

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

научный журнал

№ 4 (37) 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО

В. М. Капустин, А. С. Ярмухаметов, И. Ф. Мухаметшин,
И. В. Май, Р. С. Гильденскиольд

ОПЫТ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ
ВОПРОСОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
И ОБЕСПЕЧЕНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН
ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПРОЕКТИРУЕМЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ 3

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Б. П. Туманян

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ИНФРАСТРУКТУРЫ НЕФТЯНЫХ
ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ 10

ЭКСПЕРТИЗА, ДИАГНОСТИКА, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Э. А. Микаэлян

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ
ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ 14

Главный редактор
М. Н. БУТКЕВИЧ

Редакционная коллегия:

В. Н. АЗАРОВ,
В. М. АРТЮШЕНКО,
А. И. БЕЛОВ,
Б. В. БОЙЦОВ,
В. А. ВАСИЛЬЕВА,
С. Г. ЕМЕЛЬЯНОВ,
Г. И. ЛАЗАРЕВ,
И. Н. ЛОГАЧЕВА,
Е. А. ЛУКАШЕВ
(зам. главного редактора),
Л. В. МОРОЗОВА,

А. В. ОЛЕЙНИК,
И. Э. ПАШКОВСКИЙ
Н. А. ПЛАТОНОВА,
Е. Ю. ПОЛИКАРПОВ,
А. В. ПУТИЛОВ,
К. Л. САМАРОВ,
А. В. СУВОРИНОВ,
Б. П. ТУМАНЯН,
Л. М. ЧЕРВЯКОВ,
В. С. ШУПЛЯКОВ

Редактор

Н. Н. ПЕТРУХИНА

Оформление и верстка

В. В. ЗЕМСКОВ

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

Д. А. Кожевников, Ю. В. Галкин, К. А. Арапов, Е. В. Иванов
ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ
МЕТАЛЛОВ В ПЛАЗМЕ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА19

М. Л. Медведева
ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ
НЕФТЕЗАВОДСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ24

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Б. Америк
МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОПТИМИЗАЦИОННОГО
УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ПРИНЦИПАХ
КОЛЛЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СЕРВИСНО-
ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕГРИРОВАННЫХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ
2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИКИ ЭФФЕКТИВНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМИ
ФОНДАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ30

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Е. Ю. Голиченко, А. М. Семенов
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ
КОНТРОЛЯ ПРИТОКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МОРСКОГО
НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА НАЧАЛЬНОЙ
СТАДИИ РАЗРАБОТКИ46

ЭКОЛОГИЯ

И. А. Буртная, Д. В. Литвиненко
МЕМБРАННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....56

ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ

ОБРАЩЕНИЕ БЕНЗИНА АИ-92
МОЖЕТ БЫТЬ ПРОДЛЕНО НА ТРИ ГОДА59

НОВОСТИ60

Адрес редакции:

111116, Москва, ул. Авиамоторная, 6.
Тел./факс: (495) 361-11-95.
e-mail: tpps@list.ru

При перепечатке любых материалов
ссылка на журнал
«Теоретические и прикладные
проблемы сервиса» обязательна.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в материалах, в том числе рекламных,
предоставленных авторами
для публикации.

Журнал зарегистрирован
в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания
и средствам массовой коммуникации.
Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-9918 от 10.10.2001 г.
ISSN 1815-218X

Подписной индекс в каталоге
агентства «Роспечать» 46831
Материалы авторов не возвращаются.
Тираж 1000 экз.

© Журнал «Теоретические
и прикладные проблемы сервиса», 2010

Опыт работы в области комплексного решения вопросов экологической безопасности и обеспечения санитарно-гигиенических требований при разработке проектов санитарно-защитных зон для действующих и проектируемых предприятий России

В. М. Капустин, А. С. Ярмухаметов, И. Ф. Мухаметшин, И. В. Май, Р. С. Гильденскиольд
 ОАО «ВНИПИНЕФТЬ», ОАО «КНПУ «Оргнефтехимзавод»,
 Научно-производственный центр экологической безопасности Минздрава РФ,
 Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана

Изложены современные технические и технологические решения, направленные на снижение техногенного воздействия НПЗ на окружающую среду. Представлены выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с НПЗ ЗАО «Нафтатранс» и ООО «Роснефть–Комсомольский НПЗ». Приведены границы расчетной (предварительной) санитарно-защитной зоны для этих предприятий.

Ключевые слова: санитарно-защитные зоны, выбросы в атмосферу, санитарно-гигиенические требования, загрязняющие вещества.

НПЗ ЗАО «Нафтатранс» спроектирован для переработки 6,2 млн. т нефти в год по топливной схеме с отбором светлых нефтепродуктов выше 92%. Предприятие будет осуществлять поставку товарных нефтепродуктов на российский и европейский рынки. НПЗ представляет собой комплекс объектов и сооружений, обеспечивающих прием сырья как по железной дороге, так и по трубопроводу, хранение сырья, его переработку, хранение и отгрузку товарной продукции по железной дороге и частично автомобильным транспортом. Применяемые технологические процессы обеспечивают выработку товарной продукции, качество которой соответствует Европейским стандартам.

Прием нефти предусматривается осуществлять через действующий пункт перевалки нефти — ППН «Кавказская», на который нефть поставляется по железной дороге и трубопроводу от НПС «Кропоткинская» из системы Каспийского трубопроводного консорциума (КТК).

Сырьем НПЗ являются:

- нефти марки «Легкая сибирская» и марки «Уральская», поставляемые по железной дороге;
- нефть КТК, поставляемая на предприятие по трубопроводу;
- газовый конденсат, поставляемый по железной дороге.

Объектами основного производственного назначения являются:

- комбинированная установка атмосферно-вакуумной перегонки нефти, реконтактинга и висбрекинга;

- комбинированная установка гидропроцесов;
- комбинированная установка производства компонентов товарного бензина;
- установка производства водорода;
- комбинированная установка производства серы;
- установка грануляции серы;
- установка очистки дымовых газов котлов от диоксида серы на ТЭЦ;
- факельная система.

Согласно проекту, НПЗ будет перерабатывать смесь легких нефтей типа «Легкая сибирская» (вариант 1). Кроме того, имеется возможность оборудования на сырье (вариант 2) следующего состава: 20% нефти КТК, 20% смеси «легкая сибирская», 50% нефти марки «уральская» и 10% газового конденсата. Помимо этого, предусмотрена возможность эксплуатации НПЗ на 100% нефти марки «уральская» (вариант 3) с учетом уменьшения объемов переработки приблизительно до 5 млн. т/год, что позволит обеспечить суммарный объем выбросов загрязняющих веществ, не превышающие объем выбросов по варианту 2.

По данным Заказчика, вероятность работы объектов НПЗ по расчетному варианту сырья (вариант 1) составляет порядка 80–90%, по варианту 2 — 10–15%. Проектной документацией предусмотрена проверка работоспособности оборудования с учетом применения третьего варианта сырья. В настоящем Проекте к рассмотрению будет принято влияние эксплуатации

объектов НПЗ на окружающую среду при вероятности их работы по расчетному варианту сырья (вариант 1) и предусматриваемому (вариант 2), который является наихудшим по суммарному количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Одним из основных приоритетов строительства и ввода в эксплуатацию НПЗ ЗАО «Нафтатранс» является его экологическая направленность. Этапы строительства и производственная деятельность НПЗ предполагают соблюдение всех норм и стандартов природоохранного законодательства и промышленной безопасности. Проект предусматривает обязательную сертификацию по экологическим стандартам, в том числе по стандарту экологического менеджмента, а также регулярный мониторинг окружающей среды, поддержание высокого уровня ответственности персонала в обеспечении экологической безопасности. Проектная документация стадии «Проект» в части охраны окружающей среды разработана с учетом всех предложений, выданных природоохранными структурами.

Снижение техногенного воздействия НПЗ на окружающую среду будет обеспечено благодаря:

- применению современных апробированных лицензионных технологий нефтепереработки и созданию многоуровневой системы экологического контроля;
- производству экологически безопасных товарных нефтепродуктов (моторных топлив и мазута), отвечающих европейским стандартам. Следует отметить, что при условии полного перехода автомобильного транспорта на двигатели, топливо и масла, отвечающие требованиям стандартов Евро-4, 5, выбросы от автотранспорта в окружающую среду будут сокращены примерно в 12 раз.

Проектная документация на строительство НПЗ ЗАО «Нафтатранс» предусматривает следующие средства сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

1. Использование высокоэффективной очистки дымовых газов на технологических установках и ТЭЦ от соединений серы и твердых частиц при сжигании в печах и котлах ТЭЦ котельного топлива. Для очистки дымовых газов от твердых частиц предусмотрена хорошо известная и широко применяемая в промышленности технология электростатического осаждения с использованием трехпольных электрофильтров, обеспечивающая степень очистки 90%. Для очистки дымовых газов от SO_2 предусмотрен

современный регенерационный способ с использованием раствора смеси диаминов. Степень очистки дымовых газов от SO_2 будет не менее 90%.

2. Наличие секции очистки отходящих газов производства серы. Спроектированный процесс очистки отходящих газов включает следующие технологические стадии: восстановление сернистых соединений до сероводорода, охлаждение и конденсацию влаги из технологических газов после восстановления, улавливание сероводорода из технологических газов раствором метилдиэтанолamina (МДЭА).

3. Использование понтонов и азота для создания «азотной подушки» над поверхностью жидкости в резервуарах для хранения сырой нефти и низкокипящих нефтепродуктов.

4. Сжигание жидких отходов, содержащих метил-трет-бутиловый эфир и воду проводится на установке сжигания стоков МТБЭ с эффективностью 99,99%.

5. Использование комплекса канализационных очистных сооружений, который отвечает современным требованиям технологической очистки сточных вод, при этом выбросы загрязняющих веществ в атмосферу сведены до минимума. Очистные сооружения НПЗ ЗАО «Нафтатранс» состоят из ряда емкостных сооружений (приемных емкостей, усреднителей) для сбора, усреднения и аккумуляции разных видов стоков, а также собственно очистных установок, включающих комплексы резервуаров, оборудования, аппаратов и устройств соответствующего назначения. Вода на выходе из очистных сооружений удовлетворяет нормативам на воду, возвращаемую в цикл НПЗ и отводимую в р. Кубань. В результате очистки образуются также твердые (пастообразные) отходы в виде ила и шлам, твердая смесь сухих солей, а также жидкие уловленные нефтепродукты.

6. В проекте используется технологическая система грануляции серы Rotoform фирмы SANDVIK. Процесс Rotoform относится к одному из самых экологически чистых и безопасных производств, поскольку косвенный контакт серы с охлаждающей водой исключает образование загрязненных стоков, а беспыльное образование гранул за счет неподвижного застывания гранулы на поверхности ленты исключает возможность образования в процессе взрывоопасных пылевоздушных смесей.

7. При всех аварийных остановках объектов НПЗ освобождение технологических блоков от газов и паров, а также периодические сбросы

газов и паров во время пуска, наладки и остановки технологических объектов осуществляются в предусмотренную факельную систему.

8. Металлообрабатывающие станки механического и электроремонтного участков ремонтно-механического цеха оборудованы агрегатами для отсасывания пыли и мелкой стружки с эффективностью улавливания пыли 98–99%.

Отдельное внимание при проектировании НПЗ ЗАО «Нафтатранс» было уделено системе непрерывного экологического мониторинга, которая позволит предупреждать аварийные ситуации в самой начальной стадии их возникновения. Приборы экологического контроля будут расположены на каждой установке, между установками, на границе НПЗ и на рубеже санитарно-защитной зоны. Помимо того, предусмотрена система промышленного телевидения.

Международный экологический консультант Проекта — компания «VECHTEL LIMITED» (BL) — имеет огромный опыт консультирования по экологическим вопросам и реализации проектов в нефтегазовом секторе России.

Таким образом, благодаря использованию апробированных лицензионных технологий и созданию системы экологического контроля,

НПЗ, строящийся недалеко от станции Кавказская Краснодарского края, будет экологически безопасным для окружающей среды.

Генеральным подрядчиком проекта организации санитарно-защитной зоны для нефтеперерабатывающего завода ЗАО «Нафтатранс» является ОАО «НИПИГАЗПЕРЕРАБОТКА», субподрядчиком — ОАО «ВНИПИНЕФТЬ», исполнителем — ОАО «КНПУ «Оргнефтехимзавод». Проект разработан в 2008 г.

Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от источников загрязнения предприятия выполнен по программе УПРЗА «Эколог», разработанной НПО «Интеграл», согласованной с ГГО им. А. И. Воейкова.

Площадка проектируемого НПЗ расположена северо-восточнее станции Кавказская в пределах административно-территориальной границы Кавказского района Краснодарского края, на расстоянии порядка 10 км восточнее г. Кропоткин. Расстояние от границы предприятия до ближайшей жилой зоны станции Кавказская — 620 м, до садовых участков, расположенных на северо-восточной окраине станции Кавказская — 300 м.

Общее количество источников загрязнения атмосферы проектируемого НПЗ ЗАО «На-

Табл. 1. Перечень приоритетных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу от источников загрязнения НПЗ ЗАО «Нафтатранс»

Наименование загрязняющего вещества	ПДК м.р., мг/м³	ПДК с.с., мг/м³	ОБУВ, мг/м³	Класс опасности	Выбросы загрязняющих веществ			
					по варианту 1		по варианту 2	
					г/сек	т/год	г/сек	т/год
Азота диоксид	0,2	0,04	–	3	52,460	1464,350	55,608	1559,538
Азота оксид	0,4	0,06	–	3	8,520	237,945	8,941	253,413
Углерод (сажа)	0,15	0,05	–	3	–	–	2,634	83,552
Серы диоксид	0,5	0,05	–	3	56,700	1574,364	93,208	2678,364
Сера элементарная	–	–	0,07	–	0,225	5,606	0,225	5,606
Сероводород	0,008	–	–	2	0,710	7,584	0,710	7,5838
Углерода оксид	5,0	3,0	–	4	11,306	292,921	11,306	292,921
Углеводороды предельные C ₁ –C ₅	–	–	50,0	–	27,905	377,757	27,905	377,757
Углеводороды предельные C ₆ –C ₁₀	–	–	30,0	–	19,446	0439,752	19,446	439,752
Бензол	0,3	0,1	–	2	0,879	2,889	0,879	2,889
Ксилол	0,2	–	–	3	0,165	4,7933	0,165	4,793
Толуол	0,6	–	–	3	0,906	5,405	0,906	5,405
Этилбензол	0,02	–	–	3	0,0128	0,3755	0,013	0,376
Бенз(а)пирен	–	1,0·10 ⁻⁶	–	1	0,000	0,000	0,000	0,000
МТБЭ	0,50	–	–	4	1,243	4,864	1,243	4,864
Углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉	1,0	–	–	4	13,515	275,262	13,515	275,262
Всего веществ:	50							
в том числе:								
1 класса (чрезвычайно опасные)	1							
2 класса (высокоопасные)	17							

Табл. 2. Размеры границы установленной расчетной (предварительной) СЗЗ для проектируемого НПЗ и действующего ППН «Кавказская» ЗАО «Нафтатранс»

Направление	Расстояние от границы промышленной площадки НПЗ и ППН «Кавказская» до расчетной (предварительной) СЗЗ, м
Север	375
Северо-восток	375
Восток	950
Юго-восток	725
Юг	725
Юг (в районе зоны массового отдыха населения станицы Кавказская)	300
Юго-запад	250
Запад (от границы ППН «Кавказская»)	525
Северо-запад	375

фататранс» и действующего ППН «Кавказская» будет составлять 186, из них 76 организованных и 110 неорганизованных. По воздействию выбросов на атмосферу предприятие относится к категории 1.

От источников НПЗ ЗАО «Нафтатранс» в атмосферу будет выбрасываться 50 наименований загрязняющих веществ. Выбросы загрязняющих

веществ по расчетному и предусматриваемому вариантам сырья представлены в табл. 1. Размеры границы установленной расчетной (предварительной) санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для проектируемого НПЗ и действующего ППН «Кавказская» приведены в табл. 2.

Границы расчетной (предварительной) СЗЗ определяли по совокупной конфигурации изоли-

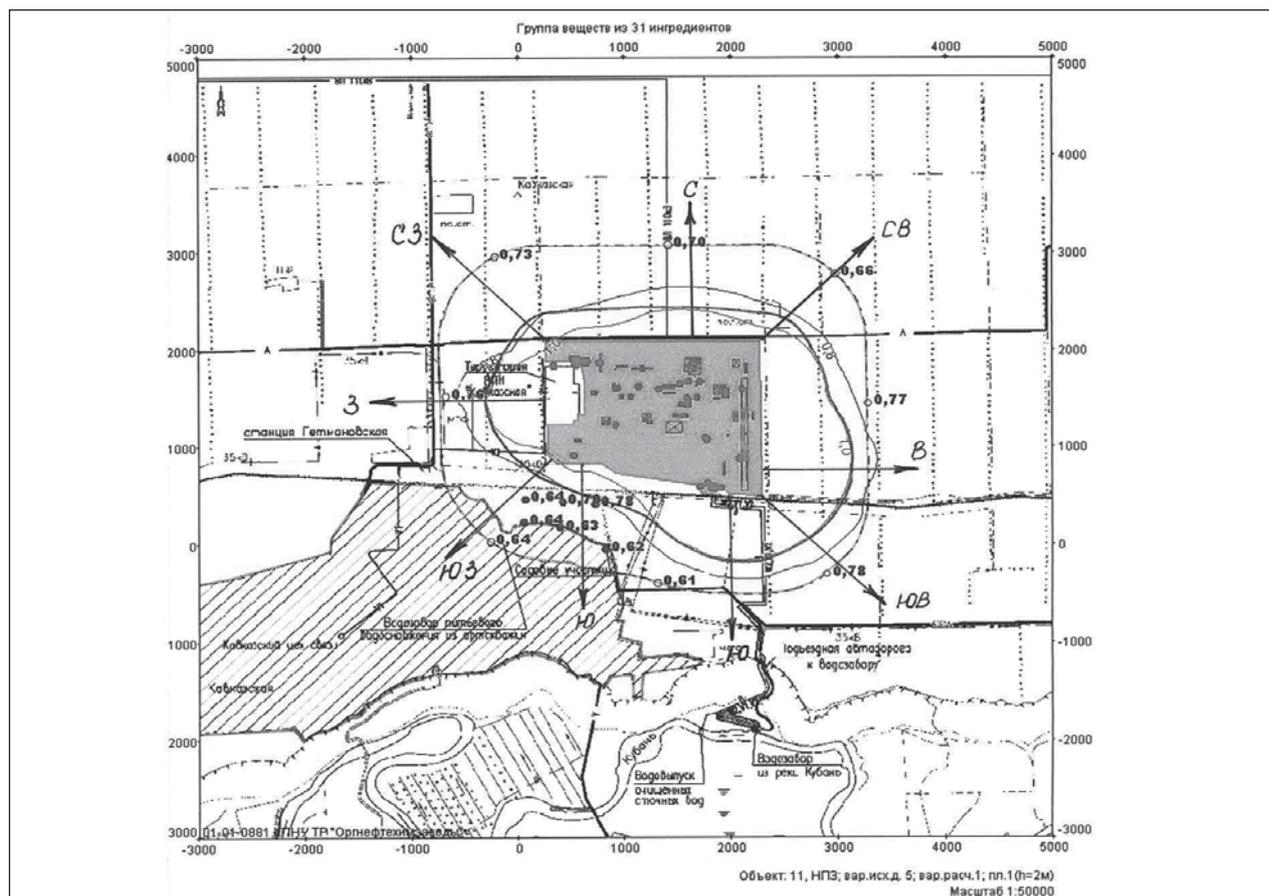


Рис. 1. Графическое изображение совокупной конфигурации изолиний максимальных приземных концентраций 0,8 ПДК и 1,0 ПДК всех вредных ингредиентов и групп суммаций, которые они образуют при совместном присутствии

Табл. 3. Перечень приоритетных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу от источников загрязнения ООО «РН-КНПЗ» на существующее положение (2004 г.)

