

# Динамический RVI анализ и мониторинг коррозии на объектах нефтепереработки и нефтехимии

Т.Б. Петерсен, В.В. Шемякин, А.Б. Самохвалов, Д.А. Курносов

ООО «ДИАПАК»

# От классического к динамическому RBI

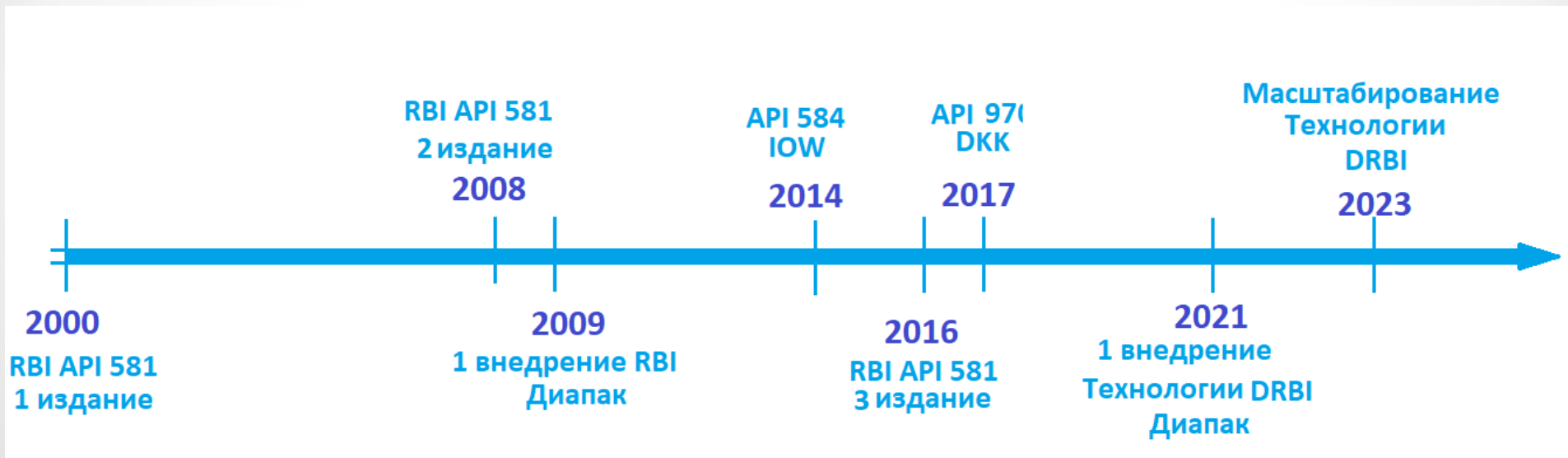
**Ограничения RBI:** отсутствует контроль выхода технологических параметров за границы рабочего диапазона; не учитываются изменения режима эксплуатации при остановках.

- **Цель динамического RBI** - повышения надёжности эксплуатации технологического оборудования и предотвращения аварийных и внештатных ситуаций путем мониторинга коррозии и риска потери целостности в режиме квази-реального времени.
- Мониторинг коррозии включает использование как аппаратных, так и цифровых датчиков коррозии, работа которых основана на применении расчетных математических моделей.
- Входными параметрами моделей служат изменяющиеся во времени физические и химические технологические параметры; выходными параметрами моделей являются механизмы и показатели коррозии.

**Задачи динамического RBI включают:**

- Определение мест установки цифровых и аппаратных датчиков; разработка документа контроля коррозии (ДКК);
- Определение остаточного ресурса;
- Выдача рекомендаций по защите оборудования от коррозии
- Выбор стратегии и планирование ТОиР

