Центр гидравлики трубопроводного транспорта

Задачи Центра

формирование перспективных научных направлений в области механики и гидродинамики многофазных сред, включая решение актуальных проблем повышения надежности трубопроводного транспорта углеводородного сырья

Структура Центра

руководство

отдел

«Гидродинамика трубопроводного транспорта углеводородного сырья»

зав. отделом – 1
гл. научн. сотр. – 0,5
вед. научн. сотр. – 2
инженер – 2

отдел

«Надежность трубопроводного транспорта газожидкостных смесей»

зав. отделом – 0,5
гл. научн. сотр. – 1
ст. научн. сотр. – 1
мл. научн. сотр. – 0,5
инженер – 3

отдел

«Динамика трубопроводов»

зав. отделом – 0,5
гл. научн. сотр. – 1,5
вед. научн. сотр. – 0,5

Состав Центра

- член-корреспондент РАН – 1
- академик АН РБ – 1
- член-корреспондент АН РБ – 1
- доктора наук – 6
- кандидаты наук – 9

Финансирование Центра гидравлики трубопроводного транспорта

Общий объем финансирования – 6 783 700 руб., в том числе

- **бюджет РБ – 3 214 100 руб.**
- **внебюджетные источники (хоз. договора) - 3 569 600 руб.**

Проведена оптимизация штата центра:

общая штатная численность с 2009 г. составляет **16 единиц (**сокращена **1** штатная единица),

количество основных работников – **9,7 единиц**,

количество совместителей – **6,3 единицы**.

Подготовка кадров

защищена 1 кандидатская диссертация

Сотрудниками Центра опубликовано:

- в центральной печати – 15 статей,
- монографий – 1,
- тезисов докладов – 33,
- получены патенты – 2.

Участие в организации и проведении 20 совещаний, конференций, симпозиумов.

Коллектив сотрудников Центра:

ФАРИТОВ А.Т., ХУДЯКОВА Л.П.,
РОЖДЕСТВЕНСКИЙ Ю.Г., ЗИННАТУЛЛИН А.К.

награждены Премией имени академика И.М. Губкина.

Высшая общественная награда в нефтегазовом комплексе страны получена за разработку и внедрение программного обеспечения для управления эксплуатацией трубопроводов нефтедобывающего предприятия

Научная деятельность Центра по итогам 2009 года

- **Совершенствование методов реофизических исследований аномальных жидкостей применительно к технологическим задачам трубопроводного транспорта**
- **Исследование механизма разрушения металла труб под действием статической нагрузки, возникающей при эксплуатации магистральных нефтепроводов**
- **Динамика и статика трубопроводов при различных краевых условиях, распределениях масс и действующих сил; модели и решения упругопластического поведения материалов**
- **Разработка теоретических основ обеспечения безопасности элементов трубопроводных систем с технологическими, конструктивными и эксплуатационными несплошностями**
- **Анализ моделей, прогнозирующих коррозионные разрушения при движении многофазных потоков**

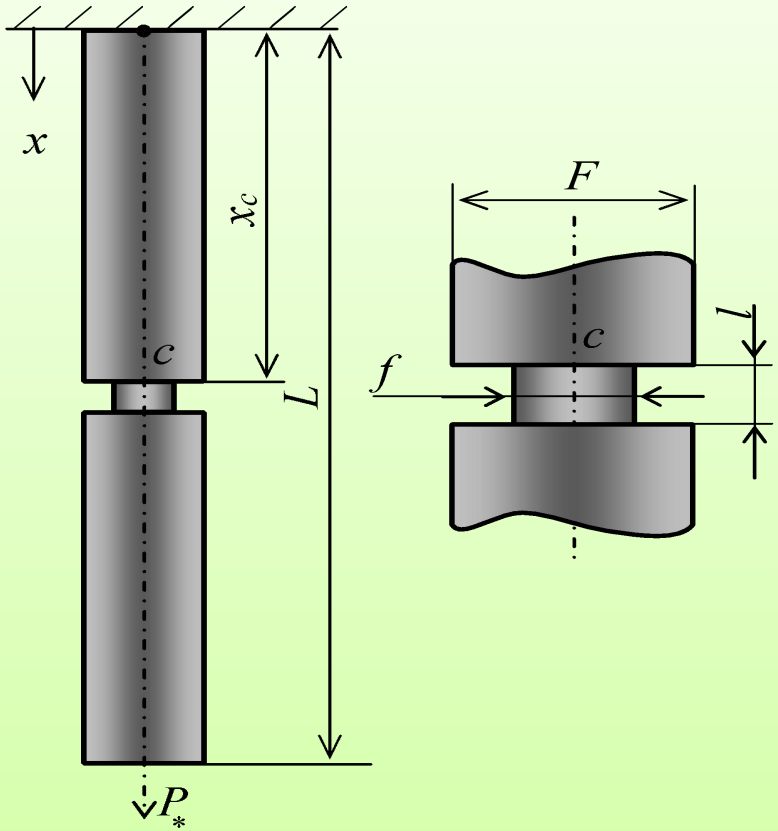
ДИНАМИКА И СТАТИКА ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КРАЕВЫХ УСЛОВИЯХ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ МАСС И ДЕЙСТВУЮЩИХ СИЛ; МОДЕЛИ И РЕШЕНИЯ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Руководитель темы – член-корреспондент РАН М.А. Ильгамов

