

# **Экспериментальные исследования коррозионно-механического разрушения малолегированной стали класса прочности X70**

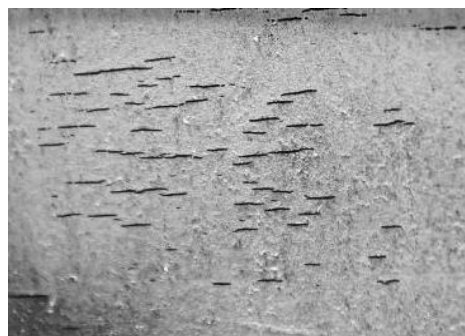
**Жедулов С.А. (студент НИЯУ МИФИ)**

**(научный руководитель – к.х.н. Богданов Р.И.)**

**(научный консультант – к.т.н. Ряховских И.В.)**

# Актуальность работы

Проблема коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) является актуальной для широкого спектра металлических конструкций.



Дефекты КРН на магистральных газопроводах

# Причины КРН

КРН стальных газопроводов обусловлено совместным влиянием трех групп факторов:



Цель - установить закономерности коррозионно-механического поведения малолегированной стали X70 после длительной эксплуатации.

## Задачи:

- разработать методику и приспособление для коррозионно-механических испытаний стальных образцов в лабораторных условиях на маломощной машине Instron с максимальной нагрузкой 100кН;
- выполнить испытания модельных образцов труб с искусственными пропилами и естественными повреждениями КРН на воздухе и в коррозионной среде ;
- выполнить исследования образцов труб до и после коррозионно-механических испытаний с определением химического состава стали, микроструктуры и текстуры материала, внутренних напряжений;
- определить особенности физико-химических свойств малолегированной стали X70 до и после коррозионно-механических испытаний

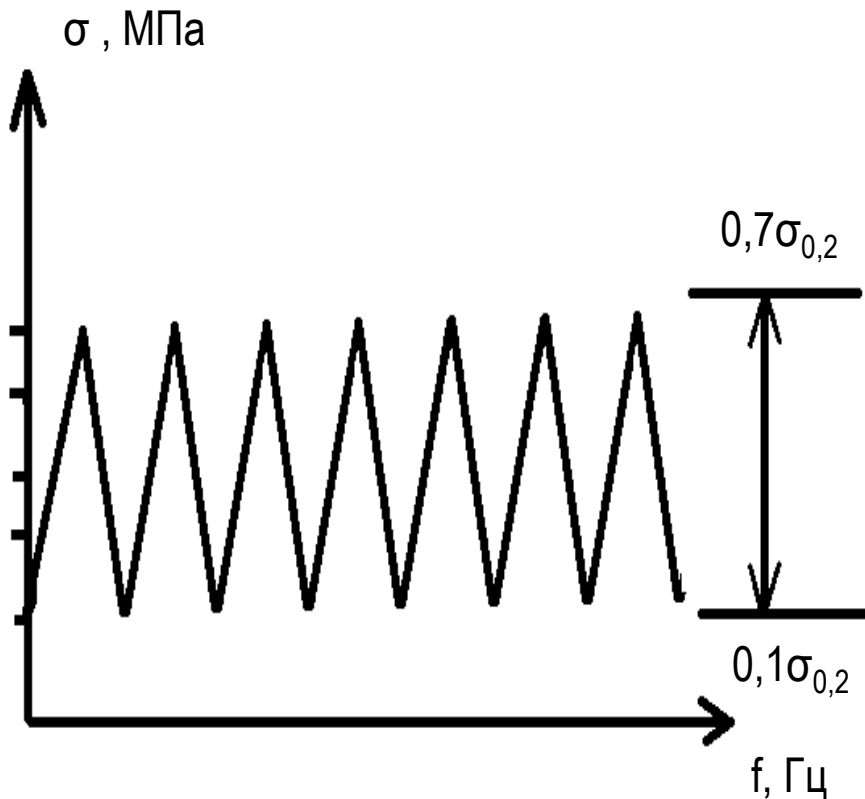
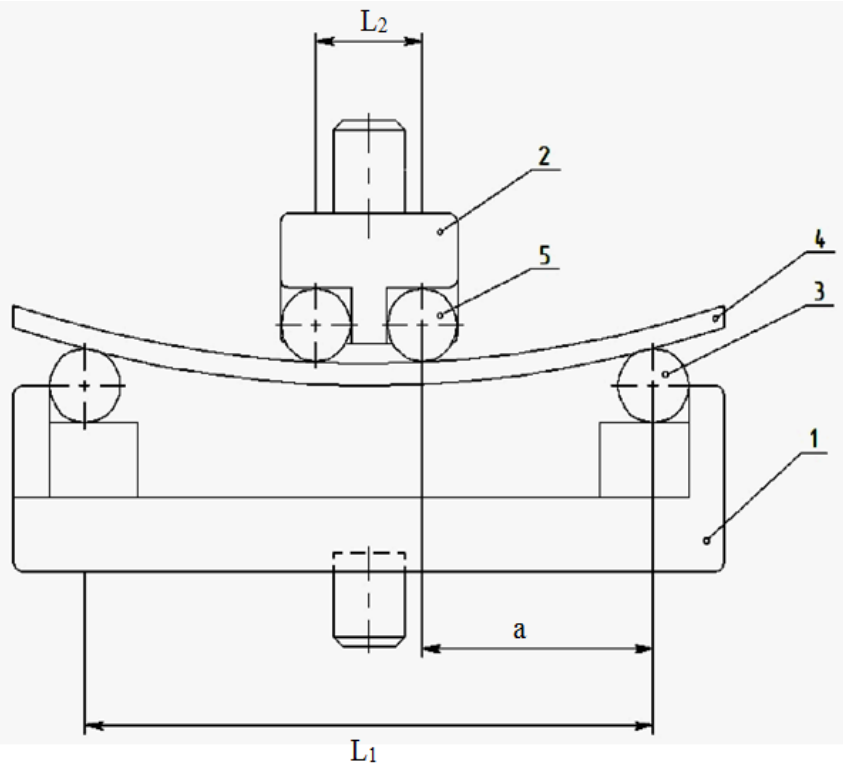


