

ПРОСПЕКТ - ПРЕЗЕНТАЦИЯ КОМПЛЕКСА РАБОТ ЦИФРОВОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОГО И БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПАО «ГАЗПРОМ»

Автоматизация учета и планирования работ по обеспечению безотказного и безопасного состояния технических устройств, зданий и сооружений на основе данных, получаемых по результатам обязательных согласно норм и правил работ, в том числе технических диагностирований и экспертиз

Разработчики:

**Гафаров Наиль Анатольевич, д.т.н.
Митрофанов Александр Валентинович, д.т.н.
Ломанцов Виктор Анатольевич, к.т.н.**

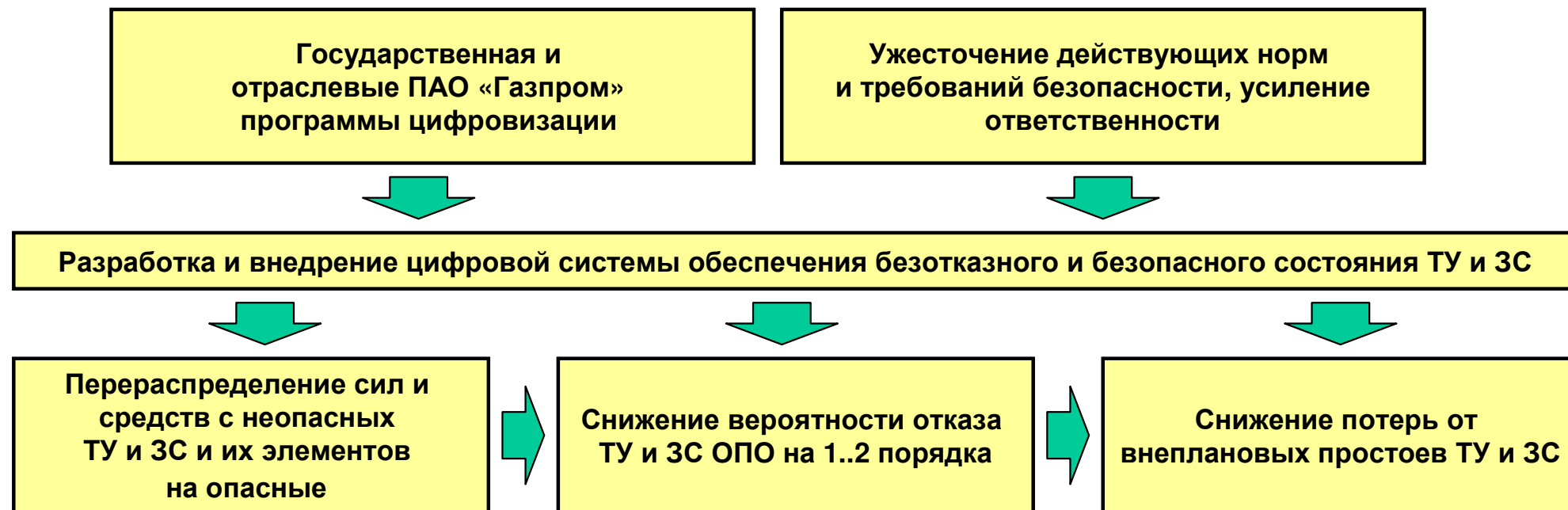
**Вдовин Алексей Александрович, к.т.н.
Воронин Сергей Петрович
Егоров Сергей Владимирович**

АО «Системы и технологии обеспечения безопасности. ТЕХДИАГНОСТИКА»

Специализированный центр по диагностированию оборудования на объектах сероводородсодержащих нефтегазовых месторождений и газоперерабатывающих заводов ПАО «Газпром»

г. Оренбург, 2018 г.

ВВЕДЕНИЕ



Предлагаемый комплекс работ основан на результатах исследований и разработок АО «Техдиагностика» за 25-летний период работы на объектах добычи и переработки сероводородсодержащих месторождений ПАО «Газпром» по: Выявляемости и достоверности оценки повреждений; Динамики повреждаемости; Оценке и прогнозированию безотказности и безопасности эксплуатации поврежденных технических устройств, зданий и сооружений (ТУ и ЗС); Оптимизации методов, объемов и сроков проведения мероприятий по обеспечению безопасности (ревизий, ремонтов, диагностирований, испытаний и других обязательных работ) за счет перераспределения сил и средств с неопасных на опасные ТУ и ЗС и их элементы и снижения вероятности отказа этих элементов (и ОПО в целом) на 1..2 порядка.

Предлагаемое цифровое развитие действующей системы обеспечения безотказности и безопасности ТУ и ЗС ПАО «Газпром» осуществляется на основе данных, получаемых по результатам фактически выполняемых мероприятий по обеспечению безопасности без увеличения планируемых на их выполнение затрат и реализует требования государственных программ «Цифровая экономика» и отраслевых (ПАО «Газпром») программ цифровизации.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ужесточаются требования и нормы безопасности ОПО, накапливается наработка ТУ и ЗС, воздействие эксплуатационных нагрузок и количество данных, возрастает актуальность цифровизации процессов



Применение *цифровой системы* (цифровое развитие системы) *обеспечения безотказного и безопасного состояния* (далее - ЦСБС) ТУ и ЗС ОПО позволяет решить проблему управления большим количеством данных, снизить трудоемкость этих работ, обеспечить обоснованность и исключить ошибки в планировании мероприятий по обеспечению безотказного и безопасного состояния (далее - МБС), поддержать требуемые уровни безотказности и безопасности при длительной эксплуатации ТУ и ЗС без увеличения затрат, за счёт перераспределения сил и средств между опасными и неопасными ТУ и ЗС и их элементами

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЦСБС

Цель: Обеспечение требуемого уровня безотказности и безопасности длительно эксплуатируемых ТУ и ЗС ОПО



ЗАДАЧА I

Сбор и обработка документации и информации о техническом состоянии ТУ и ЗС, результатах МБС



ЗАДАЧА II

Разработка и формирование ЦСБС, включающее формирование программных модулей, разработку форм выходных электронных документов, подготовку технических инструкций на внедрение и эксплуатацию, наполнение базы данных



ЗАДАЧА III

Обоснование критериев распределения сил и средств между неопасными и опасными ТУ и ЗС и их элементами, оценки и подтверждения уровней безотказности и безопасности их эксплуатации на прогнозируемый период

ЗАДАЧА I – СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

1) Данные планирования и выполнения МБС

- Характеристики оборудования;
- Графики ППР, освидетельствований, испытаний, ремонтов, диагностирований;
- Сведения о выполнении графиков;
- Количественные данные дефектов и отклонений;
- Компенсирующие мероприятия и результаты их выполнения;
- Назначенные сроки безопасной эксплуатации и графики проведения экспертизы промышленной безопасности.

2) Данные результатов выполненных МБС

- Имеются:
- Объемы работ диагностирования и ремонта;
 - Ведущие механизмы износа и повреждения;
 - Параметры и характеристики выявленных дефектов;
 - Оценка ПТС, КПС, расчётного значения ресурса и прогнозирование срока безопасной эксплуатации;
- Необходимо:
- Оценка надёжности (вероятности безотказной работы) и безопасности эксплуатации в период прогнозируемого ресурса.

пункт 21 ФНиП «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности»

Приложение 1 ФНиП «Общие правила взрывобезопасности ... химических ... производств»

В настоящее время данные первой группы собираются, анализируются и используются в цифровом виде. А данные второй группы, необходимые для обоснования МБС по критериям вероятности безотказной работы и тяжести последствий возможных отказов, имеются в отчетах и заключениях ЭПБ, однако для их использования требуется выполнение выборки вручную.

Применение ЦСБС для сбора, накопления, систематизации, анализа, хранения и актуализации данных по ТУ и ЗС ОПО позволит исключить ошибки и недостатки планирования и обеспечить поэлементный сбор, учёт, обработку и отображение значений параметров технического состояния (ПТС) и критериев предельного состояния (КПС) на любой момент текущей и прогнозируемой эксплуатации, что позволит определять и учитывать в планах МБС уровень безотказности и безопасности эксплуатации ТУ и ЗС ОПО.

ЭТАПЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

1. Базовый вариант - при наличии документов и данных по результатам диагностирования и экспертизы промышленной безопасности

- анализ наличия и достоверности технической и эксплуатационной документации о техническом состоянии ТУ и ЗС ОПО, результатов предыдущих диагностирований и экспертизы промышленной безопасности;

- анализ собранных данных, их систематизация, структурирование и приведение к цифровому виду, пригодному для их использования в процессе автоматизированного создания электронного документа.

2. Расширенный вариант - предусматривает (дополнительно к работам по базовому варианту) проведение обследования ТУ и ЗС ОПО, включающего:

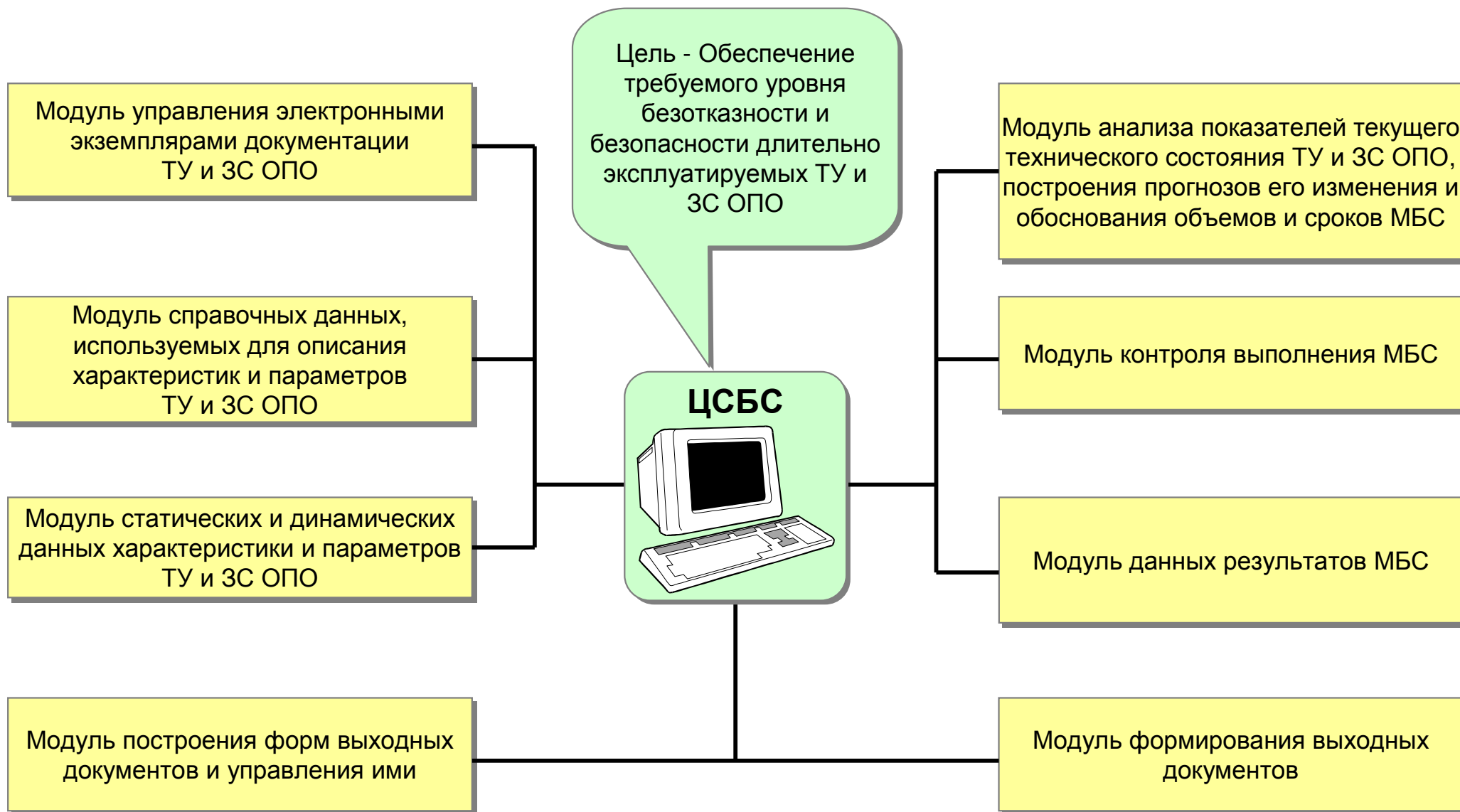
- составление индивидуальных программ работ по обследованию ТУ и ЗС ОПО методами диагностики и контроля;

