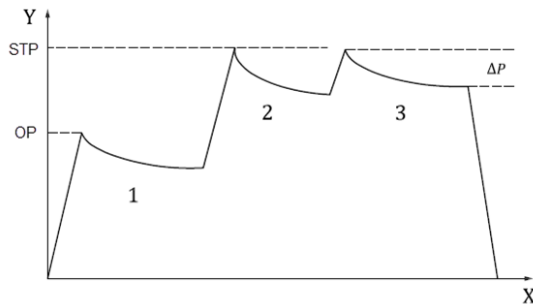


- 1 – помпа за изпитване;
- 2 – манометър;
- 3 – връзка към помпата;
- 4 – въздушник;
- 5 – обратна засипка;
- 6 – осова сила;
- 7 – укрепителна система.

Фиг. 7. Елементи за изпитване на налягане

След подготовката за изпитване, в съответствие с П.т. 3, изпитването се извършва в две или три допълнителни стъпки (вижте фиг. 8), както следва:

- предварително изпитване;
- изпитване на спад на налягане, ако не е прескочено от проектанта в съответствие с I.4.3;
- основно изпитване (изпитване на загуба на налягане или загуби на вода).



- X – време (часове);
- Y – налягане (bar);
- 1 – подготовка (до 24 часа или повече);
- 2 – предварително изпитване (1 час или повече);
- 3 – основно изпитване (1 час или повече).

Фиг. 8. Стъпки в процедурата за изпитване, включително подготовка, с алтернативна проверка вместо изпитване за спад на налягане

II.4.2. Предварително изпитване

Когато визуалната проверка, в съответствие с II.3.4, е успешна, за да се стабилизира допълнително изпитваният участък, налягането се повишава постепенно, докато се достигне налягането за изпитване на системата (STP). Продължителността на предварителното изпитване и необходимостта от повторно изпомпване за поддържане на налягането зависи най-вече от по-нататъшното поглъщане на вода, както в II.3.4.

Налягането за изпитване на системата (STP) се изчислява от максималното проектно налягане (MDP), както следва:

– изчисляване на хидравличен удар:

$$STP = MDP_c + 100 \text{ kPa};$$

– без изчисляване на хидравличен удар се отчита по-малката от двете стойности:

$$STP = MDP_a + 500 \text{ kPa}$$

$$STP = MDP_a \times 1,5,$$

където:

MDP се обозначава като MDP_a , когато има определена приета стойност за хидравличен удар;

MDP се обозначава като MDP_c , когато хидравличният удар е изчислен.

Налягането за изпитване не надвишава максималното налягане за изпитване (PEA), на който и да е елемент (тръби, фасонни части, фланци, клапани и други елементи), нито работното налягане на което и да е затварящо устройство. Налягането за изпитване в най-високата точка на изпитвания участък е не по-малко от максималното проектно налягане (MDP) в тази точка.

Промени в температурата могат да повлияят на налягането вътре в изпитвания участък. Този ефект е сведен до минимум, като се гарантира, че началната и крайната температура на стената на тръбата на всяка стъпка от процедурата на изпитване са приблизително еднакви, което е най-важното за основното изпитване на налягане.

Прави се изпитване на спад на налягане, за да се определи дали има твърде много въздух, освен ако не е пропуснато в проекта и е направена алтернативна проверка.

II.4.3. Изпитване на спад на налягане

След успешно завършване на предварителното изпитване всички въздушници на изпитвания участък се затварят и отсега нататък остават отворени всички спирателни кранове в изпитвания участък.

Налягането в изпитвания участък се повишава до налягането за изпитване на системата STP, като се извършва обезвъздушаване на оборудването за изпитване.

От изпитвания участък се отстранява и се измерва обем вода ΔV . Измерва се и произтичащият от това спад на налягане Δp .

Отстраненият обем вода ΔV се сравнява с допустимите загуби на вода ΔV_{max} , съответстващи на измерения спад на налягането Δp . Изпитването на спад на налягане е успешно, когато $\Delta V \leq \Delta V_{max}$.

