

**Рыбалко С.В.,**  
*генеральный директор ООО "НПП "Нефтегаздиагностика"*  
*г. Екатеринбург, Российская Федерация*

**Рыбалко В.Г.,**  
*кандидат технических наук старший научный сотрудник*  
*лаборатории комплексных методов контроля ИФМ УрО РАН*  
*г. Екатеринбург Российская Федерация*

**Новгородов Д.В.,**  
*ведущий инженер лаборатории комплексных методов контроля*  
*ИФМ УрО РАН*  
*г. Екатеринбург Российская Федерация*

**Колпащикова А.В.,**  
*инженер лаборатории комплексных методов контроля*  
*ИФМ УрО РАН*  
*г. Екатеринбург, Российская Федерация*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, СНИЖАЮЩИЙ РИСК ЗАРОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ КРН**

**Аннотация:** *Статья посвящена применению нового метода снижения риска зарождения и развития дефектов КРН. Новое защитное покрытие снизит уровень напряжений в стенках труб, а также обеспечит антикоррозионную защиту.*

**Ключевые слова:** *дефекты, коррозионное растрескивание, трещины, разрушение газопроводов, защитные покрытия для магистральных газопроводов, высокопрочные изделия из стеклопластика.*

**Annotation:** *The article is devoted to the application of a new method of reducing the risk of the origin and development of defects of SCC. A new protective coating will reduce the level of stresses in the pipe walls, as well as provide corrosion protection.*

*Keywords: defects, corrosion cracking, cracks, destruction of gas pipelines, protective coatings for gas pipelines, high-strength fiberglass products.*

## **Введение**

Газотранспортная система России функционирует в условиях наличия практически всех известных опасных геологических и других природных процессов, которые характеризуются многообразием воздействий на объекты газоснабжения. К таким факторам опасности относятся сейсмичность, оползневые процессы, карстовые пустоты, многолетнемерзлые породы, заболоченность.

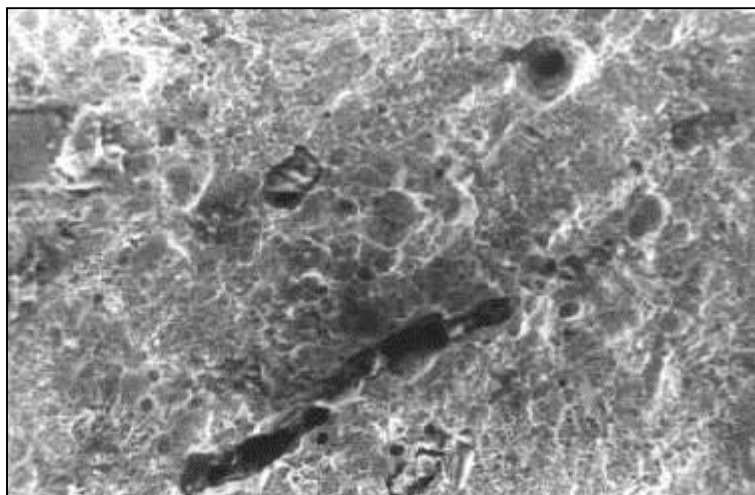
С учетом того, что при строительстве магистральных газопроводов (МГ) нередко применялись трубы с низким металлургическим качеством, предприятия, транспортирующие природный газ столкнулись с лавинообразным дефектообразованием, в том числе и по механизму коррозионного растрескивания под напряжением (КРН). Указанный вид коррозионной повреждаемости является наиболее опасным, так как влечет за собой существенные риски аварий, которые представляют собой масштабные техногенные катастрофы (см. рис. 1), наносящие значительный ущерб окружающей среде. Кроме того, такие аварии несут угрозу жизни и здоровью людей.

Рассматривая статистические показатели по числу аварий на выборочно взятых объектах ПАО «Газпром» [1], приходим к следующим выводам: очевиден устойчивый удельный рост аварий по причине КРН - 50% в 2005 г., 66% в 2006 г. и 71% в 2008 г.



