

Риск ориентированный подход на примере плана защиты от коррозии установки подготовки природного и попутного нефтяного газа

Туркин Андрей Олегович
Отдел защиты от коррозии ИНК

ИРКУТСКАЯ НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ

Технологическая безопасность ⟶ Техническая целостность объектов

12 ключевых процессов создающих систему технологической безопасности

При достижении работоспособности всех 12 процессов создаётся кумулятивный эффект - безопасное производство!

Риск ориентированный подход в компании ИНК реализуется через внедрение **системы управления защиты от коррозии** и инспекции с учетом факторов риска **ИУФР (RBI),** которые являются составной частью **технической целостности** дисциплины **технологическая безопасность компании ИНК.**

Цель и основная функция ИУФР (RBI) - получение информации об изменении технического состояния и риска эксплуатации оборудования, ее предоставление для принятия управленческих решений.

Типовые задачи ИУФР:

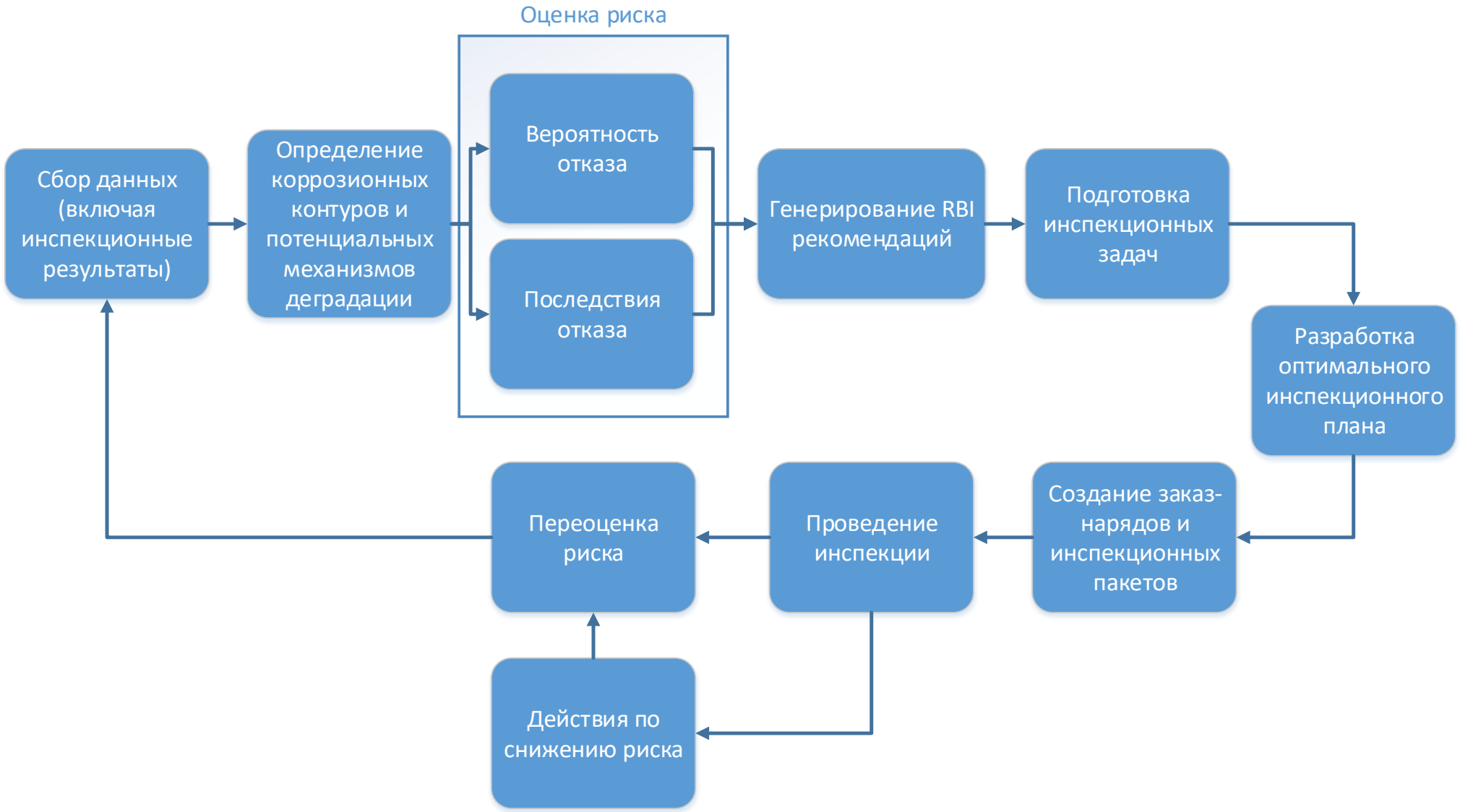
1) Инспекция конкретного оборудования (техническое освидетельствование, ревизия).
2) Подготовка сводных отчетов по состоянию и риску эксплуатации оборудования производственного объекта Компании.
3) Разработка годового плана проведения инспекций по каждому объекту Компании.

Инспекция оборудования является основной задачей ИУФР.



RBI блок-схема ИНК

Рабочий процесс RBI, используемый в ИНК, разработан на основе стандарта API 580 "Инспекция с учетом фактора риска".