# История разработки технологии динамического RBI (DRBI) анализа



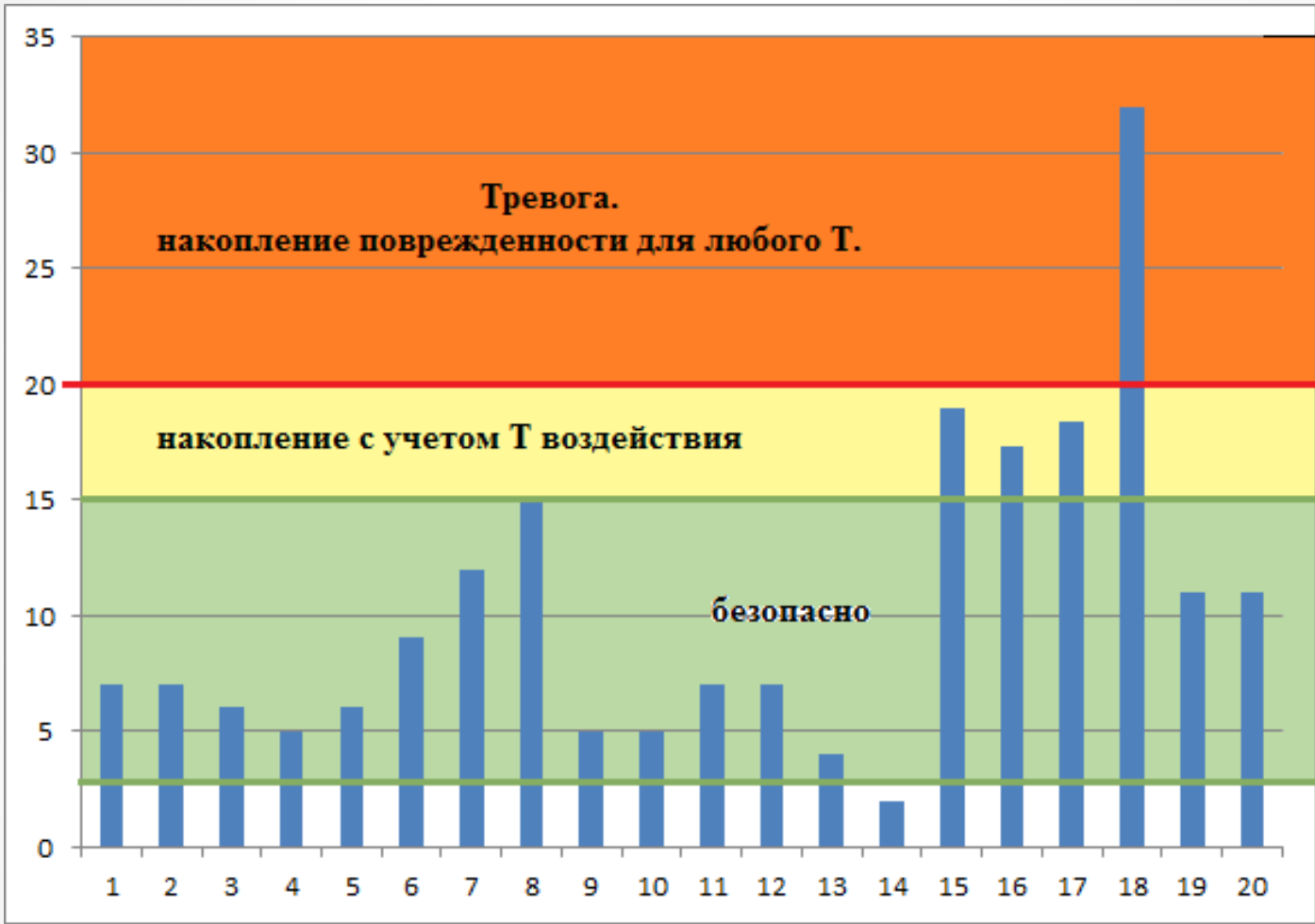
# Операционные окна целостности (IOW)– диапазон рабочих параметров. API 584



**Диапазоны рабочих параметров, определяющих целостность.**

Задается 4 уровня значений параметров, т.е. 5 условий – 2 стандартных, в пределах которого скорость роста поврежденности не меняется, от стандартных до критических риск возникает при некотором периоде воздействия, который задается.

