

УДК 622.691.4.053

*С.В. Алимов¹; Е.М. Вышемирский¹; С.В. Нефедов²; В.М. Силкин²;
Е.Н. Овсянников², e-mail: E_Ovsiannikov@vniigaz.gazprom.ru*

¹ ПАО «Газпром» (Москва, Россия).

² ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Москва, Россия).

Система обеспечения надежности сварных соединений магистральных газопроводов на основе инновационных научно-методических и технологических решений

Рассмотрены результаты теоретических, экспериментальных и внедренческих работ в области обеспечения надежности кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов. Отмечено, что в рамках системы на основе новых подходов к оценке несущей способности сварных соединений и современных технологий неразрушающего контроля разработаны и внедрены нормативно-методические, технические и организационные решения, обеспечивающие повышение достоверности оценок прочности и, как следствие, существенное снижение необоснованной отбраковки и ремонта.

Новизна научно-технической идеи обусловлена разработкой иерархической структуры расчетных моделей и критериев прочности сварных соединений с дефектами, адаптированной к составу исходных данных о свойствах материалов, техническим возможностям применяемой системы неразрушающего контроля и характеристикам нагруженности сварных соединений. Обоснование норм оценки качества сварных соединений выполняется с учетом результатов лабораторных, стендовых и натурных испытаний, проведенных в целях уточненной оценки физико-механических свойств основного металла и металла сварных соединений по широкой группе показателей, включая характеристики трещиностойкости.

Ключевые положения системы реализованы в СТО Газпром 2-2.4-715-2013 «Методика оценки работоспособности кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов».

Положения системы в полном объеме применены при строительстве сухопутных и морских магистральных газопроводов ПАО «Газпром», выборочном и капитальном ремонте, а также при экспертизе технического состояния объектов с признаками нарушения проектного состояния.

Рассмотрены особенности разработки и применения норм оценки качества сварных соединений в рамках реализации инвестиционных проектов магистральных газопроводов ПАО «Газпром».

Ключевые слова: надежность, сварное соединение, нормы оценки качества, дефект, неразрушающий контроль.

.....

*S.V. Alimov¹; Ye.M. Vyshemirskiy¹; S.V. Nefedov²; V.M. Silkin²;
Ye.N. Ovsyannikov², e-mail: E_Ovsiannikov@vniigaz.gazprom.ru*

¹ Gazprom PJSC (Moscow, Russia).

² Gazprom VNIIGAZ LLC (Moscow, Russia).

Reliability assurance system of welded joints of the main gas pipeline based on innovative scientific, methodological and technological solutions

The results of theoretical, experimental and implementation activities in the area of reliability assurance of circular welded joints of the main gas pipelines are considered. It is noted that within the framework of the system based on new approaches to the evaluation of the bearing capacity of the welded joints and advanced non-destructive testing technologies the regulatory and methodological, technical and organizational solutions were developed and implemented to provide a significant increase of strength assessment accuracy and as a result a significant reduction of unjustified rejection and repair.

The novelty of the scientific and technical idea is conditioned by the hierarchical structure development of design models and strength criteria of welded joints with defects adapted to the composition of the initial data on the properties of materials, technical capabilities of the applied system of non-destructive testing and loading performances of welded joints. Welded joints quality assessment standards are justified based on the results of laboratory, bench and field tests conducted with regard to an updated assessment of the physical and mechanical properties of the base metal and welded joints metal within the broad group of parameters, including crack resistance.

Key provisions of the system are implemented in STO Gazprom 2-2.4-715-2013 "Assessment procedure of circular welded joints durability of main gas pipeline".

The provisions of the system are completely applied in the construction of onshore and offshore main gas pipelines of Gazprom PJSC, selective repair and overhaul, as well as in the examination of the facilities technical condition with signs of designed status violation.

The special aspects of the development and application of the quality assessment standards for welded joints within the implementation of investment projects of the main gas pipelines of Gazprom PJSC were considered.

Keywords: reliability, welded joint, quality assessment standards, defect, non-destructive testing.