Наименование загрязняющего вещества	ПДК м.р., мг/м ³	ПДК с.с., мг/м ³	ОБУВ, г/м ³	Класс опасности	Выбросы загрязняющих веществ	
					г/сек	т/год
Азота диоксид	0,085	0,04	–	2	6,007	142,823
Азота оксид	0,4	0,06	–	3	0,839	21,891
Углерода оксид	5,0	3,0	–	4	9,543	154,192
Серы диоксид	0,5	0,05	–	3	1,788	45,9115
Углеводороды C ₁ –C ₅	–	–	50,0	–	198,300	1526,009
Углеводороды C ₆ –C ₁₀	–	–	30,0	–	180,374	1242,953
Углеводороды C ₁₂ –C ₁₉	1,0	–	–	4	2,190	23,267
Бензол	0,3	0,10	–	2	1,197	7,132
Толуол	0,6	–	–	3	3,452	14,261
Ксилол	0,2	–	–	3	3,567	16,256
Сероводород	0,008	–	–	2	0,005	0,116
Бен(а)пирен	–	1,0·10 ⁻⁶	–	1	0,000	0,000
Сажа	0,15	0,05	–	3	0,064	0,610
Всего веществ по наименованию:	40					
в том числе:						
1 класса (чрезвычайно опасные)	3					
2 класса (высокоопасные)	10					

ний 0,8 ПДК и 1,0 ПДК всех вредных ингредиентов и групп суммаций, которые они образуют при совместном присутствии и расчет рассеивания которых целесообразен. Для предусмотренного варианта сырья (вариант 2) границы СЗЗ показаны на рис. 1.

Далее рассмотрен «Проект организации санитарно-защитной зоны для ООО «Роснефть—Комсомольский НПЗ». Исполнитель — КПНУ «Оргнефтехимзаводы». Проект разработан в 2005 г. Территория ООО «РН-КНПЗ» находится в границах проектной застройки г. Комсомольск-на-Амуре. Источники загрязнения атмосферы ООО «РН-КНПЗ» расположены на 2 промышленных площадках: площадке НПЗ и береговом участке. Первая расположена в северной части города, вторая

— к юго-востоку и востоку от первой на расстоянии 4,5 км.

Сырьем предприятия служат малосернистые сахалинские и западносибирские нефти с содержанием серы соответственно 0,31 и 0,61% мас., которые поступают на предприятие по трубопроводу и железной дороге.

Общая мощность предприятия составляет 5 млн. т нефти в год. Баланс переработки нефти на период проведения инвентаризации источников вредных выбросов в атмосферу составлял 5 500 813 т.

В состав ООО «РН-КНПЗ» входят следующие технологические установки, являющиеся источниками выбросов загрязняющих веществ:

- установка ЭЛОУ-АВТ-2;
- установка ЭЛОУ-АВТ-3;

Табл. 4. Размеры границы установленной расчетной (предварительной) СЗЗ для ООО «РН-КНПЗ» на перспективу

Направление	Расстояние (м) до расчетной (предварительной) СЗЗ от границы промышленной площадки	
	№ 1	№ 2
Север	0	0
Северо-восток-север	713	0
Восток-север	300	0
Юго-восток-север	370	0
Юг	520	0
Юго-запад-юг	480	0
Запад-юг	340	0
Северо-запад-юг	345	0

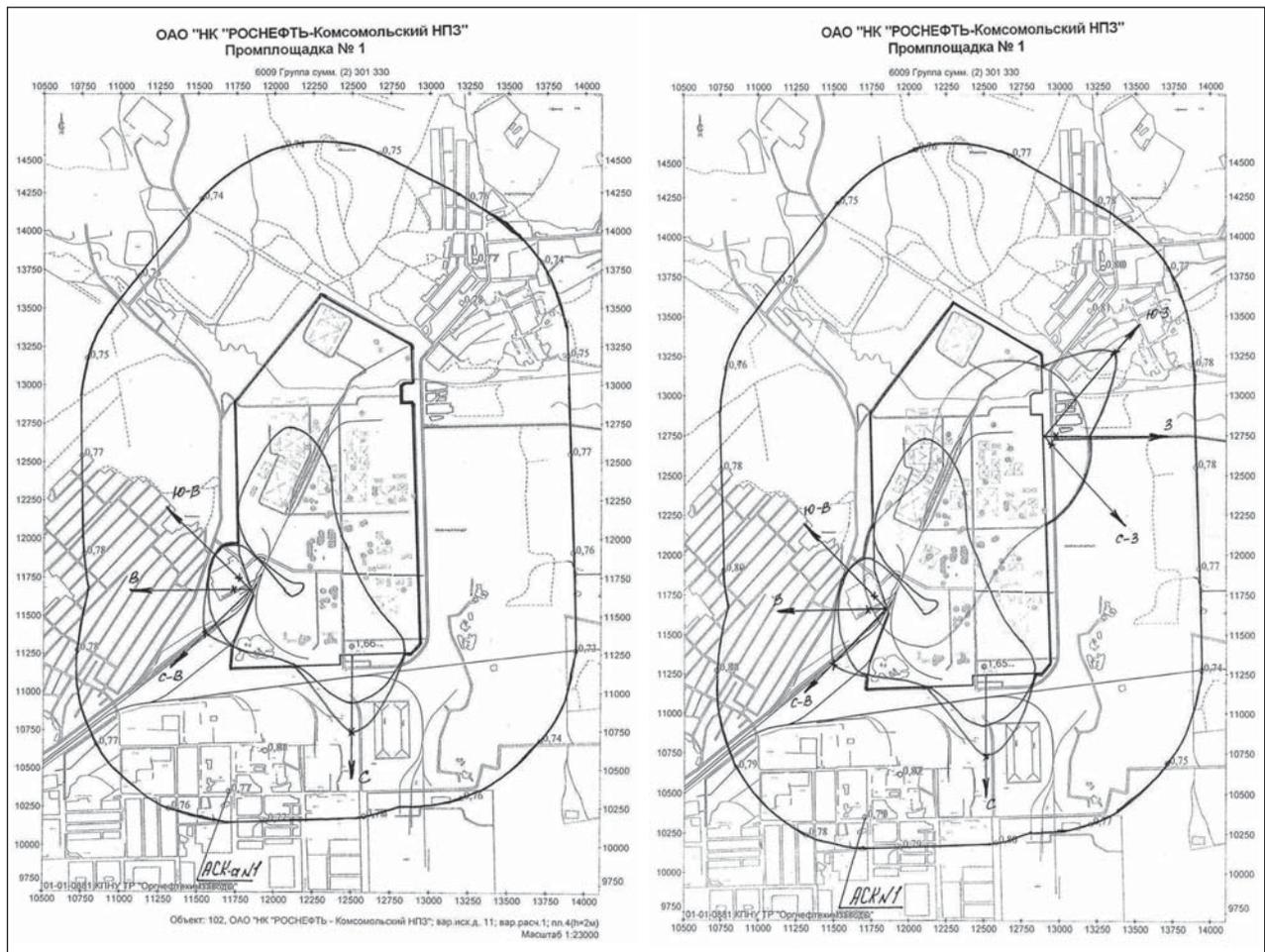


Рис. 2. Расчетная СЗЗ промышленной площадки № 1 на существующее положение (а) и на перспективу (б)

- азотно-кислородная станция;
- установка каталитического риформинга бензина с блоком гидроочистки Л-35-11/450 К;
- факельное хозяйство, включающее два факельных ствола;
- установка изомеризации легкого бензина;
- резервуарный парк, включающий пять резервуаров для хранения нефти и бензинов, оборудованных понтонами;
- очистные сооружения — установка «Wemko».

Общее количество источников загрязнения атмосферы на ООО «РН-КНПЗ» — 194, из них 112 организованных и 82 неорганизованных. По воздействию выбросов на атмосферу предприятие относится к категории 3. От источников ООО «РН-КНПЗ» в атмосферу выбрасываются 40 загрязняющих веществ. Выбросы загрязняющих веществ представлены в табл. 3, а размеры границы установленной расчетной

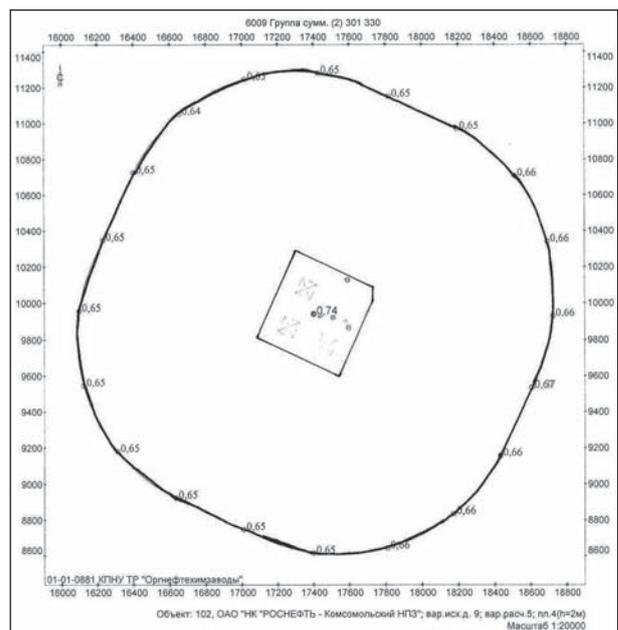


Рис. 3. Расчетная СЗЗ промышленной площадки № 2 существующее положение

(предварительной) СЗЗ на перспективу — в табл. 4.

Границы расчетной СЗЗ промышленной площадки № 1 на существующее положение и перспективу, построенные по изолинии 1,0 ПДК

веществ группы суммации 6009 (азота диоксид, серы диоксид) с учетом фона, приведены соответственно на рис. 2, а и б. Границы расчетной СЗЗ промышленной площадки № 2 на существующее положение показаны на рис. 3.

V. M. Kapustin, A. S. Yarmukhametov, I. F. Mukhametshin, I. V. May, R. S. Gildenskiold

Experience in Environmental Safety Problems Complex Solving and Sanitary Requirements Providing at Sanitary Protection Zones Project Design for Russian Refineries in Operation and in Design

Sophisticated technologies and technological decisions, oriented to decrease a technological environmental impact of a refinery are described. Pollutant emissions to atmosphere from a refinery of CJSC «Naphthatrans» and LLC «Rosneft–Komsomolsk Refinery» are presented. The boundaries of reasonable calculated (previous) sanitary protection zone of the enterprises involved are demonstrated.

Keywords: sanitary protection zones, atmospheric emissions, sanitary requirements, pollutants.

Вниманию специалистов!

В. Е. Емельянов

ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

В книге изложены требования к качеству вырабатываемых и перспективных автомобильных бензинов.

Приведено краткое описание современных технологических процессов переработки нефти с целью получения бензиновых компонентов. Рассмотрено производство различных оксигенатов — высокооктановых кислородсодержащих соединений, применяемых в составе автобензинов.

Подробно охарактеризованы физические, химические и эксплуатационные свойства различных бензиновых компонентов, а также присадок и добавок для улучшения эксплуатационных свойств.

Рассмотрены вопросы контроля качества, транспортирования, хранения и применения автобензинов.

Монография предназначена для инженерно-технических работников предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, работников автотранспортных предприятий, а также бизнесменов, экономистов и менеджеров этих отраслей.

М.: Издательство «Техника», 2008. — 192 с.

В. Е. Емельянов, В. Н. Скворцов

**МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА:
АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ**

Приведены сведения о требованиях к качеству и технологии производства моторных топлив, методах оценки их детонационной стойкости и воспламеняемости. Изложены основные теоретические и практические вопросы, относящиеся к определению детонационной стойкости и воспламеняемости моторных топлив на современных одноцилиндровых установках, их техническое обслуживание, а также новейшие достижения техники в области совершенствования установок и методов испытаний.

Книга предназначена в качестве практического руководства для работников лабораторий нефтеперерабатывающих и нефтесбытовых предприятий, для работников автомобильного и воздушного транспорта и других отраслей, а также широкому кругу инженерно-технических работников, будет полезна аспирантам и студентам вузов и техникумов.

М.: Издательство «Техника», 2006. — 192 с.

Некоторые аспекты формирования инфраструктуры нефтяных дисперсных систем

Б. П. Туманян
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Обобщены основные закономерности поведения нефтяных дисперсных систем в различных условиях. Изложены современные представления о структуре и основных факторах, определяющих вязкость нефтяных систем: факторе формы, массе агрегативной комбинации, степени иммобилизации этой комбинацией жидкой фазы раствора, термодинамических условиях существования системы, наличии электрических, магнитных, звуковых полей, концентрации дисперсной фазы. Показана актуальность регулирования поведения нефтяного сырья в технологических процессах изменением соотношения компонентов в структурном образовании нефтяной дисперсной системы.

Ключевые слова: нефтяные дисперсные системы, вязкость, фактор формы, сложная структурная единица, агрегативная комбинация, надмолекулярные структуры.

Нефть и нефтяные фракции могут существовать в виде истинного раствора или дисперсной системы. В состоянии истинных молекулярных растворов нефтяные системы находятся достаточно редко. Практически все объекты нефтяного происхождения, компоненты которых находятся в различных агрегатных состояниях, при определенных условиях формируют различные дисперсные системы.

Реальные нефтяные системы являются полигетерофазными дисперсными системами различных типов, что чрезвычайно усложняет выявление особенностей их поведения. Специфика большей части свойств нефтяных дисперсных систем обусловлена их коллоидно-химическим строением и, как следствие, формированием в них фазовых образований коллоидных размеров. Структурные образования нефтяных дисперсных систем – надмолекулярные структуры, не являются отдельными частицами, а представляют собой агрегаты, состоящие из множества молекул.

Простейшую жидкую дисперсную систему можно представить в виде суспензии жестких сферических частиц, удаленных друг от друга на бесконечно большое расстояние. Принятое таким образом бесконечно большое разбавление раствора с гидродинамической точки зрения позволяет пренебречь взаимным влиянием частиц при течении системы и рассматривать вязкость системы в виде функции концентрации частиц и их объема. Однако при этом необходимо ввести в рассмотрение некоторый коэффициент, являющийся функцией геометрических параметров частицы. Экспериментальными исследованиями было показано, что в случаях сферической формы частиц и малых концентрациях дисперсной фазы этот коэффициент, учитываемый в из-

вестном уравнении Эйнштейна, имеет значения, близкие к 2,5. Повышение концентрированности дисперсных систем, содержание частиц дисперсной фазы различной формы, проявление взаимодействий между ними приводят к отклонениям значений вязкости по отношению к вычисленным по уравнению Эйнштейна. Подобные отклонения в нефтяных дисперсных системах связаны, прежде всего, с сольватацией частиц дисперсной фазы, иммобилизацией части дисперсионной среды структурными образованиями дисперсной фазы системы. Более того, в случае растворов макромолекул, которыми являются нефтяные дисперсные системы, предположение, что рассматриваемые частицы являются жесткими образованиями, не изменяющими своей формы в потоке, является сильно упрощенным и в известной степени некорректным.

Очевидно, в нефтяной дисперсной системе на суспендированные частицы воздействуют факторы, влияющие на изменение их формы. В первую очередь, к таким факторам относятся обратимая упругая деформация суспендированной частицы, а также вязкое сопротивление при течении. Таким образом, при описании вязкости нефтяных дисперсных систем следует особое внимание уделять двум аспектам: гидродинамическому и конфигурационному.

Рассмотрение кинетической теории жидкостей на принципиально новой основе сближения их с твердыми телами позволило внести существенный вклад в описание поведения аномальных жидкостей, их свойств и механизма плавления. Внешняя целостность жидкого тела является до некоторой степени кажущейся. На самом деле оно пронизано множеством поверхностей разрыва, которые при отсутствии растягивающих внешних усилий не успевают

развиться, однако спонтанно исчезают в одних местах, одновременно возникая в других и образуя в теле в каждый момент времени совокупность микрополостей (кавитаций) в виде трещин, дырок и т.д. Возникновение и исчезновение этих микрополостей является результатом флуктуаций плотности, связанных с тепловым движением. Подобные флуктуации несколько искажают однородность тела в малых объемах, не нарушая ее существенным образом. В макроскопически однородном теле до некоторых граничных внешних условий существуют лишь гомофазные флуктуации. При этом не исключается существование гетерофазных флуктуаций, приводящих при незначительном изменении внешних условий к образованию зародышей новой фазы, например, возникновению в жидкости твердой фазы при пониженных температурах, либо паровых пузырьков – при повышенных (при соответствующих других внешних условиях). Причем значения этих температур находятся вблизи температур застывания (помутнения), либо кипения жидкости.

Рассматривая жидкость вблизи температур кристаллизации, а точнее, в некотором интервале температур между температурами кристаллизации и застывания, вероятно можно заключить, что относительное перемещение частиц дисперсной фазы, обусловленное вязкостью жидкости при течении, может быть определено некоторым коэффициентом самодиффузии, стремящейся выровнять запас потенциальной и кинетической энергии (количества движения) перемещающихся частиц. Количество движения каждой перемещающейся частицы не остается постоянным. Очевидно, в этих условиях некоторые частицы дисперсной фазы имеют различные дополнительные количества движения в результате межмолекулярных взаимодействий, которые и создают энергетический градиент между ними. Скорость ликвидации этого градиента практически пропорциональна коэффициенту самодиффузии, в свою очередь являющемуся функцией коэффициента вязкости и плотности системы. Однако в связи с непостоянством количества движения частиц дисперсной фазы, более корректно исходить непосредственно из подвижности отдельных частиц, т.е. средней скорости, которая приобретает любой из них по отношению к окружающим при внешних воздействиях на систему. Подвижность дисперсных частиц оценивается текучестью жидкости, измеряемой величиной, обратной коэффициенту ее вязкости. Последняя пропорциональна коэффициенту диффузии, откуда следует, что вязкость жидкости в рассматриваемом интервале пониженных

температур обратно пропорциональна коэффициенту диффузии.

Практический интерес при изучении вязкостных характеристик жидких дисперсных систем представляют реологические исследования. Во многих случаях особые трудности при проведении реологических исследований возникают из-за отклонения поведения жидких дисперсных систем от ньютоновского. Реологические исследования позволяют связать макроскопические деформации и течение нефтяной дисперсной системы с мгновенными конфигурациями и движением ее гидродинамически подвижных частиц. В свою очередь, вязкое сопротивление является функцией межмолекулярных взаимодействий в системе, определяющих ее инфраструктуру.