Допустимите загуби на вода ΔV_{max} се изчисляват по формула 1:

$$\Delta V_{max} = 1,5 \cdot V \cdot \Delta p \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right) \quad (1),$$

където

ΔV_{max} са допустимите загуби на вода, l;

V е обемът на изпитвания участък, изчислен с вътрешния диаметър на тръбата D , l;

Δp е измереният спад на налягане, kPa;

E_w е обемният модул на водата, kPa;

D е вътрешният диаметър на тръбата, без да се взема предвид вътрешното покритие от циментов разтвор, $D = ID$, m;

e е дебелината на стената на тръбата, m;

E_R е модулът на еластичност на стената на тръбата в посока по периферията, kPa;

1,5 е коефициент за допустимото неизбежно съдържание на въздух.

II.4.4. Основно изпитване на налягане

II.4.4.1. Общи изисквания

След успешно завършване на предварителното изпитване и изпитването на спад на налягане налягането се повишава постепенно, докато се достигне налягането за изпитване на системата (STP).

Процесите на стабилизиране могат да продължат, причинявайки промени в налягането, без непременно да означава изтичане. Тези процеси могат да се дължат главно на:

– увеличаване на обема на изпитвания участък поради надлъжни или странични движения на връзките;

– наличие на неотстранен въздух в изпитвания участък;

- разваряване във водата на въздуха, който все още присъства в изпитвания участък;
- температурни колебания.

Основното изпитване на налягане ще се извърши в съответствие с изискването на проекта (по метода за изпитване за загуби на налягане или метода за изпитване за загуби на вода съгласно тази точка).

II.4.4.2. Изпитване за загуби на налягане

След достигане на налягането за изпитване на системата (STP) продължителността на изпитването за загуби на налягане е 1 час. Загубите на налягане се отчитат директно. Загубите на налягане Δp следва да покажат намаляваща тенденция и да не надвишават 20 kPa след 1 час, докато тръбопроводът е под налягане.

II.4.4.3. Изпитване за загуби на вода

Прави се допълнителен избор в съответствие с решението на проектанта:

а) Измерване на обема на източната вода:

- След достигане на налягането за изпитване на системата (STP) STP се поддържа, ако е необходимо, чрез припомпване за период от не по-малко от един час.
- Помпата се изключва и не се допуска за 1 час повече вода да навлиза в изпитвания участък.
- След 1 час се измерва намаленото налягане, STP се възстановява чрез помпане и тогава се измерват загубите на вода чрез източване на вода, докато се достигне отново предишното достигнато след 1 час намалено налягане.

б) Измерване на обема на изпомпваната вода:

- След достигане на налягането за изпитване на системата (STP) STP се поддържа, ако е необходимо, чрез припомпване за период от 1 час.
- Измерва се количеството вода, необходимо за припомпване, за да се поддържа STP.

Ако изпитваният участък е водоплътен, измерените загуби на вода няма да надвишат стойността, изчислена с помощта на формула 2:

$$\Delta V_{max} = 1,2 V \cdot \Delta P [1/E_w + D/e \cdot E_R] \quad (2),$$

където:

ΔV_{max} е допустимата загуба на вода в литри;

V е обемът на изпитвания участък в литри, изчислен с вътрешния диаметър на тръбата D ;

ΔP са допустимите загуби на налягане в kPa, както следва:

E_w е обемният модул на водата в kPa;

D е вътрешният диаметър на тръбата в m, без да се взема предвид покритието от циментов разтвор, $D = ID$;

e е дебелината на стената на тръбата в m;

E_R е модулът на еластичност на стената на тръбата в периферна посока в kPa;

1,2 е коефициент, който отчита допустимото неизбежно съдържание на въздух.

II.5. Приключване на изпитването

За понижаване на налягането до атмосферното в изпитваните участъци, както и оценка/записване на резултатите от изпитването и визуална проверка на връзките между изпитваните участъци секции и съществуващата захранваща система (виж I.4.5, I.4.6, I.4.7 и I.4.8).

III. Изпитване на вискоеластични тръбопроводи (PE, PVC-U, PVC-O)

III.1. Общи изисквания

Всеки изграден тръбопровод се подлага на изпитване с вода под налягане, за да се гарантират целостта на тръбите, връзките, фасонните части и други елементи като опорни блокове.

Не се използва течност за изпитване, различна от питейна (плюс биоциди (дезинфектанти), когато е необходимо).

III.2. Безопасност

а) По отношение на персонала се взема предвид следното:

- на всички етапи на изпитване планираната процедура и всяка възможна нейна промяна се извършват така, че да се предотврати опасност за персонала;
- целият персонал да е ясно информиран за интензивността на натоварването на временните съоръжения и укрепвания, както и за последствията при възникване на повреда;
- когато се използват биоциди (дезинфектанти), целият персонал да е ясно информиран за начина на работа с тях;
- преди започване на каквато и да е процедура за изпитване на налягане се извършва проверка за наличието на подходящи предпазни средства и дали персоналот разполага с подходящо защитно облекло.