*Рисунок 1. Разрыв магистрального газопровода с возгоранием газа*

Таким образом, аварии на МГ с применением труб большого диаметра происходят преимущественно по причине зарождения и развития дефектов КРН (см. рис. 2).



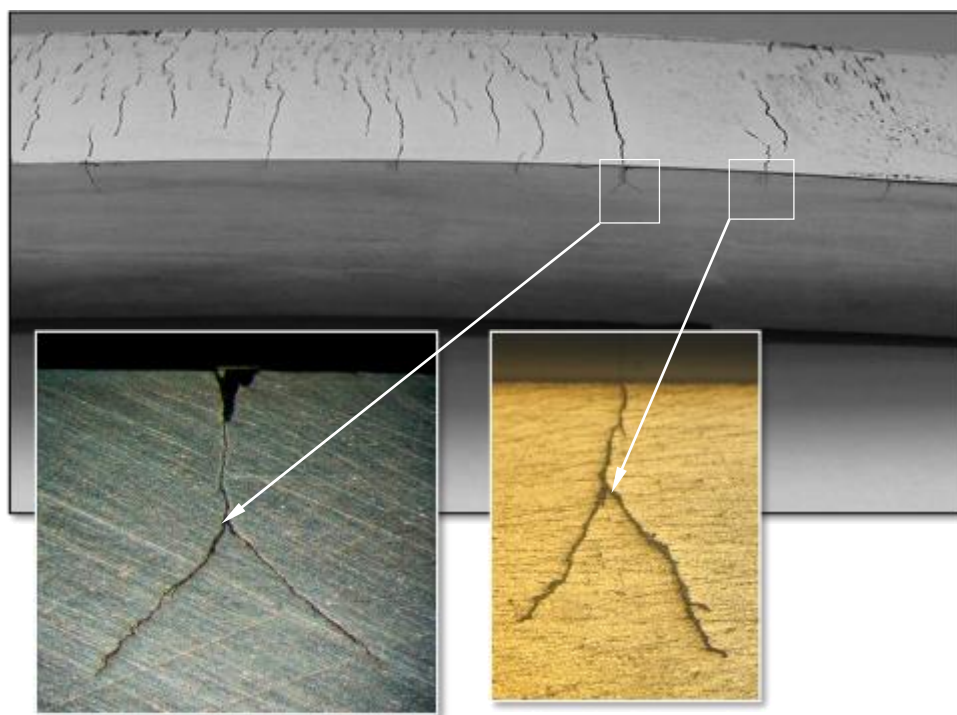
*Рисунок 2. Растравливание неметаллических включений на поверхности трубы, образование зародыша трещины, x1000*

Очевидно, что борьбе с дефектообразованием по механизму КРН уделяется и должно уделяться особое внимание и в данной статье авторы предлагают рассмотреть возможность применения результатов собственных наблюдений для инициации разработки принципиально новых подходов в капитальном ремонте участков МГ.

## Особенности зарождения и развития дефектов КРН

Известно, что для зарождения и развития дефекта КРН необходимо наличие, как минимум трех факторов – склонности материала труб к КРН (низкое металлургическое качество), доступа коррозионно-активной среды (почвенного электролита) к поверхности трубы и (некачественная или поврежденная изоляция) наличие напряжений в стенке трубы.

Каждый из указанных факторов требует реализации специальных мероприятий для снижения рисков развития повреждаемости механизмом КРН. Так, под воздействием напряжений дефект начинает развиваться; без изменения напряжений дефект стабилизируется, переходит в состояние обычной коррозии. В случае возникновения дополнительной нагрузки стабилизированный дефект может стронуться и начать развиваться повторно (см. рис. 3).



***Рисунок 3. Повторное страгивание дефектов КРН, пропущенных ВТД, под действием дополнительных нагрузок***

После анализа причин аварий участков МГ ООО «Газпром трансгаз Югорск» [2] можно полагать, что из 25 аварий (рассматривались аварии, произошедшие с 2002 по 2010 г., т.е. с года начала переизоляции протяженных

участков МГ с применением механизированных изолировочных комплексов) на ЛЧ МГ 4 аварии (16% от общего количества) произошли за период не более 2 лет после ремонта. По мнению авторов статьи, причиной аварий послужили пропущенные дефекты КРН, рост которых произошел по причине нагрузок, испытываемых участком газопровода, в том числе из-за подъема труб в траншее с применением трубоукладчиков (см. рис. 4).