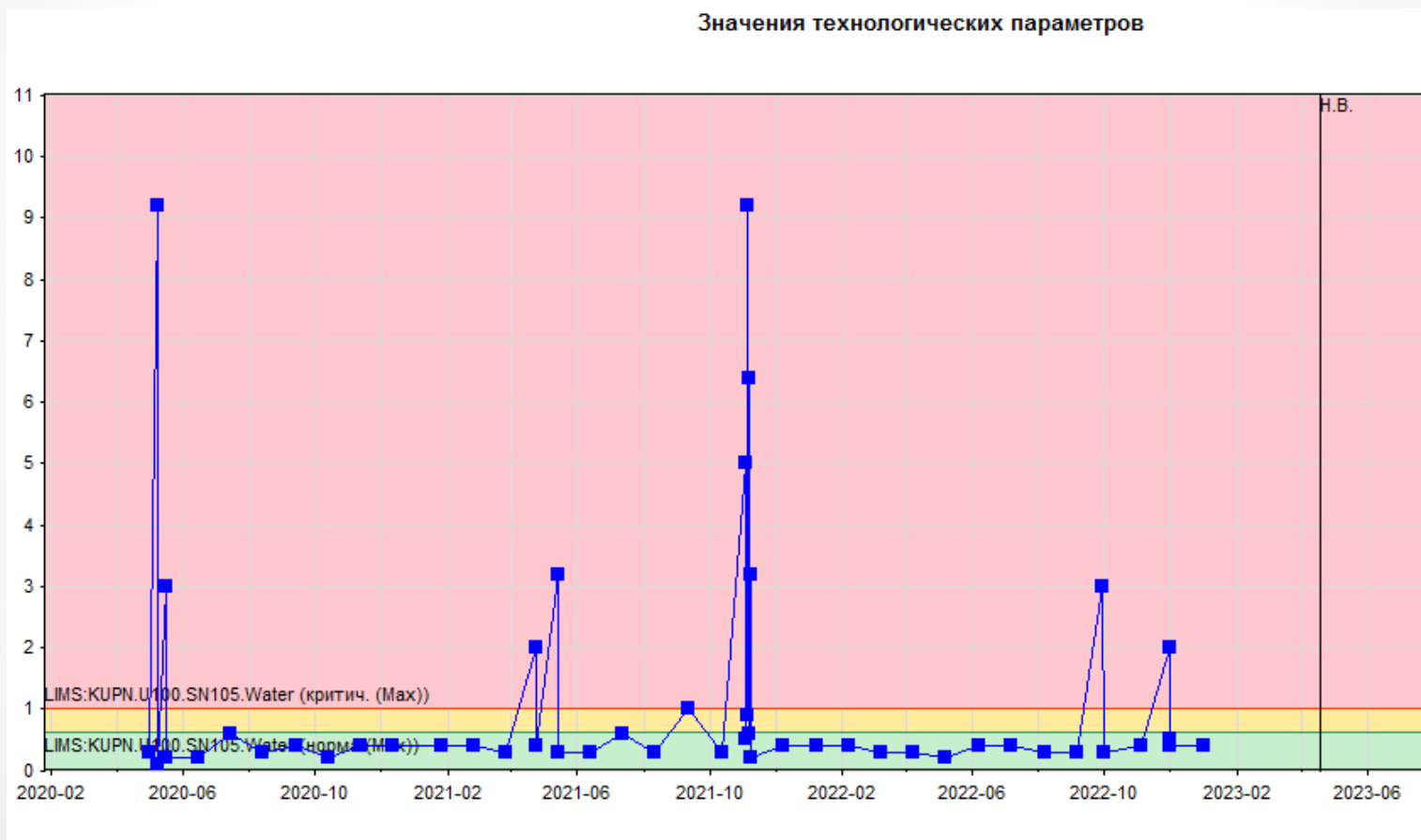
# Операционные окна целостности (IOW)– API 584



