

ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCES**ТЕХНИЧЕСКАТА ДИАГНОСТИКА - ЕЛЕМЕНТ ОТ СИСТЕМАТА ЗА
УПРАВЛЕНИЕ НА ИНДУСТРИАЛНАТА БЕЗОПАСНОСТ НА
СТОМАНЕНИТЕ ГАЗОПРОВОДИ**

Доц. д-р инж. Иван Лазаров, Стилиан Радков
Тракийски университет – Стара Загора, ФТТ- Ямбол

**TECHNICAL DIAGNOSTICS - ELEMENT OF MANAGEMENT SYSTEM
OF INDUSTRIAL SAFETY OF STEEL GAS PIPING**

Ass.prof. Eng. Ivan Lazarov, Ph.D.; Stilian Radkov
Trakia University - Stara Zagora, Faculty of Technics and Technologies - Yambol

Abstract: In background material describes the purpose and sequence of activities in technical diagnostics of steel steel gas piping as a condition for ensuring industrial safety.

Keywords: technical diagnostics, industrial safety, steel gas piping

Нарастващото значение на сложните и скъпи технически системи за транспортиране, преработване, съхранение и потребление на природен газ, както и изискванията по тяхната безопасност, безотказност и дълготрайност, определят особената роля на оценката на състоянието на системата, както и на нейната надеждност.

Нивото на безопасност в работната среда се определя от множество фактори, като: свойствата на преработваните вещества, режимите и условията на експлоатация на оборудването и неговото техническо състояние. В този аспект, техническата диагностика е един от основните елементи от системата за управление на индустриалната безопасност в предприятията.

Общите изисквания по безопасността на индустриалните обекти са нормативно определени от множество закони и подзаконови документи, които вменяват задължения на фирмите, експлоатиращи опасни производствени обекти (в т.ч. и в областта на газоснабдяването и газоразпределението), да провеждат диагностика и изпитване на техническите устройства, оборудване и съоръжения в установени срокове и по установен ред.

Техническата диагностика на машините и съоръженията служи за разпознаване на състоянието на техническата система, включваща множество проблеми относно получаването и оценката на диагностичната информация. Тя има за цел определянето на възможностите и условията за по-нататъшна експлоатация на диагностираното оборудване, и в крайна сметка, повишаване на екологичната и индустриалната безопасност.

Основните задачи на техническата диагностика са:

- Откриване на дефектите и несъответствията, установяване на причините за тяхната поява и, на тази основа, определяне на техническото състояние на оборудването;

- Прогнозиране на техническото състояние и остатъчен ресурс (определяне със зададена вероятност на интервала от време, през което се запазва работоспособното състояние на оборудването).

Основният проблем на техническата диагностика, особено за сложните технически системи и оборудване, е *разпознаването на състоянието на техническата система в условията на ограничена информация*. Чрез решаването на този проблем може да се постигне значителен икономически ефект и да се повиши нивото на индустриалната безопасност в рисков производствени обекти.

Посредством ранното откриване на дефектите в техническата диагностика е възможно предотвратяването на внезапни откази на оборудването, тоест се повишава надеждността, ефективността и безопасността на индустриалните производства и се осигурява възможност за експлоатация на сложни технически системи по фактическо техническо състояние.

1. Основни причини за нарушаване на работоспособността на газопроводите

Газопроводите (промишлени и магистрални) представляват система от последователно съединени елементи: тръби, тръбни детайли, спирателно-регулираща арматура, помпено-компресорни станции (ПКС) и др. Изискванията към тяхното проектиране, изпълнение, монтаж и експлоатация, както и периодичността, обема на тяхното освидетелстване и техническото им диагностиране, се съдържат в различни отраслови и ведомствени нормативни документи.