График циклических испытаний модельных образцов.

## Ступенчатое повышение нагрузки

$0,1 \sigma_{0,2} - 0,7 \sigma_{0,2}$ , - 700 циклов

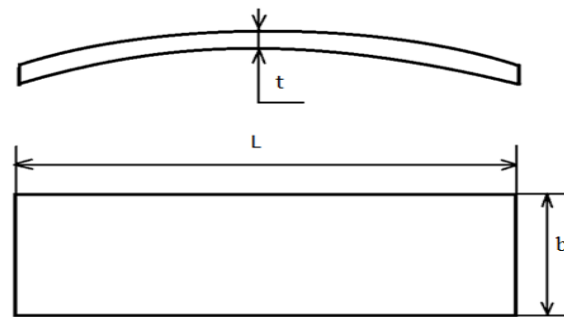
- ❖ Выбор режима нагружения сделан на основе расчетов ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и моделирует наработку заданного количества циклов за 20 лет эксплуатации МГ.
- ❖ В случае отсутствия прироста трещин (или образования трещин из пропила), следует поднять максимальную амплитуду циклов на  $0,1 \sigma_{0,2}$ .



Общий вид приспособления для испытания модельных образцов на 4-точечный изгиб:

1 — нижняя опора; 2 — верхняя опора; 3 — нижние опорные ролики; 4 — образец; 5 — верхние опорные ролики; a — расстояние от опоры до точки приложения усилия;  $L_1$  — Расстояние между нижними опорами  
 $L_2$  — Расстояние между верхними опорами

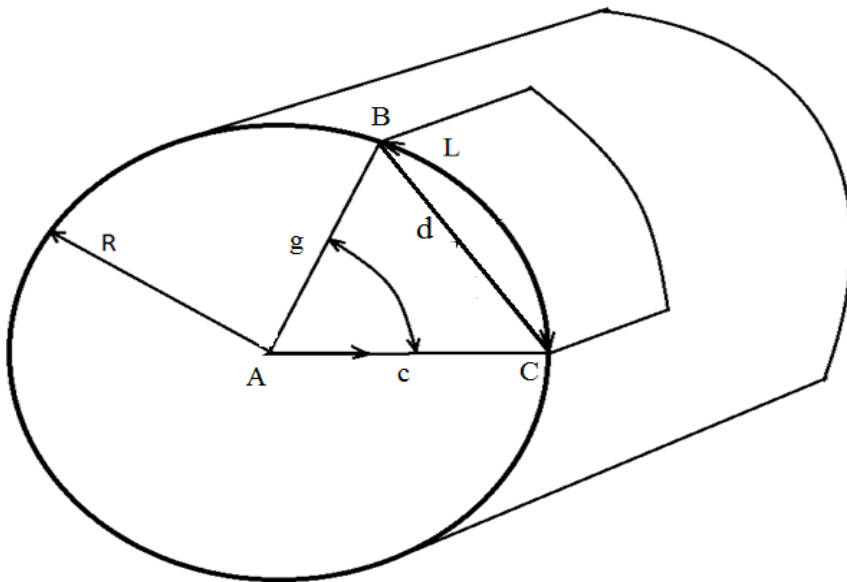
Разработано приспособление, для проведения коррозионно-механических испытаний по методике СТО Газпром 2-5.1-148-2007(с изменениями), позволяющее за счет увеличения расстояния между нижними опорами, увеличения отношения длины образца к ширине применить установки мощностью до 100кН для достижения необходимых нагрузок.