б) Във връзка с изграждането на тръбопроводи и всички свързани с тях дейности се взема предвид следното:

- постоянните опори или укрепвания са конструирани така, че да издържат на натиска на налягането при изпитване;

- бетонните опорни блокове се оставят да развият подходяща якост, преди да започне изпитването;
- тапи или други временни затапващи фасонни части да са подходящо закрепени, като натоварването се разпредели според якостта на опорната основа; спирателни кранове, пожарни хидранти, устройства за защита от хидравличен удар или предпазни клапани не се използват като глухи фланци;
- всякакви временни опори или укрепвания в краищата на участъка за изпитване не се отстраняват, докато налягането в участъка за изпитване не бъде понижено до атмосферното;
- след завършване на строителството и до засипването всички изкопи да останат подходящо охранявани; всяка дейност, която не е свързана с изпитванията на налягане, не се извършва в траншеите за водопровода по време на такива изпитвания;
- по време на прилагане на налягане траншеята и пространството около нея се защитават чрез осигуряване на безопасно разстояние; в защитената зона може да влиза само компетентен персонал, когато е необходимо да изпълнява определени задължения;
- преди извършване на изпитване на налягане се извършва проверка на оборудването за изпитване по отношение на това дали е калибрирано и дали е в добро работно състояние и правилно монтирано към изпитвания участък.

в) По време на изпитването се вземат предвид следните въпроси:

- въздухът от изпитвания участък се изпуска възможно най-пълно; пълненето се извършва бавно и при възможност от най-ниската точка на изпитвания участък по такъв начин, че да се предотврати обратно засмукване и така че въздухът да излиза през подходящо оразмерени устройства за обезвъздушаване;
- изпитваният участък се пълни бавно с вода, докато всички въздушници са отворени и изпитваният участък е подходящо вентилиран;
- водата, използвана за изпитване, се изпуска подходящо, без да наводнява или да оказва неблагоприятно въздействие на строителната площадка.

III.3. Подготовка на участъка за изпитване

III.3.1. Общи изисквания

Дължината на изпитваните участъци се определя при взимане предвид на следното:

- местни условия (например по отношение на достъпа);
- наличие на подходяща вода;
- брой на фасонни части и елементи (напр. кранове, хидранти и др.);
- разлика във височините между различните части на изпитвания участък;
- наличие на укрепени (ограничени в движенията) връзки.

Изпитваните участъци се избират така, че:

- MDP и $0,7 \times PFA$ не са превишени в никоя точка на изпитвания участък по време на пълнене;
- когато MDP или $0,7 \times PFA$ са превишени по време на пълнене, това се счита за част от натрупването на налягане по време на предварителното изпитване в рамките на ограниченията за време съгласно II.4.2 и за налягане съгласно II.4.3;
- когато MDP е превишено по време на пълнене, това показва, че MDP може да бъде превишено и по време на по-късната фаза на експлоатация на тръбопровода; в този случай проектът следва да бъде преразгледан (по-специално поставянето на регулатори на налягане);
- обичайната дължина на изпитвания участък да не надвишава 1500 m;
- налягането за изпитване на системата STP да може да бъде създадено за определеното време;
- налягането за изпитване на системата STP да се постига в най-ниската точка на всеки изпитван участък;
- в най-високата точка (по надморска височина) на всеки изпитван участък се постига налягане най-малко максималното оразмерително налягане (MDP) (виж фиг. 1 за пример на профила на налягането);
- необходимата вода за изпитването може да бъде осигурена и отстранена без затруднения;
- влиянието на промените в температурата е сведено до минимум, особено когато тръбата и връзките са изложени на метеорологични условия, които са причина за замръзване или прекомерно нагряване.

Преди изпитването всички замърсявания и чужди материали се отстраняват от изпитвания участък.

III.3.2. Укрепване (фиксиране) и затапване

Отделянето на участъците за изпитване се постига чрез използване на глухи фланци или еквивалентни начини за затапване.

Оценяват се хидравличните натоварвания, упражнявани върху краищата на изпитвания участък. Укрепванията се поставят, където е необходимо, така че да поемат натоварванията в напречно поставените на изкопа дървени греди или в шпунтовото укрепване.

