

# Фізико-технічні проблеми транспорту та зберігання енергоносіїв

УДК 622.691.4:620.192:539.4

## РОЛЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ СТАЛЕЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ У ВТРАТІ ЇХ ЦІЛІСНОСТІ

<sup>1</sup>Г. М. Никифорчин, <sup>2</sup>Ю. В. Банахевич, <sup>3</sup>А. Б. Мицик, <sup>4</sup>В. В. Костів

<sup>1</sup> Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України; 79060, м. Львів, вул. Наукова, 5;  
e-mail: [nykyfor@ipm.lviv.ua](mailto:nykyfor@ipm.lviv.ua)

<sup>2</sup> Публічне акціонерне товариство “Укртрансгаз”; 01021, м. Київ, Кловський узвіз, 9/1;  
e-mail: [banakhevich-yv@utg.ua](mailto:banakhevich-yv@utg.ua)

<sup>3</sup> Управління магістральних газопроводів “Львівтрансгаз”; 79026, м. Львів, вул. І. Рубчака, 3;  
e-mail: [mitcik-ab@utg.ua](mailto:mitcik-ab@utg.ua)

<sup>4</sup> Управління магістральних газопроводів “Прикарпаттрансгаз”;  
76018, м. Івано-Франківськ, вул. Незалежності, 48; e-mail: [kostiv-vv@utg.ua](mailto:kostiv-vv@utg.ua)

Розглянуто низку чинників можливого порушення цілісності магістральних газопроводів, зумовлених експлуатаційним окрихченням металу труби. Так, на прикладі неповару у кільцевому зварному шві експлуатованої впродовж 53 років труби показано, що створена ним концентрація напружень ще недостатня для росту тріщини у матеріалі з вихідними властивостями. Однак тривала експлуатація призвела до різкого окрихчення сталі, що посилює її чутливість до концентрації напружень, і тому руйнування стало можливим.

Інший важливий чинник полягає в істотному зниженні опору корозійно-механічному руйнуванню. Тут необхідно враховувати агресивну роль водню, джерелом якого слугують електрохімічні реакції з робочими середовищами металу і зовнішньої, і внутрішньої поверхонь труби. Особливо наголошено на можливості наводнювання стінки труби через корозійно-наводнювальну здатність транспортованого газу. Розглянуто корозійно-механічне руйнування зварних з'єднань, у тому числі кільцевих, яке, враховуючи низький рівень осьових напружень у трубі, можливе лише за інтенсивної експлуатаційної деградації металу. В наведених прикладах найнижчим опором руйнуванню володіє зона термічного впливу.

Порушення цілісності труб може бути спричинене також макророзшаруванням всередині стінки. Визначальна роль у такому руйнуванні належить наводнюванню металу з боку внутрішньої поверхні труби через конденсацію на ній вологи.

Ключові слова: тріщина, корозійно-механічне руйнування, воднева крихкість, макророзшарування.

Рассмотрен ряд факторов возможного нарушения целостности магистральных газопроводов, вызванных эксплуатационным охрупчиванием металла трубы. Так, на примере неповара в кольцевом сварном шве эксплуатируемой на протяжении 53 лет трубы показано, что созданная им концентрация напряжений еще недостаточна для роста трещины в материале с исходными свойствами. Однако длительная эксплуатация привела к резкому охрупчиванию стали, что усилило ее чувствительность к концентрации напряжений и сделало разрушение возможным.

Иной важный фактор состоит в существенном снижении сопротивления коррозионно-механическому разрушению. Здесь необходимо учитывать агрессивную роль водорода, источником которого служат электрохимические реакции с рабочими средами металла и на внешней, и на внутренней поверхностях

трубы. Особое внимание уделено возможности наводороживания стенки трубы из-за коррозионно-наводороживающей способности транспортируемого газа. Рассмотрено коррозионно-механическое разрушение сварных соединений, в том числе кольцевых, которое, учитывая низкий уровень осевых напряжений в трубе, возможно только при интенсивной эксплуатационной деградации металла. В наведенных примерах зона термического влияния отличается наилучшим сопротивлением разрушению.

Нарушение целостности труб может быть вызвано и макрорасслоением внутри стенки. Определяющая роль в таком разрушении принадлежит наводороживанию металла со стороны внутренней поверхности в результате конденсации на ней влаги.

Ключевые слова: трещина, коррозионно-механическое разрушение, водородная хрупкость, макрорасслоение.

*A number of factors of the possible integrity damage of the main gas pipelines caused by working embrittlement of the pipe's metal are examined. On the example of incomplete penetration in the circular weld of a pipe, operated during 53 years, it has been shown that the created stress concentration is not enough for the crack growth in a material with initial properties. However, a long exploitation has led to a rapid steel embrittlement that caused its response to stress concentration and made damage possible.*

*Another important factor consists in reduction of resistance to stress corrosion fracture. Here the aggressive role of hydrogen should be taken into account, the source of which are electromechanical changes with metal's operating environment both on outer and inner surface of a pipe. A particular attention has been paid to the possibility of the pipe wall hydrogenation through the corrosive and hydrotreating ability of the transported gas. The corrosive and mechanical damage of weld joints including the circle ones that is possible only by intensive steel working degradation, taking into account the low level of axial stress in a pipe is studied. In the provided examples the heat affected zone has the worst resistance to the damage.*

*The pipes integrity loss can be caused by macroseparations inside a wall. This is due to the metal hydrogenation in the inner surface because of condensation on it.*

Keywords: crack, corrosion-mechanical fracture, hydrogen embrittlement, macroseparation.