- выполнение диагностических работ по составленной программе с целью восполнения отсутствующих сведений о состоянии ТУ и ЗС ОПО, а также верификации имеющихся данных по ТУ и ЗС ОПО;

- восстановление технических паспортов и других обязательных форм технической документации на ТУ и ЗС ОПО, их перевод в электронный цифровой вид;

- анализ наличия, достоверности и соответствия фактическому состоянию данных по ТУ и ЗС ОПО, содержащихся в технических паспортах: геометрических размеров, материального исполнения, механических свойств материалов, толщин стенок и других данных о конструктивных элементах ТУ и ЗС ОПО.

ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ЦСБС



ЗАДАЧА II – РАЗРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЦСБС

ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНКИ В ЦСБС

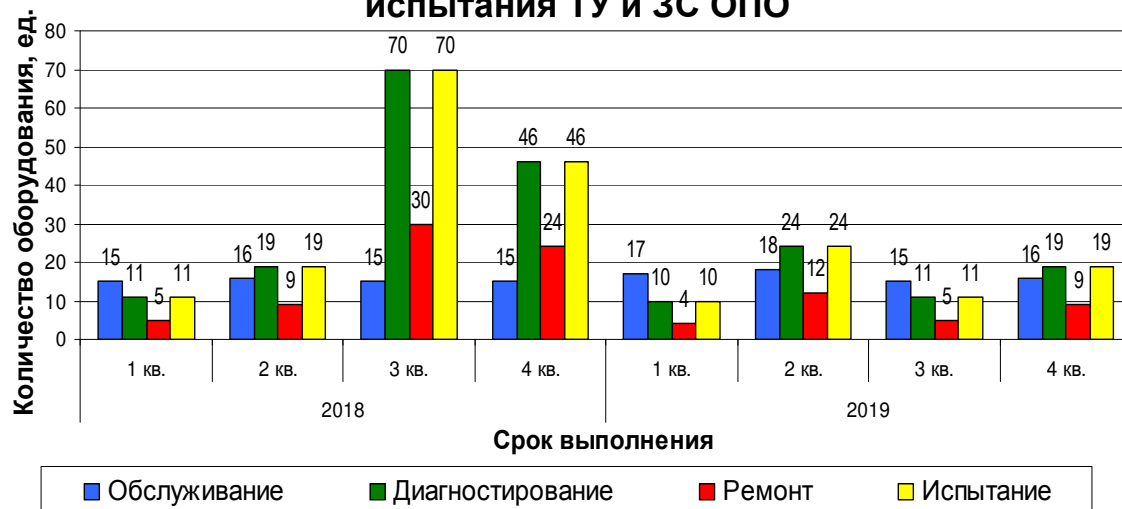
1) Фактически выполняемые работы и их данные		2) Обработка результатов работ (1) в ЦСБС, обоснование МБС и их сроков			3) Критерии безопасности	
Выполняемые МБС	Получаемые данные	Критерии оценки	Результат оценки	Выходные данные	Показатели уровня ПБ	Критерий уровня ПБ
Обслуживание (осмотр, ревизия, проверка, очистка и др.)	1. Дата текущего (D_i^O) 2. Дата последнего (D_{i-1}^O) 3. Нормативный период между обслуживаниями (T_N^O) 4. ПТС ^O 5. КПС ^O	$T_N^O + D_i^O$	Необходимость и срок обслуживания	1. Графики обслуживания, диагностирования, ремонта, испытания ТУ и ЗС. 2. Перечень элементов ТУ и ЗС, подлежащих обслуживанию, диагностированию, ремонту, испытанию. 3. Графики, аналитические данные и таблицы повреждаемости и дефектности элементов ТУ и ЗС по их типам, конструкционным и техническим параметрам, параметрам технического состояния и механизмам их повреждаемости. 4. Количественные распределения элементов ТУ и ЗС по значениям остающегося срока эксплуатации до следующего диагностирования (обследования) ($\tau - T_\phi$) и результаты их оценки: – { N_1 , эл. $\tau - T_\phi \geq 2,5T_N$ } – не требуется диагностирование и ремонт; – { N_2 , эл. $T_N \leq \tau - T_\phi < 2,5T_N$ } – необходимо диагностирование; – { N_3 , эл. $\tau - T_\phi < T_N$ } – необходим ремонт. 5. Количественные распределения элементов ТУ и ЗС: – по уровням тяжести последствий отказов { N_5 , эл. C_{1-5} }; – по уровням вероятности отказа { N_4 , эл. Va_{1-5} }; – по расчётным значениям остаточного ресурса { N_6 , эл. τ }; – по значениям ($\tau - T_\phi$) { N_7 , эл. ($\tau - T_\phi$)}. 6. Планы, объёмы, сроки и перечни обслуживания, диагностирования ТУ и ЗС и их элементов с учётом фактического технического состояния. 7. Объёмы, перечни, виды и параметры ремонтов и испытаний ТУ и ЗС и их элементов. 8. Выходные документы, настраиваемые пользователями и формируемые по любому набору данных, содержащихся в ЦСБС.	$Va_1 - Va_5, C_1 - C_5$ - уровни вероятности и тяжести последствий отказов, см. слайды 16, 17	Предельное значение вероятности [V] отказа, см. слайды 16, Приложение 2
		$ПТС^O \rightarrow КПС^O$	Необходимость и срок диагностирования			
		$\sum ПТС_{i-1}^O - ПТС_i^O \cdot \vec{Z} > [X]$				
Диагностирование (обследование) Ремонт (замена)	1. Дата текущего (D_i^D, D_i^P) 2. Дата последнего (D_{i-1}^D, D_{i-1}^P) 3. Нормативный период между диагностированиями (T_N^D) 4. Период эксплуатации после предыдущего диагностирования (T_ϕ) 5. ПТС ^D и ПТС ^P 6. КПС ^D и КПС ^P 7. Расчётное значение остаточного ресурса (τ) 8. Механизмы и закономерности повреждаемости	$Va_1 \dots Va_5$ см. слайд 17	Уровень промышленной безопасности (УПБ)	Необходимость и срок диагностирования	$Va_1 - Va_5, C_1 - C_5$ - уровни вероятности и тяжести последствий отказов, см. слайды 16, 17	Предельное значение вероятности [V] отказа, см. слайды 16, Приложение 2
		$T_N^D + D_i^D$ $T_N \leq \tau - T_\phi < 2,5T_N$ $ПТС = f(t)$ $V \rightarrow [V]$ $ПТС \rightarrow КПС$	Необходимость и срок ремонта (замены)			
		$\tau - T_\phi < T_N$ $ПТС \approx КПС$ $V \approx [V]$				
Испытание	1. Дата текущего (D_i^I) 2. Дата последнего (D_{i-1}^I) 3. Нормативный период между испытаниями (T_N^I) 4. ПТС ^I 5. КПС ^I 6. Параметры ^I	$T_N^I + D_i^I$	Необходимость и срок испытания	Необходимость и срок ремонта (замены); диагностирования	$Va_1 - Va_5, C_1 - C_5$ - уровни вероятности и тяжести последствий отказов, см. слайды 16, 17	Предельное значение вероятности [V] отказа, см. слайды 16, Приложение 2
		Результаты испытания отрицательные				
		$ПТС^I \rightarrow КПС^I$	Необходимость и срок диагностирования			
		$ПТС^I \approx КПС^I$	Необходимость и срок ремонта (замены)			

ЗАДАЧА II – РАЗРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЦСБС

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ВЫБОРКИ, ПЕРЕЧНИ, ФОРМИРУЕМЫЕ ЦСБС

1. Графики обслуживания, диагностирования, ремонта, испытания ТУ и ЗС ОПО.
2. Перечень элементов ТУ и ЗС ОПО, подлежащих обслуживанию, диагностированию, ремонту, испытанию.
3. Графики, аналитические данные и таблицы повреждаемости и дефектности элементов ТУ и ЗС ОПО по их типам, конструкционным и техническим параметрам, параметрам технического состояния и механизмам их повреждаемости.
4. Количественные распределения элементов ТУ и ЗС ОПО по значениям остающегося срока эксплуатации до следующего диагностирования (обследования) ($\tau - T_\phi$) и результаты их оценки:
 - $\{N_1, \text{эл.} \mid \tau - T_\phi \geq 2,5T_N\}$ – не требуется диагностирование и ремонт;
 - $\{N_2, \text{эл.} \mid T_N \leq \tau - T_\phi < 2,5T_N\}$ – необходимо диагностирование;
 - $\{N_3, \text{эл.} \mid \tau - T_\phi < T_N\}$ – необходим ремонт.
5. Количественные распределения элементов ТУ и ЗС ОПО:
 - по уровням тяжести последствий отказов $\{N_5, \text{эл.} \mid C_{1-5}\}$;
 - по уровням вероятности отказа $\{N_4, \text{эл.} \mid Va_{1-5}\}$;
 - по расчётным значениям остаточного ресурса $\{N_6, \text{эл.} \mid \tau\}$;
 - по значениям $(\tau - T_\phi)$: $\{N_7, \text{эл.} \mid \tau - T_\phi\}$.
6. Планы, объёмы, сроки и перечни обслуживания, диагностирования ТУ и ЗС ОПО и их элементов с учётом фактического технического состояния.
7. Перечни и объёмы ремонтов, виды и параметры испытаний ТУ и ЗС ОПО.
8. Выходные документы, настраиваемые пользователями и формируемые по любому набору данных, содержащихся в ЦСБС, в т.ч. необходимые для долгосрочного планирования финансирования работ и формирования конкурсных документов.