Преди изпитването всички връзки за промяна на посоката и/или напречното сечение в изпитвания участък, като колена, тройници, конуси (редуктори) и глухи фланци, се затягат (или укрепват) подходящо с помощта на опорни блокове или заключващи се (самозакрепващи) връзки.

Вместо глухи фланци да не се използват други елементи като спирателни кранове, пожарни хидранти, устройства за защита от хидравличен удар или предпазни клапани. В случай че по практически причини като затварящи елементи се използват спирателни кранове, тяхното номинално налягане не трябва да бъде по-ниско от налягането за изпитване на системата STP. Когато се оценяват общите допустими течове за изпитвания участък, надлежно се вземат предвид допустима(ите) течове от този елемент.

III.3.3. Частично обратно засипване

Изпитваните участъци обикновено са частично обратно засипани, оставяйки тръбните връзки достъпни за проверка. Само ако може да възникне твърде голямо температурно отклонение, се предвижда обратно засипване на връзките или друго покриване.

Полага се достатъчно материал за обратно засипване, за да се предотврати преместване на изпитвания участък. В частност преди изпитването се засипват частите от изпитвания участък със заключени връзки, които получават своята стабилност от взаимодействието си с почвата.

III.3.4. Пълнене с вода и обезвъздушаване

Изпитваният участък е изцяло напълнен с вода и е обезвъздушен. Налягането се повишава до работното налягане ОР (да видят и ограниченията в III.3.1). Краищата на изпитвания участък са затапени, обикновено с глухи фланци, снабдени с въздушници.

Изпомпваната вода може да съдържа въздух, който след период време ще се отдели. Ако се вентилира, обемът, зает преди това от въздуха, може да бъде заменен с вода и по този начин налягането може да намалее. Кинетиката на разтваряне на въздух във вода е функция на много параметри и в частност на:

- началното ниво на насищане на изпомпваната вода;
- температурата на водата (количеството разтворен въздух намалява с повишаване на температурата);
- налягане на водата (количеството разтворен въздух намалява с намаляване на налягането);
- разположението на въздушните джобове;
- размерите на разделителната повърхност между въздух и вода.

Изпитваният участък се пълни бавно, с отворени въздушници, от най-ниската точка, така че да не се получи обратно засмукване и въздухът да може да излиза през въздушниците. Твърде бързото пълнене може да причини задържане на въздушни възглавници.

Пълната проверка на въздушника се извършва чрез проверка дали всеки автоматичен въздушник и всеки ръчен въздушник не изпуска повече въздух.

В случай на променлив наклон без вентилация във всички високи точки, може да се приложи прокаране на тапа, избутваща въздуха, особено когато дори по-високите скорости на пълнене не могат достатъчно да отстранят въздуха.

III.3.5. Намаляване на температурата и налягането

По време на целия период на изпитване изпитваният участък се защитава от повишаване на температурата, за да се избегне температурата на външната стена на тръбата да надвиши 20 °C. Това може да се оцени чрез проверка на външната температура, като се има предвид температурата на флуида (охлаждащ или загряващ ефект). Ще изисква време, за да се балансира температурата в стената на тръбата. Когато не могат да бъдат предотвратени температури над 20 °C, се прилага коефициент на понижаване в съответствие с таблица 3.

Таблица 3

Коефициент за понижаване на налягане при температури над 20 °C

температура	Коефициент за понижаване на налягане	
	материал	
T [°C]	PE	PVC-U, PVC-O
20	1,000	1,000
21	0,987	1,000
22	0,974	1,000
23	0,961	1,000
24	0,948	1,000
25	0,935	0,980
26	0,922	0,960

	Коефициент за понижаване на налягане	
температура	материал	
T [°C]	PE	PVC-U, PVC-O
27	0,909	0,940
28	0,896	0,896
29	0,883	0,896
30	0,870	0,870
31	0,857	0,857
32	0,844	0,844
33	0,831	0,831
34	0,818	0,818
35	0,805	0,805
36	0,792	0,792
37	0,779	0,779
38	0,766	0,766
39	0,753	0,753
40	0,740	0,740

Въз основа на коефициента на намаляване на налягането за:
PE 1,3 %/°C, между 20 °C и 40 °C,
PVC-U или PVC-O 2,0 %/°C, между 25 °C и 40 °C

III. 4. Процедури за изпитване под налягане

III. 4.1. Общи изисквания

Налягането за изпитване е налягането за изпитване на системата, изчислено за най-ниската точка на изпитвания участък. Ако е възможно, в най-ниската точка на изпитвания участък да се монтира калибрирано средство за измерване на налягане с подходящ обхват и точност.