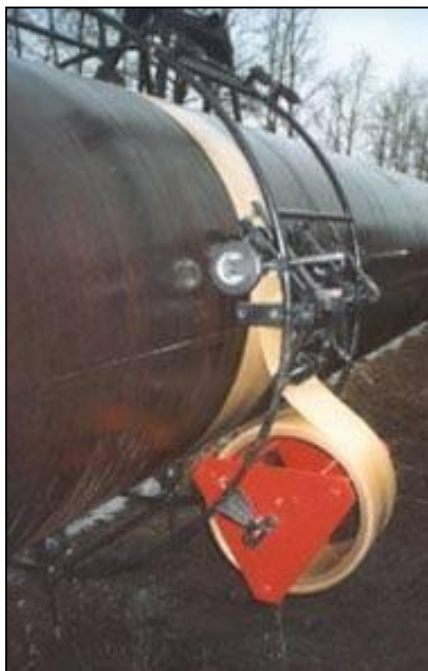


***Рисунок 4. Подъем участка газопровода трубоукладчиками, красным отмечено место возникновения повышенных изгибных нагрузок***

Можно утверждать, что дефекты КРН могут пропускаться в ходе диагностики по причине наличия «человеческого фактора», ограниченных возможностей применяемого приборного парка, в том числе, если дефекты КРН относительно короткие с невысокой степенью раскрытия.

С целью снижения риска зарождения и развития пропущенных дефектов КРН, целесообразно рассматривать применение успешно апробированных решений, а также возможность разработки новых материалов и технологий по их применению, способных качественно изменить процесс ремонта участков МГ.

Например, в настоящее время широко известно применение стеклопластиковых спиральных муфт или муфт из гибкого рулонированного стеклопластика для ремонта труб магистральных газопроводов с дефектами КРН (см. рис. 5).



*Рисунок 5. Намотка ленты стеклопластиковой с помощью натяжного приспособления*

Витки муфты из композиционного материала склеиваются химически стойким составом. В качестве заполнителя дефектов используется пастообразная смесь (модифицированная эпоксидная смола с системой наполнителей). Заполненный ремонтным составом дефект закрывается сверху лентой, которая, нанесенная с определенным натяжением, снижает напряжения в стенке трубы.

Применяя такой способ ремонта, увеличивают остаточный ресурс дефектного участка трубопровода.

При установке муфт наполнитель исключает доступ коррозионно-активной среды (почвенного электролита) к телу трубы, а лента, основой которой являются крученые нити из высокопрочного стекла, снижает напряжения, таким образом, снижается риск зарождения и развития дефекта КРН.

По результатам анализа стендовых испытаний труб [5, 6 и 7] для отработки различных технологий ремонта (см. рис. 6), было определено, что за счет установки муфт снижается уровень напряжений - в 2 раза непосредственно под муфтой и на 6-12 % между установленными муфтами.

Муфты применяются для ремонта локальных участков, продление срока эксплуатации дефектного участка достигается за счет снижения уровня напряжений, также за счет исключения контакта почвенного электролита с дефектом.



*Рисунок 6. Стенд для гидравлических испытаний, зеленым цветом обведены места установки муфт*

При этом, широко известны технологии и материалы для переизоляции МГ (см. рис. 7), когда контакт трубы с почвенным электролитом исключается за счет нанесения защитных покрытий на основе битумно-полимерных композиции, в состав конструкции которых в обязательном порядке входит армирующий элемент – стеклосетка.

Рассмотрим возможные варианты применения высокопрочных изделий из стеклопластика в конструкции антикоррозионных защитных покрытий на основе битумно-полимерных композиций.

Спиральная муфта наносится в несколько слоев, которые соединяются между собой специальным клеящим составом. Основой муфты служит гибкий рулонированный стеклопластик.