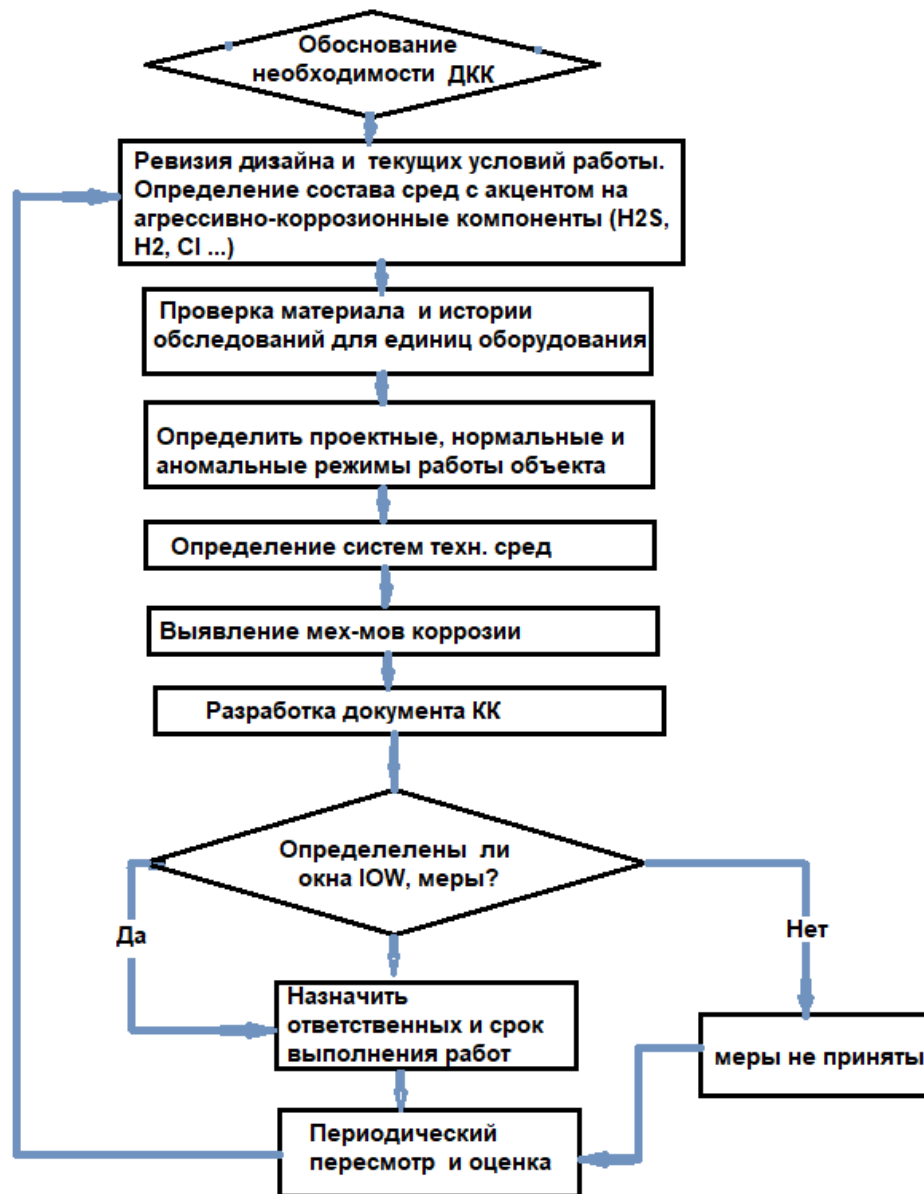
II область – накопление с учетом времени воздействия, начиная с  $N > 2$  дней. В рассматриваемом примере  $N=3$ , т.е. происходит суммирование поврежденности.

# Пример окна целостности

Тег –ЛИМС Продукт – обессоленная нефть.  
Анализ « Содержание H<sub>2</sub>O среднее , %масс. »



# Блок-схема документа контроля коррозии – API 970



# Исходные данные

**Источники информации включают следующие типы данных :**

- Технологические данные;
- параметры эксплуатации;
- характеристики материального исполнения и конструкционные параметры оборудования;
- перечень КИПиА
- исторические данные по толщинометрии и результатам обследований;
- сведения об отказах, обнаруженных дефектах
- текущие физико-химические параметры и показатели;
- фактические измеряемые данные мониторинга коррозии (толщина, скорость коррозии).

