

ISSN (Print) 2616-7263
ISSN (Online) 2663-1261

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY Series

Серия **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

№1(130)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

*Бас редакторы Мерзадинова Г.Т.
т.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

*Бас редактордың орынбасары Жусупбеков А.Ж.
т.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

*Бас редактордың орынбасары Тогизбаева Б.Б.
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

*Бас редактордың орынбасары Сарсембаев Б.К.
т.ғ.к., доцент, Назарбаев университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

Редакция алқасы

Акира Хасегава	проф., Хачинохе технологиялық институты, Хачинохе, Жапония
Акитоши Мочизуки	проф., Токусима Университеті, Токусима, Жапония
Базарбаев Д.О.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Байдабеков А.К.	т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамкан Университеті, Тайбэй, Тайвань
Жардемов Б.Б.	т.ғ.д., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Жумагулов М.Г.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Йошинори Ивасаки	проф., Геологиялық зерттеулер институты, Осака, Жапония
Калякин В.Н.	проф., Делавэр Университеті, Ньюарк, АҚШ
Тадатсугу Танака	проф., Токио Университеті, Токия, Жапония
Тулбекова А.С.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Хое Линг	проф. Колумбия Университеті, Нью-Йорк, АҚШ
Утепов Е.Б.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Чекаева Р.У.	а.к., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Юн Чул Шин	проф., Инчeon ұлттық университеті, Инчeon, Оңтүстік Корея

*Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz*

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.

№16991 -ж тіркеу қуәлігімен тіркелген

Басуға 30.03.2020ж. қол қойылды.

Тиражы: 25 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі 12/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

Editor-in-Chief **Gulnara Merzadinova**

Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Deputy Editor-in-Chief **Askar Zhussupbekov**

Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Deputy Editor-in-Chief **Baglan Togizbayeva**

Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Deputy Editor-in-Chief **Bayandy Sarsembayev**

Assoc. Prof., Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Editorial Board

Akira Hasegawa	Prof., Hachinohe Institute of Thechnology, Hachinohe, Japan
Akitoshi Mochizuki	Prof., University of Tokushima, Tokushima, Japan
Daniyar Bazarbayev	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Auez Baydabekov	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Rahima Chekaeva	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Der Wen Chang	Prof., Tamkang University, Taipei, Taiwan (ROC)
Eun Chul Shin	Prof., Incheon National University, Incheon, South Korea
Hoe Ling	Prof., Columbia University, New York, USA
Viktor Kaliakin	Prof., University of Delaware, Newark, Delaware, USA
Zhanbolat Shakhmov	Assoc.Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Tadatsugu Tanaka	Prof., University of Tokyo, Tokyo, Japan
Assel Tulebekova	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Yelbek Uteпов	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Yoshinori Iwasaki	Prof., Geo Research Institute, Osaka, Japan
Bolat Zardemov	Doctor of Engineering, L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Mihail Zhumagulov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

Editorial address:

2, Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan,
010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: vest_techsci@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: Aizhan Nurbolat

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY Series

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan

Registration certificate №16991-ж from 27.03.2018. Signed in print 30.03.2020. Circulation: 25 copies

Address of Printing Office: 12/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: <http://bultech.enu.kz>

© L.N.Gumilyov Eurasian National University

Главный редактор Мерзадинова Г.Т.
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Зам. главного редактора Жусупбеков А.Ж.
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Зам. главного редактора Тогизбаева Б.Б.
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Зам. главного редактора Сарсембаев Б.К.
к.т.н., доцент, Назарбаев университет, Нур-Султан, Казахстан

Редакционная коллегия

Акира Хасегава	проф., Технологический институт Хачинохе, Хачинохе, Япония
Акитоши Мочизуки	проф., Университет Токусима, Токусима, Япония
Базарбаев Д.О.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Байдабеков А.К.	д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамканский Университет, Тайбэй, Тайвань
Жардемов Б.Б.	д.т.н., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Жумагулов М.Г.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Йошинори Ивасаки	проф., Институт геологических исследований, Осака, Япония
Калякин В.Н.	проф., Делаверский Университет, Ньюарк, США
Тадатсугу Танака	проф., Токийский Университет, Токио, Япония
Тулбекова А.С.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Хое Линг	проф., Колумбийский университет, Нью-Йорк, США
Утепов Е.Б.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Чекаева Р.У.	к.а., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Юн Чул Шин	проф., Инчхонский национальный университет, Инчхон, Южная Корея

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). *E-mail:* vest_techsci@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А. Нурболат

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.
Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Собственник: РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК
Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Регистрационное свидетельство №16991-ж от 27.03.2018 г. Подписано в печать 30.03.2020г.