Основните причини за нарушаването на работоспособността на линейната част на тръбопроводите може да бъдат:

- **Технологични** (нарушаване на технологията на производство) – поява на хидратни и газови тапи (задръствания), замърсяване на тръбопроводите и др.; откриват се чрез методите на функционалната (оперативната) диагностика и се отстраняват от оперативния обслужващ персонал;

- **Експлоатационни** - натрупване на дефекти по елементите им, възникващи в процеса на експлоатация на газопроводите - корозия на метала, ерозионно износване на стените, пукнатини в заваръчните шевове и основния метал, нарушаване на защитните свойства на изолационните покрития, изменение на пространственото положение на елементите на тръбопровода; основни фактори, влияещи върху появата и развитието им са: климатичните характеристики на района, свойствата на почвата в зоната на полагане, наличието на участъци с високо ниво на подпочвените води и др.

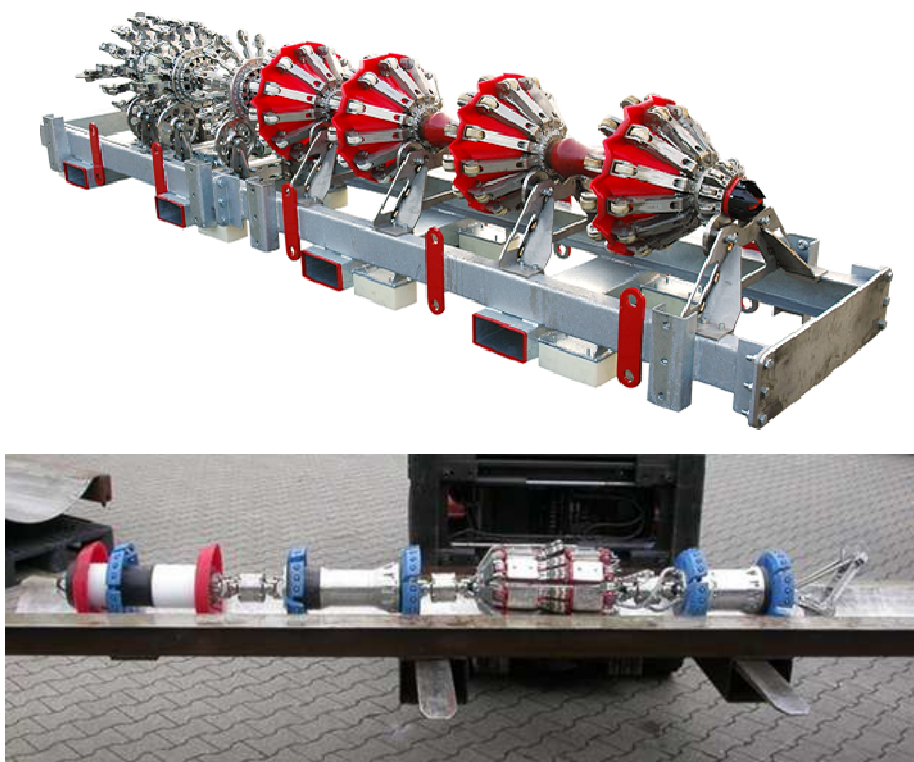


Фиг. 1. Корозионни поражения по тръба от газопровода

2. Предпоставки за вътретръбна диагностика на магистрален тръбопровод

На всеки газопровод, на базата на резултатите от анализа на техническата документация, се разработва индивидуална програма за диагностиране. За магистралните газопроводи с голяма дължина е най-технологично провеждането на диагностика чрез вътретръбни инспекционни прибори (ВИП).

Използват се следните основни типове ВИП: очистни лопатки, магнитни лопатки, профиломери и шаблони-профиломери, вътретръбни инспекционни прибори-дефектоскопи и др.



Фиг. 2. Оборудване за вътретръбна диагностика на магистрални газопроводи

За извършване на вътретръбна диагностика магистралния тръбопровод трябва да отговаря на следните изисквания: всичките съединителни елементи и

спирателната арматура на участъка на тръбопровода трябва да бъдат равнопроходни с тръбопроводите.

В състава на диагностичния комплекс трябва да влиза комплект наземно оборудване, позволяващо да се проведе техническо обслужване, калибровка, тестване, транспортиране, съхранение и приемане, а също и съпровождане по трасето и откриване на местоположението на ВИП в тръбопровода. Всеки участък на диагностирания магистрален тръбопровод трябва да е оборудван с камери за пускане, приемане и почистване на ВИП.