Цель работы - **решение задач:**

1. **Построение математической модели колебательных движений предварительно изогнутой собственным весом трубы при действии переменного внутреннего давления, позволяющей провести оценку напряженно-деформированного состояния трубопровода;**
2. **Диагностика повреждений магистральных трубопроводов;**
3. **Диагностика штанговых колонн нефтедлбывающих скважин.**

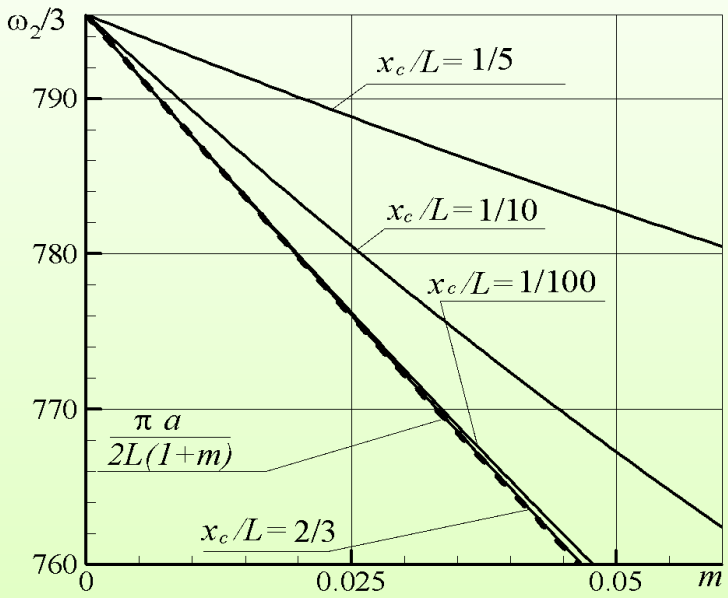
ДИНАМИКА ШТАНГОВОЙ КОЛОННЫ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ. ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ.



Задача исследования - определение координаты повреждения и его размеров.

Рассмотрено напряженно-деформированное состояние прямой штанги, закрепленной верхним концом неподвижно и растянутой под действием собственного веса и силы, приложенной к нижнему концу короткий участок с меньшей площадью поперечного сечения, моделирует повреждение в виде раскрытой трещины

ДИНАМИКА ШТАНГОВОЙ КОЛОННЫ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ. ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ.



Зависимость первой собственной частоты колебаний ω_1 от параметра *m* при разных значениях отношения x_c / L.

Чем ниже надрез (больше x_c / L), тем зависимость ω1 от *m* слабее.
При $x_c / L \to 1$ собственные частоты не зависят от *m*.
Чем ближе надрез к верхнему концу штанги, тем сильнее зависимость собственных частот от параметра *m*.

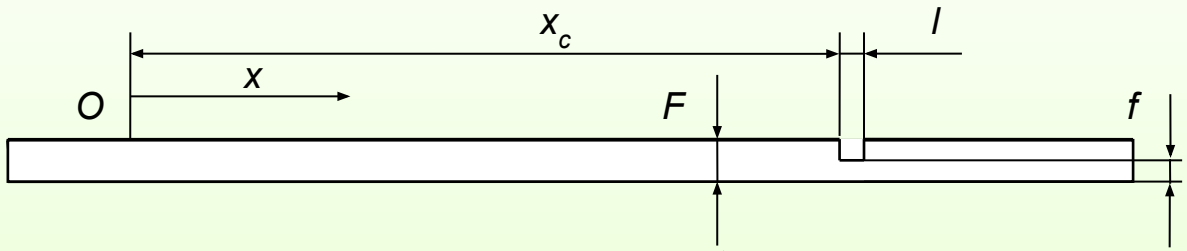
Вывод: по двум частотам колебаний штанги можно определить координату (место) повреждения и параметр надреза *m*.