Взаимосвязь затрат и риска

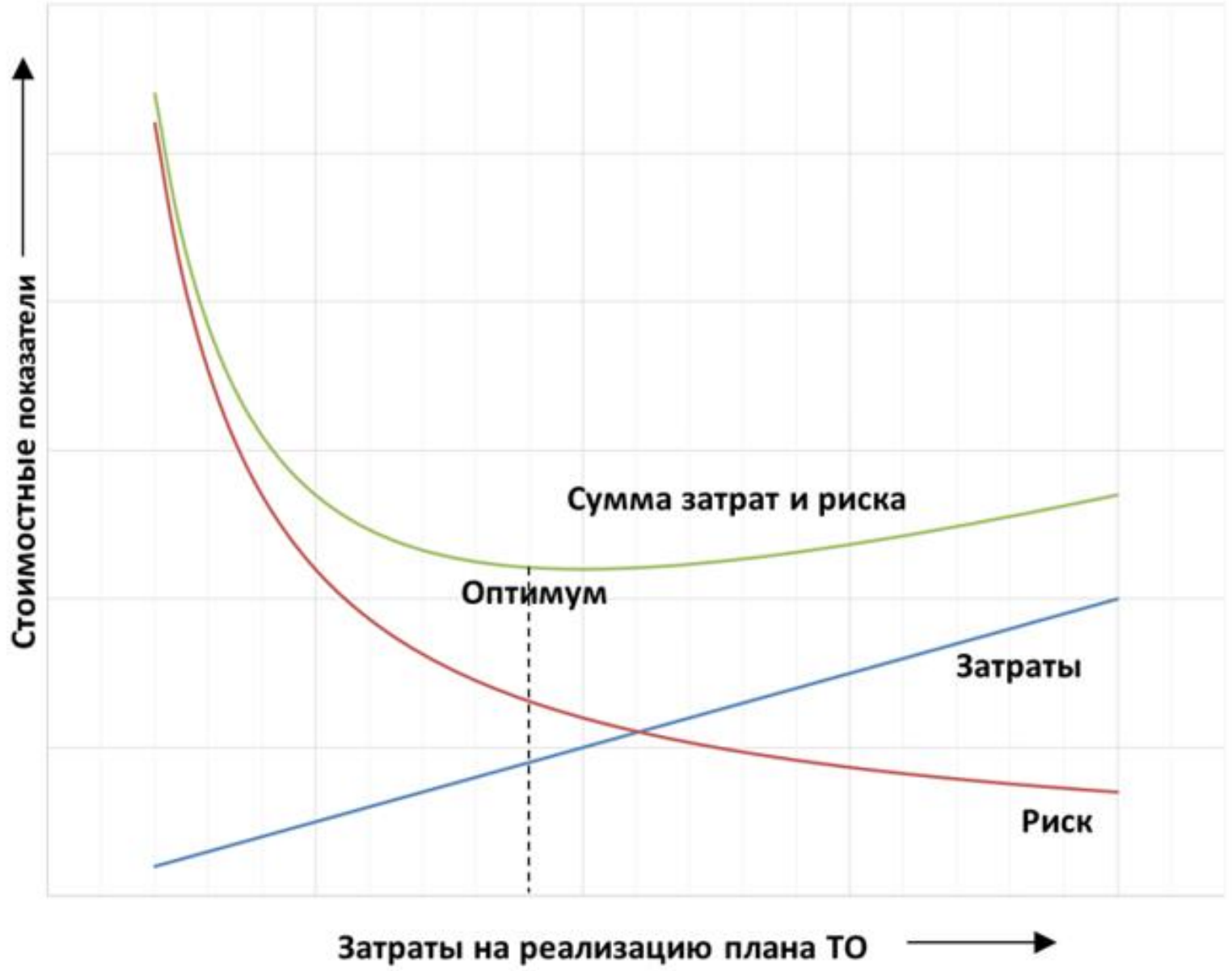
ИУФР позволяет организовать автоматическое составление планов ТОиР, включая:

- обследования, ревизии, техническое освидетельствование (указываются объёмы работ и применяемые методы контроля).
- замену элементов по достижении предельного ресурса.

Рассчитывается набор возможных вариантов планов, для каждого варианта плана определяется величина прямых затрат (бюджетная стоимость) и величина риска.

В результате выбирается оптимальный вариант.