Тираж: 25 экземпляров. Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1,

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ. ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

№1(130)/2020

МАЗМҰНЫ

<i>Балабекова К.Г.</i> Мобильді жол өтпе тіреуінің жұмысының математикалық үлгісін зерттеу	8
<i>Оразбаев Б.Б., Сантеева С.А., Оразбаева К.Н., Шагаева А.Б., Утенова Б.Е., Дюсеев К.А.</i> Оптималды технологияны таңдау үшін мұнай қалдықтары мен шламдарды жою әдістерін эксперттік бағалау	16
<i>Ниязбекова Р.К., Серекпаева М.А., Калиева Ж.Е., Оспанова Н.М.</i> Қорғаныш жабындарды өндіруде металлургиялық қождарды стандарттау тәсілдерін әзірлеу	23
<i>Ниязбекова Р.К., Джексембаева А.Е., Кривобородов Ю.Р.</i> Цемент композиттерінің құрылымын өзгерту. Болаттан жасалғанқожын қосумен құрылыс қоспаларын стандарттау бойынша өнімділігі	30
<i>Джумабаев А.А., Тлеубаева А.К.</i> Үлкен диаметрлі газқұбырындағы қирау жарықшасын шектеуді және тоқтатуды зерттеу	37
<i>Козбагарова Н.Ж., Сулайманова Ш.А.</i> Қалаларды сәулеттік-ландшафтық ұйымдастырудағы әлеуметтік жобалау	42
<i>Казиева Г.Д., Абжанова А.Е., Есекеева М.Ж., Сағнаева С.К., Сембина Г.К.</i> Биомониторингтегі деректерді зияткерлік талдаудың кейбір тәсілдері мен аспаптық құралдары	50
<i>Туякбаева А.К., Садықова С.Ш.</i> Жол бойындағы сервис кешендерінің архитектурасын дамыту туралы	59
<i>Садықова С.Б., Еркалина М., Жумагулов М.Г., Картджанов Н.Р.</i> Күн энергиясымен суды тұщыту	66
<i>Садықова С.Б., Достияров А.М., Достиярова А.М., Картджанов Н.Р.</i> ГТҚ жану камерасының жұмыстық режимдерін модельдеу	71
<i>Жартыбаева М.Г., Есимова Н., Фураева И.И., Жукабаева Т.К., Жумадилаева А.К.</i> МББЖ таңдау және Алматы қаласындағы атмосфералық ауаның ауыр металдармен ластануы туралы мәліметтер базасын толтыру	78
<i>Жакупова А.Е., Канафин М.Ж., Рустемов А.Р., Келман А.А., Мустафинов Е.К.</i> Оптикалық суреттер негізінде ауыл шаруашылығы дақылдарының шығымдылығын мониторингілеу	89
<i>Жаркенов Е.Б.</i> Нөсерлік кәріз саласындағы эксперименталдық зертеулер	95
<i>Жусупбеков А.Ж., Жаркенов Е.Б., Чанг Д., Жаркенова А.Б.</i> Нұр-Сұлтан қаласындағы I-1 нөсер кәріз бассейнін гидравликалық модельдеу	101
<i>Штыкова И.В., Обухова О.Н., Шинкевич Т.А., Маданов К.С.</i> Илектеустанының алдында дайындамаларды автоматты қыздыру жүйесін талдау және оңтайландыру	107
<i>Әлмдарова Ә.Ә., Старовойтов В.В., Искаков К.Т.</i> Цифрлық кескіндегі шуылды азайту әдістерінің тиімділігін бағалау нәтижелері	114

**BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY.
TECHNICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY SERIES**