Общая протяженность магистральных газопроводов большого диаметра, эксплуатируемых ПАО «Газпром», составляет свыше 160 тыс. км, причем более 40 % из них составляют газопроводы, проложенные и эксплуатируемые в сложных природно-климатических и грунтово-геологических условиях Крайнего Севера, Западной Сибири, регионах Дальнего Востока, а также в морских акваториях. К природно-климатическим особенностям указанных регионов относятся экстремально низкие температуры, процессы сезонного промерзания и растепления окружающего трубопровод грунта, наличие участков многолетней мерзлоты, морозное пучение грунта, постоянное и сезонное обводнение территории и другие осложняющие факторы. Специфические трудности возникают при строительстве морских газопроводов, особенно в северных акваториях. В таких условиях необходимо привлечение дополнительных технических, организационных и финансовых ресурсов для обеспечения требуемых темпов строительства морских объектов в условиях короткой навигации.

С технической точки зрения, сварные соединения относятся к наиболее ответственному элементу магистральных газопроводов. Оценка их работоспособ-

ности является одним из определяющих факторов в обеспечении надежной и безопасной эксплуатации и представляет собой актуальную научно-техническую проблему.

В рассматриваемой работе поставлена и решена задача научного обоснования, разработки и внедрения модернизированной системы обеспечения надежности сварных соединений, применение которой обеспечивает надежность и безопасность сварных соединений при одновременном исключении неоправданных затрат на отбраковку и ремонт

при строительстве и эксплуатации объектов транспорта углеводородов.

Само понятие «система обеспечения надежности сварных соединений» объединяет комплекс методологических, научно-технических и организационных решений, направленных на формирование принципиально новых и существенно модернизированных подходов к выполнению сварочных работ и неразрушающему контролю сварных соединений.

На рис. 1 показана связь между исходными проблемами, принципиально воз-

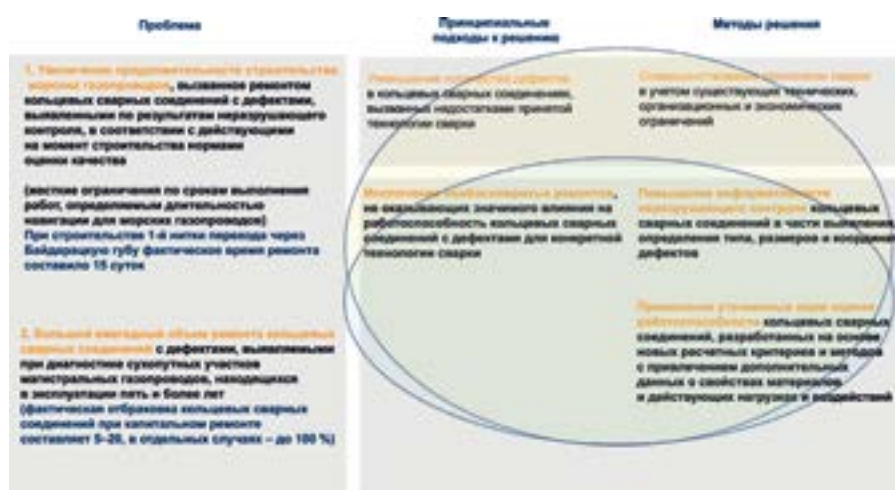


Рис. 1. Актуальность и новизна общей научно-технической идеи

Fig. 1. Relevance and novelty of the general scientific and technical idea

Ссылка для цитирования (for citation):

Алимов С.В., Вышемирский Е.М., Нефедов С.В., Силкин В.М., Овсянников Е.Н. Система обеспечения надежности сварных соединений магистральных газопроводов на основе инновационных научно-методических и технологических решений // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 10. С. 82–86.

Alimov S.V., Vyshemirskiy Ye.M., Nefedov S.V., Silkin V.M., Ovsyannikov Ye.N. Reliability assurance system of welded joints of the main gas pipeline based on innovative scientific, methodological and technological solutions (In Russ.). Territorija «NEFTEGAS» = Oil and Gas Territory, 2016, No. 10, P. 82–86.