В первых и наиболее известных микро-реологических исследованиях, заключающихся в определении реологического поведения сложных дисперсных систем при помощи реологических свойств составляющих их элементов, предполагались квазиоднородность и квазиизотропность материалов. Было принято, что в рассматриваемых дисперсных системах – суспензиях дисперсная фаза представляет собой твердые частицы шарообразной формы, а пространство между ними непрерывно заполнено дисперсионной средой – обычной вязкой жидкостью. Как показала практика, за исключением простейших случаев, для нефтяных систем такой подход неприменим ввиду сложности действительного строения дисперсных систем. При этом целесообразно вводить вместо реальной системы некоторые модели, предполагая аналогичность их поведения рассматриваемым реальным объектам.

Чрезвычайная сложность нефтяных дисперсных систем не позволит, по всей видимости, создать единую универсальную математическую модель для описания их реологического поведения даже при наличии достаточно большого статистического материала, необходимых эмпирических сведений. Однако, как правило, можно использовать более простые модели, включающие свойства, существенные для конкретной рассматриваемой системы.

Рассматривая нефтяные дисперсные системы в виде суспензий, можно предположить, что размеры растворенных частиц, в частности, агрегативных комбинаций, намного превышают размеры молекул растворителя. Подвижность такой растворенной частицы, представляемой в виде макромолекулы, будет определять вязкость раствора. Очевидно, такое подвижное макроскопическое тело в растворе может характеризоваться некоторым средним размером. При этом следует обратить особое внимание на

нефтяные углеводородные системы, в которых растворенным веществом являются полимеры. В этих случаях необходимо рассматривать макромолекулы в двух направлениях. Так, линейный размер макромолекулы вдоль цепи велик по сравнению с молекулами растворителя. Однако размер макромолекулы в направлении, перпендикулярном главной оси, соизмерим с диаметром молекулы растворителя.

Таким образом, основными вопросами при изучении нефтяных дисперсных систем, наряду с определением среднего размера макроскопических образований, являются характерные особенности их формы (фактор формы) — несимметричность, отношение диаметра к длине макромолекулы, а также прочность, сопротивление изгибу, скручиванию и др. Все указанные факторы могут оказывать существенное влияние на гидродинамические эффекты, происходящие при течении нефтяной системы.

Особое значение учет фактора формы приобретает при постановке теоретических исследований для объяснения аномалии течения наполненных нефтяных дисперсных систем. Так, например, при высоких скоростях сдвига вследствие преимущественной ориентации макромолекул вдоль линии тока, эффекта молекулярного скольжения, вязкость нефтяной дисперсной системы может оказаться существенно ниже, чем при более низких скоростях сдвига, когда такая ориентация отсутствует.

Наряду с фактором формы на вязкость нефтяной системы оказывают влияние масса агрегативной комбинации, степень иммобилизации этой комбинацией жидкой фазы раствора, термодинамические условия существования системы, наличие электрических, магнитных, звуковых полей, наконец, концентрация дисперсной фазы. Повышение концентрации дисперсной фазы теоретически должно приводить к увеличению вязкости системы. Однако нефтяные дисперсные системы во многих случаях характеризуются аномальным поведением в отношении вязкости как функции от концентрации растворенной или дисперсной фазы.

Макроскопические образования нефтяной дисперсной системы могут достигать размеров коллоидных частиц и даже превышать их и представляют лиофильные или молекулярные коллоиды. При высоких концентрациях дисперсной фазы может образоваться сплошной каркас, поры которого заполнены жидкостью.

Существование нескомпенсированного силового поля на границе раздела фаз приводит к перемещению молекул в этом поле, а следовательно, и к изменению концентраций

веществ в тонком поверхностном слое, разделяющем соседние фазы (сорбция). Количество сорбируемого вещества возрастает с увеличением концентрации его в растворе до известного предела, который отвечает плотнейшей упаковке сорбированных веществ в поверхностном слое. Коллоидные частицы дисперсной фазы притягивают компоненты дисперсионной среды, концентрируют их на своей поверхности, в результате чего изменяется свободная энергия системы.

Функцией свободной энергии системы является поверхностное натяжение жидкости, измеряемое свободной энергией ее поверхности, отнесенное к единице площади. В данном случае поверхностной энергией считается избыточная потенциальная энергия единицы поверхности, обусловленная недостатком соседей у частиц поверхностного слоя.

Особую группу нефтяных дисперсных систем представляют нефтяные фракции при температурах, превышающих температуру начала их кипения. В этих условиях нефтяные фракции представляют собой типичные дисперсные системы, дисперсной фазой которых являются паровые пузырьки.

Нефтяные дисперсные системы содержат высокомолекулярные компоненты, и, таким образом, рассматриваются в виде нефтяного раствора высокомолекулярных соединений. Дисперсной фазой в этих растворах являются отдельные макромолекулы, их фрагменты, либо совокупности.

Как правило, нефтяные системы содержат не один тип макромолекул, а молекулы соединений различных классов, в частности, ассиметричные по форме и расположению полярных групп. Структура нефтяных систем в этих случаях определяется, в основном, взаимодействием полярных групп амфифильных органических молекул, образующих некоторые локальные образования — флоккулы, например, кристаллы парафинов, или агрегаты смолисто-асфальтеновых веществ с окружающей их средой растворителя, а также межмолекулярным взаимодействием гидрофобных участков самих локальных флоккул.

Указанная микроструктура рассматриваемых систем позволяет причислить их к коллоидным. Отличие таких систем от истинно коллоидных состоит в том, что они, являясь сложными микрогетерогенными системами, могут включать множество структурных микрообластей, различающихся по своим физико-химическим свойствам, составу и поведению в системе. Несмотря на это, представляется возможным выделить в системе три основные достаточно однородные структурные области: ядра, представляющие

собственно локальные образования, среда – растворитель, и, в общем случае, некоторый переходный, сорбционно-сольватный слой, состоящий из смешанных поверхностно-активных молекул ядра и растворителя. Состояния структурных областей взаимосвязаны и взаимозависимы. Высокомолекулярные соединения нефти способны к коагуляции. При этом в растворе происходит самопроизвольное повышение их локальной концентрации, приводящее к образованию тиксотропных структур, компактных агрегативных комбинаций. Образование агрегативных комбинаций в нефтяных системах имеет некоторые особенности, связанные со сложностью и многообразием состава этих систем и характером проявления в них межмолекулярных взаимодействий.

Широко распространенным понятием при описании нефтяных дисперсных систем является сложная структурная единица, представляющая собой термодинамически устойчивое образование, не возникающее и не исчезающее спонтанным образом вследствие флуктуаций, связанных с тепловым, броуновским движением (*определение автора*). Согласно общепринятым представлениям, сложная структурная единица включает ядро и сольватную оболочку. Упорядоченность организации молекулярных фрагментов уменьшается по мере удаления от центра ядра. Строение сложной структурной единицы и локальных флоккул сходно с мицеллой. Однако между ними имеются существенные различия, наиболее принципиальным из которых является то, что в мицелле можно зафиксировать качество и четко определить границы ядра и некоторого переходного, граничного слоя на его поверхности, образованного, как правило, молекулами поверхностно-активных веществ. В сложной структурной единице, тем более, в локальной флоккуле, границы ядра, сорбционно-сольватного слоя и дисперсионной среды достаточно размыты.

Таким образом, нефтяную дисперсную систему при нормальных условиях можно представить как систему, включающую микроскопические образования надмолекулярных структур и дисперсную фазу, которые взаимодействуют некоторым нежестким образом на макроскопиче-

ских расстояниях. В этих условиях в отсутствие внешнего ориентирующего фактора система малоориентирована. Элементарные микрообласти – локальные образования и надмолекулярные структуры находятся в хаотическом расположении. Их инфраструктура в целом неориентирована и подобна поликристаллическому образцу, состоящему из множества хаотически расположенных анизотропных участков. Под воздействием определенных внешних факторов система становится ориентированной более однородно. Степень упорядоченности структурных элементов системы является их важной характеристикой. При этом могут изменяться соотношение компонентов условного ядра и аморфного переходного слоя локальной флоккулы, плотность упаковки молекулярных фрагментов в этих областях, их прочность. Регулирование указанных параметров нефтяной дисперсной системы путем направленного воздействия на нее является актуальной прикладной задачей.

Физические и коллоидно-химические взаимодействия прежде всего между высокомолекулярными соединениями нефти приводят к возникновению надмолекулярных структур и к значительному изменению свойств нефти и нефтепродуктов, определяя существенные отличия нефтяных систем от истинных молекулярных растворов. Указанные отличия усиливаются или ослабляются при определенных условиях.

Формирование надмолекулярных структур является результатом сложных и разнообразных взаимодействий, приводящих, в конечном итоге, к общему изменению размеров структурных образований в нефтяных дисперсных системах, чем пользуются при регулировании их свойств. Надмолекулярные структуры могут под действием внешних факторов изменять степень своей дисперсности. Изменяя соотношение компонентов в структурном образовании нефтяной дисперсной системы, можно управлять процессами формирования дисперсной фазы, изменять устойчивость и структурно-механическую прочность дисперсных систем, а следовательно, целенаправленно воздействовать на поведение нефтяного сырья в технологических процессах.

B. P. Tumanyan

Some Aspects of Microstructure Formation in Oil Dispersed Systems

The main regularities of oil dispersed systems behavior under different conditions are generalized. The up-to-date conceptualizations about the structure and the main factors, which assess viscosity of oil systems, such as form-factor, weight of aggregative combination, immobilization degree of solution liquid phase by these combination, thermodynamic conditions of the system existence, presence of electrical, magnetic and acoustic fields and also concentration of disperse phase are presented. The actuality of regulation of oil feed behavior in technological processes by changing components ratio in structural formation of oil dispersed system is demonstrated.

Keywords: oil dispersed systems, viscosity, form-factor, complex entity, aggregative combination, supermolecular structures.

Техническое обслуживание и диагностика состояния энерготехнологического оборудования

Э. А. Микаэлян
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Приводится характеристика предмета технической эксплуатации энерготехнологического компрессорного и насосного оборудования. Рассматриваются вопросы технического обследования и ремонта оборудования. Техническое обследование промышленного объекта представляется в зависимости от времени тремя характерными задачами: диагностики, прогнозирования и генетики.

Ключевые слова: техническая эксплуатация, обслуживание энерготехнологического оборудования, техническое обследование, ремонт, диагностика, прогнозирование и генетика оборудования.

В работе [1] приводится характеристика предмета технической эксплуатации энерготехнологического компрессорного и насосного оборудования, перекачивающих агрегатов, включающей непрерывный контроль состояния и режимов работы, техническое обследование (диагностику) и ремонт оборудования.

Основные требования, предъявляемые к системе **технической эксплуатации**, заключаются в обеспечении полной безопасности, работоспособности и экономической эффективности эксплуатации оборудования. Система технической эксплуатации охватывает как непосредственно эксплуатацию, так и обслуживание оборудования. Целью обслуживания является управление техническим состоянием оборудования в течение всего срока эксплуатации для обеспечения заданного уровня готовности, работоспособности при минимальных затратах времени, труда и средств на выполнение работ, связанных с техническим обследованием и ремонтом.

Одной из задач теории надежности является разработка методов прогнозирования поломок оборудования. Эти методы основаны на использовании теории вероятностей и методов статистики. Использование теории вероятностей позволяет не рассматривать большое число факторов, определяющих продолжительность исправного функционирования конкретного устройства и характер его очередной поломки. В то же время, статистические методы существенно ограничивают область применения результатов теории надежности при решении практических задач.

Ни один показатель надежности, устанавливаемый теорией, не содержит каких-либо сведений о моменте поломки того или иного оборудования, т. е. по существу не характеризует надежность конкретного устройства. Показатели надежности, являющиеся усредненными вели-

чинами, полученными в результате обработки данных о поломках определенной совокупности оборудования, характеризуют всю совокупность, и применение их для оценки надежности единичного оборудования некорректно.

В связи с этим, одной из важнейших задач эксплуатации оборудования в условиях расширяющихся требований к повышению надежности, эффективности и ресурса агрегатов становится диагностика их технического состояния.

Под **диагностикой технического состояния** агрегатов следует понимать совокупность методов и средств контроля нарушений, возникающих в процессе эксплуатации и снижающих работоспособность агрегата, а также анализ причин возникновения нарушений и своевременное их предотвращение. Особая роль отводится вопросам диагностики технического состояния агрегатов установок нефтехимии и газопереработки, на которых компрессоры и насосы работают зачастую без резерва. Поэтому очень важно в любой момент времени определить техническое состояние отдельного агрегата для установления ресурса его исправной работы, пригодности к дальнейшей эксплуатации, необходимости технического обслуживания и ремонта.

Для более четкого определения области, охватываемой технической диагностикой, рассмотрим три типа задач по определению технического состояния объектов в зависимости от времени.

К первому типу относятся задачи определения технического состояния объекта в настоящий момент времени — **задачи диагноза**. Ко второму типу задач относится предсказание технического состояния, в котором будет находиться объект в некоторый момент времени в будущем — **задачи прогноза**. Наконец, к третьему типу относятся задачи определения технического состояния, в

котором объект находился в некоторый момент времени в прошлом — **задачи генеза**.

Задачи первого типа формально следует отнести к технической диагностике, а второго типа — к техническому прогнозированию. Тогда область науки, занимающейся решением задач третьего типа, можно назвать технической генетикой.

Задачи технической генетики возникают, например, в процессе расследования причин аварий, когда настоящее (доступное проверке) техническое состояние объекта отличается от того состояния, в которое он перешел в результате проявления первоначальной причины, вызвавшей аварию. Эти задачи решаются путем определения возможных или вероятных предысторий, приводящих к настоящему техническому состоянию объекта проверки. При этом проводятся обратные инженерные расчеты, в отличие от прямых расчетов, выполняемых при проектировании промышленного объекта.

Обратные расчеты проводятся в период эксплуатации оборудования, при ремонтных, профилактических работах, в ряде экстремальных ситуаций, при неполадках, авариях и др., а также при техническом обследовании, инспектировании и проведении экспертизы промышленных объектов и оборудования.

Инженерные расчеты оборудования включают термодинамические, тепловые, газодинамические, механические, прочностные расчеты, на базе которых проводится технологический расчет оборудования. В представленном порядке инженерные расчеты выполняют при проектировании, а обратные расчеты начинают преимущественно с прочностных и механических расчетов.

Это положение приводит к определенным трудностям при проведении технического обследования, экспертизы, инспектирования, диагностики промышленного объекта и оборудования. В ряде случаев при технической экспертизе аварий на технологических объектах приходится проводить всю цепочку инженерных расчетов. Большое значение в этом случае имеет практика правильно поставленного самообразования, повышения квалификации и переподготовки кадров инженерно-технических работников, проводимая в отрасли [2].

Особую сложность представляют расчеты поточных машин, газотурбинных установок и центробежных нагнетателей. Следует различать два основных вида расчета: проектировочный и проверочный. Большая часть опубликованных работ посвящена методам проектировочного расчета. Как правило, каждое предприятие—

проектировщик или изготовитель таких машин имеет свою методику проектировочного расчета, ориентированную на собственные технологию и экспериментальные данные. Разработке самостоятельных методик проверочного расчета характеристик газотурбинных агрегатов или насосных и компрессорных машин по паспортным данным и в станционных условиях уделяется сравнительно мало внимания.

Решение задач технического обследования строится на основе комплексного подхода с использованием большинства характеристик оборудования. Так, на основе термодинамических и газодинамических принципов построен ряд математических моделей, позволяющих контролировать различные функциональные показатели, определяющие экономичность, эффективность, расход топливно-энергетических ресурсов как для отдельного газотурбинного газоперекачивающего агрегата (ГГПА), так и для группы работающих агрегатов на компрессорной станции (КС) газопровода или всей газотурбинной станции. Также получены математические модели, позволяющие контролировать и определять вибрационное состояние и состояние уравновешенности ГГПА в зависимости от показателей экономичности, эффективности, напорных характеристик в период траты ресурса.

В работе [2] приведен пример обратного инженерного расчета (проверочного расчета) кожухотрубных теплообменных аппаратов (ТА) с целью проведения судебной технической экспертизы по расследованию причин взрыва ТА с тяжелыми последствиями. Как указывалось выше, в данном случае необходимо провести обследование на основании технической генетики. Взрыв произошел в результате обогрева аппарата острым перегретым водяным паром высокого давления при наличии в межтрубном пространстве пропана. Согласно регламенту, перед началом ремонтных работ необходимо освободить ТА от пропана, после чего перед непосредственной чисткой труб от загрязнения подать в трубный пучок мягкий пар невысокого давления.

При проведении технической экспертизы взрыва необходимо выполнить проверочный расчет подвергнувшегося аварии оборудования. При проверочном расчете кожухотрубного ТА с прямыми (тип КТГ-140) и U-образными (тип КТУВ) трубами ряд параметров определяется в следующей последовательности. На основании прочностного расчета вычисляются сечение, в котором произошла трещина, приведшая к взрыву и давление в аппарате, вызвавшее взрыв. По

данным прочностного расчета в дальнейшем проводят гидравлический, тепловой и термодинамический расчеты. При тепловом расчете определяют различные температурные перепады во время взрыва и другие параметры. Из термодинамического расчета вычисляют температуру пропана в ТА в момент взрыва, количество пропана в аппарате и массовое соотношение жидкой и газообразной фаз. Проведение проверочного расчета заняло значительную часть (свыше 90%) времени, отведенного на техническую экспертизу. Результаты проверочного расчета позволили определить причины взрыва, а также выявить нарушения правил технической эксплуатации, ремонта и техники безопасности.

К задачам технического прогнозирования относятся, например, определение срока службы объекта, периодичности его профилактических проверок и ремонтов. Эти задачи решаются путем определения возможных или вероятных эволюций объекта, начинающихся с его текущего состояния.

Таким образом, знание текущего технического состояния объекта проверки является обязательным как для генеза, так и для прогноза. Поэтому техническая диагностика представляет собой основу как технической генетики, так и технической прогностики, которые развиваются в тесной взаимосвязи.

Системы диагностики различаются уровнем получаемой информации об объекте. Существуют простые приборы сигнализации, реагирующие на ухудшение определенного параметра по сравнению с допустимыми нормами. Вместе с тем, известны диагностические системы высокой сложности, включающие универсальную вычислительную машину. В зависимости от типа решаемой задачи можно выделить следующие классы диагностических систем (ГОСТ 20417–75).

1. Системы для разбраковки оборудования, с помощью которых различают только два класса возможных состояний механизма — исправное и неисправное. При кажущейся простоте постановки задачи, системы диагностики этого класса могут быть весьма сложными. Степень их сложности зависит от того, какой параметр механизма используется для принятия диагностического решения. Система будет простой в том случае, если в качестве такого параметра взят один из критериев эффективности механизма: производительность агрегата, мощность двигателя, удельный расход энергии, уровень шума или к.п.д. Система будет на много порядков сложнее, если за параметр оценки механизма принята

его надежность, так как для оценки надежности необходимо знать состояние всех элементов механизма.

2. Системы для аттестации оборудования позволяют решать более общую задачу диагностики — по принятому от оборудования сигналу необходимо определить класс, к которому относится состояние обследуемого оборудования.

