

УДК 622.692.4.076(075.8)

ББК 39.77я73

X43

**Хижняков В.И.**

X43

Коррозионное растрескивание магистральных газонефтепроводов в процессе длительной эксплуатации: учебное пособие / В.И. Хижняков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 263 с.

ISBN 978-5-4387-0208-5

В пособии изложены современные проблемы коррозионного растрескивания магистральных напряженно-деформированных газонефтепроводов в процессе длительной эксплуатации; приведены результаты многолетних исследований, выполненных под руководством автора, по вопросам коррозионного растрескивания катодно-защищаемой поверхности трубных сталей ферритно-перлитного класса. Значительное внимание уделено разработке новых критериев выбора режимов катодной защиты подземных стальных трубопроводов, позволяющих в экспрессном режиме определять остаточную скорость коррозии и степень электролитического наводороживания трубных сталей при различных напряжениях и потенциалах катодной защиты. Рассмотрены условия электролитического наводороживания стенки трубопроводов различного диаметра при перезащите. Приведены вопросы для самопроверки.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 131000 «Нефтегазовое дело», слушателей ФПК и курсов профессиональной переподготовки.

УДК 622.692.4.076(075.8)

ББК 39.77я73

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор  
Томского государственного  
архитектурно-строительного университета

*О.Г. Кумпяк*

Доктор технических наук  
ведущий научный сотрудник Института физики прочности  
и материаловедения СО РАН

*Ю.Н. Сараев*

ISBN 978-5-4387-0208-5

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013

© Хижняков В.И., 2013

© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>1. МЕХАНИЗМ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СИСТЕМЫ «СТАЛЬ–ИЗОЛЯЦИЯ–ГРУНТ» НА КОРРОЗИЮ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Контролирующие факторы электрохимической коррозии трубопроводов в грунтах.....	10
1.2. Зависимость переходного сопротивления изоляции подземного трубопровода от времени .....	13
1.3. Особенности электровосстановления кислорода в грунтах .....	17
1.4. Влияние доставки кислорода, характеризуемой плотностью предельного тока, на скорость коррозии трубных сталей .....	33
<b>2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ И ПЛОТНОСТИ ТОКА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПО ОКРУЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДА БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА .....</b>	<b>43</b>
2.1. Зависимость плотности тока катодной защиты от факторов коррозионной среды .....	43
2.2. Влияние катодной поляризации на величину поляризационного сопротивления .....	52
2.3. Влияние режимов катодной защиты на подавление коррозии трубной стали в сквозном дефекте и под отслоившейся изоляцией .....	56
2.4. Распределение скорости коррозии и плотности тока катодной защиты по окружности трубопровода большого диаметра.....	62
2.5. Зависимость коэффициента полезного использования тока катодной защиты от превышения плотности тока катодной защиты над плотностью предельного тока по кислороду .....	67
2.6. Модель доставки кислорода к сквозному дефекту изоляции подземного трубопровода.....	73
2.7. Анализ процессов, протекающих на внешней поверхности трубопровода при различных потенциалах катодной защиты.....	76
<b>3. РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ ПОДЗЕМНЫХ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОТЕНЦИАЛАХ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ.....</b>	<b>84</b>
3.1. Зависимость остаточной скорости коррозии от соотношения между плотностью тока катодной защиты и плотностью предельного тока по кислороду.....	84
3.2. Новый критерий выбора режимов катодной защиты подземных стальных трубопроводов.....	95
3.3. Коррозионно-измерительный зонд и коррозиметр для определения плотности предельного тока по кислороду и плотности тока катодной защиты на подземных трбопроводах.....	100

3.4. Определение соотношения между плотностью тока катодной защиты и плотностью предельного тока по кислороду на линейной части магистральных нефтегазопроводов Западной Сибири.....	105
<b>4. ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ПРЕВЫШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТОКА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ НАД ПЛОТНОСТЬЮ ПРЕДЕЛЬНОГО ТОКА КИСЛОРОДА НА НАВОДОРОЖИВАНИЕ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ .....</b>	<b>115</b>
4.1. Форма состояния и местонахождение катодного водорода в структуре ферритно-перлитной стали трубного сортамента .....	115
4.2. Влияние степени превышения тока катодной защиты над предельным по кислороду на электролитическое наводороживание трубных сталей ферритно-перлитного класса.....	131
4.3. Влияние пространственного положения образцов относительно периметра трубопровода большого диаметра на интенсивность электролитического наводороживания .....	146
<b>5. КОМПЛЕКСНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ДЕЙСТВУЮЩИХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ.....</b>	<b>160</b>
5.1. Определение длительности простоя средств ЭХЗ на основе электрохимических измерений и коррозионного состояния внешней катодно-защищаемой поверхности трубопроводов.....	160
5.2. Три этапа роста трещин КРН на катодно-защищаемой поверхности магистральных газонефтепроводов .....	173
5.3. Анализ режимов катодной защиты на аварийных разрушениях магистральных газонефтепроводов по причине стресс-коррозии .....	183
<b>6. ВЛИЯНИЕ ТОКА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА ОБРАЗОВАНИЯ ВОДОРОДНОГО НАДРЕЗА НА КАТОДНО-ЗАЩИЩАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....</b>	<b>194</b>
6.1. Влияние одновременного воздействия механических напряжений и превышения плотности тока катодной защиты над плотностью предельного тока по кислороду на образование микротрещин в структуре трубных сталей .....	194
6.2. Определение инкубационного периода образования стресс-коррозионных трещин в зависимости от величины безразмерного критерия $j_{к.з} / j_{пр}$ и рабочего давления в трубопроводе .....	216
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>231</b>