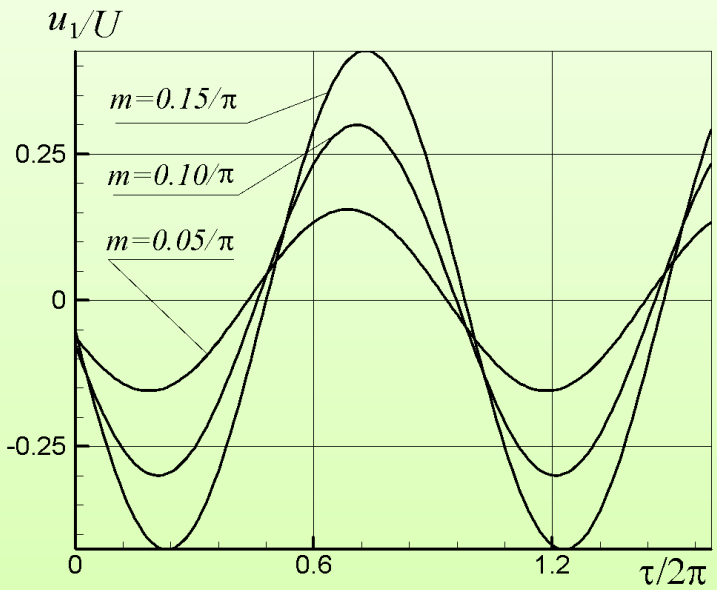
ДИНАМИКА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА. ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ.

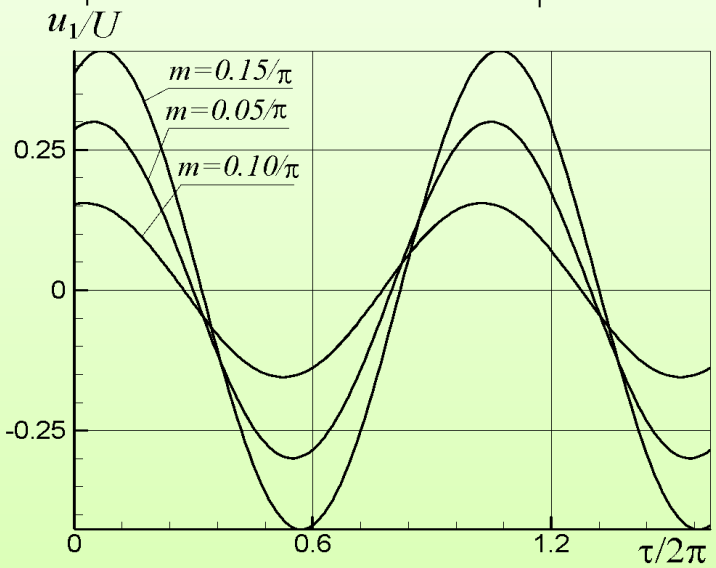
Задачи:

- Определение отраженной и проходящей волны по известным параметрам надреза и его координате **(прямая задача)**.
- Определение координат надреза по отраженной волне в точке наблюдения и его размеров по отраженной и (или) проходящей волнам представляет собой **обратную задачу**.

ДИНАМИКА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА. ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ







Стержень с надрезом в точке с координатой *xc* длиной *l* и площадью поперечного сечения стержня *f*. (*l* значительно меньше длины волны *L)* Рассматривается отражение от надреза и прохождение продольной бегущей волны, распространяющейся по бесконечному стержню площадью поперечного сечения *F*.

ДИНАМИКА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА. ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ.

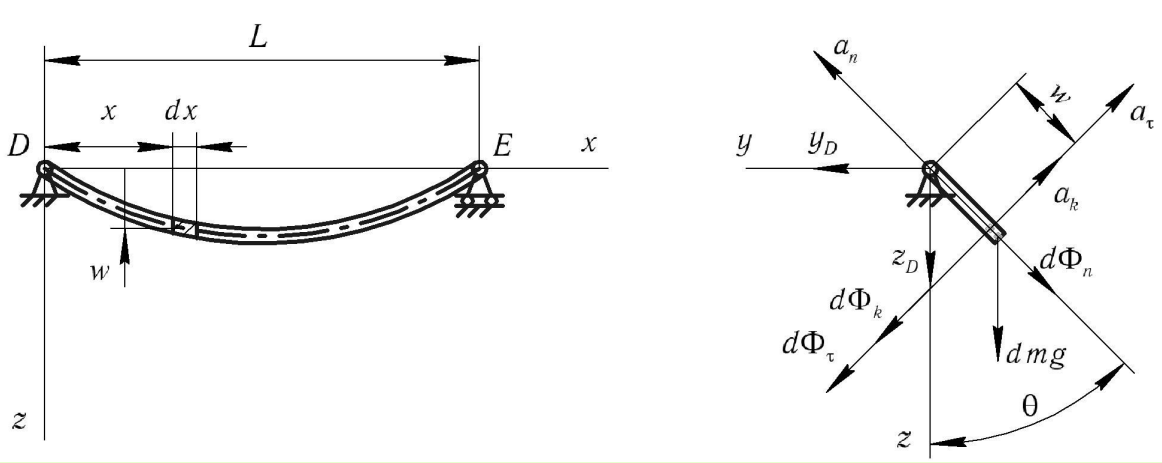
Выводы:

