

Розроблено метод реконструкції теплогазових мереж протягуванням поліетиленового трубопроводу в дефектний сталевий поришем. Для цього розроблений тяговий поришень та багатосекційну ущільнювальну систему, яку кріплять до торця дефектного сталевого трубопроводу. Кількість секцій ущільнювальної системи залежить від тиску в міжтрубному просторі. Повітря закачують компресором в протяганий поліетиленовий трубопровід. З поліетиленового трубопроводу повітря через отвори, виконані в оголовку, поступає в запоришевий і міжтрубний простір. Оскільки ущільнювальна система не випускає повітря з міжтрубного простору то тиск за поришем зростає і він починає рухатись зтягуючи за собою новий поліетиленовий трубопровід в дефектний сталевий.

Виконано моделювання основних технологічних процесів безтраншейної реконструкції теплогазових мереж розробленим методом. Розроблено методику підбору компресора для виконання робіт. За розробленою методикою розраховується тиск в запоришевому просторі, при якому поришень з прикріпленим до нього поліетиленовим трубопроводом буде рухатись. Побудовано графічні залежності необхідного тиску в запоришевому просторі від довжини ділянки, яка буде реконструюватись.

*Ukrainian heat and gas network obsolete and demolition of more than 75%. For every 100 km of steel pipes per year average of 55 accidents occur, and every year the condition worsens. Also in Ukraine is practically not developed nor implemented trenchless repair technology heat and gas networks of cities and towns. These and a number of other reasons cause need for special development and implementation of large-scale reconstruction of trenchless technologies heat, gas networks Ukraine.*

*Classified and analyzed existing in the world methods of reconstruction heat, gas networks. Highlighted features, features a range of technical features, advantages and disadvantages of each. It was established that the most widespread today in the world there are methods liners ("pipe in pipe", "U-liner", "Swigeling" drawing the polymer tube with the destruction of the defective pipeline "Primus Line", "stocking"). The following factors to be considered while deciding on reconstruction heat and gas networks liners – pulling in new polyethylene pipe steel defective. The analysis of existing in the world of traction means for pulling the new pipeline defective and found that reconstruction heat and gas networks available today traction means requires time and significant human and financial costs.*

*The method of reconstruction heat and gas networks pulling polyethylene pipeline defective steel pig. To this end, developed and multisection traction pig sealing system that attaches to the side of the defective steel pipe. Number of sections of the sealing system depends on the pressure in the annulus. Air is pumped into the compressor plastic pipe. Polyethylene pipe air through holes made in the headroom, by pig and enters the shell side. Since the sealing system does not release air from the annulus the pressure on the pig increases and it begins to move delaying a new plastic pipe to defective steel.*

*Modeling of core processes trenchless rehabilitation heat and gas networks developed method. The method for selecting a compressor performance. For developed technique calculated pressure by pig space in which a pig with attached plastic pipe will move. Built graphics depending by pig required pressure in the space the length of the section to be reconstructed.*

УДК 621.791+620.19:539.42

## **ЧИСЕЛЬНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОЧНОГО ТА ГРАНИЧНОГО СТАНІВ ТРУБОПРОВІДІВ ІЗ ВИЯВЛЕНИМИ ДЕФЕКТАМИ КОРОЗИЙНОГО СТОНШЕННЯ СТІНКИ НА ОСНОВІ КРИТЕРІЇВ В'ЯЗКОГО РУЙНУВАННЯ**

**О.С. Міленін**

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

03680, м. Київ-150, вул. К. Малевича, 11, тел. (044) 205-24-31, e-mail: [asmilenin@ukr.net](mailto:asmilenin@ukr.net)

*Наведено основні положення фізичної та математичної моделей сумісного розвитку напружено-деформованого стану та пор в'язкого руйнування зварних трубопровідних елементів і*

посудин тиску з виявленими тривимірними несучільностями металу (локальними корозійними втратами металу, макропорами), у тому числі, в області зварних монтажних швів для визначення характерних особливостей граничного стану дефектних конструкцій. Аналіз напружено-деформованого стану зварної конструкції проводився на основі скінченно-елементного розв'язання задачі нестационарної термопластичності шляхом простежування пружно-пластичних деформацій з моменту початку зварювання до повного охолодження конструкції і подальшого навантаження до граничного стану. В основу континуальної дилатаційної моделі руйнування покладено поетапне прогнозування мікро- та макропошкодження матеріалу конструкції як при зварюванні, так і при навантаженні внутрішнім тиском і зовнішнім силовим моментом згину до граничного стану на базі теорії Гурсона-Твергаарда-Нідлмана. Запропоновано критерії макроруйнування конструкції за крихко-в'язким механізмом.

Розроблено методи ймовірнісної оцінки напруженого стану трубопровідної конструкції з позиції схильності до руйнування, що засновані на інтегруванні розрахункового поля головних напружень в рамках статистики Вейбула. Для коректної кількісної оцінки стану відповідальних конструкцій на основі комплексного аналізу граничного стану сталевих трубопроводів під внутрішнім тиском отримано функціональні залежності коефіцієнтів Вейбула від властивостей металу, а саме від границі текучості та ступеню деформаційного зміцнення.