3. Системы для измерения скрытых параметров оборудования без его разборки. Задача таких систем заключается в определении параметров x_1, x_2, \dots, x_n , принятых для описания состояния оборудования, по параметрам сигнала S_1, S_2, \dots, S_n . Такая задача представляет собой самую общую задачу диагноза, к которой можно свести любую другую из вышеуказанных. Система диагностики, предназначенная для решения данной задачи, может быть использована и для решения других частных задач.

4. Системы прогнозирования состояния оборудования. По известным состояниям оборудования в предшествующие моменты времени и по его текущему состоянию система диагностики определяет состояние, в которое перейдет механизм после T часов работы. Именно такая система диагностики представляет интерес для объектов газоперерабатывающей и нефтехимической промышленности, в частности, для насосно-компрессорного оборудования. Она позволит контролировать состояние агрегатов без их остановки и разборки. Задачами такой диагностики являются: определение работоспособности агрегатов; установление признаков неисправностей и их обнаружение; прогнозирование состояния агрегатов; разработка технических средств для определения работоспособности, обнаружения неисправностей и прогнозирования состояния агрегатов; разработка рекомендаций, которые следует учитывать при модернизации, проектировании новых агрегатов для облегчения их диагностики; разработка оптимального комплекса мероприятий для реализации результатов диагностики с целью поддержания работоспособности агрегатов.

Работы по проверке технического состояния удобно разделить на четыре группы: исследование объектов проверки; описание теории, методов и алгоритмов построения программ проверки; разработка способов и средств проверки; исследование свойств и характеристик систем в целом.

Одним из определяющих показателей технического состояния компрессоров и насосов является их производительность, в зависимости от которой должны объективно определяться

целесообразность и объем восстановительного ремонта. Другой определяющий показатель технического состояния — надежность — может изменяться либо постепенно, что обусловлено процессом естественного износа, либо резко, что связано с внезапными повреждениями элементов, как правило, исключая дальнейшую эксплуатацию агрегата без выявления причины и проведения восстановительного ремонта. Число параметров, определяющих техническое состояние или остаточный ресурс машины, бесконечно, но среди них есть основные, которыми необходимо оперировать при проведении технической диагностики.

При выборе методов прогнозирования необходимо учитывать количество и достоверность информации, а также характер реального изменения параметров состояния машин. Для решения задач в области диагностики следует использовать простые и достаточно точные методы прогнозирования. Они должны быть универсальными и пригодными для оценки состояния любых деталей и узлов машины.

При технической диагностике энергетического оборудования среди множества методов диагностики (термическая индикация, рентгенография, радиоволновая, виброакустическая диагностика, диагностика по спектральному анализу масла и газов, радиоактивных изотопов, по угару масла и др.) в первую очередь нашли применение виброакустическая диагностика и диагностика по спектральному анализу масла и наличию в нем металлических частиц.

Выбор вибрационных явлений в качестве источников информации о техническом состоянии машин обусловлен следующими причинами: вибрация отражает наиболее существенные физические процессы — деформацию и напряжение в деталях. Параметры вибрации характеризуют как общие свойства машины, так и свойства отдельных узлов. Кроме того, вибрация обладает широким спектром частот, значительной скоростью распространения, большой емкостью в качестве информации и может регистрироваться в естественных условиях работы машины.

Постановка диагноза заключается в распознавании сигнала, исходящего от обследуемой машины. При этом основная трудность заключается в борьбе с помехами, искажающими сигнал и затрудняющими его расшифровку.

Внедрение виброакустической диагностики требует решения следующих задач:

- установление зависимости между техническим состоянием машины и виброакустическими сигналами;

- определение влияния рабочих нагрузок и ряда случайных факторов на параметры виброакустического сигнала;

- изучение виброакустического образа машины в каждом конкретном случае;

- создание приборов и устройств проведения виброакустической диагностики технического состояния машин.

В настоящее время опыт виброакустической диагностики технического состояния машин недостаточен.

Различают также техническое обследование промышленных объектов и оборудования при проведении **инспектирования, анализа режимов работы, испытаний, диагностирования с применением штатных или специальных приборов и технической экспертизы**. Инспектирование оборудования совместно с его основными и вспомогательными системами — форма технического обследования, преимущественно контролирующего функциональные показатели, связанные, в первую очередь, с надежностью, безопасностью. Данная форма технического обследования основана на применении регламентированных нормативными документами методов экспертных оценок.

Анализ режимов работы оборудования — форма технического обследования, связанная с поддержанием режима работы на заданном уровне; определением степени отклонения от оптимальных условий; изучением факторов, влияющих на загрузку оборудования; оценкой эксплуатационных показателей работы оборудования, характеризующих, в основном, экономичность, эффективность и надежность. При достаточно высоком уровне развития теории и практики анализа режимов работы оборудования можно строить стратегию совершенствования ремонтных работ, выбора оптимальных эксплуатационно-ремонтных циклов, определения остаточного ресурса, на основе чего совершенствовать агрегаты при проведении модернизации.

Диагностирование оборудования путем проведения его испытания в фиксированных, базовых режимах (диагностическое испытание) — форма технического обследования, которое преимущественно контролирует техническое состояние оборудования, оценивает экономичность, эффективность, надежность в зависимости от различных диагностических признаков (например, по характеристикам отдельно энергопривода и центробежного нагнетателя, всего агрегата, пристанционной обвязки газоперекачивающих агрегатов, газопровода,

всей газотранспортной системы). Данный вид диагностирования позволяет рационализировать стратегию ремонтных работ, их циклы, оценить остаточный ресурс, а также предотвратить неполадки оборудования, которые могут мгновенно проявиться с течением времени.

Следует отметить ряд специфических форм технического обследования, которые проводятся преимущественно специалистами вневедомственной подчиненности [1]. Это техническая экспертиза, аудит, сертификация, оценка обеспеченности производства всеобщим управлением качества.

Техническая экспертиза оборудования представляет собой форму технического обследования, которая может проводиться на различных этапах жизненного цикла оборудования, начиная с проектирования, изготовления, монтажа и сооружения. Цель технической экспертизы — определение или уточнение технических характеристик и выявление их нарушений или отклонений от технических требований, условий проектирования, изготовления и эксплуатации. Например, могут быть определены ошибки при расчетах и проектировании, дефекты изготовления, монтажа, материала и ремонта; ошибки при эксплуатации, связанные с ошибками управления или технического обслуживания. Различают также техническую экспертизу при авариях, связанных с эксплуатацией оборудования; судебную техническую экспертизу и другие виды технической экспертизы. Методы проведения технической экспертизы оборудования в основ-

ном совпадают с другими формами технического обследования, они приводятся в комплексной, организационной и методической структуре технического обслуживания.

Аудит — это форма контроля технического состояния по отдельным показателям или комплексу показателей, характеризующих эксплуатационную пригодность оборудования, которая оценивается эксплуатационными показателями.

Сертификация является формой технического обследования на право выдачи лицензии для сертифицируемого производства.

Всеобщее управление качеством — форма технического обследования, при которой контролируется комплексный показатель эксплуатационной пригодности оборудования для выявления соответствия технологического процесса требованиям по обеспечению качества эксплуатации [1].

В процессе эксплуатации техническое состояние оборудования непрерывно изменяется. Опыт эксплуатации показывает, что при одной и той же наработке оборудование может иметь различное техническое состояние, определяющее его неисправность и неработоспособность.

Эффективность системы технического обслуживания и ремонта определяется уровнем функциональных показателей и показателей эксплуатационной пригодности. Категории эксплуатационной пригодности рассматриваются в комплексной организационной структуре производства.

Литература

1. Микаэлян Э. А. и др. Промышленная безопасность компрессорных станций. Управление безопасностью и надежностью / Под ред. А. И. Владимирова, В. Я. Кершенбаума. — М.: МФ «Национальный институт нефти и газа», 2008. — 640 с.
2. Микаэлян Э. А. Техническое обслуживание энерготехнологического оборудования, газотурбинных газоперекачивающих агрегатов системы сбора и транспорта газа. — М.: Топливо и энергетика, 2000. — 304 с.

E. A. Mikaelyan

Maintenance Support of Energotechnological Equipment and Diagnostics of its Technical Condition

The characteristic of a subject of energotechnological compressor and pumping equipment operation is demonstrated. The problem of technical investigation and repair of equipment is considered. The technical investigation of an industrial facility is presented according to time with three characteristic problems, namely diagnostics, forecasting and genetics.

Keywords: operation, energotechnological equipment maintenance, technical investigation, repair, diagnostics, forecasting and genetics of equipment.

Формирование защитных покрытий на поверхности металлов в плазме сверхвысокочастотного разряда

Д. А. Кожевников, Ю. В. Галкин, К. А. Арапов, Е. В. Иванов
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Рассмотрен процесс формирования защитных покрытий в плазме сверхвысокочастотного разряда как способ получения стойких к коррозии и износу покрытий. Оценено влияние состава и скорости потока плазмообразующего газа на скорость формирования и толщину защитного покрытия. Испытана стойкость к химической коррозии образцов металлов с полученными оксидными пленками на их поверхности.

Ключевые слова: оксидирование, защитные покрытия, плазма СВЧ-разряда, оксиды металлов, защита от коррозии, износостойкие покрытия.

Качество оборудования и приборов, их надежность и долговечность во многом зависят от их способности противостоять воздействию коррозионно-агрессивных сред, механических нагрузок, высокого перепада температур и других факторов [1]. Даже небольшое повышение долговечности оборудования ведет к значительной экономии металла, уменьшению затрат на производство запасных деталей.

Увеличение долговечности оборудования и конструкционных материалов возможно благодаря нанесению покрытий, обладающих специальными свойствами. Применение таких покрытий экономически выгодно, так как снижает металлоемкость изделий из специальных сортов конструкционных сталей [1].

Традиционно используемые в технике для защиты металлов химические и электрохимические покрытия не удовлетворяют современным требованиям производства и экологии [2]. Химические и электрохимические покрытия имеют недостаточную микротвердость и износостойкость, плохо противостоят коррозии. По сравнению со способами термического и химического оксидирования, электрохимический способ получения оксидных пленок является наиболее совершенным и распространенным. К основным недостаткам электрохимического способа следует отнести значительный перепад толщины покрытия на сложнопрофилированных деталях; применение химических реагентов (высокотоксичных соединений хрома (VI), кислот, щелочей, органических растворителей, солей тяжелых металлов, цианидов и др.) в больших количествах; необходимость обезвреживания сточных вод; неблагоприятные санитарно-гигиенические условия труда [3]. Более современные технологические процессы нанесения защитных покрытий на детали (индукционная закалка, лазерная обработка, вакуумное осаждение покрытий и др.) сложны и дороги.

Сравнительный технико-экономический анализ существующих методов модифицирования поверхности металлов приведен на рис. 1, а и б. Здесь и далее применяются следующие сокращения: ВОП — вакуумное осаждение покрытий, ИПО — импульсно-плазменная обработка, ПУ — плазменное упрочнение, ИЗ — индукционная закалка, ЕПО — электролитно-плазменная обработка, ХТО — химико-термическая обработка, ЛО — лазерная обработка.

Сравнение эффективности известных технологий упрочнения поверхности приведено в таблице.

Разработка новых, экологически чистых и недорогих технологий нанесения высокоэффективных и надежных покрытий для защиты и упрочнения металлических изделий, бесспорно, является одной из актуальных задач науки и техники в связи с ухудшением условий эксплуатации узлов машин и механизмов, применением более агрессивных технологических сред и соответственным повышением требований к конструкционным материалам.

Преимуществами метода оксидирования и модифицирования поверхностного слоя металла в плазме сверхвысокочастотного (СВЧ) разряда по сравнению с существующими методами являются:

- значительная скорость формирования поверхностного слоя с высокими механическими свойствами;
- возможность имплантации ионов легирующих элементов (Ti, Cr, Mo, Ni, B, Ag и др.) в поверхностный слой покрытия, что позволяет придавать поверхностному слою металла свойства, необходимые в условиях эксплуатации детали;
- возможность напыления на поверхность металла слоя из нитрида титана, карбидов вольфрама, хрома, молибдена, тантала, что обеспечивает повышенную стойкость к износу и коррозии;

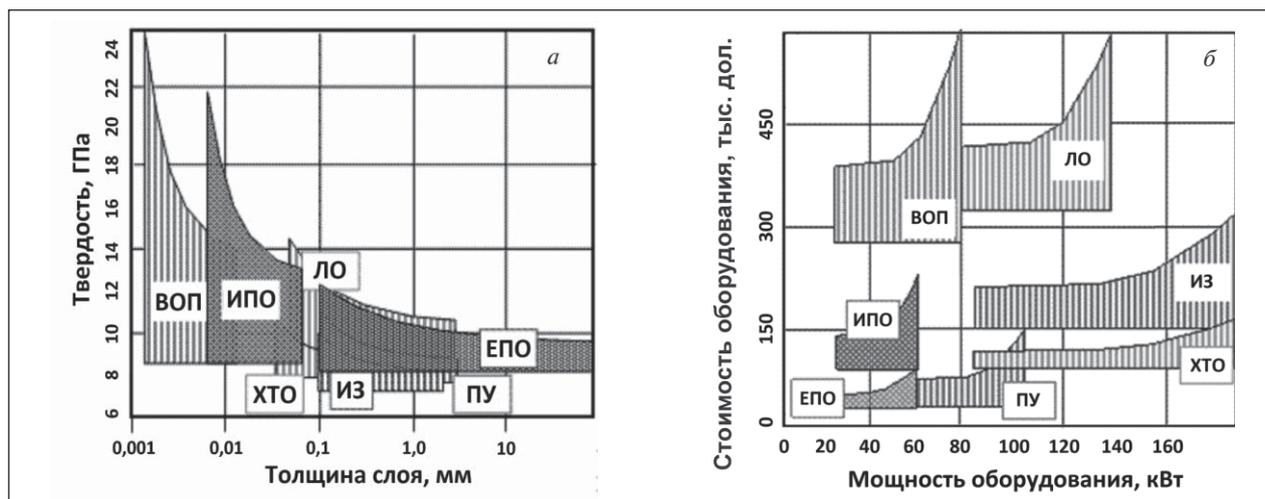


Рис. 1. Технические (а) и экономические (б) показатели различных технологий упрочняющей обработки поверхности металлов

– низкая стоимость процесса по сравнению с существующими методами упрочняющей обработки поверхности металлов.

Метод оксидирования металлов в плазме СВЧ-разряда позволит получать качественные покрытия толщиной до 300 мкм с адгезией, сопоставимой с материалом подложки.

Цель данной работы — разработка нового метода нанесения защитных покрытий на поверхность металлов. Для проведения модифицирования поверхности металлов на кафедре физической и коллоидной химии РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина совместно со специалистами лаборатории газодинамических явлений в СВЧ-разряде ИОФ РАН разработана конструкция плазмотрона, которая позволит проводить оксидирование и ионное легирование металлов в плазме СВЧ-разряда.

Принципиальная схема установки, в основе которой лежит коаксиальный СВЧ-плазмотрон, приведена на рис. 2. Коаксиальный плазмотрон

отличается простотой изготовления, относительной дешевизной конструкции и большим ресурсом работы. В данном исполнении разряд горит в виде факела, продолжающего внутренний проводник коаксиальной линии. Центральный электрод коаксиального волновода короче внешнего электрода и служит одновременно газопроводом для подачи рабочего газа к соплу. Внешний электрод коаксиала может быть выполнен в виде «корзины», состоящей из медных стержней. У поверхности сопла возбуждается разряд с последующим формированием вытянутой плазменной струи. Разряд формируется вдоль волновода, что позволяет получать плазменный факел сравнительно большого объема [4]. Стабилизацию СВЧ-разряда осуществляли с помощью кварцевой трубки, ограничивающей и направляющей поток газа, которая также позволяет зафиксировать разряд на оси и термоизолировать стенки разрядной камеры. Кварцевая трубка содержит отвод для ввода

Сравнение эффективности известных технологий упрочнения поверхности

Показатели	ПУ	ИЗ	ЛО	ВОП	ХТО
Стоимость оборудования	Низкая	Высокая	Очень высокая	Высокая	Низкая
Стоимость процесса	То же	То же	Высокая	То же	То же
Работоспособность изделий	То же	Средняя	То же	То же	Высокая
Установленная мощность оборудования	То же	Высокая	Низкая	Низкая	Низкая
Предварительный нагрев	Нет	Нет	Нет	Значительный	Значительный
Ограничения поверхности	Да	Да	То же	Да	Да
Специальная подготовка	Нет	Да	Да	То же	То же
Уровень деформации	Высокий	Высокий	Низкий	Низкий	Высокий
Сопrotивление износу	Низкое	Низкое	Высокое	Высокое	Высокое
Усталостная прочность	Низкая	Низкая	Высокая	Низкая	Низкая

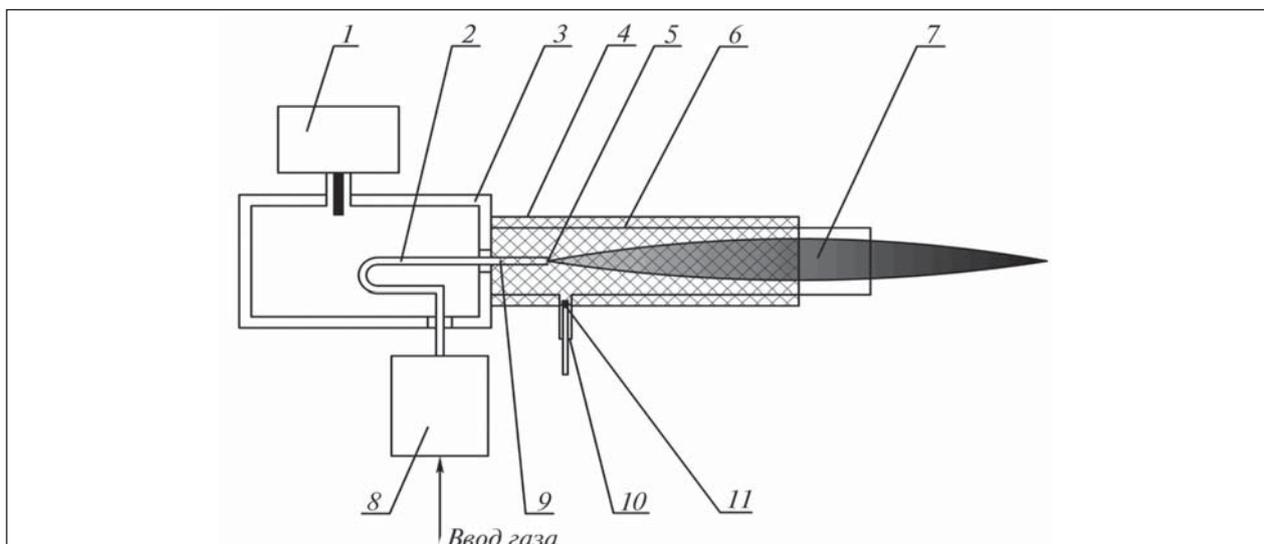


Рис. 2. Принципиальная схема установки оксидирования поверхности металлов в плазме СВЧ-разряда: 1 — магнетрон; 2 — петля, выводящая микроволновое излучение из прямоугольного резонатора; 3 — прямоугольный резонатор; 4 — внешний электрод, выполненный в виде металлической сетки; 5 — сопло; 6 — кварцевая трубка; 7 — плазменная струя; 8 — емкость смешения газов; 9 — внутренний электрод; 10 — отвод кварцевой трубки для ввода в плазменную струю аэрозоля растворов соединений легирующих элементов; 11 — форсунка

в факел аэрозоля растворов соединений легирующих элементов.

