

ISSN 2221-2701

Наука и технологии
**ТРУБОПРОВОДНОГО
ТРАНСПОРТА**
нефти и нефтепродуктов

Science & Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation



15
лет

Том/Vol. 16
№ 1 2026







Трансн

Транснефть

ISSN 2221-2701

Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов

Научно - технический журнал

Том 16, № 1/2026

Science & Technologies:
Oil and Oil Products Pipeline Transportation
S c i e n t i f i c a n d T e c h n i c a l J o u r n a l
Vol. 16, No. 1/2026

 pipeline-science.ru

ОРГАНИЗАТОР ИЗДАНИЯ ЖУРНАЛА

ПАО «Транснефть»

УЧРЕДИТЕЛЬ

ООО «Научно-исследовательский институт
трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»)
117186, г. Москва, Севастопольский проспект, 47а
Тел.: +7(495) 950-8295
www.niitnn.transneft.ru
niitnn@niitnn.transneft.ru

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Транснефть – Медиа»
123112, г. Москва, Пресненская набережная, 4, стр. 2
Тел.: +7(495) 950-8074, факс: +7(495) 950-8726
www.media.transneft.ru
transpress@ttn.transneft.ru

PUBLISHED ON BEHALF OF

Transneft

FOUNDER

Pipeline Transport Institute, LLC (Transneft R&D, LLC)
47a Sevastopolsky Prospect, Moscow, 117186,
Russian Federation
Tel.: +7(495) 950-8295
www.niitnn.transneft.ru
niitnn@niitnn.transneft.ru

PUBLISHER

Transneft Media, LLC
4, bldg 2 Presnenskaya Embankment, Moscow, 123112,
Russian Federation
Tel.: +7(495) 950-8074, fax: +7(495) 950-8726
www.media.transneft.ru
transpress@ttn.transneft.ru

Сведения о журнале

«Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов» – научный журнал в области магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.

ЦЕЛЬ ЖУРНАЛА

Публикация научных статей в области трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, обладающих научной новизной, описывающих результаты новейших исследований и инновационные технические решения, имеющие практическую значимость.

ТЕМАТИКА ЖУРНАЛА

В журнале публикуются статьи по следующим направлениям исследований в области трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов:

- Проектирование, строительство и эксплуатация
- Прочность и надежность
- Цифровая трансформация
- Сварка
- Товарно-транспортные операции и метрологическое обеспечение
- Развитие отрасли
- Энергоэффективность и энергосбережение
- Материалы и оборудование
- Автоматика, телемеханика и связь
- Защита от коррозии и коррозионного разрушения
- Экология
- Техническое регулирование инновации при разработке, развитии, цифровизации систем менеджмента качества (Техническое регулирование)
- Пожарная и промышленная безопасность к воздействию опасных факторов пожаров (Пожарная и промышленная безопасность)
- Профессиональное образование
- Водородная энергетика

НОРМЫ И ПРАВИЛА РЕДАКЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В своей работе редакция журнала следует следующим нормам и правилам:

- обеспечивает рецензирование принятых к рассмотрению статей, привлекая для этого авторитетных российских и зарубежных специалистов и ученых;
- придерживается процедуры коллегиального обсуждения статей редакционным советом, сформированным по принципу географического разнообразия и принадлежности участников к различным организациям;
- руководствуется общепринятыми этическими нормами и издательскими стандартами в отношении научных публикаций.

ИНДЕКСИРОВАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Журнал включен в следующие российские базы данных: Российский индекс научного цитирования (учитывается в ядре РИНЦ), «Белый список» научных изданий (Российский центр научной информации – РЦНИ).

Приоритетом редакционной политики является обеспечение сохранности научной информации путем обеспечения архивации выпусков журнала и статей:

- обязательные бесплатные печатные экземпляры направляются в Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций (Минцифры России), а также в Российскую государственную библиотеку с целью распределения между крупнейшими библиотечно-информационными организациями России;
- аннотации и метаданные статей на русском и английском языках размещаются в научной электронной библиотеке Elibrary.ru;
- архив печатных и электронных выпусков хранится в научно-технической библиотеке ООО «НИИ Транснефть» и в редакции журнала.

ПРИСУТСТВИЕ В ПЕРЕЧНЕ ВАК

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук (Перечень ВАК). Публикуются статьи по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

- 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии (технические науки);
- 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки);
- 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства (технические науки);
- 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки).

АВТОРСКИЕ ПРАВА И ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Редакционная политика основывается на юридических требованиях в отношении авторского права и смежных прав, недопущения плагиата, изложенных в законодательстве Российской Федерации. Редакция обеспечивает обработку и сохранение конфиденциальности персональных данных авторов в соответствии с Федеральным законом РФ № 152-ФЗ «О персональных данных».

Наука и технологии
**ТРУБОПРОВОДНОГО
ТРАНСПОРТА**
нефти и нефтепродуктов

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Е. И. Майкова
А. М. Мардюк, к. т. н.
Д. А. Назаркин
С. Е. Подгорнова
В. Н. Малинина
Н. В. Иваниенко

Верстка и дизайн:

Д. А. Бугров

АДРЕС РЕДАКЦИИ

Севастопольский проспект, 47а,
117186, Москва, Россия
Тел.: +7(495) 950-8295,
доб. 2230
www.pipeline-science.ru
mag@niitnn.transneft.ru

Дата создания рецензируемого
научного издания:
март 2011 года.

Зарегистрирован Федеральной
службой по надзору в сфере
связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство
о регистрации СМИ:
ПИ № ФС77-60207
от 17.12.2014 г.
ISSN-L 2221-2701

Знаком информационной
продукции не маркируется.

Периодичность выхода:
6 раз в год.

Двухлетний импакт-фактор
журнала, рассчитываемый
Российским индексом научного
цитирования (РИНЦ)
с учетом цитирования
из всех источников
за 2024 год, – 0,810.

Перепечатка и иное
коммерческое использование
материалов допускается только
с разрешения редакции.

В номере использованы
фотографии из архива
ООО «Транснефть – Медиа»,
а также фотографии,
предоставленные
авторами статей.

Перевод выполнен
Бюро переводов «Проф Лингва».

Цена свободная.

Типография:
ООО «Компания
Полиграфмастер»,
Пятницкое шоссе, д. 16, 125464,
Москва, Россия.

Тираж: 1620 экз.

Формат бумаги: 200×275 мм.

Доля листа: 60×84/8.

Дата сдачи в набор:
12 января 2026 года.

Дата подписания в печать:
20 февраля 2026 года.

Aims & Scope

Science & Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation is a scientific journal in the field of main pipeline transport of oil and oil products.

THE JOURNAL'S PURPOSE

The aim of the Journal is to publish scientific articles in the field of pipeline transport of oil and oil products, which have scientific novelty, describing the results of the latest research and innovative solutions of practical value.

THE JOURNAL'S THEMES

The journal covers the following thematic research trends in the field of oil and oil products pipeline transportation:

- Design, construction and operation
- Strength and reliability
- Digital transformation
- Welding
- Commodity-transport operations and metrological support
- Industry development
- Energy efficiency and energy conservation
- Materials and equipment
- Automatics, telecom engineering and communication
- Protection against corrosion and corrosion failure
- Ecology
- Technical regulation of innovation in the design, development, and digitalization of quality management systems (Technical regulation)
- Fire and industrial safety to the effects of fire hazards (Fire and industrial safety)
- Vocational education
- Hydrogen energy

THE RULES AND REGULATIONS OF EDITORIAL ACTIVITIES

The editorial staff of the journal in its work is guided by the following principles:

- provide peer review of all articles involving authoritative Russian and foreign experts and scientists;
- adhere to the procedure of collective discussion of articles by the Editorial Board, formed on the principle of geographic diversity and membership of various organizations;
- abide by the accepted ethical standards and publishing standards for scientific articles.