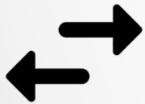
**Документы, содержащие информацию по эксплуатационным и механическим параметрам оборудования:**

- Проект, Регламент
- Технологическая схема
- Паспорт оборудования
- Коррозионная карта



# Этапы Динамического РВИ

- Анализ и систематизация исходных данных
- Определение хим. состава сред, содержание агентов.
- Загрузка исходных данных
- Подключение тегов технологических параметров и данных измерения коррозии.
- Настройка, заполнение и интеграция операционных окон целостности (ООЦ, IOW) .
- Выбор мест расположения и определение входных параметров виртуальных датчиков коррозии.
- Составление модифицированной технологической схемы оборудования.
- Определение критичности оборудования
- Выбор стратегии ТОиР, создание планов.
- Мониторинг коррозии и риска отказа
- Верификация параметров моделей коррозии по данным измерений аппаратных датчиков коррозии (системы мониторинга коррозии). Корректировка коэффициентов модели.
- Составление отчетной документации.



# Технологические параметры, автоматически учитываемые при динамическом RBI-анализе

Автоматическое определение механизмов повреждения с учетом фактических текущих значений следующих параметров состава и показателей:

Параметр	Модели механизмов повреждения
pH	Модель коррозии в соляной кислоте (HCl) Модель коррозии в кислой серосодержащей воде Модель сульфидного растрескивания (вода + H <sub>2</sub> S) Модель растрескивания HIC/SOHIC H <sub>2</sub> S Модель растрескивания в щелочной воде, содержащей CO <sub>2</sub> Модель хлоридного растрескивания
Концентрация ионов Cl <sup>-</sup>	Модель коррозии в соляной кислоте (HCl) Модель хлоридного растрескивания
Содержание H <sub>2</sub> S	Модель высокотемпературной H <sub>2</sub> S/H <sub>2</sub> коррозии Модель сульфидного растрескивания (вода + H <sub>2</sub> S) Модель растрескивания HIC/SOHIC H <sub>2</sub> S
Содержание H <sub>2</sub>	Модель высокотемпературного водородного растрескивания
Содержание активной серы (сульфидов, меркаптанов)	Модель высокотемпературной сульфидно-нафтенной коррозии Модель растрескивания в политионовой кислоте
Концентрация H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Модель коррозии в серной кислоте (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
Концентрация NaOH	Модель щелочного растрескивания

# Модель коррозии в соляной кислоте (HCl)

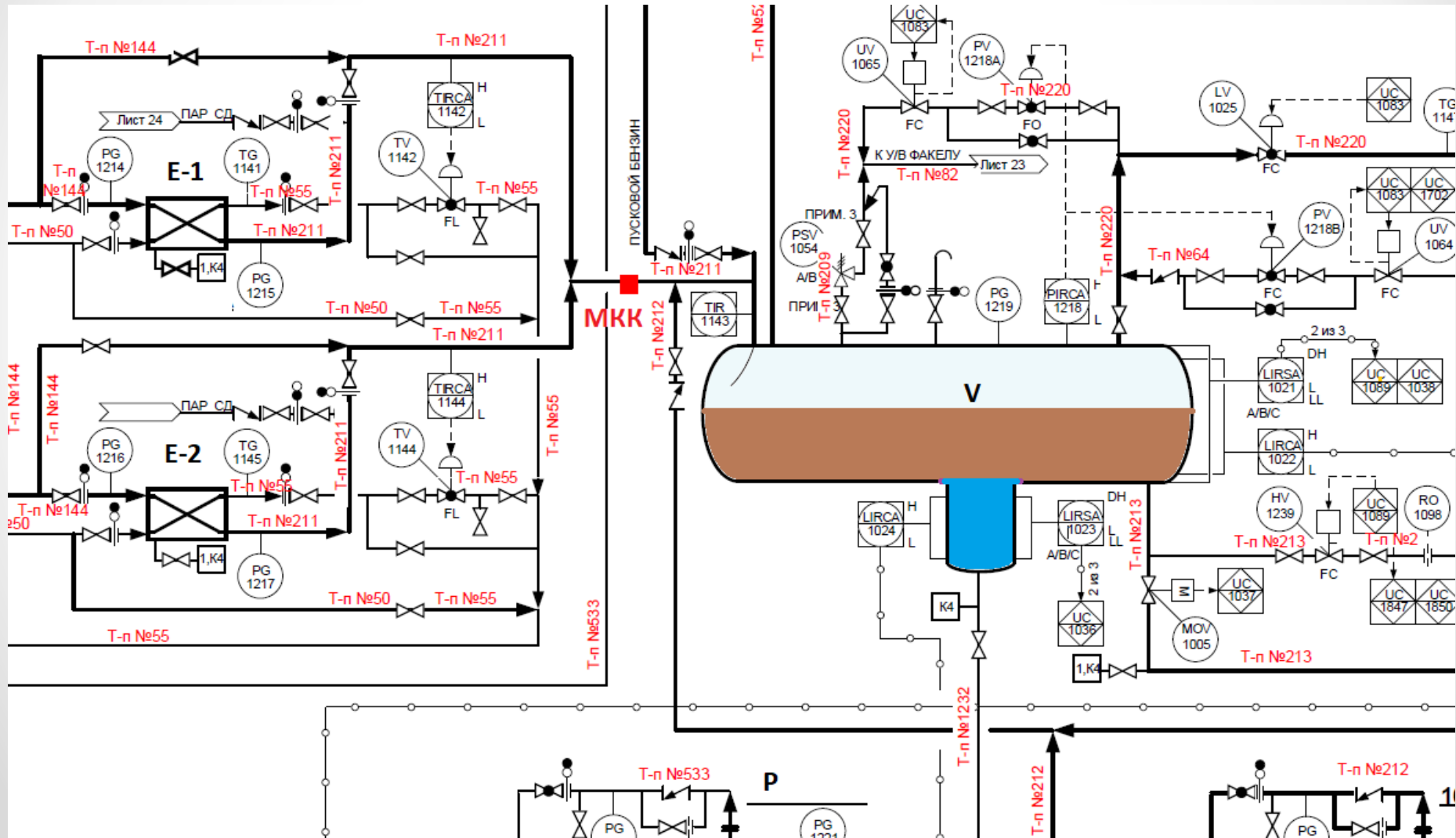
## Исходные данные:

- pH и/или концентрация ионов  $\text{Cl}^-$
- - максимальная рабочая температура, °C
- доступ воздуха или наличие окислителей
- Наличие  $\text{H}_2\text{S}$
- Действие модели расширено до  $T > 93^\circ\text{C}$  – д.б. выполнено условие  $T_{\text{раб}} < T_{\text{насыщ}}$

Материал	Диапазоны концентраций и температур, для которых определены скорости коррозии в HCl
Углеродистая сталь	<ul style="list-style-type: none"><li>- pH от 0,5 до 6,80</li><li>- температура от 38 до 93 °C</li></ul>
Нерж. аустенитная сталь типа 300 (304, 316, 321, 347)	<ul style="list-style-type: none"><li>- pH от 0,5 до 6,80</li><li>- температура от 38 до 93 °C</li></ul>

# Пример заполнения и анализа ТС

Определение №№ трубопроводов, расположения пробоотборников, КИПиА; мест КК; задание коррозионных контуров;



# Пример задания и анализа данных - поток ВЦО

1. Описание: Объекты, относящиеся к технологическому потоку: Т- (верх) ; Е-; ЕА; Трубопроводы №№

2. Репрезентативная среда: статические и динамические данные

Поток (среда)	Ед. изм.	H2O	C1-C2	C3-C4	C5
ВЦО	масс. %	0.003212	0.025816	0.228979	0.242448

C6-C8	C9-C12	C13-C16	C17-C25	C25+	H2	H2S	HCl
2.69387	41.811	35.6657	19.326			0.00048	0.0025

Химический тег	Описание тега	№ Т-п отбора пробы	Ед. измерения	значения
LIMS: %Mass.Sulfur	Точка отбора Продукт Анализ 'Среднее сера'.	Т-п №716	масс. %	0.0469
LIMS: pH	Точка отбора Продукт . Анализ 'рН_среднее'.	Т-п №1232	рН	6.05
LIMS: ChlIons	Точка отбора Продукт Анализ 'Содержание_хлорид - ионов'.	Т-п №1232	мг/дм3	22.59
LIMS: H2S	Точка отбора Продукт Анализ 'Содержание_среднее(сероводород)'.	Т-п №1232	мг/л	26.45

# Пример результатов анализа

Механизмы коррозии: Коррозия в HCl , коррозия в сернистой воде в сочетании с механизмами растрескивания во влажной среде - HIC/SHIC-H2S.