Микроволновый факел возбуждается как в атомарных, так и в молекулярных газах, а также в различных газовых смесях [4]. В качестве плазмообразующего газа в работе использованы смеси метана, аргона, азота, углекислого газа с воздухом. Температура плазменного факела составляла 3000–5000°C. Варьируя состав плазмообразующего газа, можно получать покрытия с необходимыми свойствами.

Установка может эксплуатироваться в интервале мощностей 280–1200 Вт на источнике постоянного тока, при расходах газа 1–10 л/мин.

Подготовка поверхности изделий перед осаждением на них покрытий заключается в удалении загрязнений. Необходимость предварительной обработки поверхности металлов объяснялась требованиями к чистоте поверхности перед проведением эксперимента. Загрязнения в зависимости от их природы удерживаются на поверхности металла силами адгезии (механические и жировые загрязнения) или химического средства (оксидные и солевые пленки). Первые удаляли обезжириванием, вторые — электрохимическим полированием. Следует отметить, что модифицирование поверхности металлов в плазме СВЧ-разряда возможно проводить и без предварительной подготовки поверхности.

Обезжиривание осуществляли путем последовательной обработки поверхности металла

бензином и ацетоном. Электрохимическое полирование проводили на приборе, принципиальная схема которого представлена на рис. 3. Состав (% мас.) электролита, применяемого для электрополирования деталей из углеродистой стали [5]: ортофосфорная кислота — 65, серная кислота — 15, хромовый ангидрид — 5, вода — 15.

Плотность раствора составляла 1,7–1,74 г/см³. Режим работы прибора электрополирования: температура — 70–80°C, анодная плотность тока — 35–50 А/дм², продолжительность электрополирования — 5 мин.

Для проведения эксперимента использовали металлические пластины, изготовленные из

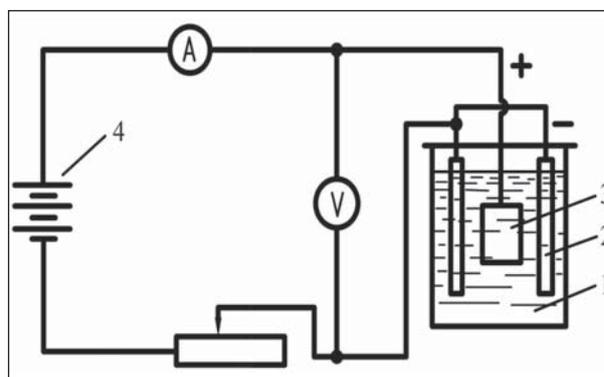


Рис. 3. Схема прибора для электрохимического полирования: 1 — электролит; 2 — катоды; 3 — анод; 4 — источник постоянного тока

стали марки Ст3. Перед началом эксперимента включали охлаждение магнетрона и катода, затем выставляли расход газа в диапазоне от 1,5 до 2,5 л/мин. Плазмообразующий газ — смесь аргона с углекислым газом, через буферную емкость, предназначенную для сглаживания пульсаций давления в рабочей камере, подавали в реакционную камеру. Углекислый газ служил источником кислорода, необходимого для поведения оксидирования поверхности металла.

После включения источника питания магнетрон генерировал СВЧ-поле. Для возбуждения плазмы использовали электрический разряд высокого напряжения. После стабилизации плазменного факела на выходе из кварцевой трубки устанавливали закрепленную в штативе металлическую пластинку. Регулирование мощности магнетрона позволяет в широких пределах изменять размер и, следовательно, температуру плазменного факела вблизи поверхности металла, что, в свою очередь, напрямую влияет на свойства получаемой поверхности. Время нахождения образца в зоне контактирования с плазмой составляло от 3 до 15 с. Изменение времени контактирования металла с плазменным факелом дает возможность получать различную толщину оксидного слоя на поверхностях металлов.

Для увеличения твердости и износостойкости поверхности металла предусмотрена возможность нанесения покрытий из соединений тугоплавких металлов: нитрида тантала, карбида вольфрама и др. Для этого в образовавшийся факел через отводную трубку распыляют аэрозоль, представляющий собой водный раствор соли тугоплавкого металла. Непосредственно перед проведением эксперимента соль растворяют в дистиллированной воде, при необходимости нагревая раствор на электроплитке.

Фотографии металлических пластинок с оксидной пленкой, сформированной в плазме СВЧ-разряда, приведены на рис. 4, а и б. Для оксидирования пластины, показанной на рис. 4, а, использовали плазму, возбужденную в аргоне, а для оксидирования второй пластины (рис. 4, б) — плазму, возбужденную в смеси аргона и диоксида углерода.

Метод исследования защитной способности полученных покрытий. Испытание способности полученных покрытий к защите металла от коррозионного разрушения проводили по стандарту «Гравиметрический метод определения скорости коррозии», разработанному лабораторией Промысловой химии ООО

«ВНИИГАЗ». В данном методе используется раствор солей, моделирующий по скорости коррозии коррозионно-агрессивную сероводородсодержащую среду. В данной среде эксплуатируются узлы поршневых и центробежных компрессорных машин, используемых для перекачки сероводородсодержащего попутного или природного газов по заводским и магистральным газопроводам. Раствор солей содержит 3% хлорида натрия и 250 мг/л ледяной уксусной кислоты. Данный метод стандартизован, прост и позволяет достаточно быстро и точно определить скорость коррозии исследуемого образца и ее изменение после нанесения защитного покрытия. В процессе исследования защитной способности подвешенные стальные пластины на 2 ч попеременно помещали в стакан, содержащий раствор солей.

В результате испытания коррозионной стойкости оксидированных поверхностей было установлено, что скорость потери массы металлических пластин с ювениальной поверхностью составляет в среднем 11,945 г/(м²·ч), а скорость потери массы металлических пластин с модифицированной поверхностью находилась в пределах ошибки измерения массы исследуемого образца. Это свидетельствует о крайне высокой стойкости к химической коррозии покрытий, получаемых в плазме СВЧ-разряда. Высокая коррозионная стойкость исследуемых образцов, вероятно, обусловлена образованием на поверхности металла плотной высокострук-

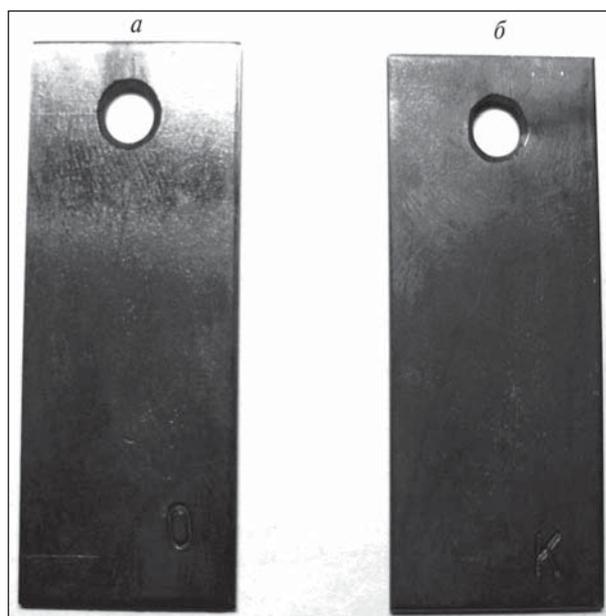


Рис. 4. Металлические пластины, покрытые оксидной пленкой

турированной оксидной пленки, которая инертна к коррозионному воздействию химически агрессивных сред.

Следующим этапом исследования будет изучение механизма формирования защитных покрытий на поверхности металлов в плазме СВЧ-разряда и влияние на этот процесс технологических параметров работы установки: состава

и расхода плазмообразующего газа, физических характеристик плазмы, материала внутреннего электрода и других параметров.

Исследование проводится в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» в 2009–2013 гг.

Литература

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность). — М.: Изд-во МСХА, 2001. — 616 с.
2. Дасоян М. А., Пальмская И. Я., Сахарова Е. В. Технология электрохимических покрытий. — Л.: Машиностроение, 1988. — 391 с.
3. Аверьянов Е. Е. Справочник по анодированию. — М.: Машиностроение, 1988. — 224 с.
4. Бархударов Э. М., Грицинин С. И., Дрейден Г. В. и др. Импульсно-периодический факел в коаксильном волноводе. Температура нейтрального компонента // Физика плазмы. — 2004. — Т. 30. — № 5. — С. 1–2.
5. Вайнер Я. В., Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий. — Л.: Машиностроение, 1962. — 462 с.

D. A. Kozhevnikov, Yu. V. Galkin, K. A. Arapov, E. V. Ivanov

Generation of Protecting Covering on the Surface of Metals in Microwave Discharge Plasma

The process of protecting covering generation in microwave discharge plasma as a method of corrosion and wear resistant coverings formation was considered. The influence of composition and velocity of plasma-supporting gas stream on the rate of generation and thickness of protecting covering was estimated. Resistance toward chemical corrosion of metal samples with generated oxidation coatings at their surface was tested.

Keywords: oxydation, protecting covering, microwave discharge plasma, metal oxides, corrosion protection, wear-resistant coatings.

Вниманию специалистов!

Т. В. Бухаркина, С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, Б. П. Туманян

ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены основные физико-химические свойства природных углеродсодержащих энергоносителей — углей, нефтей, углеводородных газов. Особое внимание отводится природным и синтетическим формам свободного углерода. Приводятся механизмы химических превращений углеводородов в технологиях их переработки.

М.: Издательство «Техника», 2009. — 204 с.

В. А. Казарян

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ

В книге рассмотрены методы исследования и конструкции приборов для измерения плотности, вязкости и теплопроводности газов и жидкостей в широком диапазоне давлений и температур. Приводится обширный справочный материал по теплофизическим свойствам индивидуальных углеводородов, газовых конденсатов и их фракций.

Книга интересна инженерно-техническим работникам научно-исследовательских институтов и проектных организаций нефтегазовой отрасли.

М.: Издательство «Техника», 2002. — 448 с.

Последние достижения в области защиты от коррозии нефтезаводского оборудования (по материалам работы секции «Коррозия и защита нефтезаводского оборудования» Международного коррозионного конгресса EUROCORR'2010)

М. Л. Медведева
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Приведен обзор работ, представленных на заседании секции защиты от коррозии при переработке нефти и газа Международного коррозионного конгресса EUROCORR'2010. Доклады секции посвящены ряду проблем: взаимосвязи процессов коррозии и химических свойств среды, коррозии оборудования установок очистки газов от кислых примесей, дезактивации сероводородсодержащих вод, защите от коррозии стальных резервуаров с двойным днищем, предупреждению последствий наводороживания металлов и другим проблемам. По материалам докладов выявлено усложнение представлений о механизмах коррозии и воздействия ингибиторов, появление новых методов исследования и современных методик противокоррозионной защиты, ужесточение требований к безопасности оборудования и процессов нефтепереработки.

Ключевые слова: противокоррозионная защита, механизм коррозии, ингибиторы, скорость коррозии.

С 13 по 17 сентября в Москве впервые прошел Международный коррозионный конгресс EUROCORR'2010. Творческая и энергичная атмосфера форума привлекала внимание авторитетных профессионалов и ученых ведущих научных школ в области защиты от коррозии. Работа конгресса охватывала огромный круг вопросов: работали 24 секции, в том числе: «Катодная защита», «Коррозия и защита в системах питьевого водоснабжения», «Коррозия и ингибиторы», «Коррозионное образование и компьютерные технологии», «Механизм коррозионных процессов», «Морская коррозия», «Коррозия и нанотехнологии», «Микробиологическая коррозия», «Коррозия при добыче нефти и газа» и др. Девизом конгресса стала фраза «От земных недр к космическим высотам».

Интерес к проблемам коррозии среди специалистов нефтепереработки довольно высок. Материалы практических испытаний и научно-исследовательских работ были рассмотрены в процессе секционного заседания, посвященного проблемам коррозии и защиты от нее при переработке нефти и газа. Все доклады, прозвучавшие на этом заседании, можно условно подразделить на три основных направления:

- коррозия и защита оборудования от электрохимической (низкотемпературной) коррозии;
- коррозия и защита оборудования от высокотемпературной коррозии;

– диагностика и прогнозирование работоспособности заводского оборудования.

Работа секции «Corrosion in the Refinery Industry» была открыта ключевым докладом российских авторов В. П. Томина, Я. Н. Силинской и Н. А. Корчевина [1]. Представленная работа иллюстрирует принципиально новые данные, отражающие взаимосвязь между процессами коррозии и особенностями химических свойств углеводородных сред — бензиновых фракций каталитического крекинга и замедленного коксования. Основываясь на разработанной методологии исследования и результатах многолетнего мониторинга, авторы установили зависимость коррозионной агрессивности бензиновых дистиллятов деструктивного происхождения от содержания в них сероводорода, меркаптанов и эмульгированного водного конденсата. Показано, что имидазолинсодержащие ингибиторы коррозии по отношению к углеродистой стали в данных условиях способны оказывать активирующее действие, а амидсодержащие ингибиторы, напротив, проявляют высокую эффективность. Присутствие водного конденсата в углеводородной системе, с одной стороны, снижает эффективность действия отмеченных ингибиторов коррозии, а с другой стороны, лимитирует коррозию в целом. Эффективность торможения коррозии водным конденсатом превышает действие ингибиторов коррозии. Водный конденсат содержит гетероатомные органические

водорастворимые компоненты. В результате проведенных коррозионно-электрохимических исследований авторы пришли к выводу, что защитные свойства водного конденсата связаны с деполяризацией анодного процесса коррозии реакциями электрохимического окисления органических водорастворимых компонентов водного конденсата фенольного и пиридинового рядов.

В условиях совместного присутствия водного конденсата и ингибиторов коррозии последние проявляют антагонистические свойства посредством ингибирования реакции анодного окисления электроактивных компонентов водного конденсата. Такой нетривиальный эффект представляется интересным не только для практики, но и теории противокоррозионной защиты металлов. Результаты работы указывают на изменение механизма и принципов антикоррозионной защиты оборудования процессов нефтепереработки и требуют развития структурированного подхода к решению прикладных задач, касающихся разработки современных эффективных методов антикоррозионной защиты.

Очень интересной и новаторской как с научной, так и с практической стороны, неожиданной по своим результатам была работа В. П. Томина, Я. Н. Силянской и Е. В. Беляевой «Влияние продуктов автоокисления бензиновых фракций и кислородсодержащих соединений на коррозионное поведение углеродистой стали» [2]. Авторами с учетом современного уровня развития науки отмечены недостатки принятых ретроспективных концепций электрохимического механизма коррозии в углеводородных средах. В данных концепциях углеводородная фаза рассматривается как индифферентная диффузионная среда, аккумулирующая кислород, что не коррелирует с современными представлениями химии углеводородов и процессов их автоокисления.

Авторами определена основная движущая сила процесса фазовой инверсии воды и обосновано понятие «точки росы» для углеводородных сред. Показано, что высокие скорости массопереноса при образовании водной фазы способствуют непрерывному поступлению к корродирующей поверхности электролита, насыщенного коррозионно-агрессивными компонентами окисленной углеводородной фазы. Показано, что кинетика накопления первичных продуктов автоокисления зависит от химического и группового состава углеводородов. Интегральная скорость коррозии углеродистой стали имеет выраженную зависимость от содержания в углеводородной среде продуктов автоокисления — органических

пероксидов и гидропероксидов. Увеличение их содержания с 10 до 100 ppm способствует снижению скорости коррозии углеродистой стали с коэффициентом торможения 5. Проведенные электрохимические исследования позволили авторам заключить, что продукты автоокисления вызывают изменение механизмов парциальных электрохимических реакций коррозионного процесса, в частности, выступают в роли деполяризатора катодной реакции и проявляют свойства анодных ингибиторов коррозии. Для подтверждения выявленных закономерностей проводили опыты с модельными перекисными соединениями. Полученные результаты позволили авторам разработать принципиально новую модель механизма электрохимической коррозии в углеводородных средах. Проведенные исследования, безусловно, заслуживают внимания и дальнейшего изучения и позволяют рассматривать кислородсодержащие соединения в качестве ингибиторов коррозии металлов в углеводородных средах.

Любой специалист, работающий в области защиты от коррозии оборудования нефте- и газоперерабатывающих предприятий, не раз сталкивался с проблемами коррозии на установках очистки газов от кислых примесей (H_2S и CO_2). Так, на установках У-172 Астраханского газоперерабатывающего завода имели место отказы трубопроводов и аномально высокие скорости коррозии металла адсорберов и десорберов. Выявлению основных факторов, определяющих коррозию углеродистой стали в насыщенных растворах аминов при очистке газов от кислых примесей, посвящена работа Б. Чамберса, В. Лэгада и Р. Кэйна (США) [3]. В качестве факторов, определяющих скорость коррозии, были выбраны природа амина, степень насыщения абсорбента сероводородом и диоксидом углерода, температура, скорость потока и содержание примесей в газе. Установлено, что влияние каждого из исследованных факторов определяется комбинацией остальных. Скорость коррозии углеродистой стали возрастала с повышением степени насыщения раствора амина, скорости потока газа и концентрации в нем примесей. Установлена экстремальная зависимость скорости коррозии металла от температуры. К сожалению, авторы не рассматривали влияние концентрации ионов хлора в среде, которая, как показано в работе [4], является весьма значимым фактором.

Решению проблемы дезактивации сероводородсодержащих вод посвящена работа Медабер Джамбо и Пончано Гомес (Бразилия). Авторы использовали пульсирующий электролиз сточных

вод на никелевом электроде. Поверхность такого электрода даже при наличии в среде гидроксида аммония, используемого на установках для нейтрализации сероводорода, остается активной. Разработанный метод позволил снизить концентрацию сероводорода в среде с 4000 до 500 ppm за 50 циклов обработки [5]. Авторы рекомендуют разработанную методику для очистки сточных вод установок каталитического крекинга с дальнейшим использованием очищенной воды на других установках.

Простое и оригинальное решение для защиты от коррозии стальных резервуаров с двойным днищем предложено в работе Е. Я. Люблинского, Е. Вакса (США) и М. Шульца (Бразилия) [6]. Зачастую на резервуары после нескольких лет эксплуатации устанавливается второе днище. На старое днище, корродировавшее под действием подтоварной воды и почвы, монтируют либо ребра жесткости, на которые устанавливают новое днище, либо старое днище засыпают песком и приваривают новое. Такое решение позволяет продлить срок службы резервуаров. Однако возникают новые проблемы: пространство между двумя днищами невозможно закрыть герметично, и оба днища могут корродировать под действием влаги и кислорода воздуха, попадающих в междонное пространство. В результате срок службы резервуаров с двойным днищем снижается примерно на 10%.