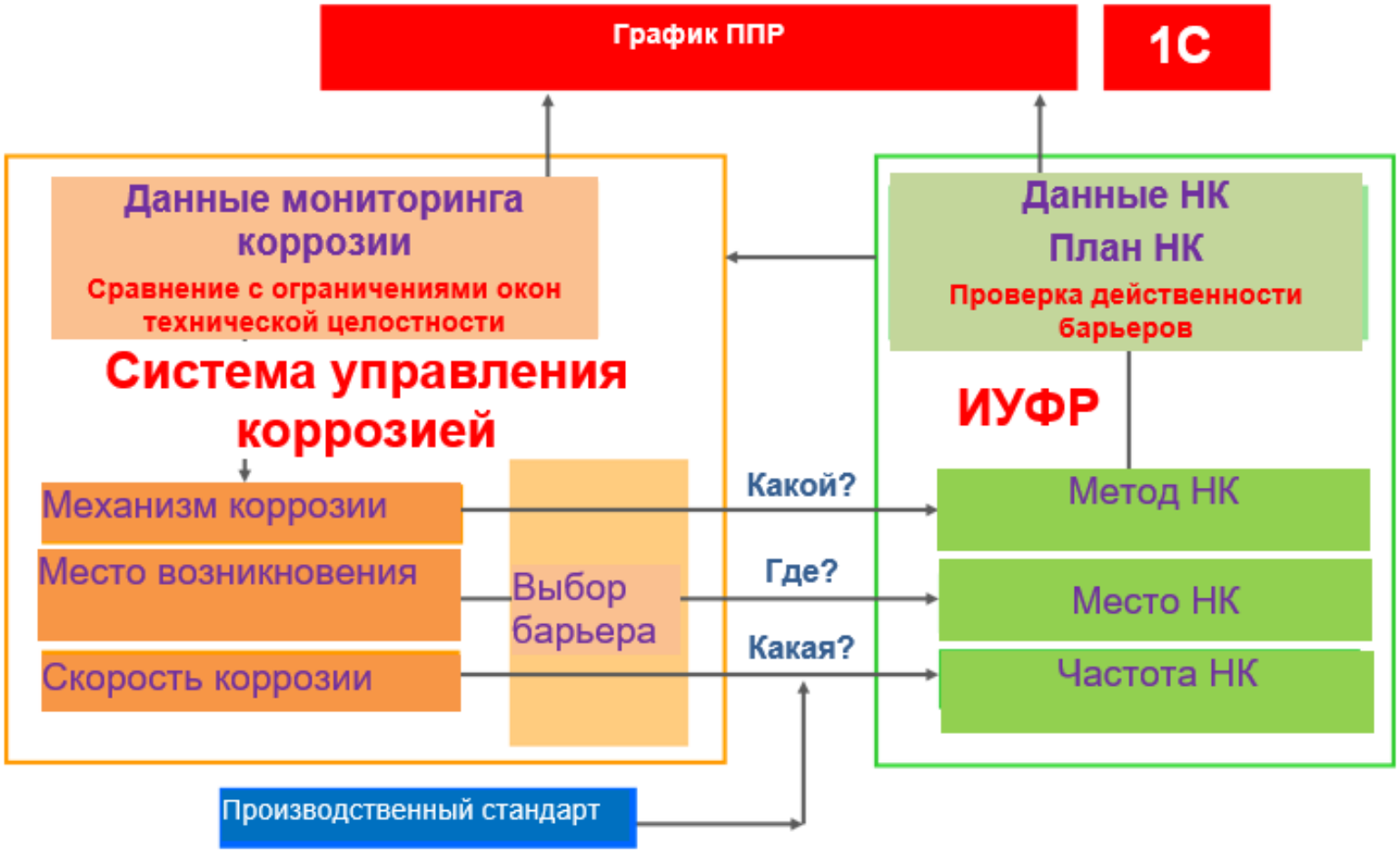
Методика также позволяет сравнивать разные варианты межремонтных пробегов.



Взаимодействие ИУФР с системой управления коррозии ИНК

ИУФР взаимодействует с несколькими процессами, в частности, с процессами системы управления коррозии ИНК, такими как коррозионный мониторинг, **планы защиты от коррозии каждого объекта**, реализация мероприятий защиты от коррозии.

Действия, которые производятся на непрерывной или ежедневной основе описываются процедурами. Действия более прерывистого характера помещаются в план техобслуживания и вносятся в информационную систему управления ТО и Р для обеспечения составления графика их выполнения.