INDEXING AND STORAGE OF INFORMATION

The journal is included in the Russian Databases: Russian Science Citation Index (List of RSCI journals RSCI), Whitelist (Allowlist) of scientific periodicals (Russian Center for Scientific Information (RCNi)).

The priority of the editorial policy is to ensure international scientific information communication and the storage of scientific information by archiving journal issues and articles:

- mandatory free printed copies are transferred to the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications (the Ministry of Digital Affairs of Russia); the Russian State Library with the aim of distributing publications among the largest library and information organizations in Russia;
- abstracts and metadata of articles in Russian and English are available in the Scientific Electronic Library of Russia Elibrary.ru;
- archive of print and electronic issues is stored in the scientific and technical library of Transneft R&D, LLC and in the journal's editorial office.

PRESENCE ON THE LIST OF HIGHER ATTESTATION COMMISSION

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific journals (the List of Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russian Federation), where the main scientific results of dissertations for the degrees of Candidate of Sciences and Doctor of Science should be published. The journal publishes articles on the following scientific specialties and related fields of study:

- 2.5.8. Welding, related processes and technologies (Technical Sciences);
- 2.5.21. Machines, units and production processes (Technical Sciences);
- 2.5.22. Product Quality Management. Standardization. Organization of production (Technical Sciences);
- 2.8.5. Construction and operation of oil and gas pipelines, bases and storage facilities (Technical Sciences).

COPYRIGHT AND PERSONAL DATA

The editorial policy of the journal is based on the legal requirements in relation to copyright and allied rights, non-admission of plagiarism, set forth in the legislation of the Russian Federation. The editors ensure the processing and preservation of the author personal data privacy in accordance with the Federal Law of the Russian Federation No. 152-FZ "On Personal Data".



EDITORIAL OFFICE

E. I. Maykova
A. M. Mardyuk, Cand. Sci. (Eng.)
D. A. Nazarkin
S. E. Podgornova
V. N. Malinina
N. V. Ivanienko

Layout and design:

D. A. Bugrov

CONTACT INFO:

47a Sevastopolsky Prospect,
Moscow, 117186,
Russian Federation
Phone: +7(495) 950-8295,
ext. 2230
www.pipeline-science.ru
mag@niitnn.transneft.ru

Date of creation of the peer-reviewed scientific publication:
March 2011.

It is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor).

Statement of mass media registration:
ПИ № ФС77-60207
dated 17.12.2014
ISSN-L 2221-2701

It is not marked with an information product sign.

Publication frequency:
6 issues per year.

A two-year impact factor of the Journal calculated by the Russian Science Citation Index (RSCI) with taking into account citation from all sources for 2024 is 0.810.

Republication and other commercial use of materials are allowed only with the permission of the editorial board.

There are photos from the archive of Transneft – Media, LLC, used in the issue, as well as photos provided by the authors of the articles.

The translation is made by ProFLingva, LLC.

The price is free.

Printed:
Poligraphmaster Company, LLC,
16 Pyatnitskoe Highway,
Moscow, 125464,
Russian Federation.

Circulation: 1620 copies.

Paper size: 200×275 mm.

Sheet size: 60×84/8.

Set date: January 12, 2026.

Sent to print: February 20, 2026.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА

Сощенко Анатолий Евгеньевич

д. т. н., профессор, консультант управления инновационного и научно-технического развития ПАО «Транснефть», Москва

РОССИЙСКИЙ СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Ахмадова Хава Хамидовна, д. т. н., профессор, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова, Грозный

Бурков Петр Владимирович, д. т. н., профессор, отделение нефтегазового дела, кафедра транспорта и хранения нефти и газа Национального исследовательского Томского политехнического университета, Томск

Васильева Зоя Андреевна, д. э. н., профессор, директор Института управления бизнес-процессами, заведующий кафедрой «Экономика и управление бизнес-процессами» ИУБП Сибирского федерального университета, Красноярск

Жолобов Владимир Васильевич, д. ф.-м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории технологических расчетов ООО «НИИ Транснефть», Москва

Королёнок Анатолий Михайлович, д. т. н., профессор, декан факультета «Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта», заведующий кафедрой «Нефтепродуктообеспечение и газоснабжение» Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва

Манжай Владимир Николаевич, д. х. н., старший научный сотрудник Института химии нефти Сибирского отделения РАН, профессор Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Томск

Мастобаев Борис Николаевич, д. т. н., профессор, факультет трубопроводного транспорта, кафедра «Транспорт и хранение нефти и газа» Уфимского государственного нефтяного технического университета, Уфа

Матвиенко Юрий Григорьевич, д. т. н., профессор, заведующий отделом прочности, живучести и безопасности машин, ФГБУН «Институт машиноведения имени А. А. Благонравова» РАН, Москва

Махутов Николай Андреевич, д. т. н., член-корреспондент РАН, профессор, главный научный сотрудник центра эксплуатации и механотехнологического оборудования трубопроводного транспорта ООО «НИИ Транснефть», Москва

Неганов Дмитрий Александрович, д. т. н., первый заместитель генерального директора ООО «НИИ Транснефть», Москва

Несын Георгий Викторович, д. х. н., ведущий научный сотрудник лаборатории химических реагентов ООО «НИИ Транснефть», Москва

Новоселова Ирина Юрьевна, д. э. н., профессор департамента отраслевых рынков факультета экономики и бизнеса Финансового университета при Правительстве РФ, профессор кафедры экономики нефтяной и газовой промышленности Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва

Сериков Павел Юрьевич, д. э. н., заместитель вице-президента – директор департамента экономики ПАО «Транснефть», Москва

Фандо Роман Алексеевич, д. и. н., директор Института истории естествознания и техники имени С. И. Вавилова Российской академии наук, Москва

Черепанов Анатолий Николаевич, д. ф.-м. н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории термомеханики и прочности новых материалов Института теоретической и прикладной механики имени С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ РОССИЙСКОГО СОСТАВА РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

обеспечение актуальности, высокого уровня и научно-технической ценности публикаций в журнале; проведение рецензирования статей; определение тематических направлений и обеспечение публикации статей наиболее цитируемых авторов; формирование годовых и текущих планов выпусков журнала; анализ результатов и выработка рекомендаций по организации, развитию и совершенствованию журнала

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Бословяк Сергей Васильевич, заведующий кафедрой трубопроводного транспорта и гидравлики, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк, Беларусь

Каруппанан Сараванан, Ph. D. (Eng.), доцент, заместитель декана факультета машиностроения Технологического университета ПЕТРОНАС, Перак, Малайзия

Махмотов Ербол Сахитович, д. х. н., академик Казахстанской национальной академии естественных наук, иностранный член Российской академии естественных наук, научный сотрудник РОО «Ветераны нефтегазового комплекса», Астана, Казахстан

Саяхов Берик Картанбаевич, к. т. н., профессор Казахского национально-технического университета имени К. Сатпаева, директор департамента инновационно-технического развития АО «КазТрансОйл», Астана, Казахстан

Хадж-Мелиани Мохаммед, Ph. D., доцент лаборатории теоретической физики и физики материалов, Университет Хассиба Бен Боуали, Шлеф, Алжир

Щербаков Сергей Сергеевич, д. ф.-м. н., профессор, академик-секретарь отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Эль-Генди Нур Шафик, Ph. D., профессор, главный менеджер биотехнологической лаборатории, отдел проектирования и разработки технологических процессов, Египетский научно-исследовательский институт нефти, Каир, Египет

Эслами Абдул Маджид, Ph. D., доцент кафедры материаловедения, Исфаханский технологический университет, Исфахан, Иран

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МЕЖДУНАРОДНОГО РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

взаимодействие с зарубежными авторами по вопросам, связанным с публикацией статей в журнале; рецензирование статей зарубежных авторов; подготовка рекомендаций по тематической направленности и популяризации журнала за рубежом

EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF OF THE JOURNAL

Soshchenko, Anatoly Eugenievich

Dr Sci. (Eng.), Professor, Adviser of the Department of Innovation and Scientific and Technical Development, Transneft, Moscow

RUSSIAN EDITORIAL BOARD

Akhmadova, Khava Khamidovna, Dr Sci. (Eng.), Professor, Grozny State Oil Technical University, Grozny

Burkov, Petr Vladimirovich, Dr Sci. (Eng.), Professor, Division for Oil and Gas Engineering, Department of Oil and Gas Storage and Transportation, National Researcher of Polytechnic University, Tomsk

Cherepanov, Anatoly Nikolaevich, Dr Sci. (Phys. and Math.), Professor, Chief Researcher of Laboratory of Thermomechanics and Strength of New Materials, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Novosibirsk

Fando, Roman Alekseevich, Dr Sci. (His.), Director of History of Science and Technology of Russian Academy of Sciences, Moscow

Korolyonok, Anatoly Mikhailovich, Dr Sci. (Eng.), Professor, Dean of Faculty of Design, Construction and Exploitation of Pipeline Transport Systems, Head of Petroleum and Gas Supply Department, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow

Makhutov, Nikolay Andreevich, Dr Sci. (Eng.), Associate Member of Russian Academy of Sciences, Professor, Chief Researcher of Centre for Operation and Mechanical and Technological Equipment of Pipeline Transport, Transneft R&D, LLC, Moscow

Manzhai, Vladimir Nikolaevich, Dr Sci. (Chem.), Senior Researcher of Institute of Petroleum Chemistry of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Professor of School of Earth Sciences & Engineering of Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Mastobaev, Boris Nikolaevich, Dr Sci. (Eng.), Professor, Pipeline Transportation Faculty, Department of Oil and Gas Storage and Transportation, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

Matvienko, Yury Grigorievich, Dr Sci. (Eng.), Professor, Head of Department of Strength, Survivability and Safety of Machines, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Neganov, Dmitry Aleksandrovich, Dr Sci. (Eng.), First Deputy General Director, Transneft R&D, LLC, Moscow

Nesyn, Georgy Victorovich, Dr Sci. (Chem.), Lead Researcher of Laboratory of Chemical Reagents, Transneft R&D, LLC, Moscow

Novoselova, Irina Yuryevna, Dr Sci. (Econ.), Professor, Department of Industry Markets, Faculty of Economics and Business, Financial University under Government of Russian Federation; Professor, Department of Economics of Oil and Gas Industry, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow

Serikov, Pavel Yurievich, Dr Sci. (Econ.), Deputy Vice President, Head of Department of Economics, Transneft, Moscow

Vasilyeva, Zoya Andreyevna, Dr Sci. (Econ.), Professor, Director of Institute of Business Process Management, Head of Department of Economics and Business Process Management of Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Zholobov, Vladimir Vasilyevich, Dr Sci. (Phys. and Math.), Lead Researcher of Laboratory of Technological Calculations, Transneft R&D, LLC, Moscow

FUNCTIONAL TASKS OF THE RUSSIAN EDITORIAL BOARD:

ensure publications in the Journal are up-to-date, have a high level and scientific and technical value; review articles submitted for publication; define thematic directions and to ensure the most quoted authors are published in the Journal; create annual and current plans of the Journal issues; analyze results and provide recommendations on the organization, development and improvement of the Journal activity

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Boslovyak, Sergei Vasilievich, Head of Department of Pipeline Transport and Hydraulics, Saint Euphrosyne Polotsk State University, Novopolotsk, Republic of Belarus

Eslami, Abdoulmajid, Ph. D., Associate Professor, Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

El-Gendy, Nour Shafik, Ph. D., Professor, Head Manager of Petroleum Biotechnology Lab., Vice Head of Process Design & Development Department, Egyptian Petroleum Research Institute, Cairo, Egypt

Hadj-Meliani, Mohammed, Ph. D. (Eng., Materials Science), Associate Professor, Laboratory of Theoretical Physics and Materials Physics, University Hassiba Ben Bouali of Chlef, Algeria

Karuppanan, Saravanan, Ph. D. (Eng.), Deputy Head of Mechanical Engineering Department, Associate Professor, University of Technology PETRONAS, Bandar Seri Iskandar, Perak, Malaysia

Makhmotov, Erbol Sahituly, Dr Sci. (Chem.), Academician of the Kazakhstan National Academy of Natural Sciences, Foreign Member of Russian Academy of Natural Sciences, Research Engineer of the Republican Public Association of Oil and Gas Veterans, Astana, Kazakhstan

Sayakhov, Berik Kartanbaevich, Cand. Sci. (Eng.), Professor of Satpaev Kazakh National Technical University, Director of Department of Innovative and Technical Development, KazTransOil, JSC, Astana, Kazakhstan

Sherbakov, Sergei Sergeevich, Dr Sci. (Phys. and Math.), Professor, Academician-Secretary of the Department of Physical and Technical Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

FUNCTIONAL TASKS OF THE INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

communicate with foreign authors on issues related to articles publication in the Journal; review articles of foreign authors; prepare recommendations on the topical direction and the Journal promotion abroad

Содержание

№ 1 2026

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

17 | Моделирование напряженно-деформированного состояния нефтепровода по данным геодезических измерений

В. М. Варшицкий, Э. Н. Фигаров, И. Б. Лебеденко

С целью создания инструмента для оперативных расчетов в рамках данной статьи разработаны расчетные схемы для оценки напряженно-деформированного состояния трубопровода по данным геодезических измерений. Так как фактическую кривизну оси трубопровода по измерениям плано-высотного положения отдельных меток определить невозможно, расчетная схема оценивает максимально возможное напряженно-деформированное состояние, соответствующее измерениям плано-высотного положения меток. Этому условию удовлетворяют расчетные схемы, разработанные в предположении отсутствия контакта трубопровода с грунтовым основанием.

24 | Стендовые исследования водных скоплений в нефтепроводах

С. Е. Кутуков, О. В. Четверткова, Р. Р. Уликанов, Р. Н. Салихов

Приведено феноменологическое описание возможных форм скопления воды, выявленных в серии экспериментов на блоке накопления и выноса водных скоплений стенда с изменяемым профилем ООО «НИИ Транснефть», результаты оценки объемов воды, аккумулирующейся в восходящей секции при разных скоростях перекачки. Показано, что условие существования скоплений воды имеет интервальную природу. В широком диапазоне производительностей наблюдается постепенный разрыв водного образования с последовательным изменением его формы.

ПРОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ

32 | Исследование влияния напряженно-деформированного состояния и качества отливки из стали 20Л на характер разрушения крышки задвижки

О. А. Задубровская, Д. А. Гаврилов, А. А. Богач, Н. К. Габдуллин

В работе с целью определения причин разгерметизации литой крышки из стали 20Л клиновой задвижки DN 350, PN 8,0 МПа проведены фрактографические исследования трещины, механические испытания и расчет напряженно-деформированного состояния крышки.

42 | Разработка математической модели гидроудара в трубопроводе

Т. Б. Миронова, П. Д. Рекадзе, Л. В. Родионов

В работе представлена разработанная конечно-элементная модель гидроудара, позволяющая рассчитывать не только поведение жидкости в процессе гидроудара, но и вибрацию стенок трубы от волны давления, которая распространяется в трубопроводе в процессе гидроудара. Модель течения жидкости и распространения волн давления при гидроударе реализована в программном пакете Ansys Fluent. Модель воздействия волны давления жидкости на стенки трубопровода реализована в программном пакете Ansys Transient. Передача полей давления жидкости при гидроударе из Ansys Fluent в Ansys Transient производилась с помощью расширения ACT Transient FSI Load Mapping.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

52 | Анализ применения консервативной неявной разностной схемы при моделировании самотечного течения в приближении мелкой воды

А. М. Чионов, А. Е. Сунцов, С. А. Коршунов

Целью работы является экспериментальная проверка результатов, полученных в данной работе. Для прове-

дения экспериментальной проверки выбран существующий магистральный трубопровод большого диаметра и протяженности более 400 км. Построена его упрощенная математическая модель: напорные участки моделируются методом характеристик, насосные станции рассчитываются упрощенно по перепаду давления, самотечные участки рассчитываются методом конечных разностей. Для моделирования самотечных участков построена неявная экономичная разностная схема, проведен анализ ее устойчивости.