Пример графика обслуживания, диагностирования, ремонта, испытания ТУ и ЗС ОПО



Пример перечня элементов ТУ и ЗС ОПО, подлежащих диагностированию в I квартале 2019г.

№ п/п	Наименование ТУ и ЗС / элемента ТУ и ЗС	Размеры				Срок диагностирования	Виды/ / механизмы повреждения
		Дн, мм	S, мм	Отбр. толщ., мм	Протяжен., м		
	ЦДГНИК, Технологические трубопроводы						
1	4"Р30.8.4-646.1	-	-	-	10	1 кв. 2018	-
	Трубы №№1-3, 5	108	6	2	2	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
	Отвод №4	108	9	2	-	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
	Переход №6	108x89	6	2	-	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
	Трубы №№7-10	89	5	1,5	8	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
	Тройник №11	89	7	1,5	-	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
2	300.Ос.30.01.00.1	-	-	-	15	1 кв. 2018	-
	Трубы №№1-5	325	12	3	5	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
	Отвод №6	325	14	3	-	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
	Переход №7	325x219	12	3	-	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН
	Трубы №№8-12	219	10	2	9	1 кв. 2018	ЯКИ; СКРН

ЗАДАЧА II – РАЗРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЦСБС

ПРИМЕРЫ ЭКРАННЫХ ФОРМ ЦСБС. ОБЩИЕ ДАННЫЕ О ТУ И ЗС ОПО

Общие данные о сосудах, работающих под давлением, и технологических емкостях

№ п/п	Наименование	Техн. №	Зав. №	Рег. №	Завод-изготовитель, страна	Год изготовления	Давление, МПа			Допустимая температура стенки, °С		V, м³	№ сборочного чертежа	среда	Элемент сосуда	Внутренний диаметр, мм	Номинальная толщина стенки, мм	Материал, ГОСТ (ТУ)	Ссылки на части паспорта	Результаты обследования		
							рабочее	расчетное	испытаний	макс	мин									Ссылка на технический отчет	мин. измеренная толщина	Ср. (Сотбр.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
1.	Емкость насыщенного метанола Паспорт	Е-2.1	1076	—	ООО "ТюменНИИгипрогаз", Россия	2008	0,07	0,07	0,09	+20	-60	16	6-Т1.00.00.000 СБ	метанол, газовый конденсат	обечайка	2000	6,0	09Г2С-9 ГОСТ 5520-79	Общие сведения Материальное исполнение Сборочный чертеж	849Н-2008	5,7	4,0
															днище	2000	—				6,2/16,2	4,0/7,0
															днище	2000	8,0				—	5,8
2.	Выветриватель Паспорт	В-1.1	10-05	—	ООО "ТюменНИИгипрогаз", Россия	2008	1,6	1,6	2,0	+60	-60	1,9	2Г-Т44.01.03.00 ОСБ	газовый конденсат	обечайка	1000	10,0	09Г2С ГОСТ 5520-79	Общие сведения Материальное исполнение Сборочный чертеж	845Н-2008	10,1	7,5
															днище	1000	10,0				9,6	7,5
															днище	1000	10,0				—	—

Применить Отменить

Данные из паспорта
(Удостоверение о качестве изготовления; Данные о предохранительных устройствах и основной арматуре; Данные об испытаниях; Расчёты и др.)

Данные об организации-изготовителе (такие как Юридический / Фактический адрес; Телефон; Факс и др.)

Характеристика рабочей среды
(Наименование среды, Химический состав среды и др.)

Данные о техническом состоянии основных конструктивных элементов
(Хронология изменения технического состояния; Выполненные ремонты и замены и др.)

Данные обследований (Данные о выявленных отклонениях и их параметрах; Результаты оценки технического состояния; Результаты прогнозирования технического состояния; Мероприятия по коррекции технического состояния и др.)

ЗАДАЧА II – РАЗРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЦСБС

ПРИМЕРЫ ЭКРАННЫХ ФОРМ ЦСБС. КАТАЛОГ ТУ и ЗС ОПО

Каталог оборудования #1 (1)

Оборудование

- Астраханьгазпром
- БПТОиК
- Оренбурггазпром
 - ГЗ
 - ГПЗ
 - Газпромэнерго
 - ОГПУ
 - База ГПУ
 - ДКС-1
 - ДКС-2
 - КРС
 - ЛЭС ОС-2
 - ОС-1
 - УКПГ-1
 - УКПГ-10
 - Трубопроводы обвязки скважин
 - Линия активного газа 10 АГА-1
 - Фонтанная арматура
 - Сосуды
 - Ёмкость Е-205
 - Адсорбер Q902-B
 - Адсорбер Q902-C

Ёмкость Е-205

Основные | Свойства 1 | Свойства 2 | Свойства 3 | Элементы | Рекомендации

Элементы

- Днище №1
- Днище №2
- Муфта М1
- Муфта М2
- Муфта М3
- Муфта М4
- Муфта Н
- Обечайка V1
- Обечайка V2
- Сварные швы
 - вварки патрубка Л1
 - вварки патрубка М1
 - вварки патрубка Л2
 - вварки патрубка М2
 - вварки патрубка М3
 - вварки патрубка М4
 - вварки патрубка Г
 - вварки патрубка Д
 - вварки патрубка Е
 - вварки патрубка Ж

Параметры

Тип элемента: Днище

Дополнительный тип:

Обозначение по чертежу: №1

Исполнение элемента: Прокат

О наружн/внутр: 2000 мм

Высота:

Мат. исполнение: ВстЗсп

Исп. толщина: 12

Расч. толщина: 3,5

Добавка на коррозию:

ХРОНОЛОГИЯ МЕРОПРИЯТИЙ БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ

Паспортные данные: Ёмкость Е-205

Сведения об оборудовании | Параметры сосуда | Сведения о ремонтах и обследованиях | Ответственные исполнители / Примечание

Данные о заменах и ремонте

Открыть документ

Год	Исполнительный документ	Содержание ремонта	Копия документа
2002		Выполнен ремонт дефекта на обечайке V1	
2006		Проведен ремонт сварного шва приварки днища №1 к обечайке	

Данные о ранее проведенных обследованиях

Год	Вид	Организация
2002	ЭПБ	ОАО "Техдиагностика"
2006	ЭПБ	ОАО "Техдиагностика"

Применить | Отменить

КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИХ ПАРАМЕТРЫ

Тип ЗПА	Изготовитель	DN	FN	Место установки	Материал
Задвижка	Malbranque	300	16	000 "Газпром добыча Оренбург"	A216WCB
Задвижка	Благовещенский арматурный завод	250	25	000 "Газпром добыча Оренбург"	25П
Задвижка клиновая	Sempell	150 (6")	20 (15)	000 "Газпром добыча Оренбург"	
Задвижка клиновая	"VELAN" (Канада)	150 (6")	20 (15)	000 "Газпром добыча Оренбург"	
Задвижка клиновая	Благовещенский арматурный завод, Россия	100	40	000 "Газпром добыча Оренбург"	
Задвижка клиновая	"Энергоинвест" Арматурный завод, Сараево, Югославия	150	16	000 "Газпром добыча Оренбург"	
Клапан регулирующий	Schlumberger (Франция)	100 (4")	20 (15)	000 "Газпром добыча Оренбург"	
Шаровый запорный кран	Malbranque	300	16	000 "Газпром добыча Оренбург"	A216WCB
Шаровый запорный кран	SDT	50 (2")	50 (3C)	000 "Газпром добыча Оренбург"	
Шаровый запорный кран	Thevignot Франция	50 (2")	#150	000 "Газпром добыча Оренбург"	

Завод (фирма) изготовитель: "Энергоинвест" Арматурный завод, Сараево, Югославия

Код ОКП: Проход номинальный (DN): 150

Давление номинальное (PN): 16

Место установки: 000 "Газпром добыча Оренбург" УПЗЩех №3/1У-350

Материал: Материал аналог:

Примечание:

Документация: Фотографии | Схемы | Протоколы НК | Протоколы СА | Протокол НО | Паспорт ЗПА

ПРИМЕРЫ ЭКРАННЫХ ФОРМ ЦСБС. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Продолжение протокола № _____

Объект контроля: ООО "Газпром Ковбача Спрингс" ГПЗ, 9-100

Наименование оборудования / заводской номер: 1008.01.45 2nd & SB126

ДЕФЕКТОГРАММА

Тип прибора: Master A1212 зав. № 3411634

Состояние по госномеру № 97 действительно до «01» 07 2015 г.

Стандартные образцы и стандартные образцы припайки: V-I □ V-2 ☒ и СОИ-105 □ СОИ-107 □ СОИ-110 □ СОИ-128 □ СОИ-128 □ СОИ-130 □ СОИ-130 □ СОИ-111 □ СОИ-1125 □ СОИ-1125 □ СОИ-1125 □ СОИ-

№ св. шва по схеме проконтролированному объекту, %	Диаметр или длина сва, швахотостенки, мм (и другие параметры)	Тип преобразователя	Частота, МГц	Угол ввода, градусы	Предельная чувствительность, мм	Описание результатов, согласно ГОСТ 14782	Тип дефекта: объемный / плоскостной	Оценка: допустимо / недопустимо
I	527 × 20.0	DA-301 MWB-60-4	5.0 4.0	0° 60°	2.0	<u>БЕ-15-527-7</u>	<u>нет</u>	<u>допустимо</u>
II	527 × 120	DA-301 MWB-60-4	5.0 4.0	0° 60°	2.0	<u>БЕ-19-527-8</u>	<u>нет</u>	<u>допустимо</u>
				Z				

A-A
(поперуктоу)

Шлицевая А Ду 150

Вид изнутри

Шов сварки шупера

Шупер

Развертка сварного шва сварки шупера

Увеличение кромки

БЕ-19-527-8

× Переместить на 20.0 мм и измерить не обнаружено.

Никитин А.А.

ФОРМИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ОТЧЁТОВ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

Формирование отчетов #1 (1)

Позиция каталога для контекстных отчетов:
Оренбурггазпром\ОГПУ\УКЛГ-10\Сосуды\Ёмкость Е-205

Группы отчетов	Наименование отчета	Код
Системные (Р)	Журнал состояния данных	П-76
Стандартные (П)	Кол-во дефектов по их группам и типам элементов	П-23
	Общие сведения об оборудовании и результаты НК	П-21
	Реестр - Результаты ЗПБ	П-26
	Сосуды заданной длины	П-75
	Справка о сосудах	П-78
	Форма - Результаты НК и ЗПБ	П-47

Примечание:

Принять Отменить

Количество дефектов по типам элементов для сосудов

Группы дефектов:

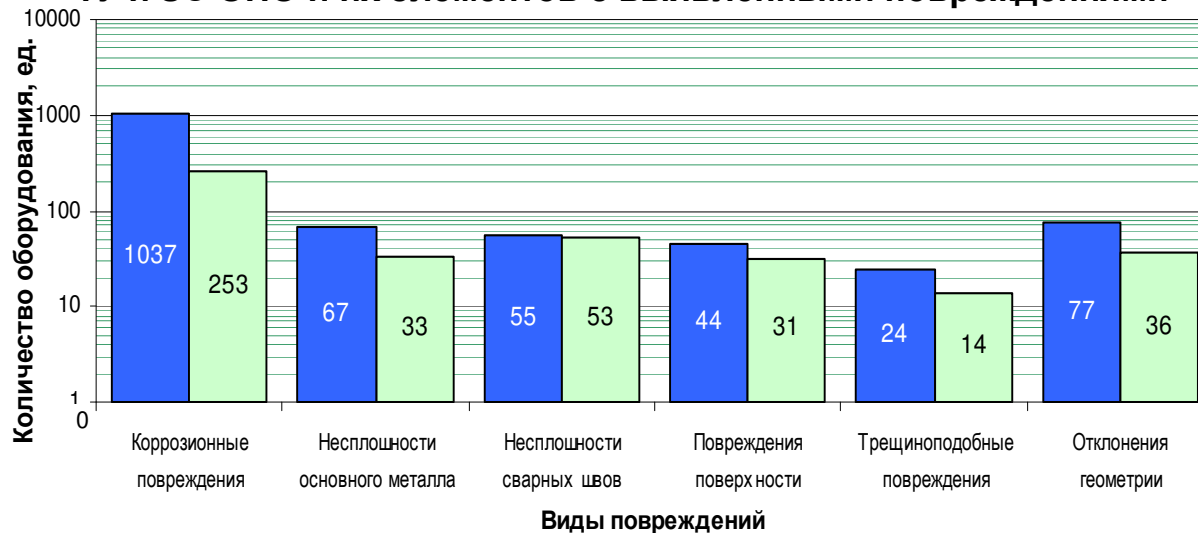
1. Износ по толщине стенки
2. Несплошности в сварных швах (внутренние)
3. Несплошности в основном металле (внутренние)
4. Поверхностные несплошности в основном металле и сварных швах
5. Подрезы сварных швов
6. Вмятины, выпучины
7. Задирь, царапины, забоины
8. Вмятины с задирами
9. Механическое повреждение - случайное оплавление в результате зажигания или
10. Механическое повреждение - утонение вследствие чрезмерной обработки абразивным
11. Нарушение геометрии сварных швов
12. Нарушение геометрии конструктивных элементов

Предприятие	ГПЗ	Группа					
Тип элемента	Данные	1	3	4	6	11	Общий итог
Обечайка	Дефекты	16	1		3	2	22
	Элементы	16	1		3	2	22
	Оборудование	3	1		1	1	6
Отвод	Дефекты	1					1
	Элементы	1					1
	Оборудование	1					1
Патрубок	Дефекты	18		2		1	21
	Элементы	18		2		1	21
	Оборудование	7		1		1	9
Штуцер	Дефекты			1			1
	Элементы			1			1
	Оборудование			1			1
Итого Дефекты		35	1	3	3	3	45
Итого Элементы		35	1	3	3	3	45
Итого Оборудование		11	1	2	1	2	17

ЗАДАЧА II – РАЗРАБОТКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЦСБС

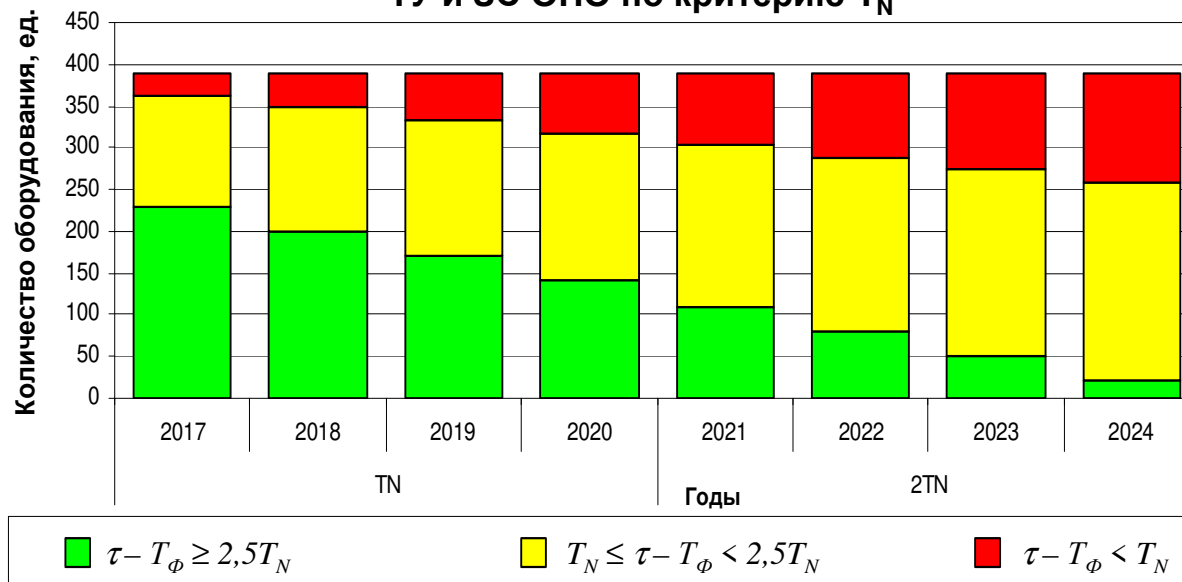
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ВЫБОРКИ, ПЕРЕЧНИ, ФОРМИРУЕМЫЕ ЦСБС

Пример количественного распределения обследованных ТУ и ЗС ОПО и их элементов с выявленными повреждениями



■ Количество элементов ТУ и ЗС с повреждениями □ Количество обследованных ТУ и ЗС с повреждениями

Пример количественного распределения значений $(\tau - T_\phi)$ ТУ и ЗС ОПО по критерию T_N



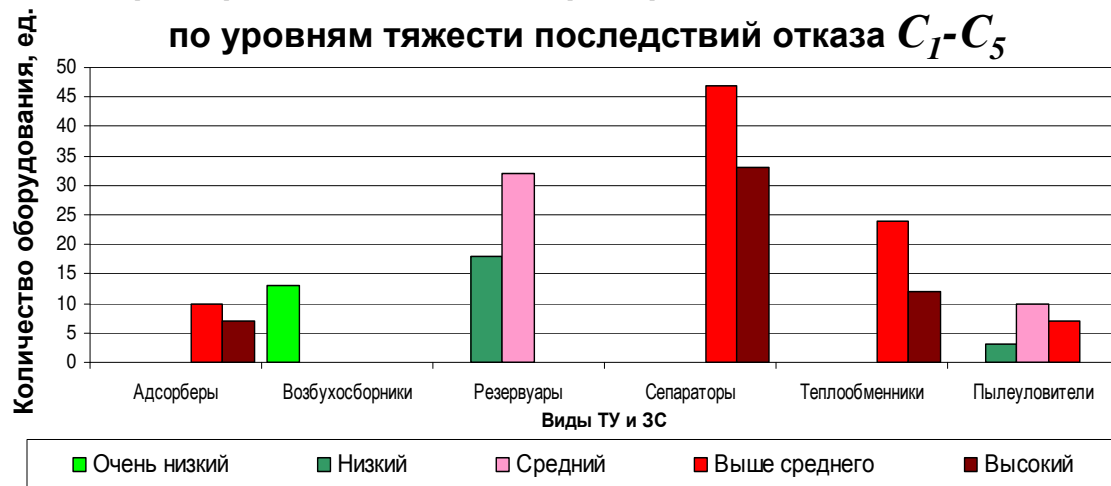
Пример таблицы количественного распределения выявленных повреждений элементов ТУ и ЗС ОПО по их видам

Виды повреждений	Годы обследования								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Коррозионные повреждения	45	55	6	62	115	271	67	138	278
Несплошности основного металла	4	7	2	4	6	14	3	12	15
Несплошности сварных швов	3	4	—	6	9	10	4	7	12
Повреждения поверхности	2	5	4	3	4	9	3	5	9
Трещиноподобные повреждения	1	—	2	3	2	4	2	2	8
Отклонения геометрии	5	6	3	6	9	16	5	10	17

Пример таблицы ранжирования ТУ и ЗС ОПО по срокам до очередного диагностирования (обследования)

Тип ТУ и ЗС	Количество ТУ и ЗС	По сроку (лет) до очередного диагностирования (обследования)						
		Всего	<1	<2	<3	<4	<6	<8
Абсорберы	14	—	—	—	2	—	—	12
Воздухосборники	22	—	—	—	—	—	—	22
Емкости выветривания	5	—	—	—	5	—	—	—
Колонны регенерации	5	—	—	—	5	—	—	—
Маслоотделители	6	—	—	—	—	—	—	6
Пылеуловители	14	—	—	—	3	—	—	11
Разделит. емкости	1	—	—	—	1	—	—	—
Резервуары	11	—	—	—	—	—	—	11
Сепараторы	136	—	—	1	134	—	—	1
Теплообменники	10	—	—	—	10	—	—	—
Фильтры	12	—	—	—	2	—	—	10

Пример количественного распределение ТУ и ЗС ОПО по уровням тяжести последствий отказа C_1-C_5



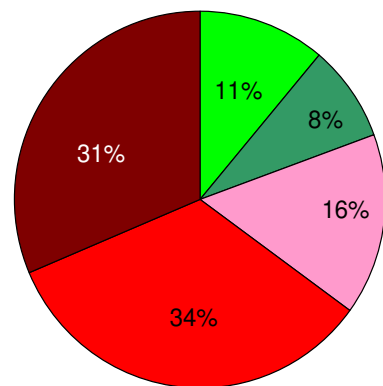
Пример таблицы ранжирования ТУ и ЗС ОПО по видам предельных состояний