Причинами резкого падения водородного показателя ( $pH < 4$ ) могут являться:

- 1) Высокая концентрация хлористых солей в обессоленной нефти – недостаточное количество амина для эффективного защелачивания
- 2) высокое содержание органического хлор-иона в сырой нефти или подкачиваемых на переработку продуктах;
- 3) подача недостаточных количеств щелочи в обессоленную нефть.
- 4) возможно, недостаточное качество промывки и эмульгирования в электродегидраторах при обессоливании.

## Рекомендации

Для снижения коррозии рекомендуется:

- производить защелачивание среды верхнего погона и ВЦО в необходимом объеме ( определять по pH пробоотборника),
- улучшить процедуру обессоливания,
- задать МКК на Т-де для контроля скорости коррозии
- проанализировать состав отложений для уточнения механизма коррозии

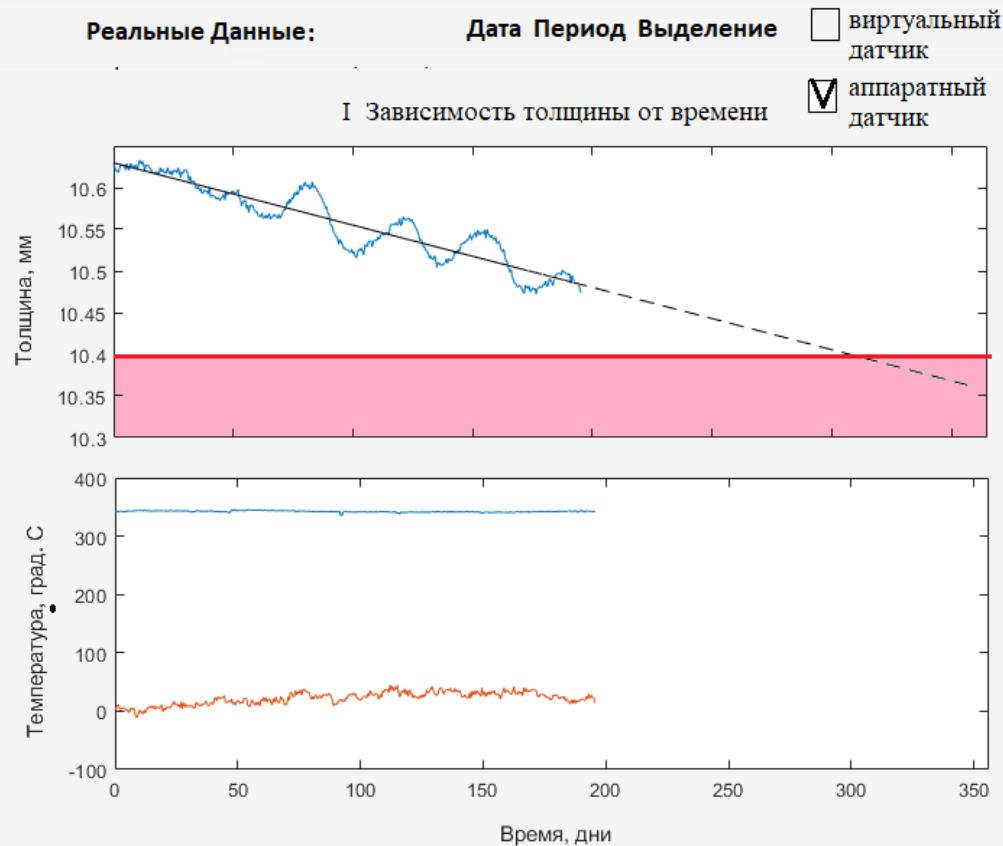
# Прогнозирование остаточного ресурса

По данным замеров системы Permasense (УЗТ)

Температура

pH

Допустимая скорость	мм/год	0,1
Средняя скорость коррозии	мм/год	0,24
Толщина стенки текущая	мм	10,48
Допустимая минимальная толщина	мм	10,4