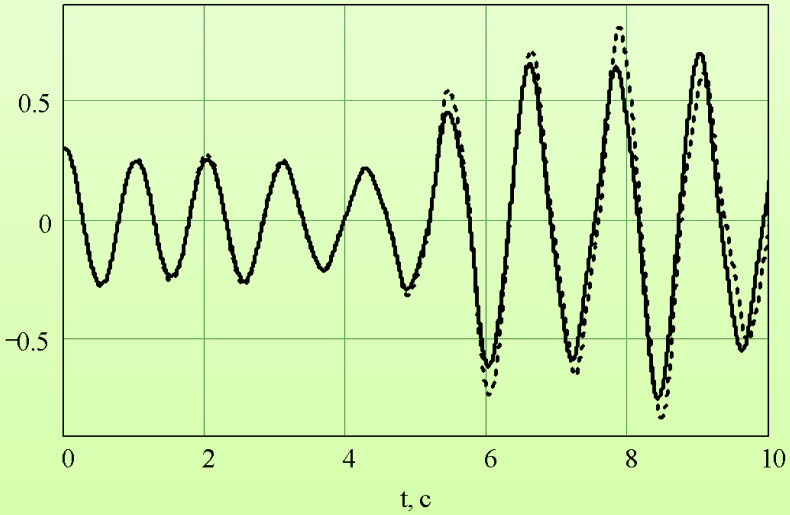
- **Амплитуда и угол сдвига фаз зависят от величины и положения надреза на стержне, чем больше параметр *m*, тем больше угол сдвига фаз в отраженной волне.**

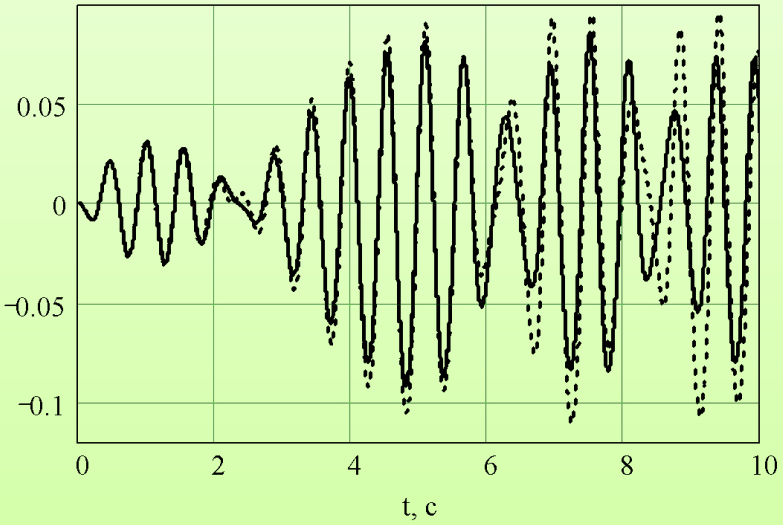
- **Коэффициент отражения линейно зависит от величины надреза.**

- **Полученная методика может быть применена для разработки прибора для диагностики длинных стержневых систем.**

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОГНУТОГО СОБСТВЕННЫМ ВЕСОМ ТРУБОПРОВОДА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЕРЕМЕННОГО ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ.







Зависимости относительного перемещения элемента стержня при $\xi = 0$ в отраженной волне от безразмерного времени т.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОГНУТОГО СОБСТВЕННЫМ ВЕСОМ ТРУБОПРОВОДА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЕРЕМЕННОГО ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ.

Вывод

Построенная математическая модель колебательных движений предварительно изогнутой собственным весом трубы при действии переменного внутреннего давления и полученные на основе этой модели уравнения и результаты вычислений позволяют провести оценку напряженно-деформированного состояния трубопровода при неблагоприятных режимах его работы и разработать мероприятия по защите трубопроводов от повреждений и разрушения.

Исследование механизма разрушения металла труб под воздействием статической нагрузки, возникающей при эксплуатации магистральных нефтепроводов

Руководитель темы –
доктор техн. наук, профессор К.М. Ямалеев

Цель работы – исследование факторов, приводящих металл к охрупчиванию и упрочнению в процессе длительной эксплуатации.

