

Аннотация
диссертационной работы

на тему «Исследование лавинных разрушений и разработка способов предупреждения их в магистральных газопроводах» представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07320 –«Строительство»

ИБРАИМОВА ҰЛЖАН БАХЫТЖАНҚЫЗЫ

Целью исследования является теоретические и экспериментальные исследования протяженных разрушений магистральных стальных газопроводов и разработка конструктивного способа локализации и остановки трещины разрушения с использованием способа предварительного напряжения.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие **научные задачи:**

– проведен литературный обзор аварий и внештатных ситуации на магистральных газопроводах и факторов, вызывающих их разрушение, а также обзор работ посвященных исследованиям их лавинных разрушений. Проведен анализ нормативной базы по безопасной эксплуатации и предупреждению лавинных разрушений магистральных стальных газопроводов:

- обоснована возможность применения способа предварительного напряжения обмоткой для локализации и остановки лавинных разрушений на магистральных газопроводах;

- проведены теоретические исследования лавинных разрушений и напряженно-деформированного состояния магистральных газопроводов традиционного конструктивного решения при различных условиях эксплуатации на основе метода конечных элементов в программном комплексе ANSYS;

- проведены экспериментальные исследования моделей традиционной и предварительно напряженной конструкций магистрального газопровода при различных параметрах предварительного напряжения и эксплуатационных условиях и обоснована возможность и эффективность локализации и остановки трещины разрушения в трубопроводе предварительно напряженной обмоткой;

-проведены теоретические исследования остановки и локализации протяженных разрушений газопроводов предварительно напряженной обмоткой и изучено влияние конструктивных параметров предварительно напряженной обмотки на локализацию трещины разрушения в трубопроводе.

-разработана методика инженерного расчета и оптимального проектирования предварительно напряженных магистральных газопроводов для предупреждения их лавинных разрушений, локализации и остановки трещины разрушения.

Объект исследования. Магистральные стальные газопроводы для транспортировки товарного газа.

Предмет исследования. Лавинные разрушения магистральных стальных газопроводов вследствие быстрого распространения трещины разрушения, а также изучение факторов вызывающих это разрушение.

Методы исследования. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния, характера распространения трещины разрушения традиционного и предварительно напряженного трубопровода, особенностей влияния конструктивных параметров предварительно напряженной обмотки на процесс лавинного разрушения, а также изучение влияния температуры на процесс протяженного лавинного разрушения магистральных газопроводов проведены с использованием программного комплекса ANSYS основанного на методе конечных элементов. Достоверность результатов экспериментальных исследований обеспечивалось использованием современных апробированных методов исследования с использованием современных приборов и оборудования. Моделирование геометрических размеров магистральных газопроводов произведено на основе критериев механического подобия между моделью и натурным резервуаром, основанного на анализе размерностей.

Достоверность выбранных расчетных моделей обоснована применением стандартного, широко используемого в технических расчетах программного комплекса ANSYS, а также результатами экспериментальных исследований моделей магистральных трубопроводов.

Основные положения (доказанные научные гипотезы и другие выводы, являющиеся новыми знаниями), выносимые на защиту:

- зависимости критериев лавинного разрушения магистрального газопровода традиционной и предварительно напряженной конструкций от эксплуатационных условий и конструктивных параметров предварительного напряжения, полученных на основе метода конечных элементов с реализацией в программном комплексе ANSYS;

- полученные зависимости раскрытия (ширины) и длины трещины разрушения в магистральных стальных газопроводах от эксплуатационных условий, конструктивных решений и параметров предварительного напряжения;

- результаты экспериментальных исследований моделей традиционной и предварительно напряженной конструкции магистрального газопровода при различных параметрах предварительного напряжения и эксплуатационных условиях;

- результаты обоснования возможности и эффективности локализации и остановки трещины разрушения в трубопроводе предварительно напряженной обмоткой;

- методика инженерного расчета и оптимального проектирования предварительно напряженных магистральных газопроводов для предупреждения их лавинных разрушений, локализации и остановки трещины разрушения.

Актуальность темы. На сегодняшний день газ, как и нефть, является основным источником энергии для многих потребителей в мире. В течение последних десятилетий роль и значение природного газа в энергобалансе мировой экономики постоянно возрастает, что обусловлено как его высокой эффективностью в качестве энергетического ресурса и сырья для промышленности, так и повышенной, в сравнении с нефтью и углем, экологичностью. С 1980 года по 2020 год темп прироста потребления природного газа составил 168%, при этом темп прироста потребления нефти за аналогичный период - 44%, а угля -102%. В среднем, потребление газа растет на 7% в год. На текущий момент в мире доказанные запасы природного газа составляют 138 трлн. м³. По доказанным запасам природного газа Республика Казахстан занимает 14 место с 2.7 трлн м³. Очевидно, что будет продолжаться интенсивное строительство и реконструкция стальных газопроводов, и уделяться огромное внимание поддержанию их в работоспособном и технически пригодном состоянии. Очевидно и то, что будут выделяться значительные средства на восстановление несущей способности существующих стальных магистральных газопроводов. Так как строительство и эксплуатация стальных магистральных газопроводов связаны с большими материальными затратами, пожаро - и взрывоопасностью, риском загрязнения окружающей среды, опасностью для жизни людей их относят к особо ответственным сооружениям. Проектирование и строительство таких сооружений должно базироваться на строго обоснованных научных положениях и технически возможных, принципиально новых конструктивных разработках, а также на оптимальных и экономически выгодных конструктивных решениях. Особую важность проблеме придает и тот момент, что в Казахстане износ газопроводов составляет более 70%.