Изпитването се извършва в три стъпки:

- предварително изпитване;
- изпитване на спад на налягане (по принцип няма условия за пропускане на изпитването за спад на налягане);
- основно изпитване под налягане.

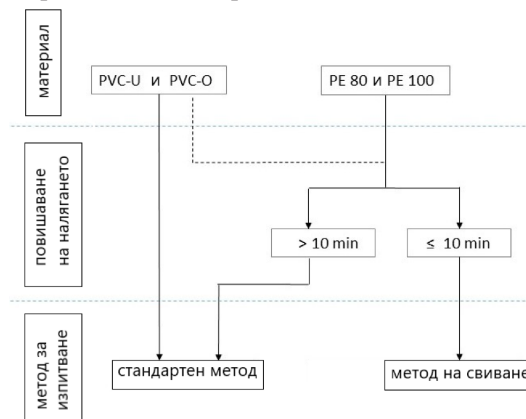
Следва се един от следните методи за изпитване.

- Методът на свиване е типичният метод за изпитване на PE и може алтернативно да се използва за PVC-U и PVC-O. Методът на свиване използва високоеластичното свойство на материала на тръбата и осигурява надеждни резултати за плътността за кратко време (III.5).

- Нормалният метод е типичният метод за изпитване за PVC-U и PVC-O и може алтернативно да се използва за PE (III.6).

III.4.2. Избор на метод за изпитване

Фигура 9 дава преглед на процеса на избор.



Фиг. 9. Избор на метод на изпитване

Прилагането на метода на свиване се основава на предположението, че STP може да бъде постигнато в рамките на 10 минути след превишаване на MDP в най-ниската точка на изпитвания участък.

III.4.3. Налягане за изпитване на вискоеластични тръби:

Налягането за изпитване на системата (STP) се изчислява въз основа на максималното проектно налягане (MDP) в съответствие с I.3.2:

$$STP = 1,5 \times MDP, \text{ или}$$

$$STP = MDP + 5 \text{ bar (отчита се по-малката от двете стойности).}$$

Поради поведението на вискоеластичните материали, които абсорбират енергия от хидравличните удари, за вискоеластични тръби, отговарящи на европейските продуктови стандарти (EN 12201, EN 17176, EN ISO 1452), не се предвижда добавяне на стойност на налягане от поява на хидравличен удар. Следователно може да се приеме, че MDP е идентично на DP.

За да започне ефектът на свиване на тръбата, трябва да се приложи минимално налягане на изпитване за метода на свиване, както следва: $0,7 \times PFA$ (т.е. $0,7 \times PN$). Примерите са показани в таблица 4.

Примерни изчисления за минимални налягания за изпитване са показани по-долу:

<ul style="list-style-type: none"> - Проектирана тръбна система PN 10 – MDP = 10 bar. - Налягане за изпитване на системата → $STP = 1,5 \times MDP = 15 \text{ bar.}$ - Монтирана тръба: PE 100/SDR 7,4/PN25. - За да започне свиване, минималното налягане за изпитване за тръба PE 100/SDR 7,4/PN25 (където $PFA = PN$) е $0,7 \times PFA = 17,5 \text{ bar.}$ - Налягането за изпитване на системата от 15 bar за тръбна система PN 10 е по-ниско от минималното налягане за изпитване от 17,5 bar. → Методът на свиване не е приложим 	<ul style="list-style-type: none"> - Проектирана тръбна система PN 16 – MDP = 16 bar. - Налягане за изпитване на системата → $STP = MDP + 5 = 21 \text{ bar.}$ - Монтирана тръба: PE 100/SDR 11/PN16. - За да започне свиване, минималното налягане за изпитване за тръба PE 100/SDR 11/PN16 (където $PFA = PN$) е $0,7 \times PFA = 11,2 \text{ bar.}$ - Налягането за изпитване на системата от 21 bar за тръбна система PN 16 е по-високо от минималното налягане за изпитване от 11,2 bar. → Методът на свиване е приложим
--	---

В таблица 4 са дадени STP стойности за MDP за типични PN и SDR.