Задачи исследования:

- **Исследовать процессы охрупчивания и упрочнения металла труб МН от эксплуатационных факторов – условия нагружения, окружающей среды и срока эксплуатации.**
- **Определить структурные факторы охрупчивания металла труб, связанные с деформационным строением.**
- **Изучить факторы, приводящие к упрочнению металла и снижению сопротивляемости металла хрупкому разрушению.**

ВЫВОДЫ:

- Установлено, что за 30 лет эксплуатации происходит увеличение прочностных свойств исследуемых сталей на 8 – 10 %, уменьшение пластических свойств на 20 %, а ударной вязкости – в 2 раза в зависимости от химического состава стали.
- Показано, что основным эксплуатационным фактором, приводящим к упрочнению и охрупчиванию является цикличность нагружения металла труб МН.
- Экспериментально установлено, что упрочнение металла труб происходит по сдвиговому механизму, который проявляется в результате образования линий и полос скольжения, при генерации дислокаций и распада цементита.

Совершенствование методов реофизических исследований аномальных жидкостей применительно к технологическим задачам трубопроводного транспорта

Руководитель темы - канд. техн. наук
Ш.И. Рахматуллин

Получены следующие результаты:

- **разработаны новые математические модели технологических процессов трубопроводного транспорта нестабильных углеводородных жидкостей;**
- **разработаны методы реофизических исследований жидкостей применительно к технологическим задачам трубопроводного транспорта;**
- **предложен приближенный метод расчета коэффициента полезного действия центробежных насосов при их работе на вязкопластичной жидкости, основанный на применении обобщенного параметра Рейнольдса и учете дополнительных гидравлических и дисковых потерь, возникающих при переходе работы насоса с воды на неньютоновскую жидкость.**
- **разработан метод расчета степени заполнения самотечных участков рельефных нефтепроводов, перекачивающих неньютоновские степенные нефти.**

Прикладные результаты:

- **разработаны новые технологии транспортировки стабильных и нестабильных углеводородных жидкостей на основе учета термодинамических эффектов применения противотурбулентных присадок;**

- **применение обобщенного параметра Рейнольдса позволяет при определении коэффициента полезного действия насоса пользоваться общей формулой для ньютоновской и неньютоновскую жидкостей различной вязкости, что особенно важно для парафинистых нефтей, проявляющих как ньютоновские, так и неньютоновские свойства.**

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ, КОНСТРУКТИВНЫМИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ НЕСПЛОШНОСТЯМИ

Руководитель темы –

доктор техн. наук, профессор Р.С. Зайнуллин

Целью работы является:

прогнозирование и повышение остаточного ресурса безопасной эксплуатации конструктивных элементов нефтегазового оборудования и трубопроводов

Основные задачи:

- оценка степени опасности коррозионно-механических трещин в конструктивных элементах нефтегазового оборудования и трубопроводов;
- исследование локализованных процессов охрупчивания и механохимической повреждаемости металла конструктивных элементов нефтегазового оборудования и трубопроводов;
- оценка и торможение скорости развития коррозионно-механических трещин и определение остаточного ресурса конструктивных элементов нефтегазового оборудования и трубопроводов.

Получены следующие результаты

- **Проведена оценка напряженного и предельного состояний оборудования с конструктивными несплошностями, возникающими в результате приварки на него укрепляющих накладных элементов различных конструкций. Даны научно обоснованные рекомендации по повышению ресурса накладных элементов.**

- **Предложен и экспериментально подтвержден метод повышения эффективности усилительных накладок, базирующийся на рациональном выборе размеров, в частности ширины. В ряде случаев реализация в производстве разработанного метода может значительно снизить металлоемкость и трудоемкость сборочно-сварочных работ при установке накладных усилительных элементов.**

- **Разработаны методы повышения прочности концевых участков элементов с конструктивными несплошностями, основанные на применении двойных угловых швов, позволяющие в 2,5 раза повысить их несущую способность.**

- **Предложен и реализован ряд научно-технических решений по оценке и повышению ресурса ремонтных хомутов путем их соответствующей реконструкции.**

Исследование влияния физических и химических факторов перекачиваемых сред на процесс коррозии

Статистическая проверка механистических и эмпирических моделей на основе анализа фактических режимов движения ГЖС, состава рабочих сред и аварийности трубопроводов, корректировка моделей по результатам исследований

Руководитель темы – канд. техн. наук А.Т. Фаритов

Основная задача - проверка прогностических коррозионных моделей определением влияния на скорость коррозии промысловых трубопроводов следующих факторов:

- **химического состава перекачиваемой среды, а именно: ионного состава и содержания растворенных газов – CO_2, H_2S, O_2;**
- **технологических мероприятий, связанных с интенсификацией отбора нефти;**
- **структурных форм и параметров течения ГЖС;**
- **зараженности пластовых вод микроорганизмами;**
- **химического состава и структуры сталей.**

Решение данной задачи базировалось на информации собранной в Базе данных ПО «Экстра» за пять лет. При этом был произведен комплексный анализ условий эксплуатации трубопроводов по всем перечисленным факторам и сопоставление их с фактической удельной аварийностью.