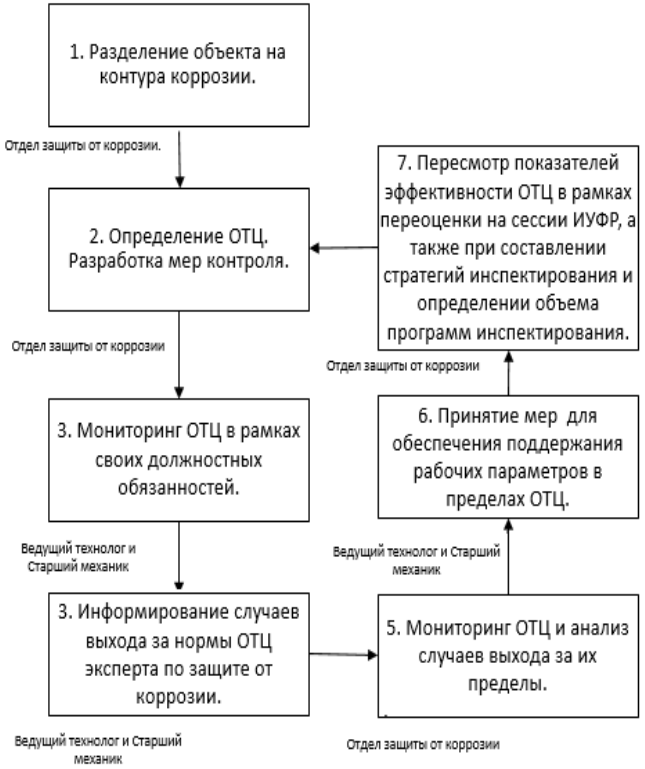


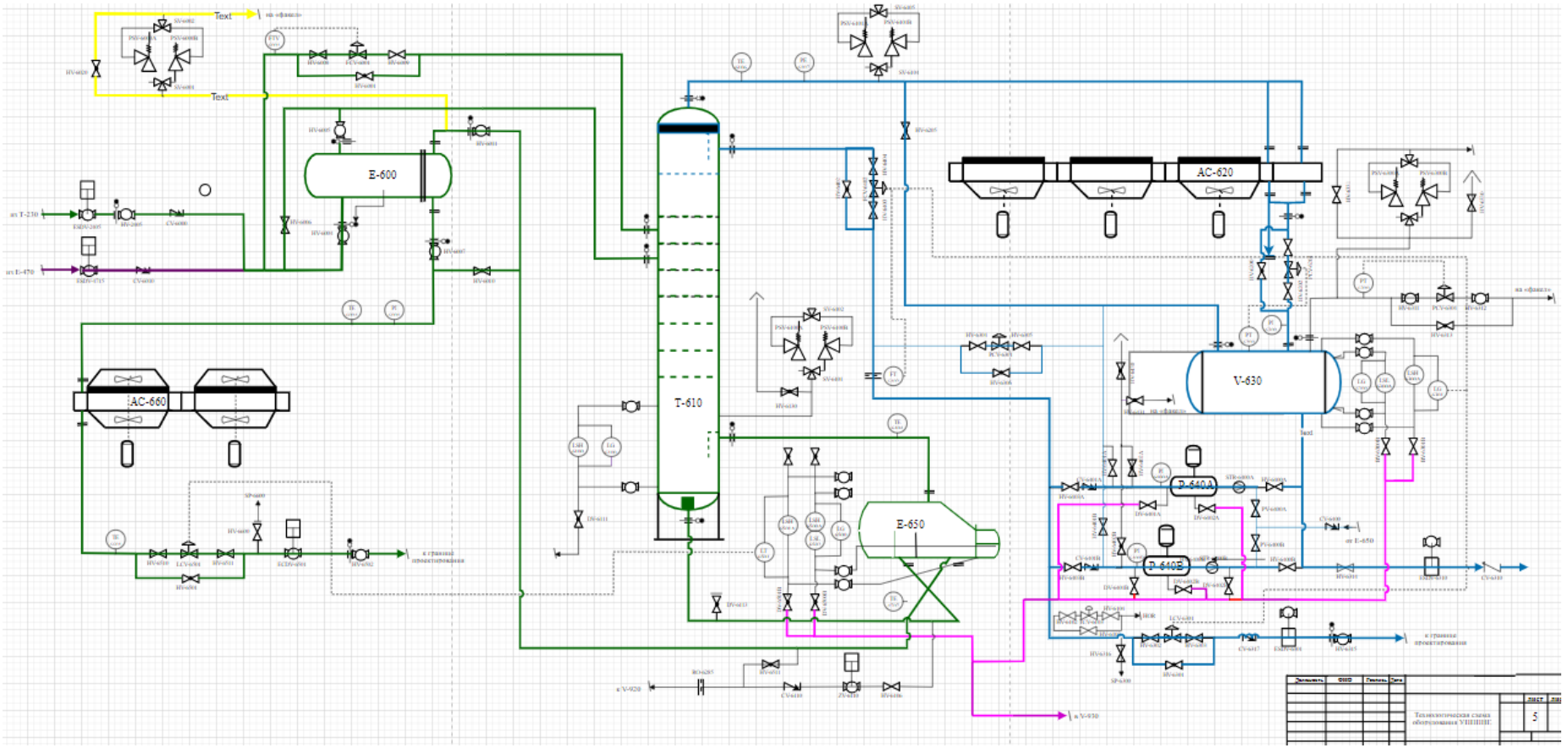
Обмен данными между системой управления коррозией, ИУФР и информационной системой управления ТО и Р.

Контура коррозии – процессная схема плана защиты от коррозии

Контур коррозии – часть производственного комплекса, технологической схемы, включающая технологически связанные оборудование, устройства, трубопроводы, и их элементы, которые изготовлены из аналогичных материалов, эксплуатируется в аналогичных режимах и имеют аналогичные условия, вид и скорость развития деградации.

Процессная схема плана защиты от коррозии.





Процесс идентификации коррозионных контуров проводится в несколько этапов:

1. Определение расчетных характеристик: марка материала и тип изоляции для каждой единицы оборудования на основе проектных документов.
2. Определение параметров технологического процесса на основе материально-теплового баланса, технических паспортов и данных PI.
3. Определение свойств и состава рабочей среды на основе материально-теплового баланса и результатов лабораторного анализа.
4. Определение границ коррозионных контуров и входящих в них единиц оборудования и обозначение на схемах PFD, P&ID.
5. Определение потенциальных механизмов деградации для каждого коррозионного контура на основе свойств материалов и сред и условий процесса.

План защиты от коррозии – разделение объекта на контура коррозии

Цель работы - снижение рисков нарушения технической целостности оборудования и трубопроводов до практически целесообразно низкого уровня.

Разработан план защиты от коррозии для эксплуатационной стадии проекта УППНГ. Объект разделён на группы оборудования и трубопроводов – контура коррозии, подверженные аналогичным механизмам деградации.