№1(130)/2020

CONTENTS

<i>Balabekova K.G.</i> Research of a mathematical model of mobile overpass support operation	8
<i>Orazbayev B.B., Santeyeva S.A., Orazbayeva K.N., Shagayeva A.B., Utenova B.E., K.A. Dyussekeyev</i> Expert evaluation of methods for removing oil deposits and sludge in order to select the optimal technology	16
<i>Niyazbekova R.K., Serekpayeva M.A., Kaliyeva Zh.E., Ospanova N.M.</i> Development of approaches to the standardization of metallurgical slag in the production of protective coatings	23
<i>Niyazbekova R.K., Jexembayeva A.Y., Krivoborodov Yu.R.</i> Modification of the structure of cement composites. Research of operational properties for standardization of building mixes with the addition of steelmaking slag	30
<i>Jumabayev A.A., Tleubayeva A.K.</i> Investigation of the localization and stopping of a developing fracture fracture in larger diameter gas pipelines	37
<i>Kozbagarova N.Zh., Sulaimanova Sh.A.</i> Social design in the architectural and landscape organization of cities	42
<i>Kaziyeva G.D., Abzhanova A.E., Esekeeva M.Zh., Sagnayeva S.K., Sembina G.K.</i> Some approaches and tools for intellectual analysis of data in biomonitoring	50
<i>Tuyakaeva A.K., Sadykova S.</i> On the development of the architecture of roadside service complexes	59
<i>Sadykova S.B., Yerkalina M., Zhumagulov M.G., Kartjanov N.R.</i> Solar-powered water desalination	66
<i>Sadykova S.B., Dostiyarov A.M., Dostiyarova A.M., Kartjanov N.R.</i> Simulation of the operating conditions in a gas turbine engine combustion chamber	71
<i>Zhartybayeva M.G., Esimov N., Furayeva I.I., Zhukabayeva T.K., Zhumadillayeva A.K.</i> Rationale for choosing a DBMS and updating the database of atmospheric air pollution in Almaty city with heavy metals	78
<i>Zhakupova A.Y., Kanafin M.Z., Rustemov A.R., Kelman A.A., Mustafinov Y.K.</i> Monitoring crop yields on the basis of optical	89
<i>Zharkenov Y.B.</i> Experimental studies in the field of storm water drainage	95
<i>Zhussupbekov A.Zh., Zharkenov Y.B., Jang D., Zharkenova A.B.</i> Hydraulic simulation of the storm sewer basin I-1 of Nur-Sultan city	101
<i>Shtykova I.V., Obuhov O.N., Shinkevich T.A., Madanov K.S.</i> Analysis and optimization of the system of automatic heating billets before a rolling mill	107
<i>Eldarova E.E., Starovoitov V.V., Iskakov K.T.</i> Results evaluation effectiveness of noise reduction techniques of digital images	114

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Балабекова К.Г.</i> Исследование математической модели работы опоры мобильного путепровода	8
<i>Оразбаев Б.Б., Сантеева С.А., Оразбаева К.Н., Шагаева А.Б., Утенова Б.Е., Дюсекеев К.А.</i> Экспертная оценка методов удаления нефтяных отложений и шламов с целью выбора оптимальной технологии	16
<i>Ниязбекова Р.К., Серекпаева М.А., Калиева Ж.Е., Оспанова Н.М.</i> Разработка подходов для стандартизации металлургических шлаков при получении защитных покрытий	23
<i>Ниязбекова Р.К., Джесксембаева А.Е., Кривобородов Ю.Р.</i> Модификация структуры цементных композитов. Исследования эксплуатационных свойств для стандартизации строительных смесей с добавкой сталеплавильного шлака	30
<i>Джумабаев А.А., Глеубаева А.К.</i> Исследование локализации и остановки развивающегося трещины разрушения в газопроводах большого диаметра	37
<i>Козбагарова Н.Ж., Сулайманова Ш.А.</i> Социальное проектирование в архитектурно-ландшафтной организации городов	42
<i>Казиева Г.Д., Абжанова А.Е., Есекеева М.Ж., Сагнаева С.К., Сембина Г.К.</i> Некоторые подходы и инструментальные средства интеллектуального анализа данных в биомониторинге	50
<i>Туякаева А.К., Садыкова С.Ш.</i> Зарубежные тенденции архитектуры придорожных комплексов	59
<i>Садыкова С.Б., Еркалина М., Жумагулов М.Г., Картджанов Н.Р.</i> Солнечное опреснение воды	66
<i>Садыкова С.Б., Достияров А.М., Достиярова А.М., Картджанов Н.Р.</i> Моделирование рабочих условий камеры сгорания ГТД	71
<i>Жартыбаева М.Г., Есимова Н., Фураева И.И., Жукабаева Т.К., Жумадилаева А.К.</i> Обоснование выбора СУБД и пополнение базы данных по загрязнению атмосферного воздуха города Алматы тяжелыми металлами	78
<i>Жакупова А.Е., Канафин М.Ж., Рустемов А.Р., Келман А.А., Мустафинов Е.К.</i> Мониторинг урожайности сельскохозяйственных культур на основе оптических снимков	89
<i>Жаркенов Е.Б.</i> Экспериментальные исследования в области ливневой канализации	95
<i>Жусупбеков А.Ж., Жаркенов Е.Б., Чанг Д., Жаркенова А.Б.</i> Гидравлическое моделирование ливневого канализационного бассейна I-1 г. Нур-Султан	101
<i>Штыкова И.В., Обухова О.Н., Шинкевич Т.А., Маданов К.С.</i> Анализ и оптимизация системы автоматического нагрева заготовок перед прокатным станом	107
<i>Эльдарова Э.Э., Старовойтов В.В., Искаков К.Т.</i> Оценка эффективности методов подавления шума цифровых изображений	114