Неотделим елемент на съвременните магистрални газопроводи са камерите за приемане -пускане на ВИП. Процесите за приемане и запускане на ВИП в тръбопровода се извършват в строго зададена последователност.



Фиг. 3. Приемна камера за запускане на вътретръбни инспекционни прибори

Най-сложни за техническо диагностиране са подземните газопроводи.

Изискванията към техническото състояние на газопроводите са заложили в много нормативни документи. Предвидено е, че оценката на техническото състояние се извършва чрез оперативна диагностика с периодичност не по-рядко от веднъж на три месеца, а приборното техническо обследване - не по-рядко от веднъж на пет години.

Оперативната диагностика се изпълнява посредством обхождане от обслужващия персонал на трасето на газопровода, при което се откриват течове на газ, издигане на повърхността или нарушаване на подземните участъци от газопровода, издуване, пропадане, свлачища, обрушване и ерозия на почвата, размиване на газопровода от придошли или дъждовни води и др.

Фиксират се визуално откритите дефекти на видимите участъци (премествания на газопроводите извън границите на опорите, наличието на вибрации, сплесквания, недопустимо огъване на газопровода, пропадане, огъване и повреждане на опорите), проверява се състоянието на отключващите устройства и изолиращите фланцови съединения, средствата за защита от падане на електропроводите, закрепването и оцветяването на газопровода, запазването на устройствата за електрохимична защита.

Обходите се извършват не по-рядко от веднъж на три месеца.



Фиг. 4. Обход от обслужващия персонал при диагностиране на тръбопровод с комплекс за магнитометрична диагностика

При обхода на подземните участъци течовете на газ по трасето на газопровода се определят по външни признаци и чрез прибори - вземане и анализ на проби за присъствие на газ в кладенците и камерите на инженерните подземни съоръжения (комуникации), контролните тръби, сутерените на сградите, шахтите, колекторите, подземните проходи, разположени на разстояние до 15 m от двете страни от газопровода.

Приборното техническо диагностиране се провежда с цел количествена оценка на определящите параметри на газопроводите и установяването на остатъчния им ресурс. Най-големите сложности възникват при диагностиране на подземните участъци, което е свързано с трудностите по достъпа до тях и по-интензивното натрупване на повреди, предизвикани от агресивното въздействие на почвата.



Фиг. 5. Установяване на дефектоскопа за безразрушителен контрол на заваръчно съединение на тръбопровод

Диагностирането на подземните стоманени тръбопроводи, изпълнени от ниско въглеродни стомани, се извършва според нормативните изисквания. В тях се

установяват изискванията по провеждане на диагностирането на газопроводите за транспортиране на природен газ с налягане до 1,2 МРа и съгъстен въглеродороден газ с налягане до 1,6 МРа.

3. Видове техническо диагностиране на газопроводите

В зависимост от срока на служба на газопровода, условията на неговата експлоатация и техническото състояние са предвидени следните видове диагностиране: *планово* и *извънредно*.

Плановото диагностиране се извършва при достигане на нормативния или до изтичане на продължения според резултатите от предходното диагностиране срок на служба на газопровода.

Извънредното диагностиране се извършва в следните случаи:

- Преминаване на газопровода на по-високо налягане с потвърждаване чрез пресмятане на възможностите за такова преминаване;
- аварии, не свързани с механични повреди на газопровода при провеждане на земни работи;
- въздействия на неблагоприятни външни фактори, които водят до деформации на основата, извеждащи газопровода извън границите на нормативния радиус на еластично огъване (ако $R < 500D$, където D - външния диаметър на газопровода);
- след земетресение със сила над 6 бала.

Плановото и извънредното диагностиране се провеждат в два етапа - без откриване на почвата (безтраншейно) и траншейно (изкопно).

Анализът на резултатите от диагностирането, провеждано на газоразпределителната мрежа, се извършва от комисия с оформяне на актове. Анализът на резултатите от диагностирането, провеждано от експертната организация, имаща съответния лиценз, се извършва в определена последователност.