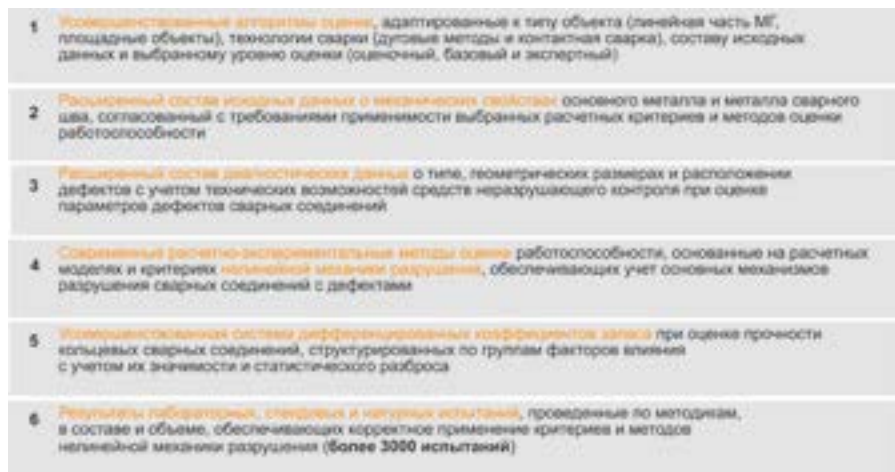


Рис. 2. Факторы, определяющие новизну методологических и научно-технического и организационных решений
 Fig. 2. Factors determining the novelty of methodological and scientific-technological and organizational solutions

можными направлениями их решения и совокупностью конкретных методов, реализованных в рамках указанных направлений. В работе на основе новой методологии и современных технологий неразрушающего контроля разработаны и внедрены нормативно-методические, технические и организационные решения, обеспечивающие существенную экономию при строительстве и техническом обслуживании объектов магистральных газопроводов. Положительный технический и экономический результат достигается за счет исключения необоснованной отбраковки и ремонта, а также сокращения сроков выполнения работ при одновремен-

ном полном соблюдении требований к прочности и надежности сварных соединений. Основные факторы, определяющие новизну методологических, научно-технических и организационных решений, приведены на рис. 2. Новизна идеи обусловлена: разработкой универсальной иерархической структуры расчетных моделей и критериев прочности сварных соединений с дефектами, адаптированной к составу исходных данных о свойствах материалов, системе неразрушающего контроля и данным о нагрузках и воздействиях; выполнением анализа на основе результатов расширенных лабораторных,



Рис. 3. Основные этапы разработки системы обеспечения надежности сварных соединений
 Fig. 3. Main stages of reliability assurance system development of welded joints

стендовых и натуральных испытаний, проведенных в целях определения фактических физико-механических свойств основного металла и металла сварных соединений.

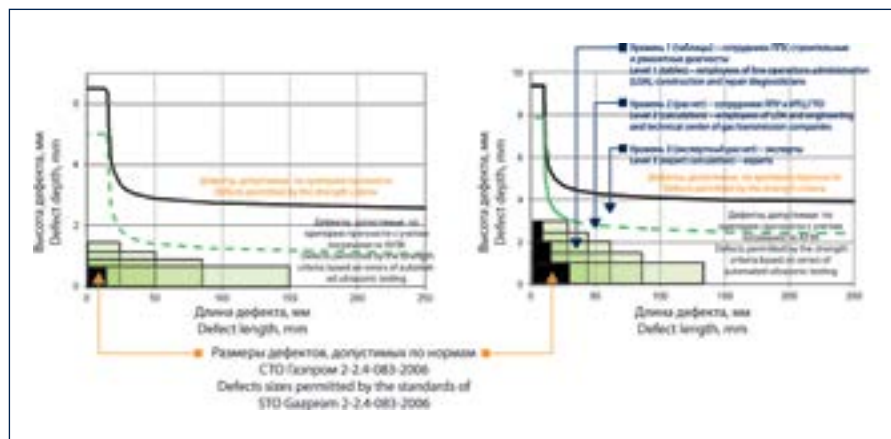
На рис. 3 показаны основные этапы работы, выполненные в 2004–2015 гг., включающие разработку основных методологических и технологических решений. Нормативное закрепление предложенных подходов было последовательно выполнено в [1] и [2].

Одним из оснований для выполнения рассматриваемой работы послужили проблемы, проявившиеся в 2008 г. после начала строительства морского перехода через Байдарацкую губу первой нитки СМГ «Бованенково – Ухта». В условиях ограниченной по срокам навигации на ремонт сварных соединений было затрачено в общей сложности около 15 суток. Причина этого проста: при плановом режиме работы сварка и контроль сварного стыка на трубоукладочном судне занимают около 15 минут, в то время как для ремонта сварного соединения с учетом особенностей технологии требуется 3–4 часа.

Близкие, по сути, проблемы имели место и на сухопутных участках, на которых по результатам неразрушающего контроля на основе действующих на тот момент норм ежегодно браковалось 10–20 %, а в ряде случаев – до 100 % сварных соединений, уже эксплуатируемых от 5 до 40 и более лет.