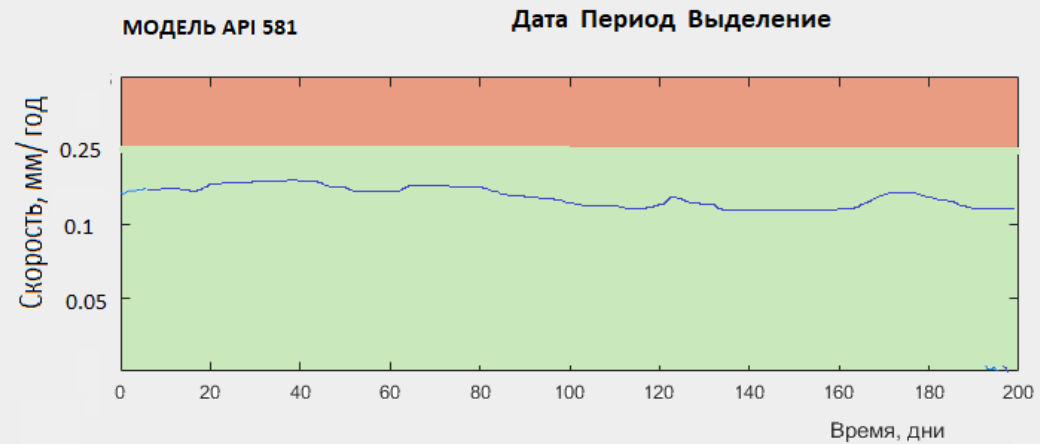
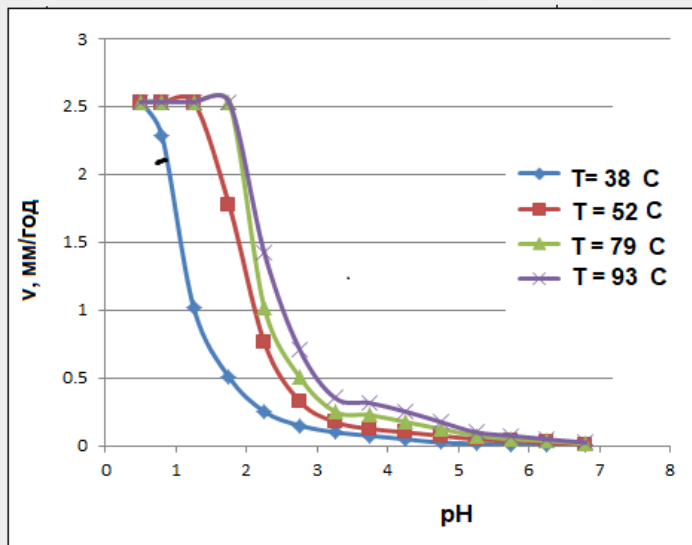
# Моделирование коррозии в HCl

## ЗАДАНИЕ НЕЗАВИСИМЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ:

Материал (марка, тип)  
Концентрация Cl / pH  
Температура - max  
Наличие воздуха или окислителя (да/нет)



ПРИМЕР ОКНА - КОРРОЗИЯ В HCL



Допустимая скорость	мм/год	<input type="text" value="0.1"/>
Средняя скорость коррозии	мм/год	<input type="text" value="0.173"/>
Толщина стенки текущая	мм	<input type="text" value="6.4"/>
Допустимая минимальная толщина	мм	<input type="text" value="4.5"/>



# Преимущества технологии динамического RBI-анализа

Применение динамического RBI-анализа позволяет в автоматическом режиме получать информацию о скорости коррозии, предполагаемой остаточной толщине, вероятности отказа, уровне риска, остаточном ресурсе

В расчетах учитываются механизмы повреждений, связанные с общей и локальной потерей толщины коррозией, а также с различными видами коррозионного растрескивания.

Указанная информация в оперативном режиме учитывает изменения состава сред и колебания технологических параметров (температуры, давления, скорости потока) и показателей скорости коррозии.

Динамический RBI-анализ обеспечивает оперативное предупреждение о возникновении целостности статического оборудования, обеспечивая возможность повышения надёжности его эксплуатации.

**Благодарю за внимание!**