А.А. Джумабаев, А.К. Тлеубаева

*Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: atagali@list.ru, akmaral_alim@mail.ru)*

Исследование локализации и остановки развивающегося трещины разрушения в газопроводах большого диаметра

Аннотация: В работе приводятся результаты экспериментального исследования моделей обычного трубопровода и трубопровода с проволочной обмоткой. Предлагается локализация и остановки трещины в магистральных газопроводах путем намотки на корпус трубопровода проволочной обмоткой. Результаты экспериментальных исследований, проведенные с целью изучения влияния проволочной обмотки на характер развития, остановку и локализацию трещины, подтвердили возможность использования проволочной обмотки в качестве эффективного способа предупреждения протяженных разрушений газопроводов.

Ключевые слова: трещина, оболочка, надежность, долговечность, скорость, пластическая деформация

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2020-130-1-37-41>

Постановка задачи. Проблема протяженных разрушений магистральных газопроводов привлекает в последнее время все большее внимание исследователей [1.2].

Литературный обзор по анализу работы цилиндрических оболочек с проволочной обмоткой, а также по закономерностям возникновения и развития трещин в магистральных газопроводах, свидетельствует о сложном механизме распространения разрушения и влиянии на него многочисленных факторов как технологического, так и конструкционного характера. В связи с этим при проведении экспериментов по изучению влияния проволочной обмотки на характер распространения трещины разрушения и оценке возможности управления траекторией трещин путем обмотки особое внимание обращалось на конструктивные параметры проволочной обмотки.

Анализ исследований проблем. К настоящему времени наметились два принципиальных направления в решении проблемы протяженных разрушений магистральных газопроводов.

Первое направлено на исключение возможности перерастания медленно развивающегося локального дефекта в протяженное разрушение. Такой подход основан на исследованиях структуры материала трубопровода на металлургическом уровне, а также контроле, связанном с выявлением и ликвидацией опасных трещин в трубопроводе до наступления разрушения.

Второе направление связано с разработкой конструктивных способов локализации и остановки возникающего разрушения. В ситуации, когда не существует надежных способов предупреждения протяженных разрушений, разработка конструктивно простых, но эффективных технических решений, позволяющих локализовать масштаб разрушения, представляет интерес и является весьма актуальной.

Цель и задачи исследований. В соответствии с методикой оценки сопротивляемости трубопровода протяженному разрушению, предложенной по результатам исследования особенностей разрушения моделей трубопроводов, в работе [3] на первом этапе проверяется один из критериев (силовой, энергетический или деформационный) механики разрушения. При выполнении этого условия проверяется дополнительное условие, связанное со сравнением скорости движения трещины разрушения с допускаемой скоростью:

$$v_p \leq [v_p] = \frac{v_p^{cp}}{k_3} \quad (1)$$

где $[v_p]$ – допускаемая скорость движения трещины, v_p^{cp} – максимальная скорость движения трещины, k_3 – коэффициент запаса.

При невыполнении условия (1) требуется пересмотреть механические характеристики материала или разработать конструктивные решения, обеспечивающие локализацию или остановку протяженных разрушений трубопроводов.