На прикладі типових випадків експлуатаційної пошкодженості елементів магістрального трубопроводу типу локальних поверхневих втрат металу в області монтажного зварного шва досліджено специфіку граничного стану в умовах навантаження внутрішнім тиском і зовнішнім моментом згину. Показано, що характер взаємодії залишкового післязварювального напруженого стану металу з експлуатаційними напруженнями від геометричного концентратора має суттєвий вплив на величину граничного внутрішнього тиску в трубі. Крім того, визначено характер впливу додаткового моменту згину на несучу здатність ділянки трубопроводу з ізольованим дефектом локального корозійного стоншення стінки. На основі результатів інтегрального аналізу стану дефектної ділянки трубопроводу досліджено зміну ймовірності руйнування конструкції від дії внутрішнього тиску та моменту згину при різних геометричних розмірах дефекту стоншення.

Ключові слова: математичне моделювання, в'язке руйнування, зварний трубопровід, тривимірний дефект несучільності, граничний стан, напружено-деформований стан, ймовірність руйнування.

*The main assumptions have been given for the physical and mathematical models of combined development of the stress-strain state and voids of ductile fracture in welded pipeline elements and pressure vessels with the detected 3D metal discontinuities (local corrosion metal losses, macropores), including the ones located in the area of site welds for determination of the characteristic features of defective structures' limiting state. Analysis of stress-strain state of the welded pipeline section has been carried out based on finite element solution of the problem of non-stationary thermoplasticity by tracing of elastic-plastic deformations from the beginning of welding to the complete cooling of the structure and subsequent loading to the limiting state. The continuum dilatation model of fracture is based on a stepwise prediction of micro- and macro-damage of material both in welding and under loading with internal pressure and external force bending moment to the limiting state on the basis of the Gurson-Tvergaard-Needleman theory. The criteria for macroscopic fracture of structure on a brittle-ductile mechanism have been proposed.*

*Methods for probabilistic estimation of stressed state of the pipeline structure from the point of view of fracture susceptibility, which are based on the integration of the calculated field of principal stresses within the framework of Weibull statistics, have been developed. Functional dependences of Weibull coefficients on the properties of the metal, namely yield stress and degree of strain hardening, were obtained for correct quantitative assessment of the state of critical structures based on a complex analysis of the limiting state of steel pipelines under internal pressure.*

*Specific features of the limiting state under loading with internal pressure and bending moment have been investigated based on an example of typical cases of operation damage of main pipeline elements such as local metal losses in the area of site weld. It was shown that nature of interaction of residual post-weld stress state of metal with operation stresses from the geometry concentrator significantly affects the value of limiting pressure in the pipe. Besides, effect of the additional bending moment on load-bearing capacity of the pipeline section with isolated defect of local corrosion wall thinning has been determined. Change of fracture probability of the structure as a result of internal pressure and bending moment loading at various*

*geometry dimensions of thinning defect has been investigated based on the results of integral analysis of state of pipeline defective section.*

*Key words: mathematical modeling, ductile fracture, welded pipeline, 3D discontinuity flaws, limiting state, state of stresses and strains, probability of fracture.*

УДК 622.692.4

## **ВПЛИВ ПЕРІОДИЧНИХ СКИДАНЬ НАФТИ НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ**

**Й. В. Якимів**

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 72-71-39,

e-mail: [tzng@nung.edu.ua](mailto:tzng@nung.edu.ua)

*Досліджено вплив величини періодичних скидань частини нафти на пропускну здатність магістральних нафтопроводів. Виявлено, що із збільшенням величини скидань зростає продуктивність на ділянці нафтопроводу до пункту скидання і змінюється режим роботи всього нафтопроводу.*

*Нафтоперекачувальні станції більшості вітчизняних нафтопроводів оснащені різнотипними насосами, напірні та енергетичні характеристики яких суттєво відрізняються, лінійна частина характеризується складною гідравлічною структурою і певною кількістю перегонів, які відрізняються гідравлічним опором. Розроблено алгоритм визначення пропускну здатності таких магістральних нафтопроводів за різних значень витрати скидання і будь-яких комбінацій включення насосів на станціях.*

*Встановлено, що за рахунок збільшення величини скидання може змінюватись лімітуюча ділянка, яка обмежує пропускну здатність всього магістрального нафтопроводу.*

*Розроблено рекомендації щодо вибору енергоефективних режимів роботи нафтопроводів за різних значень величини скидання. За критерій енергоефективності прийнято мінімум питомих витрат електроенергії на перекачування нафти.*

*The effect of periodic oil discharges value on the flow capacity of oil pipelines was studied. It was revealed that with the increase of discharge value the flow rate increases in the section of oil pipeline up to the point of discharging and the mode of the entire pipeline changes as well.*

*Most oil pumping stations at domestic oil pipelines are equipped with various oil pumps, which have substantially different pressure and power characteristics; linear part is characterized by a complex hydraulic structure and a certain number of segments differing in hydraulic resistance. An algorithm for determining the flow capacity of oil pipelines at different discharge values and any combinations of working pumps at stations was developed.*

*It was established that by increasing the value of discharge the limiting section that limits the flow capacity of entire oil pipeline can be changed.*

*Recommendations on choosing energy efficient operating modes for oil pipelines at different values of discharge were made. A minimum value of specific power consumption for oil pumping was adopted as a criterion of energy efficiency.*