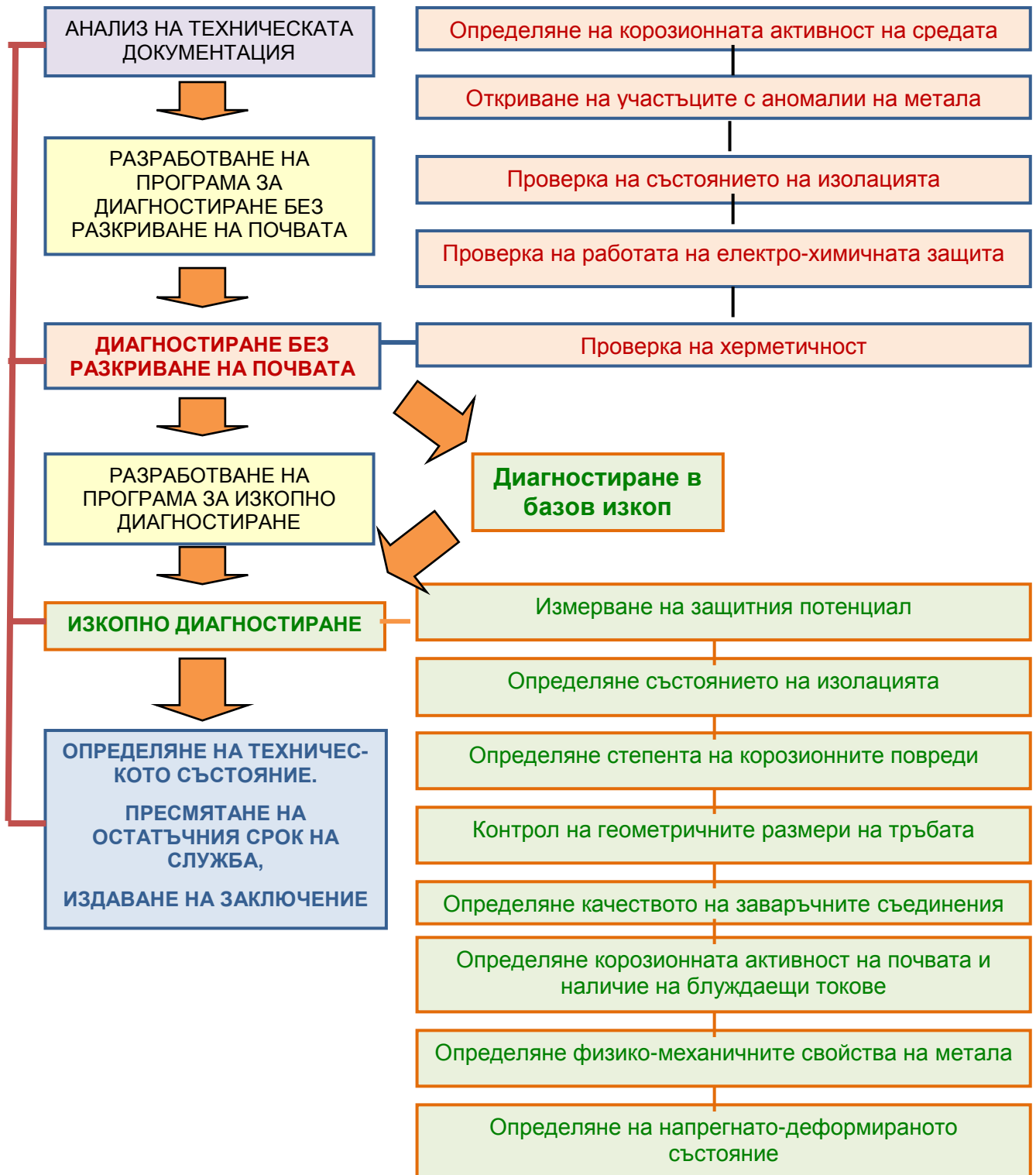
Плановото диагностиране на газопровода се извършва в следната последователност (Фиг. 6):

- анализ на техническата документация (проектна, строителна и експлоатационна);
- разработка на програми за диагностиране на газопровода без откриване на почвата;
- диагностиране без откриване на почвата;
- диагностиране в базов изкоп;
- разработка на програми за изкопно диагностиране (при необходимост);
- диагностиране по програма изкопно диагностиране;
- определяне на техническото състояние;
- пресмятане на остатъчния срок на служба, издаване на заключение.

Получаването на информация за динамиката на изменение на свойствата на метала и изолационното покритие по трасето на подземните газопроводи, необходима за оценка на остатъчния ресурс, е възможно само при наличието на изкопи, което значително повишава трудността на диагностирането. Затова на

първи етап от техническото диагностиране се стремим да получим максимална информация без разкриване на почвата.

Програмата за диагностиране откриване на почвата се съставя по резултатите от анализа на документацията и включва следните раздели:



Фиг. 6. Схема на планово диагностиране на подземни газопроводи

3.1. Диагностиране без откриване на почвата

Програмата за диагностиране без откриване на почвата се съставя по резултатите от анализа на документацията и включва следните раздели:

- избор на технически средства за диагностиране по списък;
- проверка за херметичност;
- проверка на ефективността на работа на електрохимичната защита;
- проверка на състоянието на изолацията, в т.ч. наличието на проходни повреди на изолацията;
- откриване на участъците от газопровода с аномалии на метала на тръбите (при наличие на индикатор на дефектите и напреженията (ИДН) или други прибори (технически устройства), разрешени за прилагане по установен ред, позволяващи дистанционно да се открият местата на корозионните или другите повреди на тръбите, както и участъците с повишени напрежения на газопровода);
- определяне на корозионната агресивност на почвата и наличието на блуждаещи токове на участъците с най-неблагоприятни условия по този показател, установени при предходни проверки.

По получените резултати от диагностирането без изкоп се съставя акт и се извършва изкопно диагностиране на газопровода в базов изкоп. При необходимост се разработва програма за залагане на допълнителни изкопи (програма за изкопно диагностиране).

3.2. Изкопно (траншейно) диагностиране

За получаване на информации за динамиката на изменение на характеристиките за свойствата на метала и изолационното покритие, използвани за пресмятане на остатъчния срок на служба на газопровода, е необходимо да се предвидят за строящите се газопроводи в местата с най-тежки условия на експлоатация устройство на базови изкопи в стадия на строителството, за действащите газопроводи - в процеса на диагностиране.

Конкретните места на базовите изкопи и техният брой следва да се определят:

- за ново оборудваните подземни газопроводи - в съответствие със строителните норми и правила;
- за действащите газопроводи при провеждане на плановото или извънредното диагностиране и липса на базов изкоп - в изкопа или в един от изкопите, открит (открити) при техническото обследване, в което по резултатите от диагностирането на газопровода е установен минималния срок на служба (при няколко изкопа) в количество на единия базов изкоп на участъка от газопровода от една партида тръби, независимо от дължината на участъка и предназначението.

За въвеждане на газопроводи с дължина до 200 m не е необходимо предвиждането на базови изкопи.

Ако на действащия участък от газопровода липсва базов изкоп, а по резултатите от безизкопното обследване на техническото му състояние не се

изисква откриване на земята (изкопно диагностиране), разполагането на базов изкоп трябва да се предвиди на един от най-неблагоприятните участъци по условията на експлоатация и въздействие на външните фактори, в т.ч.:

- при наличие на почва с висока агресивност, блуждаещи токове и анодни зони;
- в местата на пресичане с инженерни комуникации на канални подложки;
- в местата на завиване на газопроводите и изхода им от земята;
- при наличие на откази, отбелязани при предшестващи проверки, обследвания и аварии.

В базовите изкопи от строителната организация трябва да бъдат определени фактическите начални характеристики на газопровода:

- за метала на тръбите - временното съпротивление, границата на провлачване и при дебелина на стените 5 mm и повече – ударната якост, получени по данните от сертификатите на заводите-производители или при липсата на такива- по резултатите от лабораторните изпитвания;
- за изолационното покритие - по преходното съпротивление и параметрите, характеризиращи адхезията.

Указаните характеристики трябва да бъдат фиксирани в строителния, както и в техническия експлоатационен паспорт на газопровода. Препоръчително е да се съвместяват диагностирането с техническото (приборното) обследване на газопроводите.