Тип ТУ и ЗС	Виды предельного состояния*						
	Вязкое разрушение	Хрупкое разрушение	Пластическая деформация	Потеря герметичности	Потеря устойчивости	Формо-изменение	Макро-трещины
Адсорберы	+	+	—	+	—	—	+
Воздухосборники	+	+	—	+	—	—	+
Резервуары	+	+	+	+	+	+	+
Сепараторы	+	—	—	+	—	—	+
Теплообменники	+	—	—	+	—	+	+
Пылеуловители	+	—	+	—	—	—	—

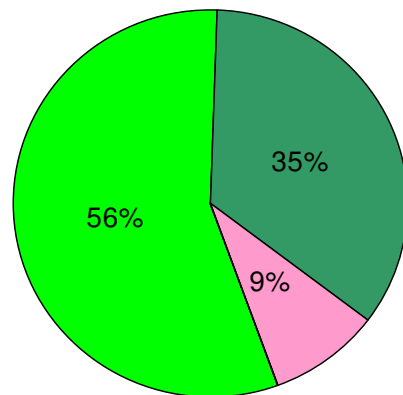
*Виды предельных состояний по ПНАЭ Г-7-002-86

Пример распределения ТУ и ЗС ОПО по уровням вероятности отказа Va_1-Va_5 до и после ремонта

До выполнения мероприятий



После выполнения мероприятий



Пример таблицы распределения ТУ и ЗС ОПО по видам МБС на 2018 год

Тип ТУ и ЗС	Виды мероприятий безопасного состояния				
	Осмотр	Ревизия	Ремонт	Диагностирование	Испытание
Адсорберы	17	5	9	5	9
Воздухосборники	13	—	—	—	—
Резервуары	51	—	11	20	11
Сепараторы	78	40	15	32	15
Теплообменники	36	36	4	12	4
Пылеуловители	20	11	—	—	—

Архитектура ЦСБС предусматривает возможность формирования электронных документов любой формы и состава по имеющимся в ЦСБС данным и их прогноза на любую дату до следующих МБС

АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ

Текущее состояние

Наработка растет и превышает проектный ресурс в 2-3 раза и более, количество МБС и данных нарастает

Проблема

Рост затрат на выполнение МБС

Требования норм и правил

Ужесточаются нормы безопасности

Решение – Повысить эффективность сил и средств на МБС путем перераспределения их с неопасных на опасные ТУ и ЗС и их элементы, обоснования сроков и объемов работ МБС по результатам оценки уровней безотказности и безопасности их эксплуатации на прогнозируемый период

ЗАДАЧА III – ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ МЕЖДУ НЕОПАСНЫМИ И ОПАСНЫМИ ТУ И ЗС И ИХ ЭЛЕМЕНТАМИ

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ КАЧЕСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ (KI_1 - KI_4) ЭЛЕМЕНТОВ ТУ И ЗС ОПО

Уровни качества диагностирования	Критерии оценки
KI_1	Диагностирование методами контроля состояния поверхностей элементов, согласно требованиям НТД
KI_2	Диагностирование методами контроля состояния поверхностей элементов, основного металла и сварных швов согласно требованиям НТД
KI_3	"Диагностирование двумя независимыми операторами" по расширенной программе, с применением 2-х и более дополнительных методов НК, увеличенным не менее чем на 20% объемом контроля по сравнению с минимально требуемыми по НТД. Применяется при уровнях вероятности отказа Va_4 и Va_5 и тяжести последствий отказа $C_3...C_5$
KI_4	"Диагностирование двумя независимыми операторами" по расширенной программе, с применением 2-х и более дополнительных методов НК, увеличенным до 90–100% объемом контроля элементов ТУ и ЗС ОПО. Либо очередное диагностирование с третьим уровнем качества при условии, что предыдущее диагностирование оценено уровнем качества не ниже третьего. Применяется при уровнях вероятности отказа Va_4 и Va_5 и тяжести последствий отказа $C_3...C_5$

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗА (C_1 - C_5) ЭЛЕМЕНТОВ ТУ И ЗС ОПО И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА [$V(C)$]

Уровень тяжести последствий отказа	Критерии уровней тяжести последствия отказа элементов ТУ и ЗС ОПО	Предельные значения вероятности отказа элементов ТУ и ЗС ОПО*
C_1	Отказ практически не повлияет на производство продукции и загрязнение окружающей среды	2×10^{-1}
C_2	Отказ возможно приведет к останову производства продукции (снижению производительности) и загрязнению окружающей среды	10^{-1}
C_3	Отказ приведет к останову производства продукции и загрязнению окружающей среды	10^{-2}
C_4	Отказ приведет к критическим последствиям, т.е. возможна гибель людей	10^{-4}
C_5	Отказ приведет к катастрофическим последствиям, т.е. к гибели людей	10^{-6}

* – Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (Утверждено приказом Ростехнадзора №144 от 11.04.2016 г.)

ЗАДАЧА III – ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ МЕЖДУ НЕОПАСНЫМИ И ОПАСНЫМИ ТУ И ЗС И ИХ ЭЛЕМЕНТАМИ

Уровни вероятности отказа Va_1-Va_5 определяются по значению отношения величин τ и T_N согласно критериям, приведенным в таблице, и поправкам по качеству диагностирования

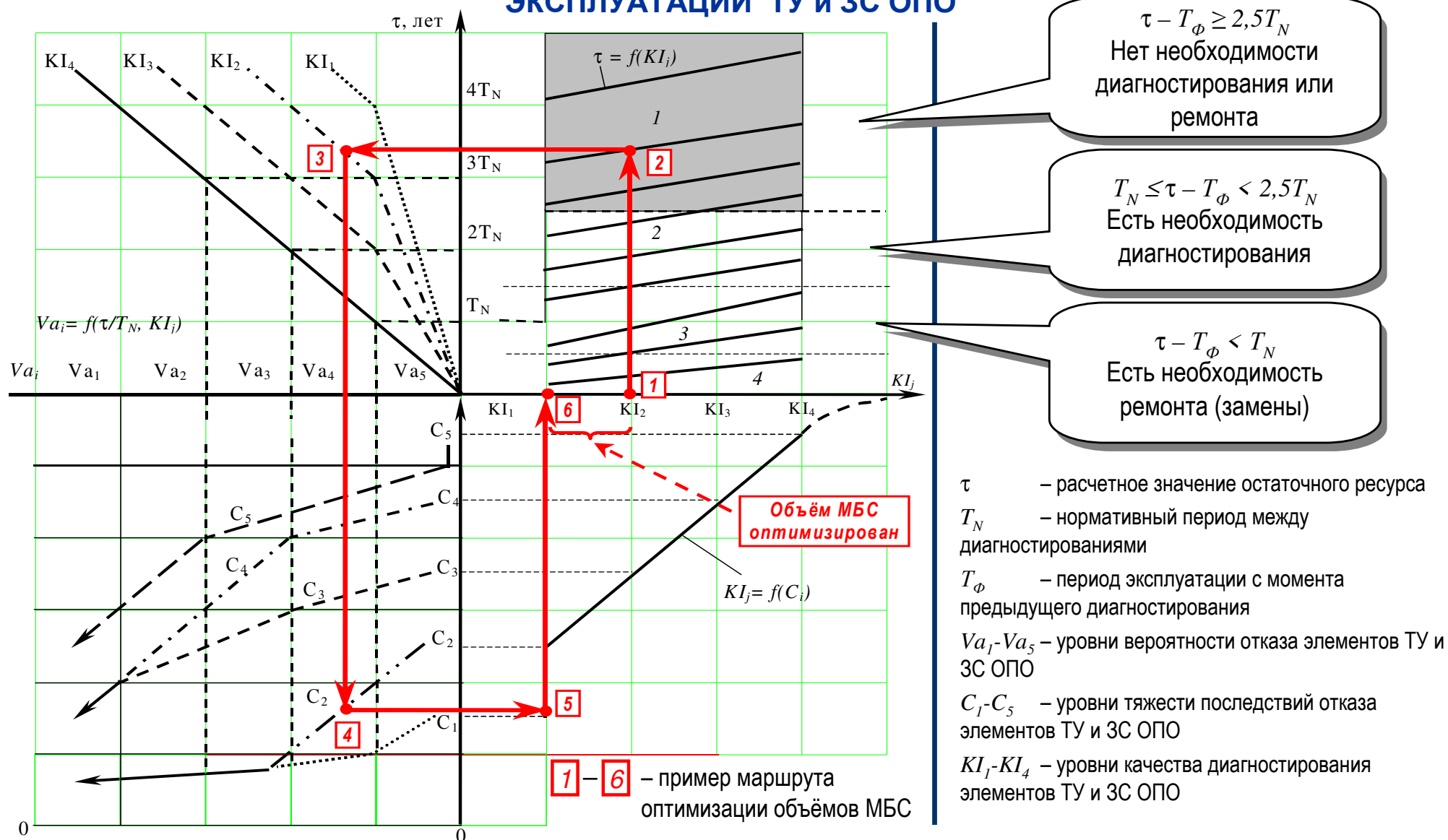
ТАБЛИЦА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА (Va_1-Va_5) ЭЛЕМЕНТОВ ТУ и ЗС
ОПО ПО ВЕЛИЧИНЕ РАСЧЁТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА (τ)

Уровень качества диагностирования	Критерии оценки расчетного значения				
	$\tau < T_N$	$2T_N > \tau \geq T_N$	$3T_N > \tau \geq 2T_N$	$4T_N > \tau \geq 3T_N$	$\tau \geq 4T_N$
KI_1	Va_5	Va_5	Va_5	Va_5	Va_4
KI_2	Va_5	Va_5	Va_5	Va_4	Va_3
KI_3	Va_5	Va_5	Va_4	Va_3	Va_2
KI_4	Va_5	Va_4	Va_3	Va_2	Va_1

где T_N – нормативный период между диагностированиями

ЗАДАЧА III – ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ МЕЖДУ НЕОПАСНЫМИ И ОПАСНЫМИ ТУ И ЗС И ИХ ЭЛЕМЕНТАМИ

СХЕМА ОПТИМИЗАЦИИ МБС И КОРРЕКЦИИ УРОВНЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУ И ЗС ОПО



На схеме показано, как за счет применения маршрута оптимизации 1 - 6 осуществляется повышение эффективности расходования средств и сил, направляемых на поддержание безотказности и безопасности эксплуатации ТУ и ЗС на прогнозируемый период.

1. Обоснована актуальность цифрового развития системы обеспечения безотказного и безопасного состояния технических ТУ и ЗС ОПО и обоснована возможность использования в ЦСБС данных фактически выполняемых МБС: осмотров, ревизий, ремонтов, диагностирований, испытаний и т.п.