№	Название контура коррозии	Точка мониторинга
КК01	Сырье на УППНГ: природный газ (ПГ) с добывающих скважин	Трубопровод ПГ на входе во входной сепаратор поз. V-120
КК02	Сырье на УППНГ: природный нефтяной газ (ПНГ) с ДКС	Трубопровод ПНГ на входе во входной сепаратор поз. V-120
КК03	ВМР потоки аппаратов V-120, V-210, V-940, V-950	Трубопровод ВМР на выходе входного сепаратора поз. V-120
КК04	Конденсат потоки аппаратов V-120, E-130, V-210, F-220 – T-230	Трубопровод конденсата на выходе сепаратора деэтанизатора поз. V-210
КК05	Конденсат потоки аппаратов T-230 (низ), E-240, E-600 (трубное пространство), T-610, E-650, E-600, AC-660	Колонна деэтанизатора на выходе конденсата поз. T-230
КК06	Конденсат потоки аппаратов T-610 (верх), AC-620, V-630	Емкость флегмы деэтанизатора на выходе конденсата поз. V-630
КК07	Газ потоки аппаратов T-230 (верх), V-250 A/B – C-260 A/B	-
КК08	Газ потоки аппаратов V-120, C-260 A/B, E-110, F-300 – V-310 A, B, C	Входной фильтр сепаратор выход ВМР поз. F-300
КК09	Газ потоки аппаратов V-310 A,B,C, F-320 - E-400	
КК10	Конденсат потоки аппаратов E-400, V-410, T-430 (низ), T-420 (верх)	Основной теплообменник на входе газа поз. E-400 a Холодный сепаратор на выходе конденсата поз. V-410

№	Название контура коррозии	Точка мониторинга
КК11	Газ - конденсат потоки аппаратов T-420 (верх), E-400 (в), V-410 (верх), XC-460, T-430 (верх), E-440 (a), E-400 (c), XC-460, AC-480	-
КК12	Конденсат потоки аппаратов T-420 (низ), E-470, E-600 – T-610	Нижняя колонна на выходе конденсата поз. T-420
КК13	Конденсат потоки аппаратов C-330, H-340, AC-350, V-360	Скруббер газа регенерации на выходе конденсата поз. V-360
КК14	ВМР потоки ёмкости V-910 закрытого дренажа от аппаратов T-420, V-410, XC-460, T-430, P-450A/B	Холодная дренажная ёмкость на выходе ВМР поз. V-910
КК15	ВМР потоки ёмкости V-920 закрытого аварийного дренажа от аппаратов V-120, T-230, T-610, E-650, C-260A/B, XC-460, T-420, V-630	Закрытая углеводородная дренажная ёмкость на выходе ВМР поз. V-920
КК16	ВМР потоки ёмкости V-930 открытого дренажа от аппаратов и насоса F-220, P-640A/B, V-120, V-210, T-230, E-240, T-610, V-630, E-650, V-910, V-920	Открытая углеводородная дренажная ёмкость на выходе ВМР поз. V-930
КК17	Терминол потоки ёмкостей и печи V-810, H-800, V-960 от аппаратов E-110, E-130, E-495, E-240, E-470, E-650, H-340, H-800 и ёмкости V-119	Расширительная ёмкость теплоносителя на выходе терминола поз. V-810
КК18	Отработанное масло потоки ёмкости V-970 от аппаратов C-260A/B, C-330, XC-460	Дренажная ёмкость на выходе отр. компрессорного масла поз. V-970
КК19	Воздух КИПиА потоки аппаратов V-1100, F-11000	Ресивер воздуха КИПиА на выходе дренажа поз. V-1100
КК20	Газ потоки факельного коллектора аппаратов E-3, ФС-3	Дренажная ёмкость на выходе ВМР поз. E-3