Таблица 4

Стойности на STP въз основа на MDP

Максимално проектно налягане MDP	Налягане за изпитване на системата ^a STP при $\leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$		Класификация на тръбите по налягане PN	Стандартно съотношение на размерите SDR (d_n/e_n)		
	MDP	STP ^b		Минимално налягане за изпитване ^c	PE 100	PVC-O
[bar]	[bar]	[bar]				
0	0	4,2	PN6			
1	1,5					
2	3,0					
3	4,5					
4	6					
5	7,5					
6	(9) ^d			26	N/A	41
7	10,5	5,6	PN8			
8	(12) ^d					
9	(13,5) ^d					
10	(15) ^d	7	PN10			
11	16					
12	17					
13	18					
14	19	8,75	PN12,5			
15	20					
16	21					
		11,2	PN16			
				11	45,8	17

Максимално проектно налягане MDP	Налягане за изпитване на системата ^a STP при $\leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$		Класификация на тръбите по налягане PN	Стандартно съотношение на размерите SDR (d_n/e_n)		
MDP	STP ^b	Минимално налягане за изпитване ^c		SDR		
[bar]	[bar]	[bar]		PE 100	PVC-O	PVC-U
17	22	14	PN20			
18	23					
19	24					
20	25			9	37	13,6
21	26	17,5	PN25			
22	27					
23	28					
24	29					
25	30					
				7,4	29	11

^a Максималното налягане по време на изпитване се определя от най-ниско разположения елемент, който може да не е вискоеластична тръба.

^b STP се изчислява като по-ниска стойност от (MDP + 5 bar) или (MDP x 1,5).

^c Изчислено налягане за изпитване от най-малко 0,7 x PFA (където PFA = PN) позволява да се приложи метод на свиване (виж т. III.5), в противен случай се прилага стандартният метод (виж т. III.6).

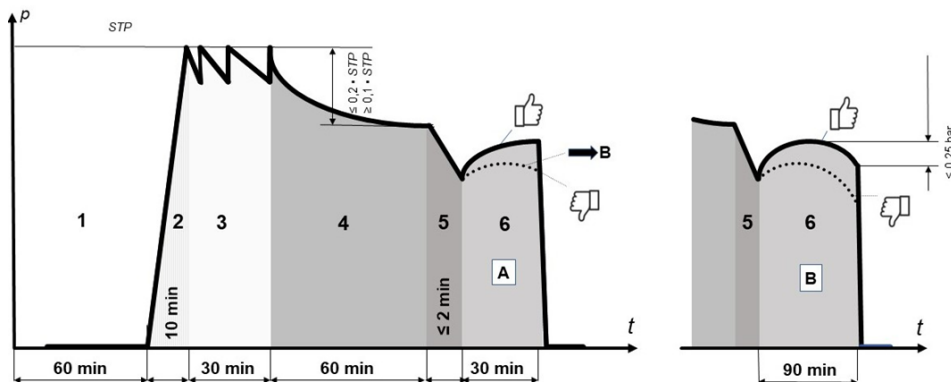
^d STP само за метода на свиване, когато производителят на тръбата потвърждава параметрите на изпитването. Като алтернатива може да се избере тръба с по-висок PN.

III.5. Процедура на изпитване, използваща метода на свиване

III.5.1. Общи изисквания

Фигура 10 показва кривата на налягането и продължителността на различните етапи на изпитване:

- предварително изпитване;
- изпитване на спад на налягане;
- основно изпитване на налягане.



Предварително изпитване (III, т. 5.2):

- 1 - подготовка;
- 2 - повишаване на налягане;
- 3 - фаза на поддържане на налягането;
- 4 - фаза на покой ($0,1\text{ STP} \leq \text{загуба на налягане} \leq 0,2\text{ STP}$).

Изпитване за спад на налягане (III, т. 5.3)

- 5 - спад на налягането (Δp в bar; стойностите са показани в таблицата).

Основно изпитване на налягане (III, т. 5.4):

- 6 - основно изпитване на налягане (сценарий А, ако е успешен след 30 минути; сценарий В в случай на съмнение след 30 минути, сценарий В продължава общо 90 минути).

Фиг. 10. Схема на изпитване под налягане при използване на метода на свиване

III.5.2. Предварително изпитване

Предварителното изпитване е предназначено за следното:

- термично стабилизиране на изпитвания участък така, че температурата в стената на тръбата да не се променя по време на основното изпитване на налягане;
- повишаване на налягането до STP;

– проверка за въздух в изпитвания участък.