Геометрия модельного образца после технологических обработок, где  $t$  — толщина образца,  $L$  — длина образца,  $b$  — ширина образца.

Выполнен расчет оптимальных размеров образцов из разных типоразмеров труб

Пример расчета длины дуги образца для трубы  $D = 1420$  мм



Геометрическая схема

$$L = \frac{\pi r}{180^\circ} n$$

, где  $r$  – радиус окружности,  $n$  – количество градусов дуги.

Габариты образцов для испытаний на приспособлении

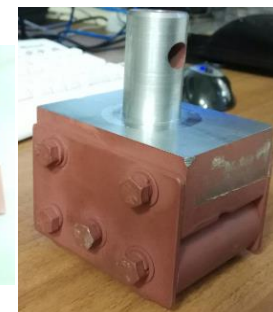
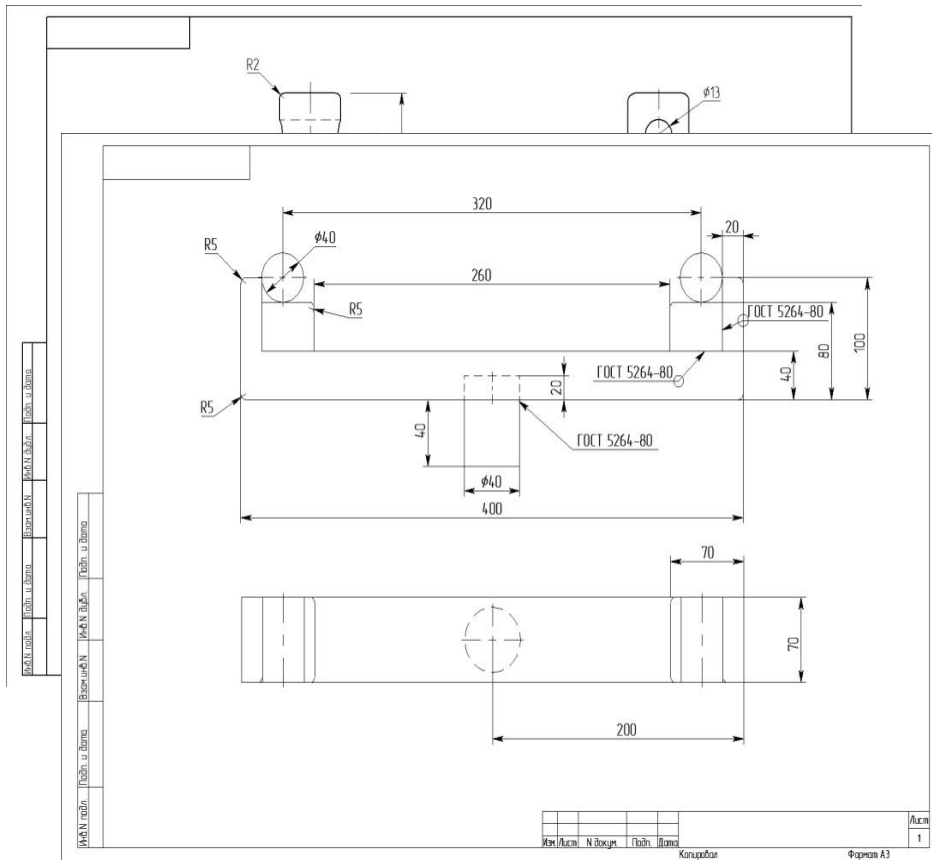
D, мм	t, мм	b, мм	L
1420	18,7...15,7	50...60+2	340+5
1220	14...12	60...70+2	340+5
1020	10	70+2	340+5

$b$  – ширина образца,  $L$  – длина образца,  $t$  – толщина образца

Найдём угол  $BAC = n$  градусов из формулы:

$$d^2 = g^2 + c^2 - 2gc \cdot \cos(BAC)$$

$$\cos(BAC) = \frac{g^2 + c^2 - d^2}{2gc} \rightarrow \arccos\left(\frac{g^2 + c^2 - d^2}{2gc}\right) = 26,05^\circ \rightarrow L = \frac{3,14 \cdot 710}{180} \cdot 26,05^\circ = 322,64 \text{ мм}$$