КК05, 12, 16, 20

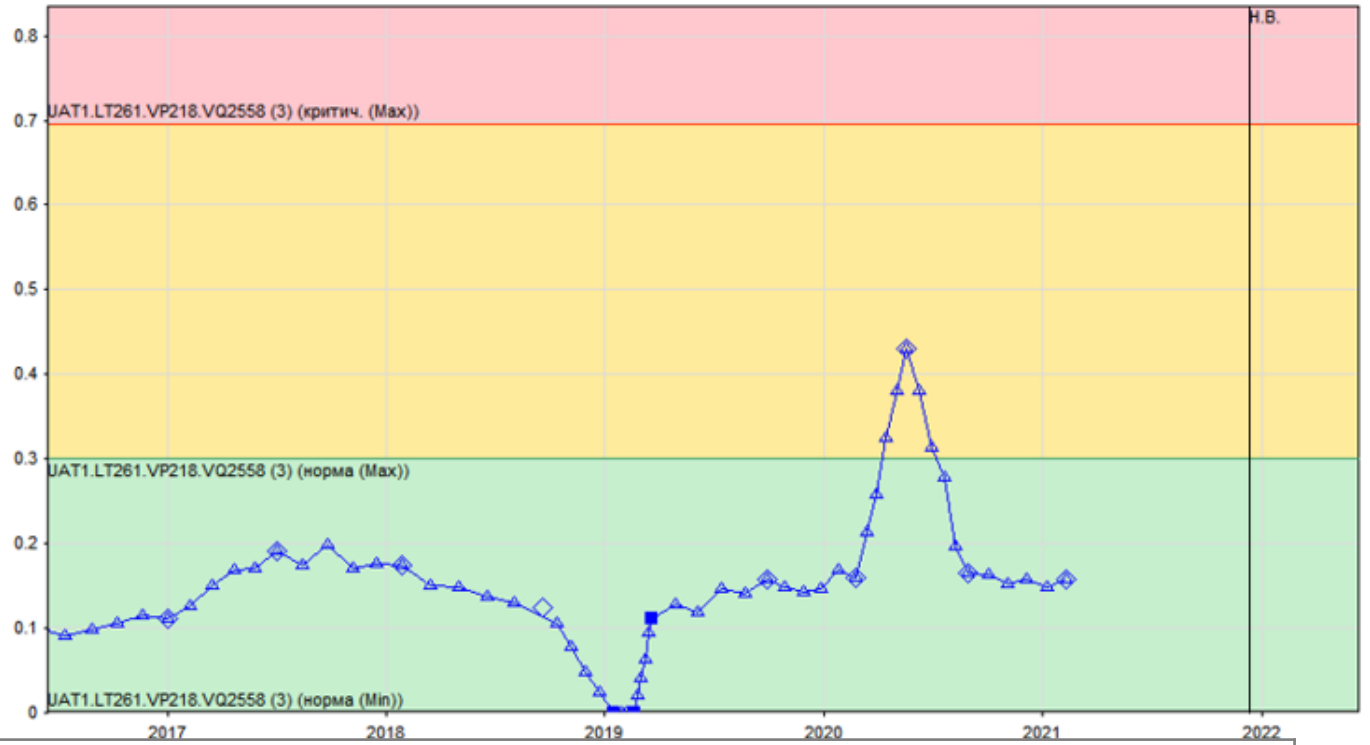
План защиты от коррозии УППНГ основан на подходе применения окон технической целостности. Мониторинг ОТЦ необходим для контроля и минимизации воздействия процессов деградации материалов, например, коррозии и растрескивания. Такой мониторинг также позволяет принять решение о ремонте или реконструкции того или иного оборудования.

Контур коррозии	Механизм деградации	Мероприятия по снижению риска	Аппарат / Поток	Точка отбора	Точка отбора в графике	Параметр мониторинга	Окна технической целостности	Частота отбора / снятия показаний (средняя)	Техническое окно целостности		Лаборатории
									Минимум	Максимум	
КК05	CO2 коррозия O2 коррозия Коррозия в хлоридсо-держащих высокомине-рализованных средах (рассолы)	Ингибитор коррозии	Т-230 низ, Е-240, Е-600 трубн., Т-610 низ, Е-650, Е-600, АС-660 - конденсат	Е-240 конденсат.	В графике нет (новая точка)	ВМР, %	ОТЦ12	Еженедельно	0	0	ПЛ отд. УПДТ
						Скорость коррозии, мм/год	ОТЦ11	Ежемесячно	0	0,1	АЛТИМ
КК12	Хлоридное растрескивание нержавеющей стали под напряжением.	Промывка дистиллиро-ванной водой в период летнего останова.	Т-420 низ, Е-470, Е-600 – Т-610 - конденсат.	Т-420 конденсат.	Точка "Т-420 ГК" (проект), отбор проб с момента оборудования точки обора (июль 2023).	CL-, мг/л	ОТЦ10	Еженедельно	0	1000	ПЛ отд. УПДТ
КК16	Хлоридное растрески-вание нержавеющей стали под напряжени-ем. Хлоридная коррозия углеродистой стали (коррозия высокосолёного раствора).	Ингибитор коррозии	V-930 открытый дренаж (F-220, P-640A/B, V-120, V-210, T-230, E-240, T-610, V-630, E-650, V-910, V-920) – вмр.	V-930 вмр.	Точка "V-930 ВМР" (проект), отбор проб с момента оборудования точки обора (июль 2023).	pH	ОТЦ6	Еженедельно	7	10	ПЛ отд. УПДТ
						Fe2+, мг/л	ОТЦ7	Еженедельно	0	10	НИЛИР
						Mn2+, мг/л	ОТЦ8	Еженедельно	0	10	НИЛИР
						Мех. Примеси, мг/л	ОТЦ9	Еженедельно	0	100	ПЛ отд. УПДТ
						CL-, мг/л	ОТЦ10	Еженедельно	0	1000	ПЛ отд. УПДТ
КК20	Коррозия в хлоридсодержащих высокоминерализова нных средах (рассолы)	Мониторинг. Дренировани е воды.	Е-3, ФС-3 – факельный коллектор.	Е-3 вмр.	Точка "Е-3 ВМР" (проект), отбор проб с момента оборудования точки обора (июль 2023).	Концентрация ВМР, %	ОТЦ12	Еженедельно	0	0	ПЛ отд. УПДТ
						pH	ОТЦ6	Еженедельно	7	10	ПЛ отд. УПДТ
						Fe2+, мг/л	ОТЦ7	Еженедельно	0	10	НИЛИР
						Mn2+, мг/л	ОТЦ8	Еженедельно	0	10	НИЛИР
						Мех. Примеси, мг/л	ОТЦ9	Еженедельно	0	100	ПЛ отд. УПДТ
						CL-, мг/л	ОТЦ10	Еженедельно	0	1000	ПЛ отд. УПДТ

Окна технической целостности

Окна технической целостности - установленные ограничения для изменения коррозионного процесса (параметры), которые могут влиять на техническую целостность оборудования, если режим процесса отклоняется от предустановленных лимитов за определённый период времени.