Изложение материала и обоснование полученных результатов исследований. Для решения данной задачи были проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования способа локализации и остановки протяженных разрушений трубопроводов проволоочной обмотки.

Экспериментальные исследования по изучению механизма распространения трещины были проведены на моделях линейной части магистрального газопровода, выполненного в масштабе 1:5, длиной 1000 мм, диаметром 200 мм и 250 мм. Модели изготовлены из стали Ст08 и Ст10 с пределом временного сопротивления соответственно 320 МПа и 450 МПа, пределом текучести - 240 МПа и 255 МПа.

Навивку проволоки на корпус моделей производили специальной машиной, позволяющей натягивать проволоку с определенным шагом и усилием. Материал проволоки - сталь Ст10 с $\sigma_s = 445$ МПа, $\sigma_m = 245$ МПа, диаметр проволоки - 1,0 мм.

Определение остаточной пластической деформации в кольцевом и продольном направлениях производили методом координатной сетки. На зачищенный корпус модели путем накернения лунок наносили координатную сетку с базой 5 мм. Замеры базы координатной сетки производили до и после разрушения, и по разнице между ними определяли абсолютную деформацию, а отношение последней к базе координатной сетки давало возможность определения компонент относительной пластической деформации.

Ширину зоны пластической деформации по берегам трещины определяли путем измерения утонения стенки модели. После разрушения модели перпендикулярно по берегам трещины разрыва были вырезаны полосы металла и при помощи микрометра произведены замеры толщин стенки модели на различных расстояниях от кромки трещины, по которым и устанавливалась ширина зоны пластической деформации по берегам трещины. Измерение скорости распространения трещины по корпусу модели произведено согласно методике, описанной в работе [4].

По мере увеличения давления в модели трубы без проволоочной обмотки в месте инициатора разрушения было замечено интенсивное выпучивание стенки модели.

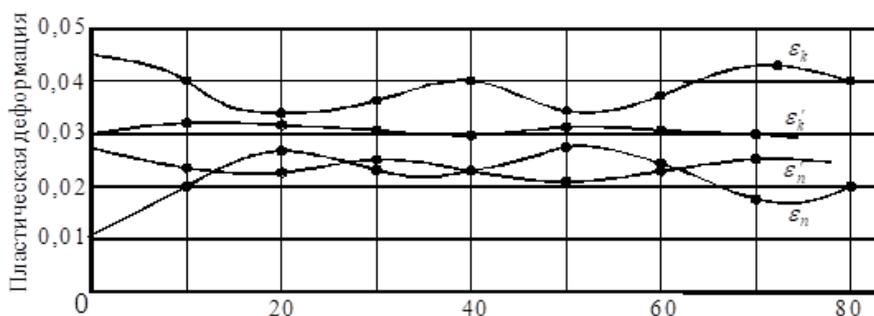
Начало разрушения связано с мгновенным разрушением места стенки модели надреза, которая сопровождалась характерным хлопком и истечением воздуха из модели. Разрушение корпуса модели произошло вследствие отрыва при достижении предельного давления 2,3 МПа. Визуальное обследование зоны разрушения выявило, что в области у вершины трещины образуется вогнутость, а сечение, совпадающее с вершиной трещины, принимает форму эллипса с горизонтальной главной осью. На расстоянии 10-13 мм перед вершиной трещины образуется выпуклость, и труба в данном сечении принимает форму эллипса с вертикальной главной осью. Длина трещины составила 106 мм, максимальная ширина раскрытия – 8,2 мм.

Разрушение модели с проволочным гасителем сопровождалось гулким хлопком и истечением воздуха через образовавшуюся трещину при достижении давления, равного 3,8 МПа. Как следовало ожидать, вследствие сжимающего влияния проволоочной обмотки заметно изменился характер раскрытия и деформации зоны развития трещины по сравнению с испытаниями модели без обмотки.

Как и в случае испытания моделей без проволоочной обмотки, без натяжения не наблюдались характерные зоны выпучивания и вогнутостей. Длина трещины составила 52 мм, т.е. достигла только длины надреза, максимальная ширина раскрытия трещины составила 3,1 мм, длина трещины уменьшилась, соответственно, - в 2,03 раза, ширина раскрытия трещины - в 2,6.