Основными химическими факторами, влияющими на коррозию в условиях анализируемых месторождений НГДУ являются:

- **содержание углекислого газа,**
- **pH,**
- **температура сред,**
- **минерализация сред.**

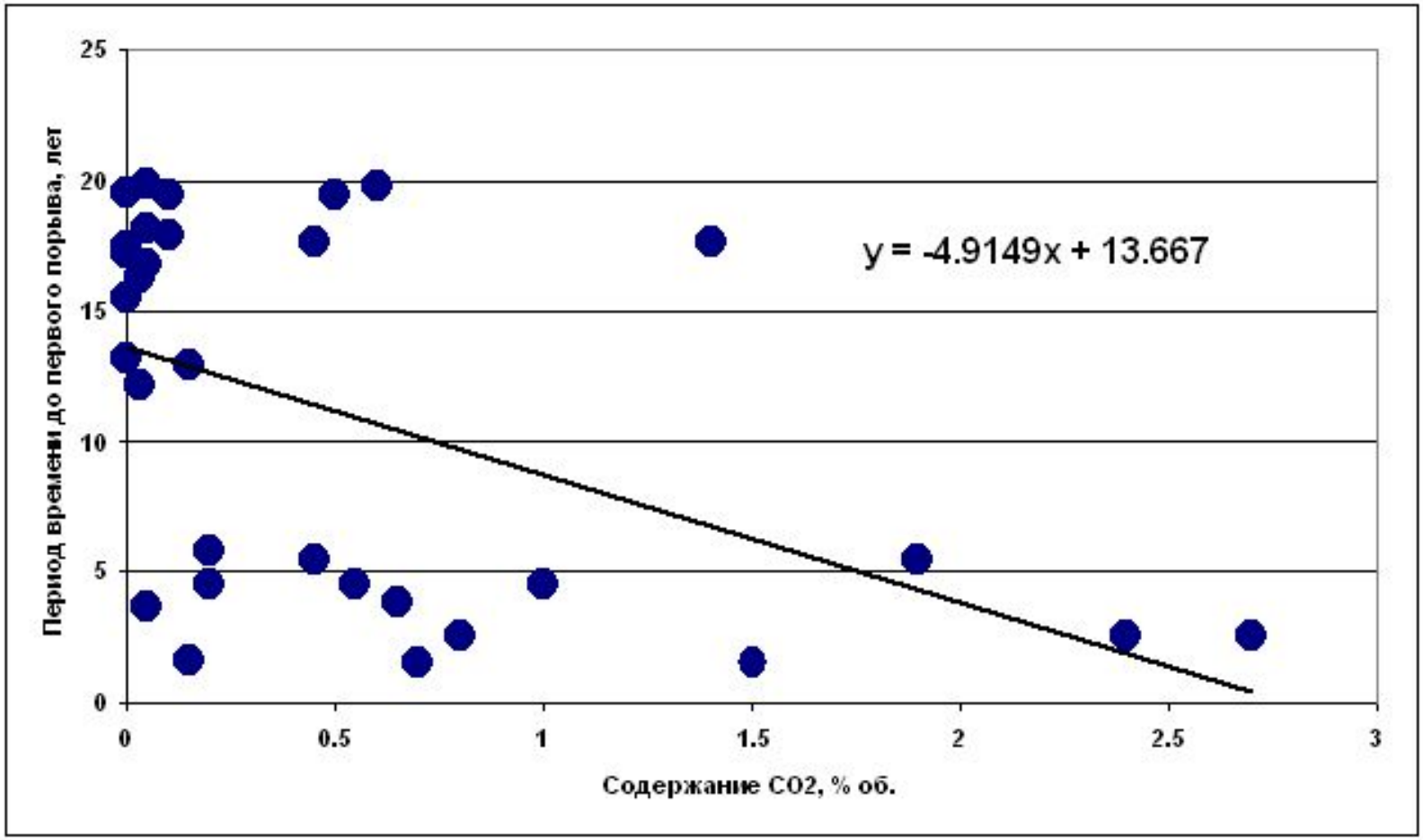
Кроме того, в связи с биозаражением пластов сульфат–восстанавливающими бактериями (СВБ), нельзя исключить роль сероводорода как фактора, усложняющего и, возможно, усиливающего скорость коррозии.