Авторами была разработана комплексная защита резервуаров с двойным днищем, заключающаяся в одновременном применении электрохимической защиты, водорастворимых контактных и летучих ингибиторов коррозии. При достаточном заполнении междонного пространства подтоварной водой или высокой влажности песка, находящегося в этом пространстве, электролита в системе достаточно для электрохимической защиты (протекторной или катодной). При малом содержании влаги в системе протекторная или катодная защиты практически невозможны. Но в этом случае повышается концентрация введенного в систему водорастворимого ингибитора коррозии, и поверхности, контактирующие с жидкой фазой, защищаются этим ингибитором. Металлические поверхности, контактирующие с паровой фазой, защищаются летучим ингибитором. Большое внимание в работе уделено подбору ингибиторов с учетом состава и кислотности среды. При обсуждении работы авторы указали, что разработанная комплексная защита вполне применима и для подавления коррозии внутренней поверхности самого резервуара. В этом случае на днище устанавливаются протекторы,

которые защищают его и нижний пояс резервуара при существенном количестве подтоварной воды. В нефть или нефтепродукт вводят ингибиторы. Водорастворимый контактный ингибитор защищает нижнюю часть резервуара при малом количестве выделившейся подтоварной воды, а летучий — верхний пояс и кровлю резервуара. Работа, представленная Е. Я. Люблинским и соавторами, весьма актуальна для России, поскольку не так давно ОАО «Транснефть» приняло решение об отмене протекторной защиты резервуаров с расчетом на то, что современные изоляционные покрытия смогут полностью защитить резервуары от коррозии. Однако это представляется сомнительным. Как известно, любые покрытия не обладают абсолютной сплошностью, и металл под ними со временем корродирует.

Работа А. Гройсмана и Р. Симона (Израиль) посвящена предупреждению последствий наводороживания металла оборудования НПЗ [7]. В связи отказами оборудования, вызванными водородным охрупчиванием металла оборудования на установках изомеризации и очистки газов от кислых примесей, авторы очень тщательно проанализировали опыт, накопленный исследователями в области борьбы с последствиями проникновения водорода в металл. В результате выполненного анализа, авторам удалось сформулировать ряд принципов, касающихся вопросов мониторинга и предупреждения наводороживания и последствий водородной хрупкости. Прежде всего, показано, что, несмотря на множество методов мониторинга рассматриваемых процессов, ни один из них не может быть использован для точного предсказания времени отказа оборудования. Множество видов коррозионных поражений, связанных с наводороживанием (блистеринг, ступенчатое водородное растрескивание, сероводородное коррозионное растрескивание, высокотемпературная водородная коррозия и др.), авторы разделили на две большие группы: низкотемпературные процессы, имеющие электрохимическую природу, и высокотемпературные, протекающие в отсутствие электролита в системе. Показано, что низкотемпературное наводороживание реализуются при температуре до 100°C в широком интервале значений pH и всегда связано с присутствием в среде сероводорода и влаги. Поэтому для оценки опасности ситуации следует тщательно анализировать содержание влаги и сероводорода в технологических потоках и по возможности производить очистку потоков от этих компонентов. Если это невозможно, авторы рекомендуют плакировать аппараты сталью типа X18H10T.

В случае низкотемпературного наводороживания углеродистых сталей повышенной прочности авторы рекомендуют внимательно относиться к состоянию стали и ее механическим свойствам. Это связано с тем, что даже 10 ppm сероводорода в газовой фазе и 1 ppm в жидкой фазе достаточно для того, чтобы вызвать коррозионное растрескивание углеродистой стали с пределом прочности выше 550 МПа. При выборе материального оформления оборудования, работающего в контакте с водородсодержащей средой, для предупреждения высокотемпературной коррозии авторы рекомендуют пользоваться кривыми Нельсона.

Работа, представленная А. Гройсманом и Р. Симоном, безусловно представляет практический интерес, хотя рекомендации авторов относительно использования плакирования углеродистых сталей аустенитными нержавеющейими сталями для предупреждения сульфидного коррозионного растрескивания требуют дальнейшего обсуждения. В подобных случаях по зоне сплавления феррито-перлитной стали с аустенитной может возникнуть слой с мартенситной структурой с низкой трещиностойкостью. Отрицательный опыт применения сепараторов из биметалла углеродистая сталь + 10X17H13M2T при пуске Оренбургского газоконденсатного месторождения показал, что использование биметаллов с плакирующим слоем из аустенитных сталей недопустимо при наличии в среде сероводорода.

Высокотемпературная сероводородная коррозия (ВТСК) является, пожалуй, наиболее распространенным видом высокотемпературной коррозии, приносящим колоссальный ущерб, особенно при значительном содержании в нефти нафтеновых кислот. Поэтому работа М. Камель, А.Ф. Галтейрис, С. Рамо, Дж. Морель и Ф. Маркус (Франция), в которой исследован механизм воздействия нафтеновых кислот на сталь, окисленную при высоких температурах сероводородом, вызвала большой интерес. В качестве объектов исследования использованы углеродистая сталь типа Ст 20, низколегированная хромистая сталь типа X2M и X5M и коррозионностойкая хромоникелевая сталь типа X18H9 [8]. Образцы сталей всех марок были предварительно окислены сероводородом, после чего проводили анализ состава продуктов коррозии. Установлено, что на всех исследованных материалах продукты коррозии двухслойные по химической природе. Слой металл-продукты коррозии – оксидный, а слой продукты коррозии-среда состоит из сульфида железа, преимущественно, пирита. При выдержке образцов сталей в легком масле, содержащем

65 ммоль/л нафтеновых кислот (кислотное число — 4 мг КОН/100 мл) показано, что по мере увеличения содержания хрома в металле инкубационный период нафтеновокислотной коррозии повышается, а скорость ее проникновения в металл снижается. Экспериментально показано, что такая зависимость обусловлена, с одной стороны, тем, что по мере увеличения содержания хрома в стали повышается его содержание в оксидном слое, поэтому защитные свойства этого слоя возрастают, что определяет увеличение инкубационного периода развития разрушения. С другой стороны, по мере увеличения содержания хрома в металле увеличивается содержание дисперсных карбидов хрома и снижается содержание грубых выделений карбида железа (цементита), т.е. снижается гетерогенность самого металла. Это способствует снижению скорости распространения поражения вглубь металла. Данная работа, безусловно, интересна с позиций использования представлений о влиянии фазового состава стали на ее коррозионную стойкость.

Защите оборудования от высокотемпературной коррозии ингибиторами посвящена работа С. Клайсена (Бельгия) и М. Кюлик (Австрия) [9]. Данная работа явилась продолжением исследований компании «Nalko», направленных на ингибирование высокотемпературных коррозионных процессов. Показано, что при ВТСК на поверхности металла образуется неустойчивый слой сульфида железа, который не позволяет ингибитору сформировать стабильный защитный слой. С целью повышения эффективности ингибирования предложено предварительно осуществлять пассивацию поверхности. Разработанная технология ингибирования ВТСК с предварительной пассивацией поверхности, по представлению докладчика, была апробирована на одном из российских заводов на установке фракционирования сернистого атмосферного газойля. Скорость коррозии труб радиантной секции печного змеевика, изготовленного из стали X5M, снизилась с 2,5 до 0,85 мм/год, что позволило увеличить межремонтный пробег установки. При прекращении ингибирования скорость коррозии снова возрастала. В докладе С. Клайсена было указано, что разработанные компанией «Nalko» ингибиторы высокотемпературной коррозии показали хорошие результаты не только при защите от ВТСК, но и при защите от ВТСК и нафтеновокислотной коррозии. При этом введение ингибитора не оказывало отрицательного влияния на качество конечного продукта установки (масляных фракций). К сожалению, по данным представителей ОАО «Ангарская

нефтехимическая компания», где проводились работы по апробации программы «Скорпион» компании «Nalco», доложенные результаты ставятся под сомнение, так как они объективно не отражают состояние проблемы и не могут служить однозначным критерием эффективности. В настоящее время доказана значимость и других факторов для процессов коррозии оборудования высокотемпературных узлов. В этих условиях доминантным критерием, определяющим скорость коррозии, являются гидродинамические параметры среды как в змеевике трубчатой печи, так и в трансферной линии. Использование разработанных технологий ингибирования без учета отмеченных критериев в условиях ВТСК и нефтевокислотной коррозии малоперспективно.

Новой и перспективной была работа, представленная Дж. Каналь, М. Де Марко, С. Пинка и Т. Лирацис (Италия). В ней были представлены разработанные авторами методы оценки техногенных рисков в зависимости от работоспособности сварных соединений нефтезаводского оборудования в различных агрессивных средах. Разработана методология обследования состояния сварных соединений в зависимости от факторов риска: уровня механических нагрузок, охрупчивающего воздействия среды, условий для развития коррозионных поражений разного характера и природы, состояния металла шва и околошовной зоны и других факторов. Описаны методы расчета долговечности оборудования в зависимости от указанных факторов риска. Расчетные методы подтверждены результатами наблюдений отказов оборудования на заводах. Представляется перспективным организовать обучение персонала методам обследования и расчета рисков с целью достоверной оценки долговечности стального сварного оборудования.

Помимо вышеперечисленных работ, на секции был представлен ряд докладов, не связанных непосредственно с коррозией и защитой нефтезаводского оборудования. Так, Г. И. Суранов (Россия) рассказал о методах спектрального анализа для определения состава нефти и нефтепродуктов [10]. Р. Херстемеер (Германия) доложила о результатах испытания спиральношовных сварных труб категории прочности X70 на стойкость к коррозионно-механическим разрушениям в среде топлива, содержащего этанол [11]. Н. С. Мек (США) представила слушателям новый Ni–Mo–Cr сплав, стойкий к одновременно воздействию серной и соляной кислот [12].

Подводя итоги конгресса EUROCORR'2010, отдельно хотелось бы обратить внимание на

некоторые тенденции развития инжиниринга технологий мониторинга и защиты материалов от коррозии, которые присутствуют на отечественном рынке. Безусловно, роль мероприятия EUROCORR'2010 в формировании рынка технологий мониторинга и защиты материалов от коррозии в России огромна. Данное мероприятие предоставило возможность посредством прямого общения и обратной связи выработать направления для взаимодействия поставщиков и потребителей технологий, а также позволило определить приоритетные направления для дальнейшего инновационного развития и сотрудничества между представителями бизнеса, науки и производства.

Вопросы, обсуждаемые в ходе конгресса EUROCORR'2010 и иллюстрируемые наглядными примерами из общемировой практики, показали усложнение представлений о механизмах коррозии и воздействия ингибиторов, появление новых методов исследования и современных методик противокоррозионной защиты, их глубокую интеграцию в основные процессы нефтепереработки, ужесточение требований к безопасности оборудования и процессов нефтепереработки. По сути выступлений можно отметить, что в настоящее время сформировалось сопряженное направление в инженерной деятельности на предприятиях нефтепереработки — «Химикотехнологическая защита». Нефтепереработчиков в условиях интенсификации основных процессов интересуют все более глубокие и сложные темы защиты оборудования от коррозии. Это указывает на необходимость работы в направлении специального образования с новым системообразующим подходом, в программу которого наряду с фундаментальными вопросами входят и актуальные прикладные аспекты обеспечения коррозионной стойкости конструкционных материалов в жестких условиях эксплуатации и воздействия сред нефтепереработки. Данные тенденции требуют особого внимания в процессе подготовки профильных специалистов в высшей школе, при переподготовке кадров и повышении квалификации.

Обобщая материалы представленного обзора, следует констатировать высокий научный и практический уровень участников конгресса, их широкий инновационный потенциал, направленный на решение актуальнейших проблем в области противокоррозионной защиты. Для российских ученых конгресс дал возможность объективно позиционировать уровень результатов собственных исследований в международном масштабе.

Литература

1. Tomin V. P., Silinskaya Ya. N., Korchevin N. A. Peculiarities of the Corrosion in Cat Cracker Delayed Coker Gasoline Distillates // Eurocorr 2010. — Book of abstracts. — P. 199.
2. Tomin V. P., Silinskaya Ya. N., Belyaeva E. V. Impact of the Primary Oxidation Products of Gasoline Cuts and Oxygen-containing Compounds on Corrosion Behavior of Carbon Steel // Ibid. — P. 202.
3. Brian Chambers, Vishal Lagad, Russell Kane. Critical Factors in Rich Amine Solvent Corrosivity // Ibid. — P. 208.
4. Корнеев А. Е., Изотов В. И., Долотова Т. С. и др. Анализ состояния оборудования на установках очистки газа // Газовая промышленность. — 1998. — № 3. — С. 35–36.
5. Medaber Jambo H., Ponchano Gomes J. A. Electrochemical Treatment of Sour Water // Eurocorr 2010. — Book of abstracts. — P. 200.
6. Lyublinski E., Vaks Y., Schultz M. Corrosion Protection of Oil Storage Tank Double Bottoms // Ibid. — P. 212.
7. Alec Groysman¹, Rami Simon¹. Hydrogen Damage, Monitoring, and Prevention in the Refinery // Ibid. — P. 209.
8. Kamel M. El., Galtayries A., Foulonneau G. X. et al. High temperature corrosion of sulfided steels in naphthenic acid environments // Ibid. — P. 213.
9. Claesen C., Kulic M. Progress in Petroleum Refinery High Temperature Sulphidic Corrosion Inhibition // Ibid. — P. 214.
10. Latyshev A. A., Suranov G. I. The Analysis of Oils, Fuel and Operating Fluids spectrometric methods // Ibid. — P. 203.
11. Horstemeier M., Scheepers M., Bosch C. et al. SCC Resistance of X70 SAW Helical Seam Welded Pipes in Fuel Grade Ethanol // Ibid.
12. Meck N. S., Crook P., Manning P. E. et al. A New Ni-Mo-Cr Alloy for the Most Aggressive Media // Ibid.

M. L. Medvedeva

**The Latest Advances in Corrosion Prevention of Refinery Equipment
(based on the data of International Corrosion Congress EUROCORR'2010,
section «Corrosion in the Refinery Industry»)**

The review of reports, presented at workshop of the section «Corrosion in the Refinery Industry» of International Corrosion Congress EUROCORR'2010 is considered. The reports are concerned with the number of problems, such as: relation of corrosion processes and chemical properties of the media, equipment corrosion at sour gas treatment units, sour water recovery, corrosion protection of steel tanks with double bottom, prevention of impact of hydrogen charging of metals and other problems. On the basis of reports presented, view sophistication on mechanisms of corrosion and inhibition, new methods for corrosion investigation and modern techniques for corrosion protection, strengthening of the requirements for equipment and refining processes safety were drawn out.

Keywords: corrosion protection, corrosion mechanism, inhibitors, corrosion rate.

Вниманию специалистов!

И. М. Колесников

КАТАЛИЗ И ПРОИЗВОДСТВО КАТАЛИЗАТОРОВ

В книге изложены теория и практика изучения, подбора и производства катализаторов. Приведены методы и технологии синтеза катализаторов на лабораторном и промышленном уровне. Представлены основы теорий гомогенного и гетерогенного катализа. Значительное внимание уделено проблемам подбора и оптимизации состава катализаторов. Подробно излагаются ранние теории катализа и синтеза катализаторов.

Специальный раздел посвящен физико-химическим свойствам катализаторов, способам производства носителей, катализаторов и контроля их качества, управления производством на катализаторных фабриках.

В книге представлены технологические схемы производства наиболее распространенных в промышленности носителей и катализаторов.

Книга адресована широкому кругу инженерно-технических работников промышленных предприятий, научно-исследовательских и проектных организации.

М.: Издательство «Техника», 2004. — 450 с.

Комплексное оптимизационное управление основным производством на принципах коллективного контроля эффективности и сервисно-ориентированной архитектуры интегрированных нефтегазовых компаний

2. Современные методология и практики эффективного обслуживания в системах управления основными фондами предприятия

А. Б. Америк
ООО «ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ»

Приведены современные тенденции в области управления жизненным циклом физических активов и систем управления производственными фондами в компаниях ТЭК. На примерах предприятий перерабатывающего и нефтехимического комплекса рассмотрены основные элементы программ управления эффективностью активов на основе глобального понятия надежности. Раскрыты основные принципы и методологические подходы к инспекции по рискам, техническому обслуживанию и ремонту по надежности, техник обслуживания с прогнозированием на основе мониторинга состояния. Дано современное представление бизнес-процесса сквозного управления техническим обслуживанием и ремонтом, основанного на методологии рационального обслуживания (RCM).

Ключевые слова: надежность, ремонтпригодность, риски отказов, повреждения, техническое обслуживание и ремонт, доступность, готовность оборудования, MTBF, MTTR управления производственными фондами, жизненный цикл, управление эффективностью активов.

В предыдущей публикации этой серии [1] рассмотрены принципы, концептуальные решения и «дорожная карта» создания Совершенного Производства (Perfect Plant), одним из ключевых аспектов которых является реализация, по сути, нового процесса управления основными фондами и его надлежащее ИТ-обеспечение (ИТО). Анализ поломок и неисправностей, исследование инцидентов и рисков выхода из строя оборудования, корневых причин входят в число не просто весьма популярных терминов, но и крайне важных технических и аналитических сервисов, используемых на перерабатывающих предприятиях с непрерывным циклом производства (НЦП). Они относятся к различным областям и методам разрешения проблем целостности, обслуживания и ремонтов, производственной надежности и эксплуатационной готовности. Но независимо от названия, предметной категории и уровня сложности, задачи всех видов инспекций, анализа и контроля типично сопряжены с четырьмя «простыми» ключевыми вопросами:

- что произошло? (аварийный объект; категория инцидента/проблемы);
- где, когда и как? (регламентированное описание проблемы);
- почему? (причины возникновения);

– что должно быть сделано для их предотвращения и повторения в будущем?

Решения по этим четырем главным вопросам и определяют стратегию (программы) управления основными фондами компании (общепринятая международная аббревиатура: EAM, Enterprise Asset Management). Институт стандартов Великобритании дает следующее определение понятию «управление активами» — систематическая и скоординированная деятельность организации, нацеленная на оптимальное управление физическими производственными фондами (ПФ) и режимами их работы, рисками и расходами на протяжении всего жизненного цикла для достижения и выполнения стратегических планов организации.

С точки зрения системной методологии и ИТ-обеспечения этот вид деятельности может быть определен как:

- а) «каркас» для выработки политик управления, улучшения технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО);
- б) совокупность процессов сбора, преобразования, обработки и представления данных и управления потоками всей необходимой информации по задачам ТОРО, для полного и объективного ответа на регламентированные вопросы;

в) набор инструментов поддержания интегрированного процесса принятия решений посредством декомпозиции/синтеза и четкого документирования планов, технических инцидентов и других событий, статистик отказов, работ и т.д.

В плане механической/эксплуатационной готовности и стабильности функционирования ПФ следует отметить два существенных для дальнейшего обсуждения момента.

Во-первых, фундаментальное значение имеет уровень оснащенности средствами автоматизированного управления сложными технологическими процессами, например КИП и DCS (распределенные системы управления) НПЗ, системами мониторинга состояния и диагностики Condition-Monitoring (CM), и Condition-based-Monitoring (CBM). Все эти системы являются источниками необходимой информации и обеспечивают контроль работоспособности активных ПФ. Это принципиально важно для надлежащего функционирования производств и, следовательно, результативной деятельности компании (дочернего общества) (рис. 1). В целом по предприятиям ТЭК и производствам с непрерывным технологическим циклом (НПЗ, НХК, химические заводы, объекты теплоэлектроэнергетики и др.) доля оборудования, надежно контролируемая средствами автоматизации и CBM, ниже 75%, что по оценкам аналитиков является пороговым в достижении высоких эксплуатационных показателей и ключевых показателей эффективности KPI.