Заслуживает внимания характер изменения кольцевой и продольной компонент пластической деформации у кромки трещины (рис.1).

Известно [5], что предварительное натяжение нити обмотки перераспределяет кольцевые и продольные усилия, приближая цилиндрическую оболочку к равнопрочной. Как и следовало ожидать, заметно изменился характер кривых компонент пластической деформации по берегам трещины разрушения.



ϵ_k , ϵ_n - для модели без проволоочной обмотки, ϵ'_k , ϵ'_n - с проволоочной обмоткой

Рисунок 1 – Характер изменения кольцевой (ϵ_k) и продольной (ϵ_n) компонент пластической деформации

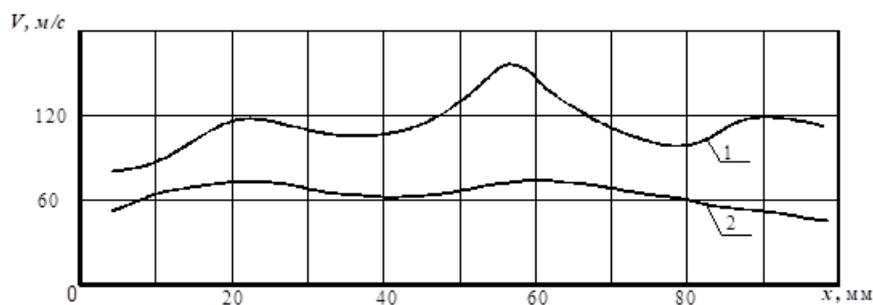
Амплитуды компонент пластической деформации по сравнению с данными испытаний моделей без проволоочной обмотки имеют более плавный характер. За счет сжимающих напряжений под витком обмотки заметно снижаются кольцевые пластические деформации. Наблюдается незначительное повышение продольных составляющих пластической деформации.

Кольцевые пластические деформации у берегов трещины по сравнению с результатами испытания моделей без проволоочной обмотки снизились в 1,4-1,8 раза, а продольные пластические деформации увеличились в 1,2 раза.

Характер изменения ширины пластической зоны имеет более сглаженный вид, без четко заметных скачков. Ширина пластической зоны по сравнению с вариантом без обмотки, как и следовало ожидать, уменьшилась с 13,8 мм до 5,2 мм, т.е. в 2,7 раза.

Сглаживание амплитуд кольцевых деформаций и ее снижение, а также увеличение продольной компоненты пластической деформации, можно отнести к благоприятному фактору влияния проволоочной обмотки.

Сравнение экспериментальных скоростей развития трещины разрушения представлено на рисунке 2, где отмечается заметное влияние проволоочной обмотки на скорость развития трещины разрушения.



1 - для модели без проволоочной обмотки, 2 - с проволоочной обмоткой

Рисунок 2 – Характер изменения скорости развития трещины разрушения

Сравнение результатов испытаний моделей без проволоочной обмотки и с обмоткой приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты испытаний моделей фрагмента трубопровода традиционного конструктивного решения (А) и с проволоочной обмоткой (В)

Серия испытания	Модель	Разрушающее давление, МПа	Угол раскрытия трещины, градус	Длина трещины, мм	Ширина трещины, мм	Ширина пластической зоны, мм
1	А	2,3	14	106	8,2	13,8
2	В	3,8	5	52	3,1	5,2

Выводы и перспективы дальнейшего исследования. Таким образом, экспериментальные исследования разрушений моделей фрагмента трубопровода с целью изучения влияния проволочной обмотки на характер развития, остановку и локализацию трещины, подтвердили возможность использования проволочной обмотки в качестве эффективного способа предупреждения протяженных разрушений газопроводов.

Предварительно натянутая проволочная обмотка, изменяя поле напряжений в зоне развития трещины, а также изменяя траекторию и интенсивность главных напряжений в вершине трещины, вызывает остановку или искривление траектории трещины. При этом заметно изменяется характер деформирования зоны развития трещины, увеличивается разрушающее давление, а также геометрические параметры трещины.

Необходимо отметить, что газопровод с проволочной обмоткой нужно рассматривать как комбинированную конструкцию, в которой возможен подбор оптимальных конструктивных параметров проволочной обмотки в зависимости от геометрических размеров, материала и эксплуатационных параметров газопровода.