Проведенный авторами работы анализ показал, что значительный объем отбраковки сварных соединений на этапах строительства был вызван применением избыточно жестких норм оценки опасности дефектов в кольцевых сварных соединениях. На тот момент применение максимально жестких норм рассматривалось как один из вариантов компенсации недостаточной полноты и достоверности данных о свойствах основного металла и металла сварных соединений, данных о нагрузках на сварное соединение и ограниченных технических возможностей средств неразрушающего контроля. При определении норм допустимой дефектности в нефтегазовой отрасли были использованы наиболее неблагоприятные и чрезвычайно редко реализуемые соче-

тания минимальных значений прочностных и ресурсных характеристик металла сварных соединений и наиболее высокие значения нагрузок и воздействий. В основу разработки была положена принципиально новая концепция многоуровневой системы оценки работоспособности кольцевых сварных соединений. Новая система имеет ряд коренных отличий от применяемых ранее подходов. Основное и самое результативное отличие состоит в том, что на каждом из трех предусмотренных системой уровней требования к допустимым размерам дефектов сформированы с учетом технических возможностей средств диагностики, физико-механических свойств металла, комплексного анализа напряженно-деформированного состояния сварных соединений. Тем самым обеспечена адаптация норм оценки качества к реальным условиям эксплуатации объектов транспорта углеводородов [3–6]. На рис. 4 приведено сопоставление норм оценки качества кольцевых



а) а)

б) б)

Рис. 4. Сравнение норм оценки качества сварных соединений

Fig. 4. Comparison of quality assessment standards of welded joints

сварных соединений, разработанных на основе нового подхода [2], предусматривающего применение средств автоматизированного ультразвукового контроля, с нормами радиографического контроля, реализованными в [1]. Значения допустимых дефектов приведены для поверхностных (рис. 4а) и внутрен-

них (рис. 4б) дефектов, соответственно, применительно к кольцевым сварным соединениям труб типоразмера 812,8 x 36,5 мм. Темные прямоугольники на графиках ограничивают области допустимых размеров дефектов в соответствии с требованиями [1]. Подробные комментарии к значениям допустимых

КРУПНЕЙШЕЕ МЕРОПРИЯТИЕ
В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ



ОРГАНИЗАТОР: RPI

<http://www.rpi-conferences.com/international-lubricant-week>

2016 СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МОСКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НЕДЕЛЯ

15-18 НОЯБРЯ 2016 года

Отель «Аэриум Москва Олимпик»

4
ДНЯ

450
УЧАСТНИКОВ

29
СТРАН

40
ДОКЛАДОВ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ФОКУС В 2016 ГОДУ!

РЫНОК СНГ: БАЗОВЫЕ МАСЛА И СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

МОСКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НЕДЕЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ –
крупнейшее событие отрасли в России, СНГ и Восточной Европе.

На единой площадке проводится комплекс мероприятий по обсуждению вопросов бизнеса и производства всех видов смазочных материалов, представляются важные услуги и решения.

СПОНСОРЫ И ЭКСПОНЕНТЫ 2016 ГОДА

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



СПОНСОР-ПАРТНЕР



ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР



СПЕЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



APL Group



INTESMO



ЛЛК НАФТАН



+7 (495) 502 54 33; +7 (495) 778 03 02



lubb@rpi-int.ru



www.rpi-conferences.com

размеров дефектов, определенным на основе разработанного подхода с использованием последовательно расширяемого состава исходных данных о свойствах металла сварных соединений и параметров дефектов при переходе от начального самого жесткого первого (экспертному) уровням, приведены на рис. 4б.

При разработке норм оценки качества подлежат учету технические возможности применяемых средств неразрушающего контроля в части выявления оценки условных размеров дефектов сварных соединений. Соответствующие «ужесточающие» поправки к допустимым размерам дефектов показаны пунктирными линиями.

На основе проведенных широкомасштабных научных исследований, лабораторных и натурных испытаний, комплекса технологических работ по применению новых средств неразрушающего контроля было выполнено расчетное обоснование и формирование новых норм оценки работоспособности кольцевых сварных соединений. При-

менение новых норм способствовало исключению необоснованной отбраковки и ремонта кольцевых сварных соединений при строительстве, выборочном и капитальном ремонте по всем основным объектам инфраструктуры транспорта газа при одновременном полном выполнении требований к надежности сварных соединений.