Во вторых, операции и эксплуатационные работы на заводах, даже таких технологически консервативных, как российские НПЗ и НХК, характеризуются одновременно многомерностью по числу переменных с множественными ограничениями [2] и *растущей динамичностью* в условиях турбулентной экономики. Действие данных факторов порождает соответствующий нестационарный характер производительности технологических объектов. В число периодически или постоянно изменяющихся параметров входят: сезонные колебания (температура и другие характеристики окружающей среды), ритмичность поставки и качество углеводородного сырья, загруженность установок против проектной мощности или жесткость режима процесса — температура, давление в основных аппаратах, отборы продуктов. Косвенное влияние оказывают также изменения объемов, состава партий товарной продукции. Диапазоны изменений этих условий и параметров прямо или косвенно влияют на интенсивность износа/старения и, следовательно — на надежность, эксплуатационную готовность и энергетическую эффективность ПФ.

Стратегии управления производственными активами и техническим обслуживанием

Концепция сквозного контроля. Имплементацию современных принципов ТОРО необходимо начинать еще до монтажа оборудования на объекте, а именно — с системы тщательной,



Рис. 1. Критическое значение состояния производственных фондов в деятельности вертикально-интегрированных компаний — последствия неудовлетворительной поддержки и контроля

регламентированной технической (инструментальной) проверки до или, в крайнем случае, в период ввода в эксплуатацию. По статистике, 12–14% машин и динамического оборудования имеет существенные дефекты изготовления или установки вследствие инженерных ошибок. Примерно 1/6 механического оборудования требует тщательного ТОРО еще до выработки 25% ресурса [3, 4]. Во избежание подобных ситуаций передовые компании внедряют сквозные процессы контроля качества и детализированные программы инспекций/приемки оборудования к эксплуатации (EAI [4] и др.) как обязательного элемента управления ПФ. Их инжиниринговые подразделения в целях оптимизации полной стоимости владения (TCO) сотрудничают в области RCM/надежностного проектирования с фирмами-изготовителями уже на стадии разработок и технического имитационного моделирования по программам прослеживаемости и управления стоимостью жизненного цикла ПФ (LCM/LCC).

Стратегии улучшений. Общий стратегический подход maintenance excellence интенсивно используется практически всеми мировыми производственными компаниями-лидерами и базируется на хорошо известных методологиях **Lean (Kaizen), Six Sigma** и **теории ограничений (TOC)**. При этом существует несколько толкований рациональности и большое число вариантов внедрений с разной степенью успешности в областях lean-надежности, «обслуживаемости» и готовности ПФ вследствие различного уровня представлений о том, как и где их применять [3, 5].

Ряд аспектов применимости (адаптации) методов Lean, используемых обычно в программах совершенствования и оценки эффективности производства, последние 15–20 лет оставались предметом обширных дискуссий в международном сообществе обслуживания. Это привело к появлению не только нового термина «бережливое обслуживание», но и целого направления «lean maintenance» в организации ТОРО со следующими неидентичными определениями.

1. Стандартизованный подход к ТОРО применительно к производственной среде, где применяются стратегии бережливого, экономичного производства.

2. Проактивная стратегия обслуживания, использующая планируемые активности (графики работы) ТОРО, разработанные посредством RCM-логики принятия решений, и практикуемых продвинутой (самонаправляемой) командой, использующей известные методы надежности.

3. Сквозное (полномасштабное) продуктивное обслуживание Total Productive Maintenance, (TPM).

4. Lean-принципы, примененные к среде обслуживания.

В основе понятия Lean лежит японское kaizen, означающее «изменения к лучшему», которое предполагает экстенсивное **вовлечение работника**, вооружение его знаниями и навыками для реализации таких улучшений по качеству, в скорости и гибкости, с ориентацией **на сокращение затрат**. Очень важным концептом Lean/Kaizen является непрерывная, неуклонная фокусировка на устранение всех видов «отходов» и потерь (неэффективных затрат материалов, активностей, трудовых ресурсов) на каждом шаге производственного или рабочего процесса. Здесь не существует каких либо границ, и результатом всегда должен быть ответ на вопросы: «Должно ли это быть сделано таким образом?», «Существует ли лучший путь/решение?». Согласно данной идеологии, обычно идентифицируют семь видов потерь:

- неэффективные операции, отходы;
- задержки или ожидание – в порядке очереди и т.д.;
- перепроизводство (или избыточное обслуживание);
- перемещения;
- транспортирование;
- избыточные запасы;
- производство или эксплуатация, приводящие к дефективным элементам.

В этом смысле lean пересекается со второй методологией — Six Sigma/DMAIC — которая количественно описывает понятие затратности и «отходности» операций, оцифровывая долю дефектов и потерь различной природы статистическими методами [5]. Вследствие этого их в последние годы часто применяют как единую методологию.

Концепция (стратегия) надежности. Важнейшим операционным фактором непрерывности и ритмичности процесса производства является *надежность физических активов (ПФ)*, современные парадигма и характеристики которой заключаются в следующем.

Понятие надежности установлено Государственными стандартами Российской Федерации и общем виде случае может быть представлено как:

$$\text{Надежность} = 1/(\text{Вероятность отказа}).$$

В отношении (элемента) оборудования на-

дежность оценивается по формуле общего вида [6]:

$$R(t) = \exp(-t/MTBF) \text{ или } \exp(-\lambda t), \quad (1)$$

где $MTBF$ — среднее время работы между отказами, λ — интенсивность отказов или частота поломок.

В методологии обслуживания надежность связана с другим ключевым показателем ТОРО — восстановлением эксплуатационных характеристик (работоспособности) оборудования после ликвидации отказа, или ремонтпригодностью (maintainability, M), которая выражается как

$$M(t) = 1 - \exp(-t/MTTR) = 1 - \exp(-\mu t). \quad (2)$$

Качественно, это мера «легкости» функционального восстановления (в терминах способность — усилия). $M(t)$ имеет вероятностный характер и с количественной точки зрения измеряется по $MTTR$ — среднему суммарному времени простоя на обслуживание-ремонт оборудования, включая диагностику и выявление проблемы, демонтаж, замену, время активного ТО, верификационные испытания на адекватность установки, логистику — время на доставку запчастей и материалов.

Повышение надежности ПФ — не отдельный проект, а стратегическая программа технического и операционного совершенствования, которая предусматривает долгосрочный комплекс мероприятий, требующих постоянной фокусировки менеджмента и оценки. Это один из основных аспектов корпоративной культуры и ответственности (культуроологическая направленность как эквивалент понятию «надежность» с соответствующими требованиями), определяющих необходимый уровень промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды. Надежность представляет собой специальную проблемную область бизнеса, потенциальную способность создания и предоставления реальной ценности и является основным понятием охватывающей программы **управления эффективностью ПФ** (Asset Performance Management, APM). К этому понятию привязано улучшение всего процесса обслуживания: минимизация дефектов, влекущих за собой развитие (пред)аварийных ситуаций и разрушения активов. APM представляет собой логический переход к стратегии ТОРО на основе методов упреждающего обслуживания и прогнозирования; промотирует качество рабочего процесса ТО, выработку корректного, рационального набора задач, работ с оптимальными графиками обслуживания, затратами и т.д.

Концепция надежности устанавливает цели для достижения результатов и прогресса: поиск наилучшего решения — компромисса между повышением эффективности, качества сервисов обслуживании по измеримым показателям, и поэтапным сокращением расходов одновременно. Большая часть реализуемых программ APM предусматривает движение от идеологии центра затрат, сфокусированной на текущих проблемах, к культуре *центров прибыли* и рациональных операций как основных источников непрерывного долгосрочного совершенствования. При этом отмечено, что главным препятствием на пути к успеху APM может стать сопротивление изменениям, управление которыми представляет отдельный важный аспект программы.

В настоящее время существуют три общепринятые взаимодополняющие методологии, две из которых относятся к области управления надежностью и рисками и тесно связаны с ИТО безопасной эксплуатации и рационального обслуживания: RCM (Reliability Centered Maintenance) и RBI (Risk-based Inspection, RBI) и PdM (Predictive maintenance).

RBI является структурированной методологией, которая используется для разработки полного и всестороннего плана (программы) инспекций технического состояния, преимущественно основного статического, технологического и электротехнического оборудования*. План может иметь различные интервалы между инспекциями, которые определяются по результатам анализа рисков всех потенциальных механизмов разрушения, влияющих на механическую целостность; исходя из этого назначается срок и объем проведения работ по контролю технического состояния.

Применительно к нефтегазодобывающей отрасли и предприятиям нефтехимического комплекса, методы RBI базируются на рекомендациях Американского нефтяного института (API RP 580, 581) и ANSI.

RCM представляет собой набор методов и принципов, которые используются при разработке стратегии рентабельного ТО для любого технического средства/вида оборудования исходя из анализа вероятности (риска) и последствий потери его функционала (отказа), на основании чего определяются сроки и объем корректиру-

* Классическая практика RBI конца предыдущего столетия сфокусирована прежде всего на инспекциях целостности/герметичности оболочки статического оборудования (сосуды/реакторы и аппараты, трубопроводы и т.д.). Современная методология не ставит абсолютного приоритета RBI-программы статического оборудования над динамическим.

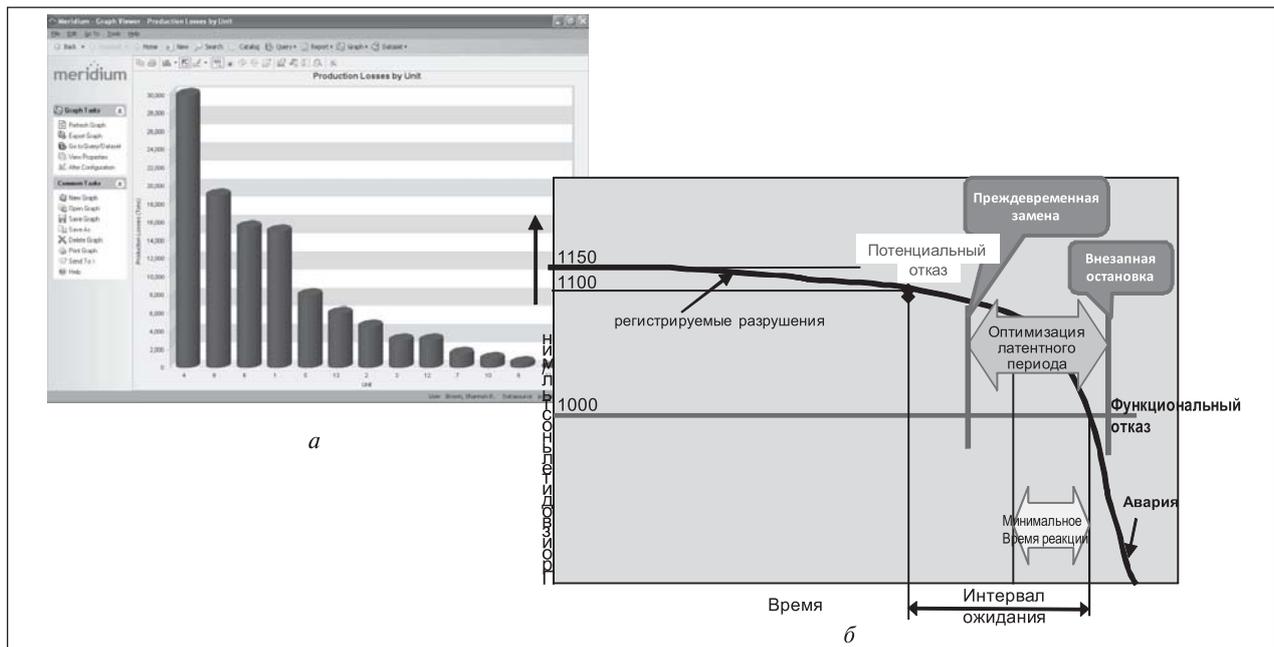


Рис. 2. Выявление (а) наиболее критичного (обуславливающего ~80% потерь) оборудования и методология мониторинга с сокращением латентного периода обнаружения развития дефекта (б, пример F–Р диаграммы центробежного насоса)

щих действий, CM [7, 8]. Развитие концепции и методические разработки последних лет позволяют говорить уже не о реактивном, а о динамическом RCM на основе интеграционных решений [9, 10].

Третьим фундаментальным элементом стратегии APM/TOPО является наиболее прогрессивный принцип обслуживания PdM, основанный на прогнозировании состояния эксплуатируемого оборудования — временных профилей от появления признаков отклонений (дефектов) до прогнозируемого момента отказа или разрушения [4, 10, 11]. PdM полностью создается на базе отмеченных выше систем нижнего уровня — модулях АСУТП и класса СВМ, осуществляющих текущие измерения набора физических параметров. Задачей построенных на вероятностных и статистических методах оценок технологий PdM — СВМ является не устранение дефектов, а интерпретация данных по диагностическим признакам и предупреждение поломок, отказов и нештатных ситуаций посредством «интеллектуального» ТО (рис. 2).

Эти сопряженные, но все же разные по назначению методологии, в форме тех или иных вариантов системной реализации используют все ведущие компании нефтегазовой промышленности и предприятия большей части других отраслей.

Для определения текущего уровня и предпочтений топ-менеджеров производственных ком-

паний в отношении видения, стратегических инициатив и акцептованных технологий управления ПФ, за последнюю декаду (2001–2010 гг.) в мире были выполнены многочисленные аналитические исследования и обширные опросы специалистов. Ниже кратко приведены сведения по некоторым из них, и попытка сравнения с аналогичными данными, полученными в результате интервью менеджеров и специалистов российских ВИНК.

Согласно результатам исследования аналитиков Aberdeen Group [12] по выборке из более чем 150 крупных компаний (в т.ч. около 42% компаний ТЭК, среди них 94% — представители зарубежных компаний), в целом информацию по отказам оборудования в электронном виде для проведения причинно-следственного анализа используют чуть более половины опрошенных, и пока лишь 25% лучших в своем классе внедрили практики RCM. Однако порядка 60% планируют системную реализацию последних после завершения кризиса. По данным другого исследования, представленным в 2006 г. (R. Smith, CMRP) [13], лишь 34% респондентов заявили об использовании формализованной методики отслеживания отказов для определения стратегий их предсказания и предотвращения. Характерно, что почти такое же число (35%) опрошенных оценили надежность ПФ их компаний в интервале 8–10 баллов по десятибалльной шкале (максимальный показатель лидеров мирового уровня в EAM), что свидетельствует о прямой корреляции

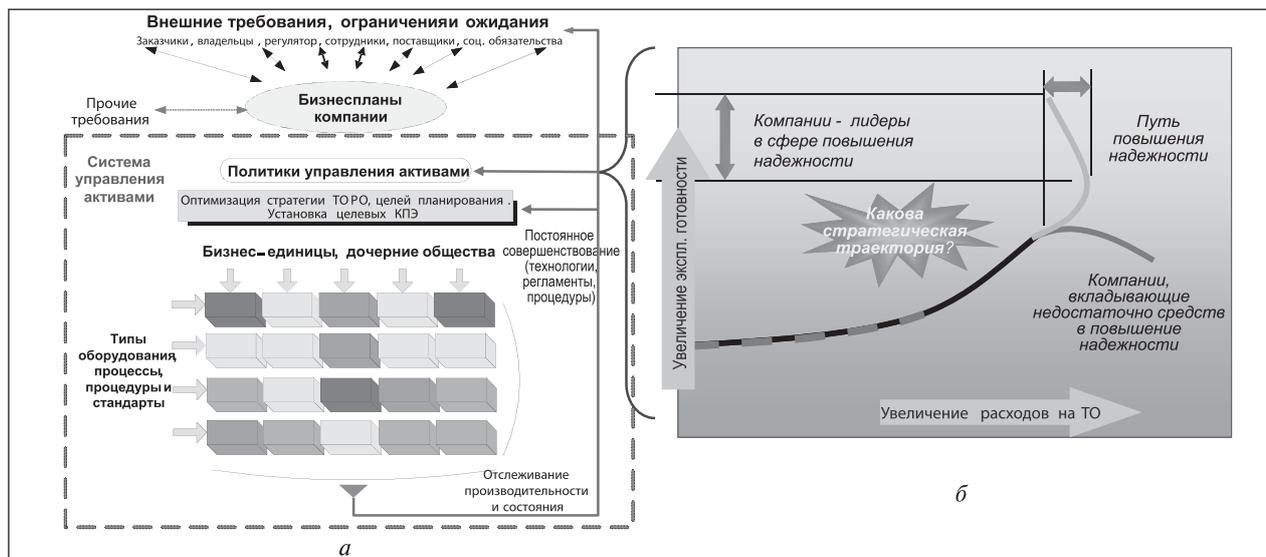


Рис. 3. Концепция управления активами организации: а — связь с доходностью инвестиций на обеспечение надежности активов; б — кривые затрат

состояния производственных активов с уровнем зрелости методологии комплексного анализа отказа и дефектов.

Что касается положения дел в российских ВИНК, то результаты опросов их специалистов и руководителей* разрознены и ненаглядны, поскольку основывались на различных форматах опросных листов, имеют большой разброс в срезах ответов работников разных уровней управления, разнятся по числу опрошенных в рубриках шаблонов. Но даже в отсутствие достоверно установленных интервьюированием степени и качества развертывания функций АСУ ТОРО, эти результаты в целом свидетельствуют о более низком (в ~1,5–2 раза) уровне развития ИТО, приверженности концепции EAM/RCM. Несмотря на удручающее состояние активов нефтепереработки и нефтехимии, требующее радикальной интенсификации технической поддержки, лишь три из семи российских интегрированных компаний ТЭК сформировали свои ИТ-портфели с учетом международной практики развернутых программ АРМ. Следует отметить, что в сегменте downstream ВИНК только ОАО «ЛУКОЙЛ» масштабно разрабатывает проекты по внедрению AMS-технологий в части RCM.

Принципы и системные подходы к управлению ПФ и ТОРО, реализуемые на базе методов CM-RBI-RCM

Концепция проектирования вертикальной комплексной системы управления ПФ на

* Обработка данных компаний ПАКК, SAP, Infor; частные интервью, проведенные менеджерами ООО «ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ».

основе надежности строится на сочетании адекватных RCM-стратегий с диагностикой и оптимизацией объемов/стоимости ТОРО. В целом модель [14] и методологические подходы претерпели прогрессивные сдвиги и состоят в следующем.

1. Общая методология формирования и реализации EAM решений. Анализ и адаптация лучших практик

Предпроектная фаза создания системы эффективного управления фондами предусматривает следующие первоочередные шаги, корреспондирующие с разделами а, е и г описанной ниже (п. 3) программы АРМ:

- 1.1. аудиторская оценка процессов «как есть»;
- 1.2. определение Целевой модели EAM на основании анализа существующих референсных моделей управления активами (рис. 3);
- 1.3. формирование программы перехода к целевой процессной модели управления ТОРО/надежностью, включая потребность и содержание методологического обеспечения целевой модели;
- 1.4. выбор базового продукта (или оценка необходимости и требований к кастомизации, интеграции или миграции, когда продукт уже акцептован/внедряется).