Сбор информации по месторождениям

- Краткая геологическая характеристика месторождений ,
- Обзорные схемы трубопроводов систем сбора нефти, ППД, газопроводов по месторождениям с указанием расположения ГЗУ, ДНС, КНС, объектов подготовки нефти, блоков дозирования реагентов, расположения узлов контроля коррозии
- Характеристики трубопроводов
- Сведения о технологических параметрах работы ДНС и трубопроводов на входе и выходе их них: температура, обводненность, расход по газу (нм3/сут) и нефти.
- Краткие сведения о составе и физических характеристиках добываемой продукции в среднем по месторождениям, на отдельных скважинах, трубопроводах, ДНС.
- Сведения о применявшихся и применяемых методах защиты от коррозии и их эффективности.
- Сведения о технологических мероприятиях, связанных с интенсификацией отбора нефти из скважин.

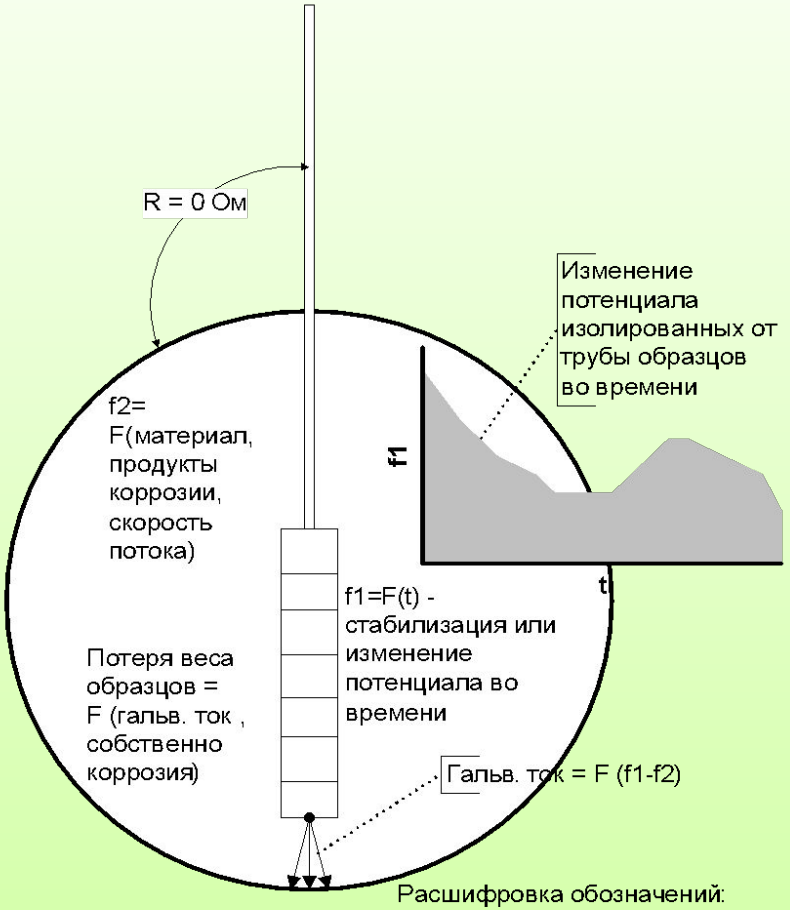
Химический состав газа и попутных вод

Зависимость времени до первого порыва выкидных коллекторов добывающих скважин от содержания углекислого газа в попутном нефтяном газе.



Анализ результатов измерения скорости коррозии

Схема процессов, происходящих на замкнутых на трубу образцах-свидетелях.



Расшифровка обозначений:
f1 - потенциал образцов
f2 - потенциал вн.поверхности трубы
F – функция
t - время
R- электрическое сопротивление

ВЫВОДЫ ПО КОМПЛЕКСНОМУ АНАЛИЗУ И РАНЖИРОВАНИЮ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

1. В составе вод обнаружены планктонные формы СВБ. Судя по анализам наибольшее развитие СВБ (до 104-106 кл/мл) происходит на УПСВ, скорее всего в емкостном оборудовании.
2. В составе пластовых вод и попутном нефтяном газе обнаружен сероводород: до 20 мг/м3 в газе и до 14 мг/л в воде, что также свидетельствует о жизнедеятельности СВБ, которые могут вызывать коррозионные разрушения, особенно в системах ППД и резервуарном парке.
3. Не установлена корреляция между скоростями коррозии на УКК нефтесборных коллекторов и концентрацией углекислого газа нефтяном газе. Экспериментально показано, что использование существующих систем контроля коррозии не отражает реальной агрессивности среды, а полученные результаты практически не поддаются интерпретации из-за наличия электрической связи между образцами и внутренней поверхностью трубы. При контроле коррозионной агрессивности сред рекомендуется использовать незамкнутые на трубу образцы-свидетели.