Данный подход дает возможность управления напряженным состоянием конструкций с целью получения конструкции, несклонной к протяженному разрушению, что с точки зрения снижения ущерба от разрушения газопроводов весьма актуально.

Список литературы

- 1 Ланчаков Г.А., Зорин Е.Е., Пашков И. и др. Работоспособность трубопроводов. – М.: Недра, 2001. Ч. 1 и 2. – 349 с.
- 2 Демонфони Ж., Бушничели Ж., Рицци Л. Распространение вязкого разрушения в трубопроводах высокого давления // Строительство трубопроводов. -1995. -№1. – С. 22-24.
- 3 Джумабаев А.А. О критериях оценки сопротивляемости магистральных газопроводов протяженным разрушениям // Механика и моделирование процессов технологии. - Тараз. 2009. - №1. -С. 83-85.
- 4 Айнабеков А.И., Сырманова К.К., Джумабаев А.А., Дутбаев Ж.Т. Метод измерения скорости распространения трещины в газопроводах высокого давления // Механика и моделирование процессов технологии, Тараз. 2007, -№2, -С. 163-165.
- 5 Бэкофен В. Процессы деформации. – М.: Металлургия, 1977. – С. 30-47.

А.А.Жұмабаев, А.К. Тлеубаева

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Үлкен диаметрлі газқұбырындағы қирау жарықшасын шектеуді және тоқтатуды зерттеу

Аннотация. Жұмыста сым орамалы және орамасыз құбырлар үлгілерінің қирау ерекшеліктерін тәжірибелік сынау нәтижелері келтірілген. Қирау жарықшасын шектеу және тоқтатудың тиімді тәсілі ретінде сым орамасын қабылдау негізделген.

Жарықшаның таралу, шектеу және тоқтату сипаты сым орамасының әсерін зерттеу мақсатында жүргізілген тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері газ құбырларының созылмалы қирауына сым орамасын тиімді тәсіл ретінде қолдануға болатынын дәлелдеді.

Түйін сөздер. жарықша, қабықша, сенімділік, төзімділік, жылдамдық, пластикалық өзгеру.

A.A. Jumabayev, A.K. Tleubayeva

L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Investigation of the localization and stopping of a developing fracture fracture in larger diameter gas pipelines

Abstract. In the article localization and an extended crack in main gas pipelines is offered by winding on the case of the pipeline by a wire winding. The results of an experimental research of models of the usual pipeline and pipeline are given with a wire winding. The results of experimental studies conducted to study the influence of the wire winding on the nature of the development, stop and localization of the crack, confirmed the possibility of using the wire winding as an effective way to prevent extended destruction of gas pipelines.

Keywords. crack, shell, reliability, durability, speed, plastic deformation.

References

- 1 Lanchakov G.A., Zorin E.E., Pashkov I. i dr. Rabotosposobnost truboprovodov [The efficiency of the pipelines] (Nedra, Moscow, 2001, 349p). [In Russian].
- 2 Demofonti J., Bytstsicheli J., Ritstsi L. Rasprostranenie viazkogo razrishiia v triboprovodah vysokogo davleniia [Propagation of viscous fracture in high-pressure pipelines] (Stroitelstvo triboprovodov, 22-24 (1995) [In Russian].

- 3 Jumabayev A.A. O kriteriyah ocenki soprotivlyaemosti magistralnih gazoprovodov protyajennim razrusheniyam [About criteria of an estimation of resistance of the main gas pipelines to extended destructions] [Mechanics and modeling of processes technology] (1) 83-85 (2009) [In Russian].
- 4 Ainabekov A.I. Sirmanova K.K. Jumabayev A.A. Dutbaev J.T. Metod izmereniya skorosti rasprostraneniya treschini v gazoprovodah visokogo davleniya [Method for measuring crack propagation velocity in high-pressure gas pipelines] [Mechanics and modeling of processes technology] (2) 163-165 (2007) [In Russian].

Сведения об авторах:

Джумабаев А.А. - доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование зданий и сооружений», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан.

Тлеубаева А.К. - кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование зданий и сооружений», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан.

Jumabayev A.A. - Professor of the Department "Engineering Graphics and Design", PhD of Technical Sciences. L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Tleubayeva A.K. - Associate Professor of the Department "Engineering Graphics and Design", PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 16.04.2019