2. Разработаны, обоснованы и приведены методические подходы для сбора и обработки данных и формирования ЦСБС, позволяющей:

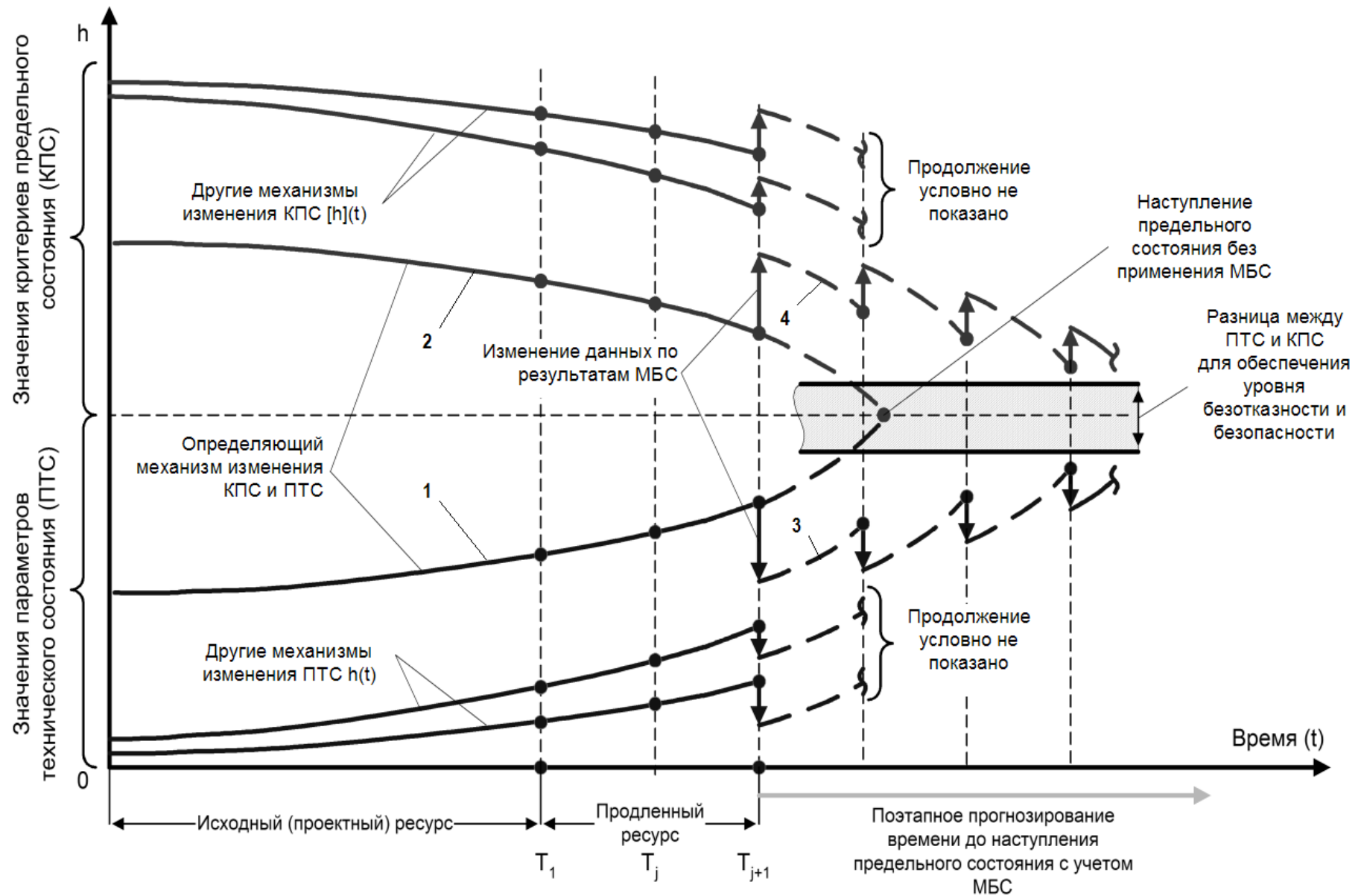
- осуществлять обоснование объемов и сроков, планировать и контролировать исполнение МБС;
- концентрировать, то есть перераспределять средства и усилия с неопасных на фактически опасные элементы, а также применять профилактические меры, наилучшим образом снижающие вероятность отказа поврежденных и опасных (по уровню вероятности и тяжести последствий отказа) элементов путем оценки результатов МБС по критериям ЦСБС;
- обеспечить оперативный доступ к документации и информации о техническом состоянии, результатах МБС специалистам, ответственным за безопасную эксплуатацию, специалистам службы технического надзора, руководителям производственных подразделений, филиалов, руководству организации; формировать и передавать данные в глобальные информационные системы ПАО «Газпром» (например, «Инфотех»);
- обеспечить возможность продолжения эксплуатации ТУ и ЗС ОПО по фактическому техническому состоянию путем своевременного применения обоснованных МБС; поддерживать и подтверждать требуемый уровень безотказности и безопасности эксплуатации ТУ и ЗС на прогнозируемый период.

3. Положительный эффект применения ЦСБС достигается за счет управления обоснованием, планированием, выполнением и контролем МБС на прогнозируемый период эксплуатации и выражается:

- в повышении актуальности и достоверности планирования комплекса МБС по параметрам своевременность, обоснованность, достаточность (см. слайд Приложение 3);
- в обеспечении требуемых уровней безотказности и безопасности при эксплуатации ТУ и ЗС на ОПО на прогнозируемый период;
- в сокращении трудоемкости обоснования и составления планов, прогнозов, перечней, объемов работ и других необходимых для обеспечения безопасности эксплуатации ТУ и ЗС ОПО документов; поиска необходимых документов, данных о ТУ и ЗС и их техническом состоянии;
- в обеспечении требуемой надежности хранения данных и документации.

4. Эффективность инвестиций при внедрении ЦСБС, достигается за счет снижения потерь от внеплановых простоев ТУ и ЗС ОПО. Расчетный срок окупаемости составляет 2 года (см. слайд Приложения 4).

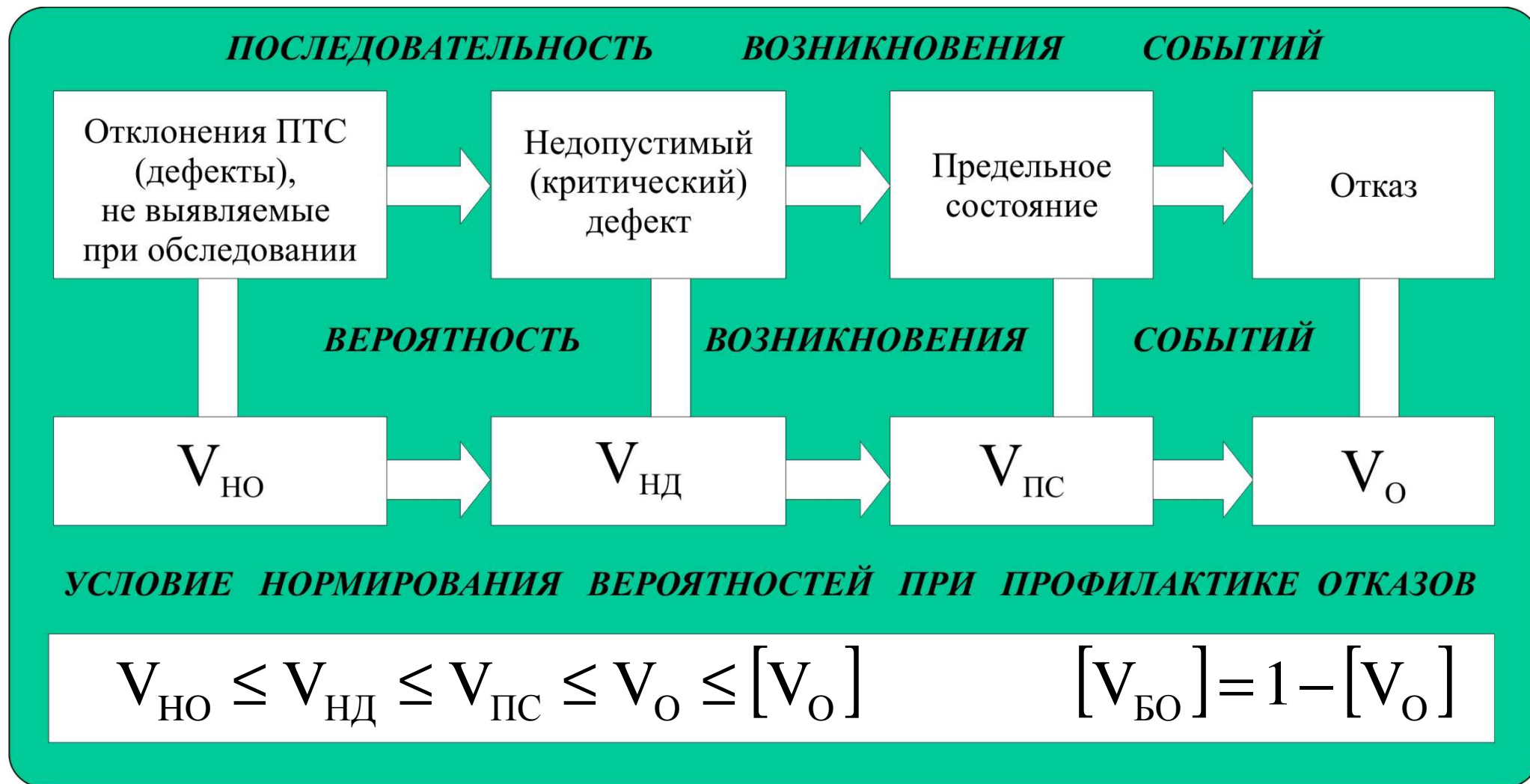
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. УСЛОВНАЯ СХЕМА ИЗМЕНЕНИЯ ПТС И КПС ВО ВРЕМЕНИ И ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МБС



Кривые 1 и 2 без учета МБС; кривые 3 и 4 — с учетом МБС

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ МЕЖДУ НЕОПАСНЫМИ И ОПАСНЫМИ ТУ И ЗС И ИХ ЭЛЕМЕНТАМИ

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И УСЛОВИЯ НОРМИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СОБЫТИЙ, ПРИВОДЯЩИХ К ВОЗМОЖНОМУ ОТКАЗУ *



$[V_{BO}]$ - предельное значение (критерий) вероятности безотказной эксплуатации

$[V_O]$ - предельное значение вероятности отказа

* - Из условия нормирования вероятностей следует, что вероятность пропуска дефекта не должна превышать предельное значение вероятности отказа оборудования с учетом тяжести его (отказа) последствий