ВЫВОДЫ ПО КОМПЛЕКСНОМУ АНАЛИЗУ И РАНЖИРОВАНИЮ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

4. Получены зависимости удельной частоты отказов трубопроводов, относящихся к различным ДНС, с содержанием CO_2 в нефтяном газе на этих ДНС. Полученные коэффициенты корреляции (0,64, 0,99 и 0,96) зависимостей подтверждают предположение о диоксиде углерода, как об основном факторе ускоренного разрушения сталей. Регрессионную зависимость диапазона удельной частоты (У) отказов от содержания CO_2 (Су.г.) в нефтяном газе в исследуемых случаях можно описать следующим уравнением У= 0,05…0,13 + 0,3..0,6 *(Су.г.)

5. Полученные результаты позволяют ранжировать коррозионную опасность по степени убывания в следующем порядке:

- ЦДНГ-3, ДНС-1А, %CO_2 - 1,31
- ЦДНГ-2, ДНС-3, %CO_2 - 1,03
- ЦДНГ-2, ДНС-1, %CO_2 - 0,43
- ЦДНГ-4, ДНС-4, %CO_2 - 0,30
- ЦДНГ-4, ДНС-5, %CO_2 - 0,16

Анализ влияния материального исполнения стальных трубопроводов на скорость коррозии

Лидеры по наименьшей (менее 0,1 при средней по НГДУ 0,8 отк/(км год) удельной аварийности среди применяемых материалов с 2000 по 2007 год

Завод	Протяженность, м	Марка стали	Дата ввода средняя	Количество отказов	Удельная частота
Синарский трубный завод	2583	Ст.10ПС	2001	0	0,00
Синарский трубный завод	3968	Ст.20	2001	0	0,00
Таганрогский металлургический завод	6009	Ст.10ПС	2001	1	0,03
Таганрогский металлургический завод	13013	Ст.20	2002	4	0,06
Выксунский металлургический завод	658	Ст.20,	2006	0	0,00
Северский трубный завод	2362	Ст.20	2001	1	0,07
Армпласт	1360	стеклопластик	2002	0	0,00

Анализ влияния технологических мероприятий, связанных с интенсификацией отбора нефти на скорость коррозии

Анализ влияния ГРП, ГКО и СКО на аварийность

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Количество Объектов (от ЗУ до первой точки врезки) с датой ввода после 01.01.1999 на которых были обработок	24	Количество Объектов (от ЗУ до первой точки врезки) датой ввода после 01.01.1999 на которых не было обработок	81
Количество Объектов (от ЗУ до первой точки врезки) датой ввода после 01.01.1999 на которых были обработки и были отказы с 01.01.2004	11	Количество Объектов (от ЗУ до первой точки врезки) с датой ввода после 01.01.1999 на которых не было обработки и были отказы с 01.01.2004	26
Относительное количество аварийных участков на обработанных ЗУ	11/24=0,46	Относительное количество аварийных участков на не обработанных ЗУ	26/81=0,32

ВЫВОДЫ

1. Основным фактором, влияющим на коррозию в системе сбора нефти трех цехов НГДУ, в первую очередь, является концентрация углекислого газа в нефтяном газе, что характеризует возможность качественного прогнозирования скорости коррозии по модели де Ваарда-Мильямса, которая связывает скорость коррозии с концентрацией CO_2 в нефтяном газе.

2. Выявлено, что при низких числах Рейнольдса (до 60000) и скоростях потока (ориентировочно до 1,0 м/с) коррозия протекает по механизмам, не связанным со скоростью потока. Предположительно, определяющими здесь являются состав и структура образующихся осадков. Возможна микробиологическая коррозия.

ВЫВОДЫ

3. На основе анализа статистических данных предположено, что при высоких числах Рейнольдса (свыше 60000) и скоростях потока (свыше 1 м/с) коррозия протекает по механизмам, непосредственно связанным с коррозионно-эрозионным воздействием потока, оказывающим воздействие как на сам осадок, так и на оголяемый от осадка металл. При этом скорость коррозии увеличивается с увеличением числа Рейнольдса по эмпирически определенной регрессионной зависимости СК=-6,827+0,000153*Re.

4. Полученные в результате анализа влияния ГРП и СКО на скорость коррозии трубопроводов отличия между обработанными и не обработанными участками незначительны. Однако из этого не следует, что СКО и ГРП не влияют на скорость коррозии. Возможно, что влияние этих методов скажется в более отдаленной перспективе, т. к. воздействие коррозии проявляется не сразу. Для оценки влияния различных методов увеличения продуктивности скважин на скорость коррозии трубопроводов желательно установить узлы контроля коррозии и проводить измерения до и после обработок скважин.