Освен това предварителното изпитване се използва, за да позволи зависимото от налягането увеличение на обема на гъвкави тръби да се случи преди основното изпитване и доколкото е възможно така да се елиминират изкривявания в резултата от изпитването. Когато е необходимо, се извършва продухване, за да се отстрани излишният въздух. Ако има неприемливи промени в положението на която и да е част от изпитвания участък и/или течове, налягането в изпитвания участък се понижава до атмосферното и неизправностите се отстраняват.

III.5.2.1. Предварителното изпитване се извършва в следните четири стъпки (фиг. 10):

а) Подготовка (отпускане): след напълване се отваря кранът в най-високата точка за 1 час. През това време в тръбопровода не влиза въздух.

б) Създаване на налягане: кранът се затваря и налягането в най-високата точка се повишава поне до максималното проектно налягане (MDP), без да се превишава налягането за изпитване на системата (STP) в най-ниската точка. STP се достига в рамките на 10 минути. За достигане на STP за не повече от 10 минути максималният обем на тръбния участък обикновено е 30 m³. За по-големи обеми могат да се изберат по-големи помпи.

в) Поддържане на налягането: налягането STP се поддържа чрез непрекъснато помпане за период от 30 минути.

г) Покой за 1 час: спира се помпането и се измерват загубите на налягане в изпитвания участък. През това време изпитваният участък под налягане претърпява вискоеластична деформация.

III.5.2.2. По време на фазата на покой:

– загуба на налягане над 20 % е признак за теч (освен ако изпитваният участък не е бил изложен на недопустимо повишаване на температурата);

– загуба на налягане под 10 % е признак за твърде много въздух в изпитвания участък.

И в двата случая се повтаря предварителното изпитване, включващо едновременния период на отпускане, след като изпитваният участък се приведе към описаните по-горе условия на покой.

III.5.3. Изпитване на спад на налягане

Изпитването на спад на налягане е неразделна част от основното изпитване на налягане.

Изпитването за спад на налягане се използва за определяне дали оставащото съдържание на въздух в изпитвания участък е твърде високо. Твърде високото съдържание на въздух може да повлияе неблагоприятно на резултатите от изпитването.

Изпитването за спад на налягане се провежда непосредствено след успешното завършване на фазата на почивка от предварителното изпитване (без възстановяване на STP), както следва:

– Отстранява се обем вода ΔV , за да се постигне спад на налягане Δp в рамките на максимум 2 минути, и се измерва обемът ΔV . Таблица А.6 дава целеви стойности за Δp за различни видове PE и PVC материали. Сравняват се ΔV с допустимите загуби на вода ΔV_{max} , изчислени съгласно формула 3 или формула 4.

– Допустимите загуби на вода се изчисляват, като използва следната формула 3:

$$\Delta V_{max} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{E_R \cdot s} \right) \quad (3),$$

където:

ΔV_{max} са допустимите загуби на вода, в l;

V е обемът на изпитвания участък, в l;

Δp – действителният (измерен) спад на налягане, който може малко да се отклонява от целевата си стойност, както е посочено в таблица 5, в bar;

E_w – обемният модул на водата, в kPa;

ID – вътрешният диаметър на тръбата, в mm;

E_R – модулът на еластичност на стената на тръбата в периферна посока, в килопаскали;

f – 1,05 за термопластични тръбопроводи, коефициентът на компенсация за неизбежни въздушни включвания;

s – изчислената дебелина на стената на тръбата, като се има предвид средна стойност плюс толеранс, в mm; където $s = s_n + (0,1 \times s_n + 0,2) \times 0,5$;

L – дължината на изпитвания участък, в m.

или

$$\Delta V_{max} = V_c \cdot L, \quad (4),$$

където:

ΔV_{max} са допустимите загуби на вода, в l;

L – дължината на изпитвания участък, в m;

V_c – изчисленият воден обем, дължащ се на разширение на пластмасовата тръба съгласно таблица 6. За други размери на тръбата V_{max} се изчислява с помощта на формула 3.

Вентилирането на изпитвания участък е достатъчно, когато:

6. Вземане на водни проби

Пробите за микробиологични анализи трябва да са представителни за съответния елемент на водоснабдителната система.

В случай на тръбопроводи, след като промиването след дезинфекция е завършено, пробите трябва да се вземат, както следва:

- в края на тръбния участък;
- в случай на разклоняване на тръбопровода – в краищата на разклонените водопроводни участъци;
- в случай на дълъг водопровод – в края и през определено разстояние на участъка.