Результаты работы получили широкомасштабное внедрение при строительстве новых, реконструкции и ремонте действующих объектов транспорта газа ПАО «Газпром».

В 2008–2013 гг. отдельные элементы, а затем и система в целом были успешно применены в рамках реализации инвестиционных проектов морских газопроводов ПАО «Газпром»: для четырех ниток перехода через Байдарацкую губу СМГ «Бованенково – Ухта», МГ «Джубга – Лазаревское – Сочи», морского перехода через пролив Невельского МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток», морских газопроводов проекта «Обустройство Киринского месторождения».

Разработанная авторами система обеспечения надежности сварных сое-

динений в полной мере применена в настоящее время при строительстве магистрального газопровода «Сила Сибири». В рамках этого проекта за счет внедрения новых подходов созданы важные дополнительные предпосылки для максимально эффективного применения современных высокопроизводительных автоматизированных сварочных комплексов и средств неразрушающего контроля, что способствовало повышению качества сварных соединений, выявлению и отбраковке дефектов, выполняемых в единой связке в режиме высокой производительности.

Как было отмечено выше, основная область применения полученных результатов – трубопроводный транспорт углеводородов. Однако разработанные и уже широко апробированные подходы могут быть применены к другим объектам, эксплуатируемым в нефтегазовой промышленности и топливно-энергетическом комплексе, в целях обеспечения надежности сварных соединений трубопроводов и технологического оборудования различного назначения.

Литература:

1. СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов.
2. СТО Газпром 2-2.4-715-2013. Методика оценки работоспособности кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов.
3. Самсонов Р.О., Ковех В.М., Силкин В.М., Аладинский В.В. Инженерная оценка критического состояния кольцевых стыковых сварных соединений труб для морских участков газопроводов // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 4. С. 32–38.
4. Силкин В.М., Вышемирский Е.М., Ковех В.М. и др. Методика трехуровневой оценки качества сварных соединений магистральных газопроводов с учетом полноты и достоверности исходных данных // Наука и техника в газовой промышленности. 2012. № 4 (52). С. 68–76.
5. Ковех В.М., Силкин В.М., Овсянников Е.Н., Морин И.Ю. Оценка работоспособности сварных соединений трубопроводов с учетом состава, объема и достоверности исходных данных. Методы расчета конструкций магистральных трубопроводов // Приложение к журналу «Справочник. Инженерный журнал». 2012. № 10 (187). С. 7–11.
6. Силкин В.М., Овсянников Е.Н., Ковех В.М., Морин И.Ю. Развитие подходов к оценке показателей конструктивной надежности участков магистральных газопроводов // Вести газовой науки. 2014. № 1 (17). С. 49–54.

References:

1. STO Gazprom 2-2.4-083-2006. Instruction for non-destructive methods of welded joints quality control in the construction and repair of field and main gas pipelines. (In Russian)
2. STO Gazprom 2-2.4-715-2013. Assessment procedure of circular welded joints durability of main gas pipelines. (In Russian)
3. Samsonov R.O., Kovekh V.M., Silkin V.M., Aladinskiy V.V. Engineering assessment of the critical state of the circular butt welded joints of pipes for gas pipeline offshore sections. Nauka i tehnika v gazovoy promyshlennosti = Science and technology in the gas industry, 2009, No. 4, P. 32–38. (In Russian)
4. Silkin V.M., Vyshemirskiy Ye.M., Kovekh V.M., Kurganova I.N., Ovsyannikov Ye.N., Morin I.Yu. Methods of three-level assessment of welded joints quality of main gas pipelines with regard to completeness and accuracy of initial data. Nauka i tehnika v gazovoy promyshlennosti = Science and technology in the gas industry, 2012, No. 4 (52), P. 68–76. (In Russian)
5. Kovekh V.M., Silkin V.M., Ovsyannikov Ye.N., Morin I.Yu. Assessment of welded joints durability of pipelines, taking into account the composition, scope and accuracy of the initial data. Calculation methods of main pipelines structures. Supplement to the magazine «Handbook. Engineering Journal» [Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal], 2012, No. 10 (187), P. 7–11. (In Russian)
6. Silkin V.M., Ovsyannikov Ye.N., Kovekh V.M., Morin I.Yu. Development of approaches to the assessment of structural reliability indexes of main gas pipelines sections. Vesti gazovoy nauki = News of Gas science, 2014, No. 1 (17), P. 49–54. (In Russian)