61 | Автоматизированная обработка и анализ результатов воздушного лазерного сканирования для геотехнического мониторинга

А. И. Барышев, Е. М. Макарычева, Е. А. Покровская, Т. И. Кузнецов

В работе представлены результаты применения алгоритмов автоматизированной обработки и анализа данных воздушного лазерного сканирования для решения задач по контролю плано-высотного положения объектов магистральных трубопроводов и оценке динамики экзогенных геологических процессов. Разработка и внедрение специализированного программного обеспечения, позволило сократить сроки обработки данных о текущем состоянии объектов и их динамике, развитии природных и техногенных процессов, а также позволило повысить достоверность и точность результатов анализа.

СВАРКА

70 | Влияние ультразвуковой ударной обработки на остаточные сварочные напряжения в листе с врезкой первого пояса стенки резервуара

Л. Р. Глушкова, М. Г. Каравайченко, П. В. Чубуков, С. А. Кутеминский

Разработана технология ультразвуковой ударной обработки для снятия остаточных сварочных напряжений в высоконагруженном узле – зоне врезки патрубка в первый пояс стенки вертикального цилиндрического резервуара из низколегированной стали 09Г2С. Исследование проведено на натурном образце, моделирующем реальный конструктивный элемент.

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

77 | Особенности конструкции стенда для испытаний труб на долговечность

М. Н. Фазлыев, А. А. Батурин, В. В. Бодров, Р. М. Багаутдинов, Е. В. Талалушкин

Рассмотрен уникальный стенд оригинальной конструкции, созданный для ресурсных испытаний труб большого диаметра (от 880 до 1220 мм) длиной от 4000 до 12 200 мм, применяемых в магистральном нефтегазопроводном транспорте. Стенд позволяет моделировать комплексное нагружение внутренним давлением и изгибающим моментом по синусоидальному и трапециевидному законам, что необходимо для оценки долговечности в условиях, близких к эксплуатационным.

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ И КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

84 | Диагностирование и ремонт изоляционного покрытия как мероприятия по повышению надежности эксплуатации объектов магистральных трубопроводов

А. В. Валюшок, Н. Н. Глазов, А. В. Гончаров, А. В. Макаренко

В статье рассмотрены основные методы оценки технического состояния изоляционного покрытия подземных металлических сооружений при проведении коррозионного обследования, а также взаимосвязь выявленных повреждений изоляции с коррозионным состоянием объектов МТ. Уделяется особое внимание причинам возникновения подпленочной коррозии, доля которой весьма значительна, а превентивное выявление при диагностировании электрометрическими методами проблематично.

Content # 1 2026

DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION

- 17 | **Oil pipeline stress-strain state modeling based on geodetic measurement results**
Victor M. Varshitsky, Eldar N. Figarov, Igor B. Lebedenko
To create an on-line calculation tool, calculation schemes for estimating a pipeline's stress-strain state based on geodetic measurements were developed in this paper. As it is impossible to determine the actual curvature of the pipeline axis using the horizontal and vertical position measurements of individual marks, the calculation scheme estimates the maximum possible stress-strain state corresponding to the horizontal and vertical position measurements of the marks. This condition is satisfied by design schemes developed under the assumption that the pipeline does not come into contact with foundation bed.

- 24 | **Bench testing of water accumulations in oil pipelines**
Sergey E. Kutukov, Olga V. Chetvertkova, Rim R. Ulikanov, Ruslan N. Salikhov
The paper presents a phenomenological description of possible water accumulation forms identified in a series of experiments on the water accumulation storage and removal unit of the Transneft R&D, LLC bench with a adjustable profile, and the results of estimating the volume of water accumulating in the ascending section at different pumping speeds. As indicated, the condition for presence of water accumulations has an interval nature. A gradual 'erosion' of the water formation with a consistent change in its shape is observed across the wide performance range.

STRENGTH AND RELIABILITY

- 32 | **Investigating 20L steel stress-strain state and casting quality effect on gate valve bonnet fracture pattern**
Olga A. Zadubrovskaya, Dmitry A. Gavrilov, Andrey A. Bogach, Nail K. Gabdullin
The causes of depressurization of the cast bonnet made of 20L steel of a DN 350, PN 8.0 MPa wedge gate valve were determined by fractographic studies of the crack, mechanical tests and calculation of the stress-strain state of the bonnet.

- 42 | **Pipeline water hammer mathematical model development**
Tatiana B. Mironova, Pavel D. Rekadze, Leonid V. Rodionov
The paper presents a developed finite element model of a water hammer, allowing for calculating not only the liquid behavior in the event of a water hammer, but also the vibration of pipe walls caused by a pressure wave propagating in the pipeline in the event of a water hammer. The water hammer fluid flow and pressure wave propagation model was created in Ansys Fluent software. The model of liquid pressure wave effect on pipeline walls was created in Ansys Transient software. Fluid pressure fields were transferred in the event of a water hammer from Ansys Fluent to Ansys Transient using the ACT Transient FSI Load Mapping extension.

DIGITAL TRANSFORMATION

- 52 | **Analysis of the application of a conservative implicit difference scheme in modeling gravity flow with shallow water approximation**
Anton M. Chionov, Andrey E. Suntsov, Sergey A. Korshunov
The purpose of this paper is to experimentally prove the results hereof. An existing large-diameter main pipeline with a length of over 400 km was selected for experimental testing. Its simplified mathematical model was created: pressure sections were modeled using the characterization method, pump stations are calculated in a simplified

manner based on pressure drop, gravity flow sections are calculated using the finite difference method. To model gravity flow areas, an implicit economical difference scheme was plotted, and its stability was analyzed.

- 61 | **Automated processing and analysis of airborne lidar data for geotechnical monitoring**
Alexander I. Baryshev, Elizaveta M. Makarycheva, Elena A. Pokrovskaya, Taras I. Kuznetsov

This paper presents the results of applying automated processing and analysis algorithms to airborne LiDAR data for monitoring the planimetric and elevation position of main pipeline infrastructure and assessing the dynamics of exogenous geological processes. The development and implementation of specialized software has reduced the time required for processing data on the current state of infrastructure, its dynamics, and the development of natural and technogenic processes, while also improving the reliability and accuracy of the analysis results.

WELDING

- 70 | **Effect of ultrasonic impact treatment on residual welding stresses in an insert plate of a tank's first shell ring**
Liana R. Glushkova, Mikhail G. Karavaichenko, Pavel V. Chubukov, Sergey A. Kuteminsky

A technology for ultrasonic impact treatment has been developed to relieve residual welding stresses in a highly stressed structural detail – the nozzle-to-shell junction in the first ring of a vertical cylindrical tank fabricated from 09G2S low-alloy steel. The study was carried out on a full-scale specimen simulating an actual structural element.

MATERIALS AND EQUIPMENT

- 77 | **Design features of pipe durability test bench**
Mars N. Fazlyev, Aleksander A. Baturin, Valery V. Bodrov, Ramil M. Bagautdinov, Eugeny V. Talalushkin
Information is provided about the composition and operation of the bench of original design for durability testing of pipes with a large diameter (880 to 1220 mm) and a length of 4000 to 12200 mm, used in the oil and gas industry for oil and gas transportation, with internal pressure and bending moment under sinusoidal and trapezoidal patterns of monitored parameter variation.