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. КОНЦЕПЦИЯ ЦСБС

В основу концепции формирования ЦСБС предложена следующая модель (1), где совокупность комплекса МБС $\{M_j\}$ по параметрам: своевременность, обоснованность, достаточность отвечает критерию обеспечения безопасного состояния $[M_{BC}]$, при выполнении которых достигается состояние ТУ и ЗС ОПО, отвечающее критерию безотказности $([V_{BO}], C_{1-5})$.

$$\{M_j\} \rightarrow [M_{BC} | ([V_{BO}], C_{1-5})], \quad (1)$$

где

$\{M_j\}$ – совокупность комплекса МБС;

$([V_{BO}], C_{1-5})$ – техническое состояние ТУ и ЗС ОПО, отвечающее/удовлетворяющее критерию вероятности безотказности эксплуатации ТУ и ЗС ОПО и его элементов в зависимости от тяжести последствий отказа, $([V_{BO}], C_{1-5}) = 1 - ([V_O], C_{1-5})$;

$[M_{BC}]$ – критерий оценки совокупности МБС (по параметрам своевременность, обоснованность и достаточность), при выполнении которых достигается состояние ТУ и ЗС ОПО, отвечающее критерию безотказности $([V_{BO}], C_{1-5})$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Исходные данные:

- 1) Затраты на МБС неизменны;
- 2) Доля ТУ и ЗС и их элементов со значительным расчетным значением остаточного срока службы (ресурса) $\tau - T_{\phi} > 2,5T_N$ (неопасные, с уровнем тяжести последствий отказа C_1 и C_2) составляет более 70%;
- 3) Снижение затрат на МБС этих ТУ и ЗС и их элементов возможно до 50%;
- 4) Сэкономленных затрат на МБС неопасных элементов достаточно для финансирования дополнительных МБС опасных ТУ и ЗС и их элементов;
- 5) Стоимость работ по разработке и внедрению ЦСБС - 24 млн. рублей для ОПО с 50 единицами ТУ и ЗС.



Расчетный срок окупаемости составит 2 года

АО «Системы и технологии обеспечения безопасности. ТЕХДИАГНОСТИКА»

Адрес: г. Оренбург, ул. Юных Ленинцев, д. 22
Телефон: (3532) 63-84-07 Факс: (3532) 62-94-41
Сайт: www.tdiag.ru E-mail: contact@tdiag.ru



***Безопасность и надёжность
в промышленности***

Генеральный директор
Ломанцов Виктор Анатольевич Тел.: (3532) 63-84-07
E-mail: lomantsov@tdiag.ru

Главный инженер
Вдовин Алексей Александрович Тел.: (3532) 63-11-66
E-mail: vdovin@tdiag.ru

Заместитель директора по производству
Заряев Михаил Юрьевич Тел.: (3532) 62-93-89
E-mail: zaryaev@tdiag.ru

АО «ТЕХДИАГНОСТИКА» образовано в 1991 году по инициативе Мингазпрома учредителями «Оренбурггазпром», Оренбургским округом Госгортехнадзора, институтами ВНИИНЕФТЕМАШ, ВНИИПТхимнефтеаппаратуры, ИФДМ, НТС г. Москвы. Основной целью создания предприятия было и остается обеспечение диагностического обслуживания подверженных влиянию коррозионно-активных рабочих сред оборудования и трубопроводов Оренбургского газохимического комплекса, в т.ч. оборудования гелиевого завода, работающего в условиях экстремально низких температур. Учитывая опыт, научную и техническую компетентность предприятия, распоряжением ПАО «Газпром» от 05.10.1999 г. №241 АО «ТЕХДИАГНОСТИКА» определено специализированным центром по диагностированию оборудования на объектах сероводородсодержащих нефтегазовых месторождений и газоперерабатывающих заводов ПАО «Газпром».

Сегодня АО «ТЕХДИАГНОСТИКА» является одним из крупных и известных диагностических центров, деятельность которых играет значительную роль в обеспечении безопасной эксплуатации оборудования добычи и переработки газа, пользуется заслуженным авторитетом и доверием Ростехнадзора и специалистов профильных департаментов ПАО «Газпром».

Пояснительная записка к проспекту – презентации комплекса работ

«ЦИФРОВОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОГО И
БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ ПАО «ГАЗПРОМ»

Как показывает опыт длительной эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений опасных производственных объектов (ТУ и ЗС ОПО), с ростом наработки растет количество данных по результатам обязательных, согласно нормативно-правовым актам (НПА), мероприятий по обеспечению безопасного состояния (МБС) ТУ и ЗС, а именно технических диагностирований и экспертиз промышленной безопасности, ремонтов, обслуживаний, ревизий, испытаний и т. п., возрастает количество результатов оценок и прогнозов параметров технического состояния (ПТС), критериев предельного состояния (КПС), расчетных значений ресурса τ и других данных по ТУ и ЗС и их элементов.

Большое количество данных МБС создает проблему их хранения, поиска, обработки, анализа и обновления. Возрастает трудоемкость работы с данными и риск их утраты. Полная или частичная утрата данных ведет к ошибкам в планировании сроков и объемов МБС, что ведет к снижению уровня безопасности эксплуатации ОПО.

Как показано на слайде 2, проблема трудоемкости и возможных ошибок решается путем цифровизации процессов сбора, накопления, систематизации, анализа, хранения и актуализации данных, получаемых по результатам выполнения МБС.

Для цифровизации процессов действующей системы обеспечения безотказности и безопасности эксплуатации ТУ и ЗС ПАО «Газпром», имеющих длительный срок эксплуатации, специалистами нашего предприятия разработан проект по цифровому развитию этой системы. Предлагаемый проект также реализует направление современного развития – автоматизации процессов производства, в нашем случае процессов МБС.

Схематично актуальность проблемы обеспечения безотказности и безопасности ТУ и ЗС ОПО показана на слайде 3.

Предлагаемое цифровое развитие фактически действующей при эксплуатации ТУ и ЗС ОПО системы обеспечения безотказного и безопасного состояния (далее — ЦСБС) ТУ и ЗС ОПО позволит решить проблему управления большим количеством данных, снизить трудоемкость этих работ, обеспечить обоснованность и исключить ошибки в планировании МБС, поддерживать требуемые уровни безотказности и безопасности при длительной эксплуатации ТУ и ЗС без увеличения затрат, за счет перераспределения сил и средств между фактически опасными и неопасными ТУ и ЗС и их элементами.

Целью ЦСБС является обеспечение требуемого уровня безотказности и безопасности длительно эксплуатируемых ТУ и ЗС ОПО, а для ее достижения решаются три основные задачи (Слайд 4) :

1. Сбор и обработка документации и информации о техническом состоянии ТУ и ЗС, результатах МБС;

2. Разработка и формирование ЦСБС, включающее формирование программных модулей, разработку форм выходных электронных документов, под-

готовку технических инструкций на внедрение и эксплуатацию, наполнение базы данных;

3. Обоснование критериев распределения сил и средств между опасными и неопасными ТУ и ЗС и их элементами, оценки и подтверждения уровней безотказности и безопасности их эксплуатации на прогнозируемый период.

На Слайде 5 с разбивкой на две группы представлены данные планирования и выполнения МБС (слева) и данные результатов выполненных МБС (справа).

В настоящее время данные первой группы собираются, анализируются и используются в цифровом виде. А данные второй группы, необходимые для обоснования МБС, имеются в отчетах и заключениях экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ), однако для их использования требуется выполнение выборки вручную.

Применение ЦСБС для сбора, накопления, систематизации, анализа, хранения и актуализации данных по ТУ и ЗС ОПО позволит исключить ошибки и недостатки планирования и обеспечить поэлементный сбор, учёт, обработку и отображение значений ПТС, КПС, τ и других данных по ТУ и ЗС на любой момент текущей и прогнозируемой эксплуатации, и позволит определять и учитывать в планах МБС уровень безотказности и безопасности эксплуатации ТУ и ЗС ОПО.

На Слайде 6 перечислены этапы сбора и обработки данных, предшествующие формированию ЦСБС, то есть решение первой из трёх задач для базового и расширенного вариантов.

Базовый вариант работ по сбору и обработке данных предусматривает наличие документов, данных результатов диагностирования и ЭПБ. При этом предусматривается анализ наличия и достоверности технической документации по ТУ и ЗС, результатов предыдущих диагностирований и экспертизы промышленной безопасности, анализ собранных данных, их систематизация и структурирование, приведение к цифровому виду, пригодному для использования в процессе автоматизированного создания электронных документов.

В случае отсутствия или недостаточного объема документов и данных ранее выполненных диагностирований и экспертиз предусмотрен расширенный вариант работ по сбору и обработке данных. Он предусматривает (дополнительно к работам по базовому варианту) проведение обследования ТУ и ЗС по индивидуальным программам работ методами неразрушающего контроля и диагностики и анализ имеющихся и полученных по результатам работ значений ПТС, КПС, τ и ряд других необходимых для ЦСБС данных. При этом предусмотрено восстановление технических паспортов и других обязательных форм технической документации на ТУ и ЗС, их перевод в электронный цифровой вид, анализ наличия, достоверности и соответствия фактическому состоянию данных по ТУ и ЗС ОПО.

На Слайде 7 перечислены программные модули ЦСБС, которые можно условно разделить на три группы: модули данных о ТУ и ЗС, модули разра-

ботки МБС и обработки данных их результатов и модули формирования выходных документов.

На **Слайде 8** в табличном виде показаны входные и выходные данные и критерии их оценки в ЦСБС.

Входными данными являются результаты выполнения обязательных по НПА работ МБС в классифицированном виде — даты и сроки, параметры и критерии состояния, механизмы и закономерности повреждаемости.

Сравнение этих данных с критериями оценки и предельными значениями параметров дает возможность получить результаты оценки и сформировать необходимые пользователю выборки, перечни и распределения, в том числе по уровням вероятности и тяжести последствий отказа. При этом критерий уровня безотказности определяется по предельным значениям вероятности отказа по каждому из уровней тяжести последствий отказа.

На **Слайде 9** представлены примеры выходных данных, автоматически формируемые ЦСБС — так называемые электронные документы. В нижней части слайда показаны пример поквартального двухгодичного графика обслуживания, диагностирования, ремонта, испытания ТУ и ЗС ОПО, а также пример прилагаемого к графику перечня элементов, подлежащих диагностированию (обследованию).

На **Слайдах 10, 11 и 12** показаны примеры экранных форм, формируемых ЦСБС с данными о ТУ и ЗС ОПО.

В частности, на **Слайде 10** показан пример экранной формы с общими данными технологического оборудования, например сосудов, работающих под давлением.