В случай на резервоари за питейна вода е препоръчително пробите да се вземат от дълбочина около 1 m.

При вземане на проби се определя концентрацията на биоцида (дезинфектанта), която не трябва да надвишава нормативно определената за съответния елемент на водоснабдителната система.

7. Микробиологично изследване

Местата и интервалите от време, през които трябва да се вземат проби, се определят в проекта.

Взетите проби се изследват с оглед изискванията за микробиологична сигурност.

Ако резултатите от микробиологичните анализи на пробите отговарят на изискванията на Наредба № 9 от 2001 г. за качеството на водата, предназначена за питейно-битови цели, дезинфекцията се счита за успешна.

Ако резултатите от анализа не отговарят на изискванията на Наредба № 9 от 2001 г., трябва да се извърши нова дезинфекция и/или промиване, докато се постигне микробиологичната безопасност.

Когато резултатите от микробиологичните анализи отговарят на изискванията за качество на водата, участъкът от тръбопровода или съоръжението се свързва своевременно към водоснабдителната система за предотвратяване на вторичното му замърсяване.

8. Изпускане на продуктите от промиването и дезинфекцията

След завършване на дезинфекцията продуктите от промиването и дезинфекцията трябва се изпускат, без да нанася вреди на околната среда. В случай на необходимост трябва да се използва неутрализиращ реагент (вж. БДС EN 805).

8.1. Заустване на отработената вода от промиването и дезинфекцията

Възможните начини за заустване на вода, съдържаща продукти от процеса на промиване или дезинфекция, са, както следва:

- заустване в селищната канализационна мрежа;
- директно заустване във водоприемник;
- инфилтрация в почвата.

Заустване в селищната канализационна мрежа е допустимо при спазване на изискванията на Наредба № 7 от 2000 г. за условията и реда за заустване на производствени отпадъчни води в канализационните системи на населените места и разрешение от ВиК оператора.

Изпускането на вода, съдържаща продукти на промиването и дезинфекцията в повърхностни и подземни водни тела, чрез инфилтрация, може да се извърши в съответствие с разпоредбите на ЗВ.

8.2. Неутрализация на продуктите от промиването и дезинфекцията

В случаите, когато не може да се допусне директно заустване съгласно т. 8.1, е необходимо използването на химическа неутрализация на отпадъчните продукти от промиването и дезинфекцията за превръщането им в безопасни за околната среда продукти. Препоръчаните неутрализиращи реагенти са дадени в БДС EN 805.

За хлор съдържащи биоциди (дезинфектанти) се препоръчва използването на 10 % разтвор на натриев тиосулфат. За практическо приложение е необходимо добавяне приблизително 3,5 g технически ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) или 2,2 g безводен натриев тиосулфат ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) на грам хлор. Натриевият тиосулфат е безвреден за водните организми. Трябва обаче да се вземе предвид потреблението на кислород във водата, причинено от излишък от натриев тиосулфат.

Натриевият тиосулфат може да се използва и за обезвреждане на излишния калиев перманганат и водороден перексид. Необходимо е да се следи за неговото пълно смесване с водата, съдържаща отпадъчни от дезинфекцията продукти.

В проекта може да бъдат посочени и други начини за неутрализация на продуктите от дезинфекцията.

Дехлорирането може да се извърши и в специални камери за реакция, като резервоари, строителни ями, шахти и др., където да се осигури необходимият времепрестой за достигане до допустими за заустване концентрации на отработения дезинфекционен разтвор.

Водородният перексид също е подходящ за дехлориране и процедурата е същата. Приблизително 1 g H_2O_2 е необходимо за намаляване на 1 g хлор. Използва се 5 до 10 % разтвор, който бързо се разгражда в приемащата вода.

Обезвреждането на хлора може да се извърши и с активен въглен. В този случай се препоръчват преносими филтри с пълнежи от активен въглен между 1 и 2 m³. За отстраняване на задържаните продукти е необходимо филтрите обратно да се промият.

9. Документиране на процеса на дезинфекция и промиване

Данните от провеждането на дезинфекцията и резултатите от изследването се документират и се прилагат към строителните книжа. За проведените промивки и дезинфекции на водопроводите се съставят констативни актове. За резултатите от микробиологичните анализи на водата се прилагат протоколи.