Высокопрочные стеклянные волокна из стекла марки "ВМП", являются армирующей основой для создания композитных конструкций муфт. Волокна характеризуются одновременно высокими механическими свойствами, имеют увеличенный ресурс эксплуатации при многократном использовании.



*Рисунок 7. Нанесение рулонного армированного (стеклосеткой) материала "РАМ" с применением изолировочной машины*

По своим прочностным характеристикам волокна "ВМП" значительно превосходят стеклянные сетки, применяемые в качестве армирующих материалов в составе конструкций антикоррозионных покрытий.

Исходя из приведенной информации, представляется возможным использование крученых нитей из высокопрочного стекла вместо стеклосеток в конструкциях антикоррозионных покрытий.

### **Заключение**

Таким образом, можно предположить, что включение в конструкцию антикоррозионных покрытий, применяемых для переизоляции механизированным способом, заменяющего применяемые материалы (стеклосетка) слоя, состоящего из высокопрочных стеклопластиковых крученых нитей, снизит уровень напряжений в трубопроводе, тем самым препятствуя развитию дефектов КРН, так как кольцевые напряжения не будут достигать критических значений.

Защитное покрытие, несущее в себе антикоррозионные функции (за счет применения битумно-полимерного слоя) и армирующие функции (за счет применения сеток из высокомодульного высокопрочного стекла), при нанесении с соответствующим усилием натяжения на участок газопровода, послужит



универсальным решением при выборе методов ремонта МГ, решит задачи антикоррозионной защиты труб и снижения уровня напряжений, что уменьшит риск зарождения и развития дефектов КРН.

### **Использованные источники**

1. Соловей В.О., Александров Ю.В., Свирида М.М., Кузьбожев А.С. Напряженно-деформированное состояние газопровода, приводящее к аварийному разрушению // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2009. – № 7. – С. 42– 45.
2. Определение причин разрушения участков магистральных газопроводов ООО «Газпром трансгаз Югорск»: отчет о НИР (заключ.): «Экспертиза» науч.-произв. предприятие; рук. Сурков Ю.П.; исполн.: Рыбалко В.Г., Копьев М.А., Сурков А.Ю., Новгородов Д.В. – 2006. – 48 с.
3. ВСН 39-1.10-001-99. Инструкция по ремонту дефектных труб магистральных газопроводов полимерными композиционными материалами. - Введ. 2000-03-05. - М.: ОАО «Газпром», 2000.- 12с.
4. Инструкция по ремонту дефектов действующих нефтегазопроводов с применением композитных спиральных муфт. – М., ВНИИСТ, 1998. – 11 с.
5. Результаты проведения ресурсных стендовых испытаний гидравлическим давлением дефектных сварных соединений с тройниками ТСНР 1420x26-1020x22 мм, вырезанных из магистрального газопровода «Уренгой-Новопсков» Лялинского ЛПУ МГ: отчет о НИР (заключ.): «Экспертиза» науч.-произв. предприятие; рук. Сурков Ю.П.; исполн.: Рыбалко В.Г., Копьев М.А., Сурков А.Ю., Новгородов Д.В. – 2006. – 68 с.
6. Проведение стендовых испытаний отремонтированных элементов (катушек) трубопроводов с дефектами различного происхождения с целью расширения ремонтпригодности: отчет о НИР (заключ.): «Экспертиза» науч.-произв. предприятие; рук. Сурков Ю.П.; исполн.: Рыбалко В.Г., Копьев М.А., Сурков А.Ю., Новгородов Д.В. – 2006. – 58 с.

7. Результаты оценки изменения напряженного состояния труб при проведении аттестационных испытаний технологии ремонта с применением полимерных композиционных материалов: отчет о НИР (заключ.): «Экспертиза» науч.-произв. предприятие; рук. Сурков Ю.П.; исполн.: Рыбалко В.Г., Копьев М.А., Сурков А.Ю., Новгородов Д.В. – 2006. – 54 с.

8. ОАО «НПО «Стеклопластик» – [www.advtech.ru](http://www.advtech.ru).

9. Композитные муфты для ремонтов трубопроводов. ООО «РЭМНЕФТЕГАЗ» – [www.remneftegaz.ru](http://www.remneftegaz.ru).