PROTECTION AGAINST CORROSION AND CORROSION FAILURE

- 84 | **Insulation coating diagnostics and repair as measures to improve the reliability of main pipeline facilities**
Andrey V. Valyushok, Nikolay N. Glazov, Andrey V. Goncharov, Aleksey V. Makarenko
The paper discusses the main methods for assessing the technical condition of the insulation coating of underground metal structures during a corrosion survey, as well as the relationship between the identified insulation damage and the corrosion condition of main pipeline facilities. Special attention is paid to the causes of under-film corrosion, as its proportion is very significant, and preventive detection in diagnostics by electrometric methods is problematic.



**Научная специальность:**

2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ;
2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы

УДК 621.643

DOI: 10.28999/2541-9595-2026-16-1-77-83

Особенности конструкции стенда для испытаний труб на долговечность

Design features of pipe durability test bench

М. Н. Фазлыев^а, А. А. Батури^б, В. В. Бодров^б, Р. М. Багаутдинов^б, Е. В. Талалушкин^б

Mars N. Fazlyev^a, Aleksander A. Baturin^b, Valery V. Bodrov^b, Ramil M. Bagautdinov^b, Eugeny V. Talalushkin^b

77

^а ПАО «Транснефть», Пресненская набережная, 4, стр. 2,
123112, Москва, Россия

^б ООО «Уральский инжиниринговый центр»,
ул. Рождественского, 6, 454007, Челябинск, Россия

^а Transneft, 4, bldg 2 Presnenskaya Embankment, Moscow, 123112,
Russian Federation

^б Ural Engineering Center LLC, 6, Rozhdestvenskaya St., Chelyabinsk,
454007, Russian Federation

Аннотация

Рассмотрен уникальный стенд оригинальной конструкции, созданный для ресурсных испытаний труб большого диаметра (от 880 до 1220 мм) длиной от 4000 до 12 200 мм, применяемых в магистральном нефтегазопроводном транспорте. Стенд позволяет моделировать комплексное нагружение внутренним давлением и изгибающим моментом по синусоидальному и трапециевидному законам, что необходимо для оценки долговечности в условиях, близких к эксплуатационным. Оборудование разработано по техническому заданию ПАО «Транснефть» и ООО «НИИ ТНН» и изготовлено на производственной базе ООО «Уральский инжиниринговый центр» в Челябинске. В статье детально описаны компоновка, конструктивные особенности ключевых узлов, устройство гидравлической системы, обеспечивающей циклическое нагружение, и архитектура системы управления технологическим процессом. Представленные технические решения направлены на повышение точности и достоверности испытаний, что критически важно для подтверждения прочностных характеристик и безопасного срока службы труб.

Ключевые слова:

стенд для испытания труб на долговечность;
гидравлическая система; система управления

Для цитирования

Особенности конструкции стенда для испытаний труб на долговечность / М. Н. Фазлыев [и др.] // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2026. Т. 16. № 1. С. 77–83.

Abstract

Information is provided about the composition and operation of the bench of original design for durability testing of pipes with a large diameter (880 to 1220 mm) and a length of 4000 to 12200 mm, used in the oil and gas industry for oil and gas transportation, with internal pressure and bending moment under sinusoidal and trapezoidal patterns of monitored parameter variation. The bench was created according to the terms of reference developed by Transneft, PJSC and NII TNN, LLC, and manufactured at LLC "Ural Engineering Center" (Chelyabinsk). The design features of main technical solutions, hydraulic system and control system design of the bench are discussed.

Keywords:

pipe durability test bench; hydraulic system; control system

For citation

Fazlyev M. N., Baturin A. A., Bodrov V. V., Bagautdinov R. M., Talalushkin E. V. Design features of pipe durability test bench. Science & Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation. 2026;16(1):77–83.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование прочности, ресурса, стойкости к внешним механическим нагрузкам и сейсмическим воздействиям труб, применяемых в нефтегазовой промышленности, предполагает проведение соответствующих стендовых испытаний. Результатом указанных исследований может стать определение сроков безопасной эксплуатации и ремонта труб, внесение поправочных коэффициентов в методики расчетов (при несоответствии расчетных и фактических показателей работы труб).

С учетом разных размеров труб, используемых для транспортировки нефти и газа, и задач их испытаний существует достаточно большое число предложений по исполнению стендов для проведения испытаний труб^{1–7}[1–4].

В связи с многообразием технических требований, предъявляемых в каждом конкретном случае к стенду для испытаний труб, подобные стенды разнообразны по своей конструкции. Новый стенд, размещенный в ЦТД «Диаскан», во многом отличается от известных аналогов и является уникальным.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ

Для проведения натурных испытаний труб большого диаметра (от 880 до 1220 мм) длиной от 4000 до 12 200 мм на долговечность внутренним давлением и поперечными силами, создающими изгибающий момент, и доведения трубы до потери устойчивости в ООО «Уральский инжиниринговый центр» (Челябинск) по техническому заданию ПАО «Транснефть» разработан испытательный стенд оригинальной конструкции (рис. 1)⁸.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Стенд предназначен для проведения исследований и испытаний прочности, ресурса, стойкости к внешним механическим нагрузкам и сейсмическим воздействиям труб, применяемых в ПАО «Транснефть», включая дефектные, а также отремонтированные по разным технологиям трубы, с режимами испытаний, имитирующими:



Рис. 1. Общий вид испытательного стенда
Fig. 1. General view of the test bench

– циклическое воздействие внутреннего давления и изгибающего момента при эксплуатации трубопровода;

– работу участков трубопроводов, имеющих изгиб с радиусом $R_{изг}$, превышающим $1000 \cdot D_n$ (D_n – наружный диаметр трубы), подверженных циклическому нагружению внутренним давлением и изгибающим моментом;

– работу участков трубопроводов с $D_n = 1220$ мм и толщиной стенки $\delta_{ст}$ до 16 мм, предварительно изогнутых до уровня $R_{изг} < 1000 \cdot D_n$, в том числе до потери устойчивости (образования гофров), подверженных циклическому нагружению внутренним давлением.

Нагружение испытываемых труб как внутренним давлением, так и изгибающим моментом может производиться по заданному закону, в том числе синусоидальному и трапецеидальному. Стенд допускает проведение указанных видов испытаний как по отдельности, так и в комплексе. Схема приложения нагрузок на испытываемый образец трубы представлена на рис. 2⁹ [5–7].

В состав стенда для испытаний труб на долговечность входят:

- механическое оборудование стенда;
- гидравлическая система приводов нагружения трубы изгибающим моментом и внутренним давлением;
- силовое электрооборудование;
- система автоматического управления испытаниями трубы внутренним давлением и поперечными силами (изгибающим моментом);

¹ Ружицкий Б. М. Установка для испытания сварных соединений трубчатых образцов : авторское свидетельство СССР № 170720 // Бюл. изобретений. 1965. № 9.

² Карпов С. В. Устройство для испытания труб на изгиб в условиях внутреннего давления : авторское свидетельство СССР № 1145271 // Бюл. изобретений. 1985. № 10.

³ Жаров В. Н., Щербюк Н. Д., Юшук В. М., Якубовский Н. В. Стенд для испытаний нефтепромысловых труб и их соединений : авторское свидетельство СССР № 1174558 // Бюл. изобретений. 1985. № 31.

⁴ Борзунов Б. Н., Рогозин Л. С. Стенд для гидравлического испытания труб : патент 2097725 РФ // Бюл. изобретений. 1997. № 30.

⁵ Зинин Г. А., Мирошник А. Д., Васин Е. С., Соловьев В. А. Стенд для испытания труб внутренним давлением и на изгиб и гидравлическая система стенда : патент 2222800 РФ // Бюл. изобретений. 2004. № 3.