На **Слайде 11** показана экранная форма «Каталог ТУ и ЗС ОПО». Форма содержит структурированный перечень ТУ и ЗС, наименования и основные технические характеристики каждого элемента. Форма «Хронология МБС» позволяет получить доступ к информации о работах МБС и их результатам, а форма «Конструктивные элементы и их параметры» включает данные детальной информации о конструктивных элементах.

На **Слайде 12** представлен пример экранной формы «Результаты диагностики», которая позволяет получить доступ к информации о дате выполнения работ и их результатах, а также увидеть скан-копию первичной документации по результатам работ.

Формы внизу слайда демонстрируют возможность формирования статистических отчетов о техническом состоянии как единицы, так и групп ТУ и ЗС, эксплуатируемых в составе ОПО.

На **Слайде 13** в его верхней части представлен пример количественного распределения обследованных ТУ и ЗС и их элементов с выявленными повреждениями. Здесь же представлен пример таблицы количественного распределения выявленных повреждений элементов ТУ и ЗС по их видам.

В нижней части **Слайда 13** представлен пример количественного распределения значений остающегося срока эксплуатации до следующего диагностирования (обозначенного, как « $\tau - T_{\phi}$ ») ТУ и ЗС и оценка этого срока по критерию нормативного периода между диагностированиями (обозначенному, как T_N). Справа от распределения показан пример таблицы ранжирования ТУ и ЗС по срокам до очередного диагностирования.

На **Слайде 14** в верхней части представлены пример количественного распределение ТУ и ЗС по уровням тяжести последствий отказа в виде гистограммы и пример таблицы ранжирования ТУ и ЗС по видам предельного состояния.

В нижней части **Слайда 14** представлены пример распределения ТУ и ЗС по уровням вероятности отказа до и после ремонта в виде круговых диаграмм, а также пример таблицы распределения ТУ и ЗС по видам МБС.

Возможности ЦСБС не ограничены приведенными выше примерами и формами. Ее пользователь может формировать и получать любые таблицы и графические материалы по содержащимся в системе данным, по любому временному периоду или на любую заданную дату, в том числе необходимые для долгосрочного планирования объемов работ и их финансирования, а также формирования конкурсных документов.

На **Слайде 15** в виде схемы показана актуальность задачи обоснования критериев распределения сил и средств между неопасными и опасными ТУ и ЗС и их элементами, обоснования сроков и объемов работ МБС по результатам

оценки уровней безотказности и безопасности их эксплуатации на прогнозируемый период

В условиях, когда фактическая наработка ТУ и ЗС превышает проектный ресурс в несколько раз, количество МБС и их данных нарастает, ужесточаются требованиями НПА нормы безопасности. При этом наблюдается повышение значимости проблемы роста затрат на выполнение МБС.

Решение задачи повышения эффективности сил и средств на МБС становится возможным за счет обоснования критериев распределения сил и средств с неопасных на опасные ТУ и ЗС и их элементы, а также обоснования сроков и объемов работ МБС по результатам оценки уровней безотказности и безопасности их эксплуатации на прогнозируемый период.

На Слайде 16 в верхней части представлена таблица критериев оценки качества диагностирования элементов ТУ и ЗС, где показана шкала объемов работ от минимума (KI_1) до максимума (KI_4).

В нижней части слайда приведена таблица критериев оценки уровней тяжести последствий отказа элементов ТУ и ЗС и соответствующие им предельные значения вероятности отказа. По которой видно, что минимальная (C_1) тяжесть последствий отказа ТУ и ЗС не ведет к потерям, в то время как максимальная (C_5) – ведет к катастрофическим последствиям.

На Слайде 17 представлена обоснованная исследованиями зависимость уровня вероятности отказа элементов ТУ и ЗС от величины отношения τ к T_N с учетом качества диагностирования. Для этого используется представленная на

слайде таблица определения уровней вероятности отказа элементов ТУ и ЗС по величине расчётного значения остаточного ресурса.

На **Слайде 18** представлена схема оптимизации МБС путем классификации ТУ и ЗС и его элементов по уровням вероятности отказа и концентрации средств и усилий на фактически опасных элементах, а также применения профилактических мер, наилучшим образом снижающих вероятность отказа поврежденных элементов.

В связи с тем, что далеко не всегда требуется высокое качество обследования (первое диагностирование проведено с уровнем качества 2, последующие — с уровнем качества 1), за счёт применения показанной схемы осуществляется повышение эффективности расходования средств и сил, направляемых на поддержание безопасности эксплуатации ТУ и ЗС на требуемом уровне.

На **Слайде 19** приведены основные результаты и выводы представленного проспекта – презентации ЦСБС:

1. Обоснована актуальность цифрового развития системы обеспечения безотказного и безопасного состояния ТУ и ЗС ОПО и обоснована возможность использования в ЦСБС данных фактически выполняемых МБС: осмотров, ревизий, ремонтов, диагностирований, испытаний и т.п.

2. Разработаны, обоснованы и приведены методические подходы для сбора и обработки данных и формирования ЦСБС, позволяющей:

- осуществлять обоснование объемов и сроков, планировать и контролировать исполнение МБС;

- концентрировать, то есть перераспределять средства и усилия с неопасных на фактически опасные элементы, а также применять профилактические меры, наилучшим образом снижающие вероятность отказа поврежденных и опасных (по уровню вероятности и тяжести последствий отказа) элементов путем оценки результатов МБС по критериям ЦСБС;

- обеспечить оперативный доступ к документации и информации о техническом состоянии, результатах МБС специалистам, ответственным за безопасную эксплуатацию, специалистам службы технического надзора, руководителям производственных подразделений, филиалов, руководству организации; формировать и передавать данные в глобальные информационные системы ПАО «Газпром» (например, «Инфотех»);

- обеспечить возможность продолжения эксплуатации ТУ и ЗС ОПО по фактическому техническому состоянию путем своевременного применения обоснованных МБС; поддерживать и подтверждать требуемый уровень безотказности и безопасности эксплуатации ТУ и ЗС на прогнозируемый период.

3. Положительный эффект применения ЦСБС достигается за счет управления обоснованием, планированием, выполнением и контролем МБС на прогнозируемый период эксплуатации и выражается:

- в повышении актуальности и достоверности планирования комплекса МБС по параметрам своевременность, обоснованность, достаточность;

- в обеспечении требуемых уровней безотказности и безопасности при эксплуатации ТУ и ЗС на ОПО на прогнозируемый период;

- в сокращении трудоемкости обоснования и составления планов, прогнозов, перечней, объемов работ и других необходимых для обеспечения безопас-

ности эксплуатации ТУ и ЗС ОПО документов; поиска необходимых документов, данных о ТУ и ЗС и их техническом состоянии;

– в обеспечении требуемой надежности хранения данных и документации.

4. Эффективность инвестиций при внедрении ЦСБС, достигается за счет снижения потерь от внеплановых простоев ТУ и ЗС ОПО. Расчетный срок окупаемости составляет 2 года.

Презентация имеет четыре Приложения:

Приложение 1

Для наглядности процесса действующей, согласно требованиям НПА, при эксплуатации ОПО системы обеспечения безотказности и безопасности эксплуатации ТУ и ЗС на рисунке Приложения 1 представлена условная схема изменения ПТС и КПС элементов ТУ и ЗС во времени и по результатам МБС.

На схеме условно показано прогнозируемое время наступления предельного состояния, когда один из параметров технического состояния достигнет своего предельного значения без учета применения МБС (кривые 1 и 2), а также показано, что применение МБС позволяет значительно продлить эксплуатацию ТУ и ЗС и обеспечить требуемые уровни безотказности и безопасности (кривые 3 и 4). На схеме уровень безотказности и безопасности представлен в виде разницы (запаса) между значениями ПТС и КПС.

Приложение 2

Схематично представлена последовательность и условия нормирования предельных значений вероятности возникновения неблагоприятных событий, приводящих к возможному отказу.

Как показано на схеме, отклонения параметров технического состояния, не выявленные при диагностировании, могут стать причиной возникновения критических дефектов, предельного состояния и отказа. При этом величина вероятности возникновения каждого из перечисленных событий определяется фактом реализации предыдущего события.

Условие нормирования вероятностей при профилактике отказов, приведенное на слайде, обосновывает критерий качества диагностирования - вероятность невыявления дефекта не должна превышать предельную величину вероятности отказа с учетом уровня тяжести последствий отказа (C_{I-5})

Приложение 3

В основу концепции формирования ЦСБС положена модель, описываемая выражением (1):

$$\{M_j\} \rightarrow [M_{BC}([V_{BO}], C_{1-5})], \quad (1)$$

где $\{M_j\}$ — совокупность комплекса МБС; $([V_{BO}], C_{1-5})$ — техническое состояние ТУ и ЗС ОПО, отвечающее/удовлетворяющее критерию вероятности безотказности эксплуатации ТУ и ЗС ОПО и его элементов в зависимости от тяжести последствий отказа; $[M_{BC}]$ — критерий оценки совокупности МБС (по параметрам своевременность, обоснованность и достаточность), при выполнении

которых достигается состояние ТУ и ЗС ОПО, отвечающее критерию безотказности $([V_{BO}], C_{1-5})$.

При этом тяжесть последствий отказа определяется пятью уровнями:, например

отказ не приводит к останову производства и не опасен для персонала — C_1 ; или наоборот — отказ приводит к разрушениям объекта и гибели людей — C_5 . А критерии безотказности определяются по выражению: $([V_{BO}], C_{1-5}) = 1 - ([V_O], C_{1-5})$, где предельные значения вероятности отказа $([V_O], C_{1-5})$ определяются для каждого из пяти уровней тяжести последствий отказа, значения приведены в нижней таблице слайда 16.

Приложение 4

На слайде Приложения 4 представлено обоснование технико-экономической эффективности применения ЦСБС.

Как показано на слайде («Исходные данные»), при неизменных затратах на МБС, существенная часть (более 70%) ТУ и ЗС и их элементов имеют расчётное значение остаточного ресурса более $2,5T_N$ и оцениваются как неопасные, затраты на МБС этих элементов возможно снизить не менее чем на 50%. Сэкономленных затрат на МБС неопасных элементов достаточно для финансирования дополнительных (расширенных) МБС опасных ТУ и ЗС и их элементов, что обеспечивает снижение уровня вероятности их отказа на 1..2 порядка и как следствие соответствующее повышение уровня безотказности и безопасности ОПО в целом.

При условной стоимости работ внедрения ЦСБС равной 24 млн рублей и снижения условных потерь от простоев ОПО при внеплановых ремонтах ТУ и ЗС в год на величину более 12 млн рублей, расчетный срок окупаемости применения ЦСБС составит не более 2 лет.