При диагностирането могат да бъдат използвани данните от техническото обследване на газопровода, срока на провеждане на което да не превишава една година.

Ако на действащия газопровод липсва базов изкоп, мястото на базовия изкоп се избира в едно от местата на откриване на най-значителните аномалии на метала или на проходно повреждане на изолацията и еднозначно в случай на тяхното съвпадение (като критерий, потвърждаващ наличие на места с аномалии на метала, като индикатор на дефектите и напреженията се явяват параметрите на магнитното поле повече от 20 % в сравнение с фоновите стойности).

В случай, че по диагностирания участък на газопровода не са открити аномалии, то мястото на базовия изкоп се избира по резултатите от анализа на техническата документация с отчитане на нормативните изисквания.

Основните критерии за необходимостта от разработка на програма за изкопно диагностиране са:

- изтичането на газ,
- съвпадането на показанията на приборите при проверка на състоянието на изолацията с показанията на приборите за определяне на аномалии на метала,
- резултатите от анализа на техническата документация и съвпадането на повредите на изолационното покритие с местата с висока агресивност на почвата,
- наличието на блуждаещи токове.

При липса на прибор за откриване на аномалии в метала на тръбите и указаните по-горе отклонения, в т.ч. и отказите в периода на експлоатация, мястото на изкопите и броят им трябва да се предвидят в съответствие с нормативните изисквания, както и при приборното техническо обследване на действащ подземен газопровод. Срокът на служба в този случай се приема по резултатите от обследването в изкопа, в който е установен минимален срок на служба на тръбопровода.

Програмата за изкопно диагностиране включва:

- измерване на поляризационния и (или) сумарния потенциал;
- определяне на външния вид, дебелината и свойствата на изолационното покритие (преходно съпротивление, адхезия);
- определяне на състоянието на повърхността на метала на тръбите (корозионните повреди, вдлъбнатини, резки и др.);
- контрол на геометричните размери на тръбите (външен диаметър, дебелина на стената) при наличие на корозионни повреди;
- определяне на вида и размерите на дефектите в заваръчните шевове (монтажни и заводски), ако те попадат в зоната на изкопа, и при оглед са открити отклонения от нормативните изисквания;
- определяне на корозионната агресивност на почвата и наличие на блуждаещи токове;
- определяне на фактическите стойности на временното съпротивление ($s_{вф}$), границата на пълзене ($s_{тф}$), при дебелина на стената 5 mm и повече - ударната якост* КСУ ($a_{нф}$) на метала, параметрите на напрегнато-деформираното състояние в пръстеновидно направление.

Механичните и якостните свойства на метала и напрегнато-деформираното състояние на тръбите, трябва да се определят и отчитат при определяне срока на служба за газопроводи с налягане над 0,6 МРа.

Изводи:

По получените резултатите от изкопното диагностиране на газопроводите:

- се съставя акт /по определена форма/ и при необходимост се извършва ремонт;
- по критериите за граничното състояние се извършва пресмятане на остатъчния срок на служба на газопровода.

Използвана литература:

- [1] Антонов, И. и др. (1991) Система за поддържане на машините и съоръженията в исправност. С., ННТД "Поддържане на машини и съоръжения".
- [2] Инструкция по внутритрубной инспекции трубопроводных систем РД-51-2-97.
- [3] Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов РД 12-411-01.
- [4] Киров, Д. (2012) Топлинно стопанство. С., ДИ "Техника".
- [5] Николов, Г. (2007) Разпределение и използване на природен газ. С., "Юкономикс".

- [6] *Стамов, С. Д. и др.* (1990) Справочник по отопление, вентилация и климатизация. Част I: Основи на отоплението и вентилацията. С., "Техника".
- [7] *Стамов, С. Д. и др.* (2001) Справочник по отопление, вентилация и климатизация. Част II: Отопление, топло- и газоснабдяване. С., "Техника".
- [8] *Стамов, С. Д. и др.* (1993) Справочник по отопление, вентилация и климатизация. Част III: Вентилация и климатизация. С., "Техника".