⁶ Студенов Е. П., Скородумов С. В., Соловьев В. А. Способ испытаний труб на долговечность : патент 2591873 РФ // Бюл. изобретений. 2016. № 20.

⁷ Наумкин Е. А., Мингажев А. Д., Кузеев И. Р., Амиров Р. А., Давлеткулов Р. К., Махиянов И. Ф., Шарипов Д. И. Стенд для создания в трубном образце сложнапряженного состояния : патент на полезную модель 184640 РФ // Бюл. изобретений. 2018. № 31.

⁸ Бодров В. В., Багаутдинов Р. М., Батулин А. А., Талалушкин Е. В. Стенд для испытаний труб внутренним давлением и на изгиб : патент 2691271 РФ // Бюл. изобретений. 2019. № 17.

⁹ СП 411.1325800.2018. Трубопроводы магистральные и промысловые для нефти и газа. Испытания перед сдачей построенных объектов.

– информационно-измерительная система тензометрии.

Конструктивно стенд выполнен в виде двух опорных тележек (опор испытываемого образца) и двух порталов с нагружающими гидроцилиндрами. Для установки на стенд разных типоразмеров труб применяется сменная оснастка. Опоры и порталы перемещаются по опорным элементам, установленным на силовую плиту (фундамент). Опорные элементы жестко связаны с силовым фундаментом стенда, воспринимающим все возникающие при испытаниях нагрузки. Диапазон перемещения опор и порталов позволяет испытывать образцы с длиной до 21 м и плечом приложения силы до 7 м.

Силовой фундамент стенда рассчитан на максимальные нагрузки, возможные при испытаниях. Максимальная сила одного портала – 5000 кН, максимальный момент – до 35 000 кН·м.

Перед началом испытаний порталы стенда отведены в положение, не препятствующее установке натурального образца трубы на опоры (рис. 3).

После установки натурального образца трубы на опоры порталы сводятся (рис. 4) до положения, обеспечивающего необходимую схему приложения сил при испытании на изгиб. Подъем верхнего хомута портала над трубой обеспечивает свободное прохождение портала.

Портал представляет собой рамную конструкцию, установленную на четырех колесных узлах. Непосредственно на портале установлены два гидроцилиндра, оснащенных датчиками силы и датчиками положения. На проушинах гидроцилиндров подвешен хомут, который передает усилие от гидроцилиндров на испытываемую трубу. Нагружающий хомут оснащен датчиком продольного и поперечного крена. Шарнирный подвес хомута обеспечивает компенсацию неточностей геометрии испытываемого образца при установке и компенсацию деформаций трубы в процессе испытаний.

При испытании трубы возникающие силы стремятся поднять портал. Силовое замыкание портала на фундамент обеспечивают четыре Т-образных захвата, охватывающих головку опорного элемента. При движении портала по всем поверхностям Т-образных элементов обеспечен зазор. После установки портала на позиции испытаний или для фиксации портала в любом произвольном положении предусмотрены четыре механических домкрата с приводом от гидромотора, позволяющих вывешивать портал на опорах, обеспечивая контакт Т-образных элементов с опорами. Высота подъема портала составляет 5 мм.

После перемещения порталов или подъема опускания хомута, нагружающее устройство может отклониться от вертикали. В составе оборудования портала предусмотрен механизм

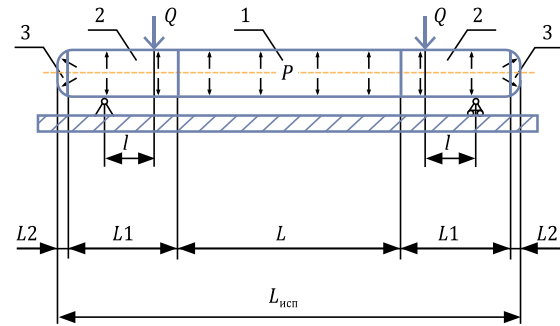


Рис. 2. Схема приложения нагрузок при испытании натуральных образцов труб на долговечность: 1 – трубная секция; 2 – проставка; 3 – днище; $L_{\text{исп (max)}} = 21 \text{ м}$
Fig. 2. Load application scheme of full-scale pipe sample durability testing: 1 – pipe section; 2 – spacer; 3 – bottom; $L_{\text{test (max)}} = 21 \text{ m}$

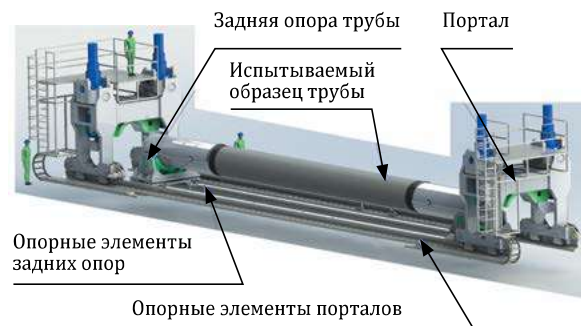


Рис. 3. Исходное состояние стенда перед испытанием трубы
Fig. 3. Initial bench state prior to pipe testing



Рис. 4. Состояние стенда перед началом испытаний
Fig. 4. Bench state prior to testing

установки нагружающего устройства в вертикальное положение. Установку вертикальности необходимо выполнять всегда перед опусканием нагружающего устройства на испытываемую трубу. Привод установки вертикали нагружающего устройства, работает только в верхнем положении нагружающего устройства. При работе привода, гидроцилиндры совершают один рабочий ход до базовых упоров. После установки нагружающего устройства на упоры, гидроцилиндры отводятся в исходное положение.

Опора трубы (рис. 5) представляет собой тележку 2, установленную на силовых роликовых опорах 6. На тележке установлена платформа 1 с хомутом 3. Свободное перемещение

задних опор трубы в процессе испытаний позволяет разгрузить элементы стенда и испытываемую трубу от действия паразитных продольных нагрузок. Конструкция роликовых опор рассчитана на восприятие сил, действующих на заднюю опору при испытании трубы. При проведении испытаний труб одна из опор должна быть зафиксирована от продольного перемещения (установлено фиксирующее устройство), вторая опора трубы должна быть освобождена.

Хомут опоры подвешен на тележке на двух сферических подшипниках, обеспечивающих необходимую свободу шарнирному креплению трубы при испытаниях. Максимальный угол поворота опорного хомута на подшипниках до упора в ребра 20° , максимальный угол поворота при испытаниях при полном выдвигении гидроцилиндра и плече 3000 мм – $6,8^\circ$.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Гидравлическая система стенда с точки зрения используемой рабочей жидкости является комбинированной, а именно: для испытания трубы внутренним давлением используется водная эмульсия, для нагружения трубы изгибающим моментом, а также создания потока водной эмульсии высокого давления (применяемой для нагружения трубы внутренним давлением) используются гидроприводы, работающие на гидравлическом масле.

В качестве рабочей жидкости для испытания труб внутренним давлением используется водная эмульсия. Оборудование для приготовления, хранения, перекачки и фильтрации эмульсии входит в состав стенда. Для заполнения трубы эмульсией и повышения ее давления до начального установленного уровня, а также откачки эмульсии из трубы после проведения испытаний используется центробежный насос.

Для обеспечения изменения давления эмульсии в трубе, подлежащей испытаниям, по заданному закону используются масляно-эмульсионные гидропреобразователи.

Применение гидропреобразователей с использованием в качестве второй рабочей жидкости гидравлического масла обусловлено тем, что гидравлические устройства, работающие на масле, имеют более широкую номенклатуру и функциональные возможности, обладают большими доступностью и долговечностью и при прочих равных условиях более низкой стоимостью.

Каждый гидропреобразователь выполнен с датчиком положения его подвижных частей (поршней со штоком), установленным со стороны масляного гидроцилиндра.