В этой связи исследование лавинных разрушений и разработка способов предупреждения их в магистральных газопроводах является актуальным и своевременным.

Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы. Разработка темы обусловлена необходимостью разработки способов предупреждения лавинных разрушений в магистральных стальных газопроводах с учетом эксплуатационных условий, а также необходимость разработки соответствующих методик проектирования и расчета.

Описание основных результатов исследования.

Проведены теоретические исследования лавинных разрушений и напряженно-деформированного состояния магистральных газопроводов традиционного конструктивного решения при различных эксплуатационных условиях на основе метода конечных элементов в программном комплексе ANSYS и получены зависимости параметров раскрытия трещины разрушения на стенке трубопровода от внутреннего давления и температуры эксплуатации.

Проведены теоретические исследования процесса протяженных разрушений предварительно напряженных обмоткой газопроводов и изучено влияние конструктивных параметров предварительно напряженной обмотки на локализацию трещины разрушения в трубопроводе. Получены зависимости параметров раскрытия трещины разрушения от конструктивных решений и параметров (шаг, усилие и угол навивки нити) обмотки.

Проведены лабораторные испытания моделей традиционной и предварительно напряженной конструкций магистрального газопровода при различных параметрах предварительного напряжения и эксплуатационных условиях. По результатам экспериментов обоснована возможность и эффективность локализации и остановки трещины разрушения в трубопроводе предварительно напряженной обмоткой. Полученные в результате экспериментов результаты являются новыми в силу новизны поставленной цели и задач исследования.

По результатам проведенных исследования разработана и предложена методика инженерного расчет и оптимального проектирования предварительно напряженных магистральных газопроводов для предупреждения их лавинных разрушений, локализации и остановки трещины разрушения, которая позволяет решить задачу предупреждения лавинных разрушений в магистральных газопроводах с учетом параметров предварительного напряжения и условий эксплуатации.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам. Работа выполнялась в соответствии с грантовым финансированием научных и (или) научно-технических проектов на 2023-2025гг. по теме: AP19680589 «Разработка научных основ сопротивляемости магистральных газопроводов протяженному лавинному разрушению», финансируемым Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Личный вклад автора. Автором обоснована актуальность темы диссертации, поставлены цель и задачи исследования, проведены численные исследования магистральных газопроводов с учетом эксплуатационных условий и конструктивных параметров предварительного напряжения. Проведены экспериментальные исследования предварительно напряженных магистральных газопроводов на уменьшенных моделях, смоделированных на основе классической теории подобия. Автором получены достоверные и обоснованные научные результаты, на основании которых сформулировано заключение и проведена апробация результатов исследования.

Апробация работ. Основные результаты диссертационной работы изложены в 4-х научных статьях, три из которых индексированы в базе данных Scopus с показателем процентиля не менее 71 и в базе данных Web of Science с показателем квартиля Q1- Q2. Получен один патент на полезную модель в Национальном институте интеллектуальной собственности Республики Казахстан.

Публикации

1. Ibrahimova U., Zhangabay N., Tursunkululy T., Rakhimov M., Dossybekov S., Kolesnikov A., Karshyga G., Tengebayev N., Zhirenbayeva N., Liseitsev Y. Development of method for calculation of pre-stained steel cylindrical sheaths in view of the winding angle, pitch and thickness. Case Studies in Construction Materials. Volume 19, December 2023, e02233. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02233>
2. Zhangabay N., Ibrahimova U., Suleimenov U., Moldagaliyev A., Buganova S., Jumabayev A., Kolesnikov A., Tursunkululy T., Zhiyenkulkyzy D., Khalelova A., Liseitsev Y. Factors affecting extended avalanche destructions on long-distance gas pipe lines: Review. Case Studies in Construction Materials. Volume 19, December 2023, e02376. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02376>
3. Zhangabay N., Ibrahimova U., Bonopera M., Suleimenov U., Avramov K., Chernobryvko M., Utelbayeva A., Uspenskyi B. Finite-Element Modeling of the Dynamic Behavior of a Crack-like Defect in an Internally Pressurized Thin-Walled Steel Cylinder. Applied Sciences 2024, 14(5), 1790. <https://doi.org/10.3390/app14051790>
4. Zhangabay N., Ibrahimova U., Ainabekov A., Buganova S., Moldagaliyev A. Finite-Element Modeling of the Temperature Effect on Extended Avalanche Damage of Gas Main Pipelines. Materials 2024, 17(9), 1963. <https://doi.org/10.3390/ma17091963>
5. Жанабай Н.Ж., Ибраимова У.Б., Сулейменов У.С., Абшенов Х.А., Утелбаева А.Б., Жаңабай А., Дүйсенбеков Б., Молдағалиев А. Способ локализации и остановки лавинного разрушения магистральных газопроводов и нефтепроводов. Патент на полезную модель от 12.04.2024г. за № 9009.

Структура и объем диссертации. В состав диссертационной работы входят следующие элементы: «Термины и определения», «Сокращения и обозначения», «Нормативные ссылки», «Введение», литературный обзор, посвященный проблеме лавинных разрушений магистральных газопроводов, теоретическая часть, экспериментальная часть и приложение результатов исследования из 4 разделов, «Заключение», «Список использованных источников» и «Приложения».