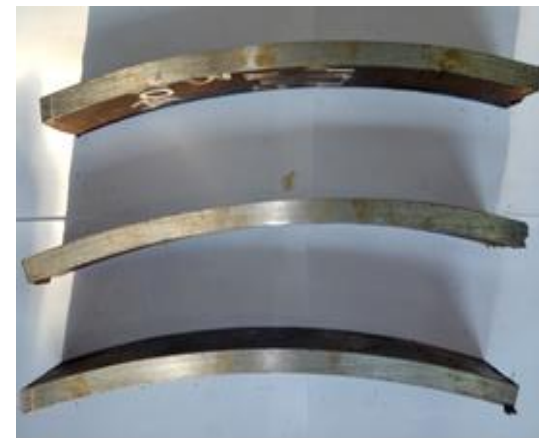


Приспособление для коррозионно-механических испытаний

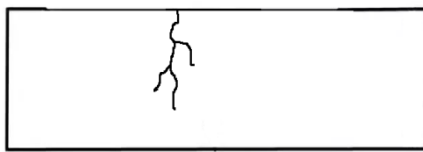


# Модельные образцы

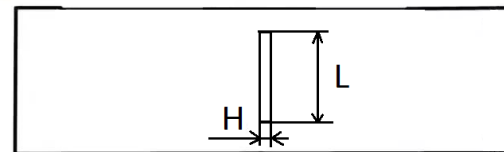
Образцы отбирали из трубы диаметром 1420мм, толщиной стенки 16,5 мм производства Mannesmann из сталей класса прочности X70 после эксплуатации в составе МГ более 30 лет с различными дефектами.



(а)



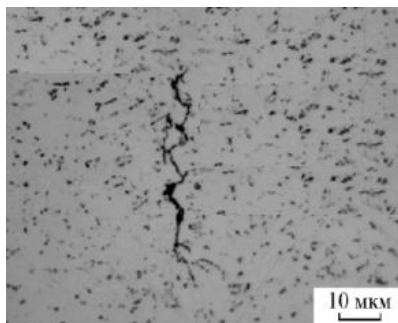
(б)



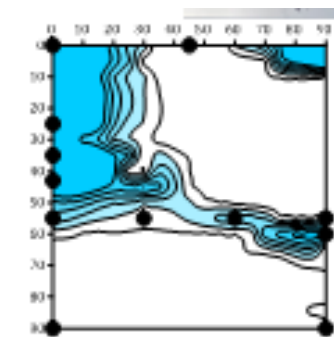
(в)

Схема дефектов образцов труб с : а – задиром, б – трещиной, в – искусственный пропилом (вид сверху)

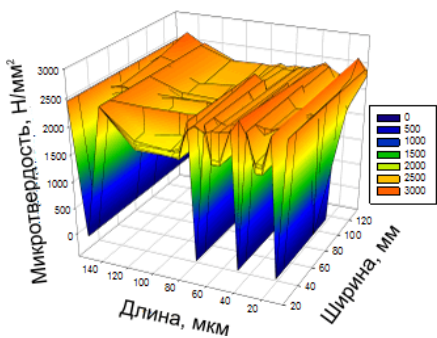
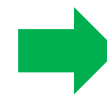
Запланировано проведение коррозионно-механических испытаний образцов с повреждениями КРН различной глубины, длины с использованием разработанного приспособления в коррозионной среде и на воздухе.



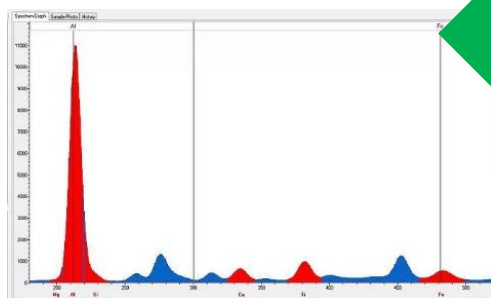
Металлография



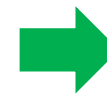
Текстура



Микротвердость



Спектральный анализ



- Смоделирована методика и разработано приспособление для коррозионно-механических испытаний стальных образцов, позволяющее реализовать необходимые нагрузки на маломощной установке Instron.
  - Выполнен расчет геометрических параметров образцов рекомендуемых для испытаний на разработанном приспособлении;
  - Подготовлены модельные образцы для коррозионно-механических испытаний;
  - Запланированы дальнейшие этапы исследований.
- ❖ Полученные результаты экспериментальных исследований будут использованы при разработке дипломного проекта, а также при формировании требований к проведению коррозионно-механических испытаний труб в лабораторных условиях.

Спасибо за внимание!