Нагружение трубы изгибающим моментом осуществляется посредством четырех идентич-

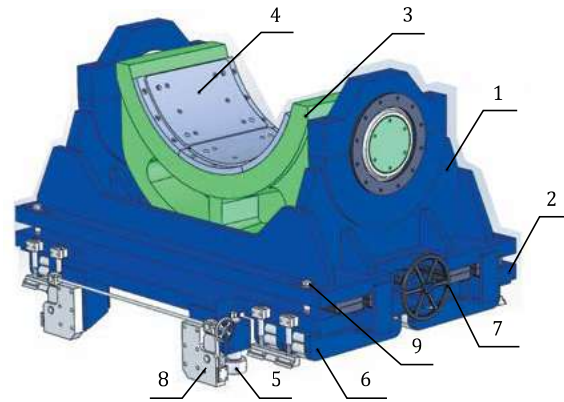


Рис. 5. Опора трубы: 1 – платформа; 2 – тележка; 6 – силовые роликовые опоры; 3 – хомут; 4 – переходная оснастка; 5 – направляющие ролики; 7 – привод поперечного перемещения платформы; 8 – тормоз тележки; 2, 9 – болты фиксации платформы на тележке
Fig. 5. Pipe support: 1 – platform; 2 – trolley; 6 – power roller supports; 3 – clamp; 4 – adapter; 5 – guide rollers; 7 – drive for transverse movement of the platform; 8 – trolley brake; 2, 9 – bolts for fixing the platform on the trolley

ных поршневых гидроцилиндров двухстороннего действия с двухсторонним штоком, с гидростатическими опорами штоков и щелевыми уплотнениями поршня. Применение гидроцилиндров с гидростатическими опорами штоков позволяет значительно снизить силы трения в подвижных частях, что в свою очередь приводит к увеличению точности позиционирования и увеличения точности поддержания заданных законов изменения изгибающего момента.

Указанные гидроцилиндры снабжены датчиком положения поршня со штоками. Для автоматического дистанционного контроля значения силы, создаваемой гидроцилиндром, используется датчик силы

В составе насосной установки стенда, работающей на гидравлическом масле, можно выделить четыре группы насосов:

- группу силовых насосов для питания рабочей жидкостью высокого давления гидропривода нагружения трубы внутренним давлением;
- группу силовых насосов для питания рабочей жидкостью высокого давления гидропривода нагружения трубы изгибающим моментом;
- группу силовых насосов для питания рабочей жидкостью высокого давления гидростатических опор нагружающих гидроцилиндров и для осуществления управления двухкаскадными направляющими и пропорциональными гидрораспределителями;
- группу насосов низкого давления для осуществления кондиционирования (фильтрации, нагрева и охлаждения) рабочей жидкости и создания подпора на входе силовых насосов.

Все силовые насосы являются одинаковыми. Это аксиально-поршневые регулируемые насосы, оснащенные регулятором давления

с дистанционным управлением. Для дистанционного управления давлением настройки регуляторов силовых насосов каждой из вышеуказанных групп используется соответствующий предохранительный клапан с пропорциональным электрическим управлением.

Выбор параметров гидросистемы стенда выполнен из условия обеспечения всех предъявляемых к стенду требований для случая проведения самых напряженных с точки зрения потребляемой энергии испытаний. В соответствии с этим осуществлен, в частности, выбор числа и типоразмеров силовых насосов, числа масляно-эмульсионных гидропреобразователей для нагружения труб внутренним давлением, числа и типоразмеров насосов системы кондиционирования (фильтрации и охлаждения) гидравлического масла, числа и типоразмеров теплообменных аппаратов с воздушным охлаждением [2].

При работе стенда вся потребляемая энергия в конечном итоге преобразуется в тепловую энергию и теряется. В связи с этим для минимизации потерь энергии в процессе проведения испытаний актуальной является задача выбора рационального числа силовых насосов и их рабочего давления, а также числа циркуляционных насосов и используемых теплообменных аппаратов на основании данных о параметрах трубы, подлежащей испытанию, и о требуемых режимах проведения испытаний¹⁰ [8–11].

Потребление энергии при эксплуатации стенда оптимизировано. В процессе работы стенда, на основании данных о параметрах трубы и требуемых режимах проведения испытаний, система управления устанавливает давление настройки регуляторов силовых насосов в соответствии с требуемым законом изменения контролируемого параметра с запасом на гидравлические и механические потери, необходимым для гарантированного решения задач регулирования, и производит корректировку алгоритма регулирования давления настройки регуляторов силовых насосов на этапе работы гидроприводов с попутной нагрузкой^{11, 12}.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДА

В соответствии с разработанным техническим заданием автоматизированная система управления технологическим процессом испытательного стенда предназначена для:

– сбора и обработки информации с контрольно-измерительных приборов в реальном времени;



- формирования управляющих электрических сигналов и обеспечения управления всеми устройствами стенда;
- реализации необходимых блокировок для обеспечения безопасной работы стенда;
- обеспечения контроля и визуализации всех измеряемых параметров;
- обработки и архивации контролируемых параметров в реальном времени.

¹⁰ Бодров В. В., Багаутдинов Р. М., Батулин А. А., Талалушкин Е. В. Стенд для испытаний труб внутренним давлением и на изгиб : патент 2691271 РФ // Бюл. изобретений. 2019. № 17.

¹¹ Электрогидравлический привод с машинно-дрессельным управлением, чувствительный к нагрузке : патент 2759190 РФ // Бюл. изобретений. 2021. № 31.

¹² Гойдо М. Е., Бодров В. В., Багаутдинов Р. М. Способ управления электрогидравлическим следящим приводом : патент РФ № 2759191 // Бюл. изобретений. 2021. № 31.

Система управления обеспечивает измерение и регистрацию следующих параметров:

- усилия нагружения;
- моменты нагружения;
- давление нагружения в испытываемой трубе;
- перемещение гидроцилиндров нагружения;
- давление в гидроцилиндрах нагружения;
- давление насосной станции;
- положение конструкций стенда;
- температура рабочей жидкости;
- уровень рабочей жидкости;
- состояние сервоклапанов.

Системы управления, автоматизации и регистрации данных испытательного комплекса организованы на однотипном оборудовании на базе станций распределенного ввода – вывода с применением устройств удаленной периферии.

Система легко расширяемая как аппаратно, так и программно. Принцип построения системы модульный с минимизированным числом применяемых элементов.

Подсистема обработки и архивации контролируемых параметров в реальном времени обеспечивает:

- отображение, документирование и архивирование информации;
- формирование журнала событий;
- формирование отчета о проведении испытаний;
- осуществление контроля процессом испытаний с выдачей предупредительных сообщений;
- осуществление ведения файлов предыстории (оперативный архив) и долгосрочного архивирования данных (исторический архив).

Параметры и результаты испытаний фиксируются в виде диаграммы зависимости величины испытательного давления и прикладываемых к трубе поперечных усилий, создающих изгибающий момент от времени выдержки. Диаграмма выводится на экран оператора пресса в реальном времени.

Программно-аппаратные средства защиты системы управления обеспечивают защиту от несанкционированного доступа.

На случай возникновения любого отказа, в том числе – полной потери питания, обеспечена сохранность информации и защита программного обеспечения за счет применения энергонезависимой памяти, бесперебойного питания и организации регулярного резервного копирования на энергонезависимые носители с помощью специализированного программного обеспечения.

Выбор (задание) вида испытаний и закона изменения контролируемых параметров осуществляется оператором с использованием автоматизированного рабочего места (АРМ) стенда.

В системе управления стенда предусмотрено автоматическое определение необходимых параметров работы его гидросистемы на основании данных о параметрах трубы, под-

лежащей испытанию, и требуемых, которые вводятся оператором стенда в интерактивном режиме с использованием АРМ стенда.

Все вычисления производятся с помощью компьютера с использованием специального программного обеспечения, разработанного на основании соответствующего математического обеспечения.