К каждому контуру коррозии предписывается перечень параметров - окон технической целостности ОТЦ в соответствии с API 584.



Параметр	Описание окна технической целостности
Критичный (недопустимый диапазон значений)	При превышении, которого техническая целостность оборудования может быть нарушена в течение короткого периода времени и, следовательно, должен быть скорректирован немедленно. Верхний лимит – коррозия при высокой концентрации H_2S. Нижний лимит – коррозия сильных кислот H_2SO_4, HCl (кислотный pH).
Стандартный (средне высокий / средне нижней диапазон значений)	При превышении, которого техническая целостность оборудования не нарушается в течение короткого периода времени, но должен быть скорректирован в течение допустимого периода времени. (Изменения заметны в течение от недель до нескольких месяцев). Верхний лимит – Постоянная высокая скорость коррозии. Нижний лимит - pH (<5.5); остаточный срок службы (лет); некорректная скорость инжекции химического реагента.
Информационный (допустимый диапазон значений)	При превышении, которого техническая целостность оборудования не нарушается в течение долгого времени. (Изменения заметны в течение от месяцев до несколько лет). Примеры: pCO_2 (<2 bar), растворённый O_2 <20 мкг/л.

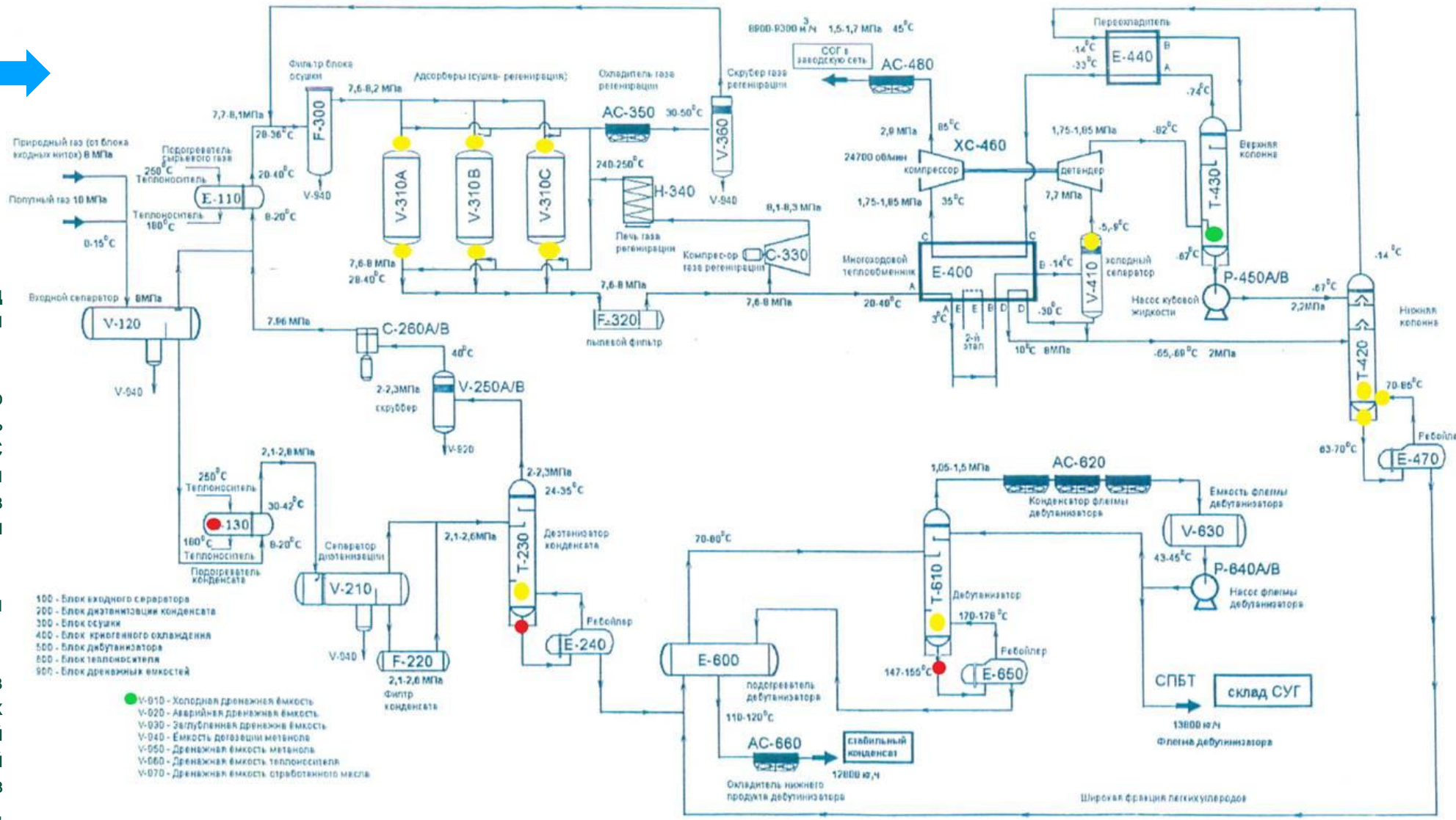
Матрица оценки рисков

Оценка рисков нарушения технической целостности производится в соответствии с внутреннем нормативным документом компании в соответствии с матрицей оценки рисков как ниже:

ТЯЖЕСТЬ	ПОСЛЕДСТВИЯ				ПОВЫШЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ				
					A	B	C	D	E
	Персонал (P)	Финансы (A)	Экология (E)	Репутация (R)	В отрасли неизвестно При существующих мерах управления риском вероятность возникновения происшествия практически исключена	В отрасли известно Происшествие может произойти только при грубом нарушении / отказе всех существующих мер управления риском	Случалось в компании ИНК или чаще 1 раза в год в отрасли Происшествие может иногда произойти при нарушении / отказе существующих мер управления риском	Случалось на данном обьекте или чаще 1 раза в год на подобном обьекте ИНК Возникновение происшествия зависит от случая, высокая степень возможности реализации	Случалось на данном объекте чаще 1 раза в год При существующих мерах управления риском происшествие обязательно произойдет
5	Критическое воздействие на здоровье/ смерть	Масштабный ущерб	Масштабное воздействие	Масштабное воздействие	III	II	I	I	I
4	Серьезное воздействие на здоровье/ травма	Серьезный ущерб	Серьезное воздействие	Серьезное воздействие	III	II	II	I	I
3	Умеренное воздействие на здоровье/ травма	Умеренный ущерб	Умеренное воздействие	Умеренное воздействие	III	III	II	II	I
2	Малое воздействие на здоровье/ травма	Малый ущерб	Малое воздействие	Малое воздействие	IV	III	III	II	II
1	Незначительное воздействие на здоровье/ травма	Незначительный ущерб	Незначительное воздействие	Незначительное воздействие	IV	IV	III	III	III
0	Воздействия нет	Ущерба нет	Воздействия нет	Воздействия нет					

Механизмы деградации УППГНГ API 571

Схема УППГНГ оценки риска хлоридного растрескивания нержавеющей стали в соответствии с данными из паспортов оборудования и опыта эксплуатации.



1. **Хлоридное растрескивание под напряжением нержавеющей стали. Риск B5.**

- При замене материала трубного пучка Е-130 на углеродистую сталь 20, катушек Т-230 и Т-610 на 09Г2С риск хлоридного растрескивания переходит из красной зоны В5 в зелёную А1 по конденсатной части установки.

2. Локальная коррозия нержавеющей стали. Риск C2.

- При эффективной сепарации ВМР в фильтре F-300 и периодических промывок деминерализованной водой (удаление отложений хлористых солей) оборудования из нержавеющей стали газовой части, риск локальной коррозии нержавеющей стали переходит с жёлтой зоны С2 в зелёную А2.

Риск хлоридного растрескивания нержавеющей стали был оценен принимая во внимания стандарт API571 и S-RBI библиотеку деградации Шелл OG.03207305, при условиях эксплуатации выше 80 С, ph более 7, наличии напряжений и содержания хлорид ионов в ВМР выше 1000 мг/л.

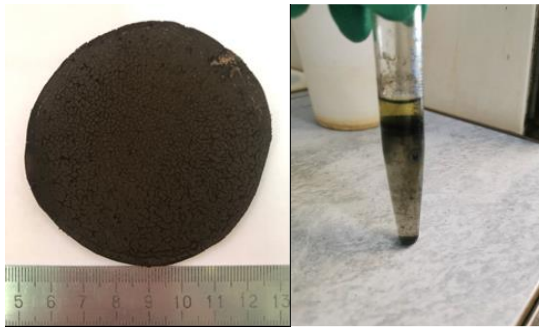
Механизмы деградации стали УППНГ API 571

3. Коррозия в хлоридсодержащих высокоминерализованных средах (рассолы). Риск B4.

- Применение ингибитора коррозии переведёт риск из оранжевой зоны B4 в зелёную A1.

Проба отложений с BMP V-120 23.08.2022 - По результатам исследования элементного состава рентгенфлуоресцентным методом (РФА), было определено, что в отложении присутствуют большей частью железо (30,6 %), сера (3,06 %). Остальные элементы находятся на уровне примесных вкраплений.

Fe	S	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba
железо	сера	хром	кобальт	никель	медь	цинк	стронций	барий
30,6	3,06	0,022	0,015	0,017	0,014	2,76	0,49	0,32



4. Коррозия под изоляцией. B4.

Вскрытие теплоизоляции трубопроводов / оборудования, работающего при температуре ниже точки росы, инспекция, восстановление покрытия при необходимости для определения риска и гарантии его в зелёной зоне A0.



Вход V-210 конденсат



V-120 – E-130 конденсат



V-120 – E-130 конденсат



ПГ вход V-120

5. Жидкометаллическое охрупчивание алюминиевой стали. Риск B5.

Концентрация ртути в газе на входе в УППНГ варьируется в приделах 3-5 нг/м3 при максимально допустимой 10 нг/м3 в соответствии с лучшими практиками компаний Shell и Exxon. Установка аппарата – уловителя ртути гарантирует риск в зоне A0.

Спасибо за внимание

Back up - Management o risk using RBI / risk plot