Создание данного стенда является важной составляющей изучения трубных сталей, находящихся в эксплуатации до 50 лет, в соответствии с научной программой ПАО «Транснефть», важной задачей которых является отработка управления циклическим нагружением магистральных нефтепроводов, составляющих нефтепроводную систему РФ.

ВЫВОДЫ

Спроектированный испытательный стенд позволяет проводить циклическое нагружение, исследования прочности, ресурса, стойкости к внешним механическим нагрузкам и сейсмическим воздействиям труб большого диаметра, в частности, труб, используемых в нефтегазовой отрасли промышленности. Результатом указанных исследований может стать определение сроков безопасной эксплуатации и ремонта труб, внесение поправочных коэффициентов в методики расчетов (при несоответствии расчетных и фактических показателей работы труб).

Список литературы

- [1] Стенд для проведения ресурсных испытаний при циклическом нагружении внутренним давлением стальных труб большого диаметра / В. В. Бодров [и др.] // Инновации и импортозамещение в трубной промышленности (Трубы – 2016) : труды XXII Международной научно-практической конференции. Челябинск : РосНИТИ, 2016. С. 115–118.
- [2] Выбор рациональных параметров работы гидросистемы испытательного стенда перед проведением натуральных испытаний трубы на долговечность / А. А. Батулин [и др.] // Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития : сборник статей XII Всероссийской научно-технической конференции, 1 июля 2022 г. Санкт-Петербург : Политех-Пресс, 2022. С. 311–325.
- [3] Козик А. Н. Испытания нефтепроводных труб внутренним давлением // Строительство. Прикладные науки. Инженерные сети. Серия F : вестник Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. 2011. № 8. С. 110–114.
- [4] Гидравлические испытания действующих нефтепроводов / Р. С. Зайнулин [и др.]. М. : Недра, 1990. 206 с.
- [5] Старение труб нефтепроводов / А. Г. Гумеров [и др.]. М. : Недра, 1995. 218 с.
- [6] Трубы нефтепроводные. Метод испытания внутренним давлением до разрушения : СТБ 1162-2011. Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2011. 16 с.
- [7] Усовершенствование технологии гидравлических испытаний трубопроводов / Г. С. Шарнина [и др.] // Деловой журнал NEFTEGAZ.RU. 2024. № 10. С. 20–23.
- [8] Прогноз разрушающего давления трубопровода с продольной трещиной по разрушающей нагрузке образца

с трещиной / В. М. Варшицкий [и др.] // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2024. Т. 14. № 5. С. 432–439.

[9] Cavitation testing results for a tortuous path control valve / W. J. Rahmeyer, H. L. Miller, S. V. Sherikar // Cavitation and Multiphase Flow : Book № G00960. New York : ASME Press, 1995. Vol. 212. P. 143–150.

[10] Теоретическое обоснование оптимальных параметров гидравлических испытаний промышленных трубопроводов / М. Я. Хабибуллин [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. № 2. С. 118–124.

[11] Letellier C. Intermittency as a transition to turbulence in pipes: A long tradition from Reynolds to the 21st century // Comptes Rendus Mécanique. 2017. Vol. 345. No 9. P. 642–659.

References

[1] Bodrov V. V., Bagautdinov R. M., Baturin A. A., Bukharov I. V. Stand for conducting resource tests under cyclic loading by internal pressure of large-diameter steel pipes. Innovations and import substitution in the pipe industry (Pipes – 2016) : proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference. Chelyabinsk: RosNITI Publ.; 2016. P. 115–118. (In Russ.)

[2] Baturin A. A., Bodrov V. V., Bagautdinov R. M., Goido M. E., Talalushkin E. V. Selection of rational operating parameters of the test bench hydraulic system before full-scale pipe durability tests. Hydraulic Machines, Hydraulic Drives and Hydropneumatic Automation. Current State and Development Prospects : collection of articles of the XII All-Russian Scientific and Technical Conference, July 1, 2022. Saint Petersburg: Politech-Press Publ.; 2022. P. 311–325. (In Russ.)

[3] Kozik A. N. Testing of oil pipeline pipes by internal pressure. Construction. Applied Sciences. Engineering Networks. Series F: Bulletin of Polotsk State University named after Euphrosyne of Polotsk. 2011(8):110–114. (In Russ.)

[4] Zainulin R. S., Mikhailov V. P., Chernyshov A. A., Yakovlev A. V. Hydraulic testing of operating oil pipelines. Moscow: Nedra Publ.; 1990. 206 p. (In Russ.)

[5] Gumerov A. G., Zaitsev A. V., Konyukhov V. N., Sharapov R. R. Aging of oil pipeline pipes. Moscow: Nedra Publ.; 1995. 218 p. (In Russ.)

[6] Oil pipeline pipes. Method of testing by internal pressure to failure : STB 2162-2011. Minsk: State Standard of the Republic of Belarus, 2011. 16 p. (In Russ.)

[7] Sharnina G. S., Belov A. V., Voronin D. V., Karasev A. B. Improvement of pipeline hydraulic testing technology. Business journal NEFTEGAZ.RU. 2024(10):20–23. (In Russ.)

[8] Varshitsky V. M., Ivanov S. K., Petrov A. A., Smirnov D. V. Prediction of the failure pressure of a pipeline with a longitudinal crack based on the failure load of a specimen with a crack. Science & Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation. 2024;14(5):432–439. (In Russ.)

[9] Rahmeyer W. J., Miller H. L., Sherikar S. V. Cavitation testing results for a tortuous path control valve. Cavitation and Multiphase Flow : Book No. G00960. New York: ASME Press, 1995;212:143–150.

[10] Khabibullin M. Ya., Galiullin A. R., Ibatullin R. R., Fedorov A. V. Theoretical justification of optimal parameters for hydraulic testing of field pipelines. Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2019(2):118–124. (In Russ.)

[11] Letellier C. Intermittency as a transition to turbulence in pipes: A long tradition from Reynolds to the 21st century. Comptes Rendus Mécanique. 2017;345(9):642–659.

*Дата поступления рукописи в редакцию 10.09.2025,
одобрено после доработки 13.11.2025,
принято к опубликованию 21.01.2026
Date of receipt of the manuscript
by the editorial office September 10 2025,
approved after revision on November 13 2025,
in final form on January 21 2026*

Сведения об авторах

Authors' credentials



М. Н. Фазлыев,
заместитель вице-президента
ПАО «Транснефть», Москва, Россия
Mars N. Fazlyev, Deputy Vice President,
Transneft, PJSC, Moscow,
Russian Federation
FazlyevMN@transneft.ru



А. А. Батурин,
к. т. н., доцент, главный инженер
ООО «Уральский инжиниринговый
центр», Челябинск, Россия
Aleksander A. Baturin, Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor, Chief Engineer,
Ural Engineering Center, LLC,
Chelyabinsk, Russian Federation
baturin@cheltec.ru



В. В. Бодров,
к. т. н., директор по стратегическому
развитию, ООО «Уральский
инжиниринговый центр»,
Челябинск, Россия
Valery V. Bodrov, Cand. Sci. (Eng.),
Director for Strategic Development,
Ural Engineering Center, LLC,
Chelyabinsk, Russian Federation
vbodrov@cheltec.ru



Р. М. Багаутдинов,
генеральный директор
ООО «Уральский инжиниринговый
центр», Челябинск, Россия
Ramil M. Bagautdinov, General
Director, Ural Engineering Center, LLC,
Chelyabinsk, Russian Federation
baga@cheltec.ru



Е. В. Талалушкин,
ведущий конструктор
ООО «Уральский инжиниринговый
центр», Челябинск, Россия
Eugeny V. Talalushkin, Lead Designer,
Ural Engineering Center, LLC,
Chelyabinsk, Russian Federation
talalushkin@mail.ru