Международным Институтом совершенствования обслуживания (TMEI, [15]) рекомендован принципиальный подход — дорожная карта эффективного управления ПФ компании. Модель TMEI предполагает 12-шаговую схему реализации программ эффективного ТОРО на

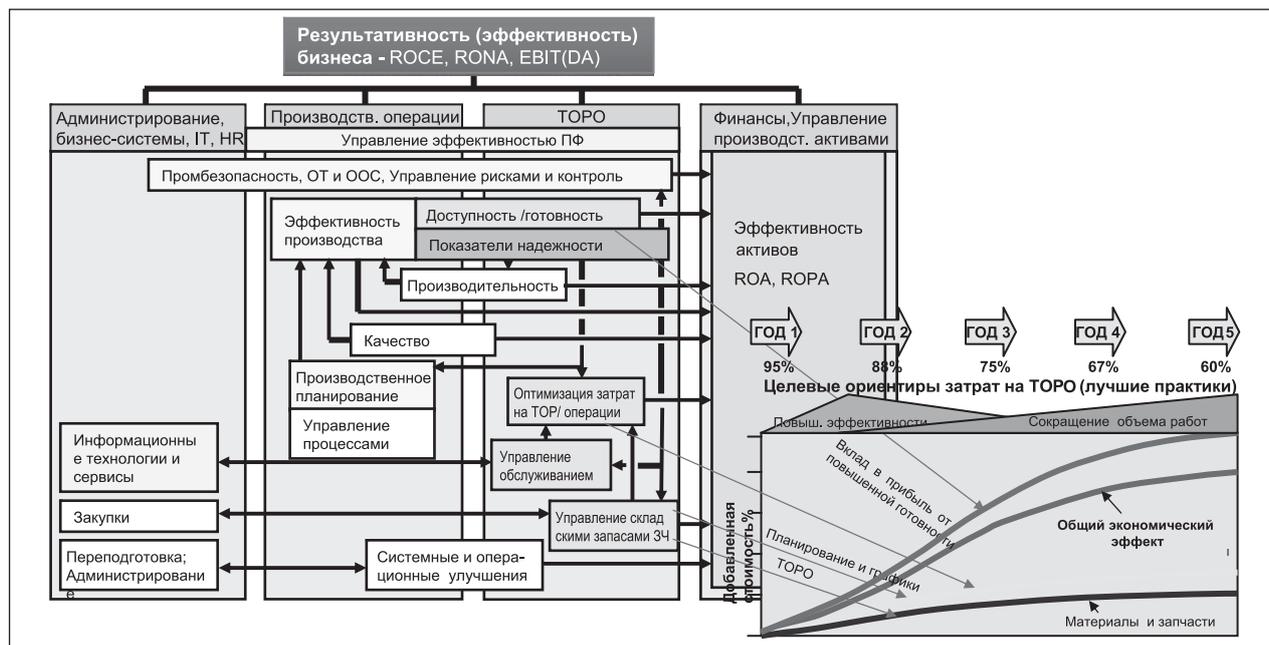


Рис. 4. Источники экономической эффективности предприятия в цепочке добавленной стоимости по Программе управления эффективностью производственных фондов

базе CMMS/EAM. Стратегия поддерживается полной Картой показателей по 27 категориям лучших практик MMS (включая составной Индекс совершенства обслуживания MEI из 20 показателей) для сравнения текущего состояния производственной организации с мировым уровнем. Уточнение процедур «под организацию», идентификация источников и профилей эффективности (рис. 3, 4), адаптация методик сравнения по этим индексам являются рекомендуемыми фазами первичной проработки и детального анализа на старте программы APM.

Ряд индексов служит базисом при выборе политик ИТ-обеспечения, а в совокупности с системой оцифрованных (с разной степенью агрегации) показателей и характеристик программных продуктов, — для выбора соответствующих прикладных пакетов [16], сравнительного анализа текущего уровня (функционального статуса) и результативности (бенчмаркинга) EAM на стадии дальнейшего развертывания систем. Крупные фирмы-поставщики решений на рынке CMMS/EAM, ориентируясь на данную методологию, предлагают собственные усовершенствованные стратегии и «дорожные карты» для адаптации и имплементации методик APM на производственных площадках заказчика.

2. Требования к ресурсам эффективной системы управления ПФ (EAM). Деятельность и сервисы по эффективному управлению ПФ — поддержание работоспособности/обслуживание, — потенциально добавляют ценность при

реализации операций (как бизнес-процессов) всех типов, но одновременно требуют оценки кратко- и долгосрочных ресурсов. В соответствии с этим, многие ведущие вертикально-интегрированные компании мира формируют свои программы EAM/APM, опираясь на стратегические уровни (позиции) создания и управления активами. В некоторых источниках [16] они трактуются как четыре «эволюционных вызова», с которыми сталкиваются предприятия процессных отраслей на определенных стадиях производственно-технического развития. Сценарии, в порядке возрастания масштабности, варьируются от 1 — поддержания существующих ПФ и комплексов в безопасном и работоспособном состоянии (дифференцированные уровни) и 2 — постепенного качественного/структурного улучшения ПФ в соответствии с требованиями стандартов до 3 — поблочной модернизации и 4 — глобальной реконструкции (замены) ПФ. В зависимости от бизнес-стратегий, соответствующие схемы 1→2→4, 1→3→4 или 2→3→4 реализации программ upstream, downstream увязываются с APM — расширенным, по сравнению с таковым для 1–3, перечнем услуг ТОРО и методов EAM для поддержания новых активов и контролируемым ростом объема работ по мере старения оборудования. Параллельно анализируются инициативы по безопасной ресурсосберегающей эксплуатации и ремонтам, включая рационализацию расходования энергоресурсов.

Более строгие корпоративные оценки программы, например, по целевым задачам RBI — разработка и ИТО адекватных методов испытаний, поддержка инспекций на основе идентификации механизмов разрушения и потенциальных рисков, — способствуют формированию окончательного бюджета и приоритизации корпоративных ресурсов на инспекционное обследование и ремонты. Неотъемлемой составляющей современной парадигмы ЕАМ являются фазы формирования и отслеживания изменений полного набора требований к системе (процессам, ресурсам, включая численность и компетенции персонала, и сервисам) обслуживания физических активов параллельно с реинжинирингом сквозного бизнес-процесса управления ПФ.

3. Определение элементов программы и ключевых фаз дорожной карты АРМ. КРІ и Система бенчмаркинга. Несмотря на уникальность корпоративных решений каждой отдельной компании, типовыми элементами организованных «сверху вниз» современных программ АРМ считаются перечисленные ниже.

а. Разбитый на фазы полномасштабный аудит с исчерпывающим определением состояния «как есть» предприятия и векторов развития к состоянию «как должно быть» в части управления активами и ТОРО (внешние требования, ограничения бизнеса и ожидания).

б. Программа таксономии оборудования [17] – научный подход к классификации оборудования по группам и подгруппам с определением взаимоотношений между иерархиями (классами, семействами), а также классификация ассоциированных с активами стандартных обследований и активностей для каждого типа событий.

с. Создание группы (центра) компетенции – построенной на отношениях партнерства междисциплинарной команды специалистов, экспертов, лучших операторов-технологов с закрепленными привилегиями. В задачи команды, помимо методологических вопросов, входит коллаборативный анализ текущего опыта и «узких» мест (проблем эксплуатационной готовности, поддержка менеджмента активами и подразделения по обслуживанию и ремонту завода) на основе разработанных критериев ключевых показателей эффективности (КПЭ). Команда организует разработку концепции «excellence at the basics», сбор, систематизацию и накопление знаний, обмен лучшими практиками через модератора (СУЗК ТОРО), применение корпоративной методики мониторинга эффективности затрат по ТОРО.

d. Компактная комбинированная организационная структура: разумное сочетание централизованной системы управления и распределенной по видам ТОРО, инспекций/исследованиям и производственным объектам структуры инженерно-технических служб предприятия [18].

е. Модель (блок) идентификации возможностей и разработки реализации подпрограмм непрерывного и безопасного повышения операционной эффективности и ценности для бизнеса за счет внедрения инновационных техник оперативного планирования и технологий исполнения работ ТОРО «точно в срок», по мере необходимости на основе риск-инспекций по отклонениям от ключевых показателей. Обновление целевых ориентиров увеличения межремонтных интервалов, минимизации утрачиваемой прибыли (LPO) в результате потерь производительности и совокупной стоимости владения (ТСО) фондами.

f. Дорожная карта по предметным областям ТОРО и практикам совершенствования RMI, RCMO, технологии управления складской логистикой, ранжированные в порядке *приоритетной (оптимальной) последовательности внедрения**;

g. Артикуляция и описание/стандартизация бизнес-процессов ТОРО и RCM (RCM II). Набор регламентирующих документов, процедур и форм в соответствии с корпоративными практиками, международными методиками и стандартами, в том числе спонсорство; локальные нормативные акты (ЛНА) по распределению полномочий и ответственности руководящего состава и специалистов по ТОРО в соответствии со спектром задач.

h. Анализ надежности для будущих инвестиционных проектов (модернизации, капитального строительства).

i. Стандартизованная система ключевых индикаторов, обеспечивающая полномасштабные оценки персонала, процессов и операционной эффективности. Система контроля выполнения планов АРМ с подтверждением (институализацией) результатов на основе КПЭ и основных индикаторов:

– сводные результаты диагностик, статистики;

* Типичная для НПЗ последовательность: [программы РМ + управление по надежности, методы причинно-следственного анализа] → [программа PdM] → [расширенные аспекты CBM, корректирующего обслуживания и RCA(ПСА)] → [программы совершенствования календарного планирования и реализация Total Productive Maintenance (TPM)] → [оптимизация системы хранения и движения запчастей и материалов].

– показатели вариативности, доля «сюрпризов», утраченные/реализованные возможности;

– доля неотложных/незапланированных работ, соотношение заявленных и выполненных задач и др.;

– структура затрат: по видам ТОРО, оборудования.

j. Архитектура приложений домена EAM.

Как было отмечено, корпоративное видение прикладных систем CMMS/EAM должно включать обеспечение отслеживания *полного жизненного цикла* (ЖЦ) (стоимость обслуживания, замены; движение компонентов физических активов и запчастей и др.) по основным стадиям инжиниринга, изготовления и/или закупок, эксплуатации, обслуживания, модернизации, и утилизации оборудования. (В практике 1990-х гг. каждая стадия ЖЦ представляла изолированную зону ответственности и контроля в части процессов, персонала и систем).

Таким образом, система стратегического управления фондами/ТОРО предусматривает концептуальные интеграционные решения, реализуемые в CMMS/EAM в сервисно-ориентированной архитектуре (SOA) предприятия с охватом в трех измерениях:

– *горизонтальном* – по всем объектам, подразделениям и службам;

– *вертикальном* – от нижнего уровня – средств КИПиА и исполнительных механизмов – до ERP-систем и аналитических приложений для высшего исполнительного руководства;

– *временном* – в течение всего ЖЦ активов.

4. Сдвиги в парадигме — к сбалансированному ТОРО, идентификации рисков и анализу возможностей сервиса. Основные принципы RCM/RBI и ремонтных политик по состоянию в перерабатывающих отраслях, как правило, стабильны, преемственны. За исключением подхода к плановым работам (ППР) и некоторых технологических аспектов CBM (PdM), последнее 10-летие они остаются практически неизменными при переходе от одной проблемы к другой.

Риски и потенциальные возможности улучшения эксплуатации являются факторами, определяющими приоритетность объектов технического обслуживания и ремонтов, отнесенную к категориям оборудования, классифицированного по уровням критичности (а также по классам опасности/критичности в терминах НЦП технологических объектов). Потребность в приоритизации, наряду с необходимостью поддержания постоянной готовности ПФ, исходит из того тривиального факта,

что разные виды оборудования и технических средств характеризуются различными скоростями развития дефектов и степенью аварийных угроз, последствиями инцидентов. Соответственно, они требуют неодинакового уровня в объемных показателях, сервиса и частоты ТОРО. В противном случае даже на самых прибыльных предприятиях РФ с высокой капиталоемкостью и ресурсоемкостью возникла бы потребность в непомерных объемах затрат и необходимость содержания и без того чрезмерно большого штата персонала.

Критический анализ возможностей — рациональное соотношение основных видов ТО и ремонтов. Одна из крайностей в палитре различных подходов к ТО — это «реактивное» обслуживание, обычно по факту отказа или поломки. Такое «обслуживание» (RTF, Run To Fail) — наработка до отказа, — еще довольно распространено в практике эксплуатации объектов российских предприятий с НЦП (НПЗ) и состоит в отсутствии каких-либо действий до момента аварии в работе с последующей простой фиксацией отказа и тяжести последствий инцидента. В современной концепции RCM/проактивного управления ПФ эта стратегия сводится к минимуму и для критического оборудования исключается, причем классическая организация ППР* рассматривается как устаревший подход. По мере достижения зрелости, традиционные схемы ТОРО компании замещаются комплексной стратегией анализа рисков функционального отказа, проактивного ТО и обслуживания по техническому состоянию с необходимыми элементами приоритизации. В основе ее лежит принцип *сбалансированности* — рациональное соотношение объемов планового/корректирующего/PdM — видов с CBM, которое определяется либо эмпирическим путем с использованием лучших практик ТОРО**, моделей надежности либо методами расчета стоимости жизненного цикла ПФ (LCC). Эволюция стратегий поддержания маневренности производств (agility) привела большинство ВИНК к пересмотру ряда целевых показателей, а именно — к экономически оправданному снижению доли корректирующего

* Планово-предупредительные работы. Методика, в которой профилактическое обслуживание, считающееся основным, использует среднее нормативное время наработки до поломки оборудования и предусматривает соответствующее ограниченные превентивные меры.

** Считавшееся ранее «идеальное» соотношение величин РМ/СМ для предприятий с НЦП порядка 5,5:1, с позиций RCM II также признается экономически и технически нерациональным (доля РМ более 70% свидетельствует о том, что плановые мероприятия выполняются чрезмерно часто и необоснованно жестко).

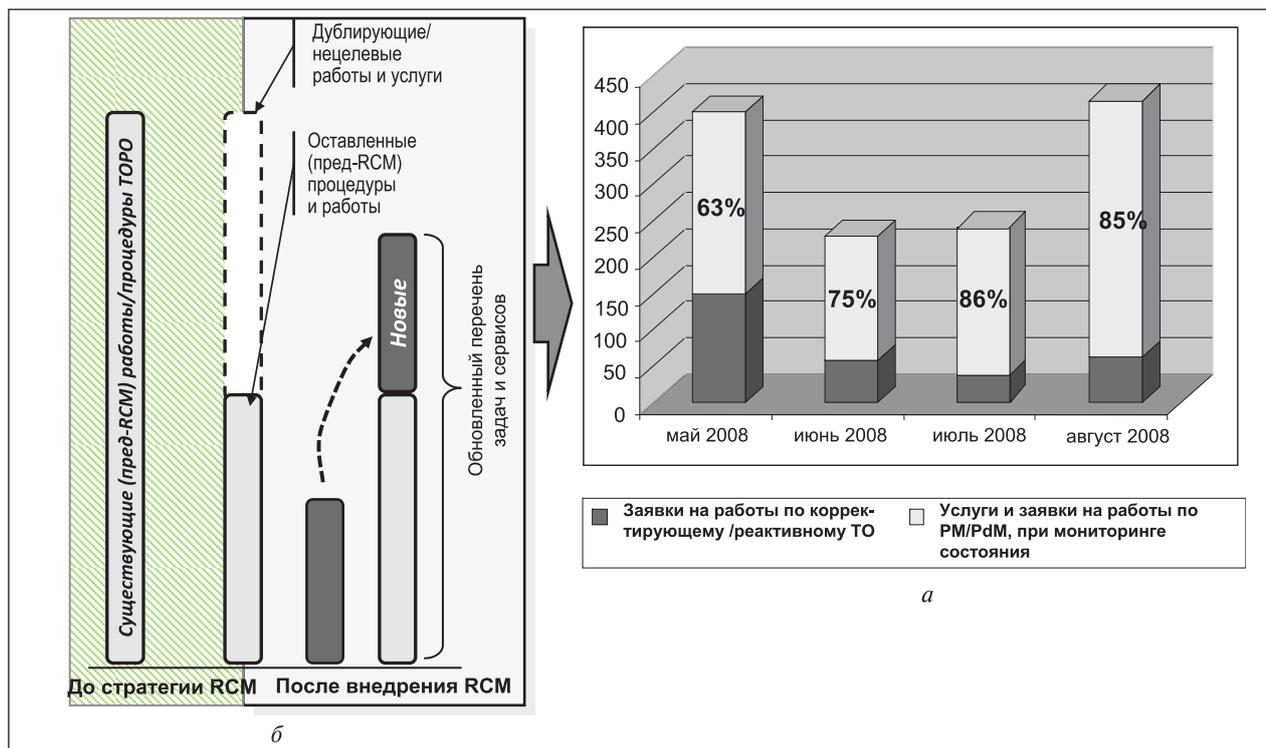


Рис. 5. Целевые ориентиры мировых ВИНК: а — доля упреждающих видов услуг (работ) ТОРО — не менее 80%; б — изменение объема и структуры комплекса работ и сервисов обслуживания при переходе к RCM

ТОРО (инвазивного РМ) до ~20–25% (рис. 5, а) и необходимости последовательного сокращения затрат в измененной структуре работ/сервисов в целом. Междисциплинарные команды компетенций в составе производителей и специалистов служб главного механика — ТОРО, центров диагностики посредством углубленного аудита или бенчмаркинга устанавливают необходимость устранения части ранних тактик ТО и добавления новых усовершенствованных регламентов/функциональных задач (рис. 5, б).

Некоторые аспекты выбора стратегии обслуживания и изменений рассмотрены ниже и в следующей статье цикла.

Пример упрощенного метода классификации оборудования по типам — периодичности ТО,

часто применяемого на первой фазе реализации АРМ-программы (начальном уровне развертывания методов ЕАМ — стадия «предRCM»), в соответствии с последствиями (степень критичности), приведен в табл. 1.

В данном простейшем случае, после обсуждения результатов обследования оборудования двух технологических установок было принято решение об оснащении датчиковой аппаратурой дополнительно 5 и 9% насосного оборудования с индексами критичности выше 4 и между 6 и 9, соответственно, для гарантированного поддержания готовности производственных мощностей. Остальное насосно-компрессорное оборудование технологических узлов цеха охвачено графиками регулярной (1–3 мес.) инспекции и

Табл. 1. Пример упрощенного подхода к определению Индекса критичности и частоты инспекции и/или ревизии результатов вибродиагностики НКО

Категория динамического оборудования (об/мин)	Уровень критичности (в терминах бизнеса)			Периодичность инспекций или анализа результатов мониторинга*
	незначительная потеря производительности	влияние на работу половины цеха	останов ТП, эффект «домино»	
Более 3500	3	6	9	1 месяц
1500–3500	2	3	6	2 месяца
Менее 1500	1	2	3	Квартал

* Параллельно решалась задача выборочного оснащения критического для производства динамического оборудования средствами ударно-импульсного анализа.

контроля, включая стендовые испытания подшипниковых узлов и техническую диагностику уплотнений оборудования. Подобные методы применялись на ряде зарубежных и отечественных (ООО «КИНЕФ», ОАО «ЛУКОЙЛ» и др.) предприятий нефтехимического комплекса.

Разумеется, это подход начального уровня, а действительно зрелая методология (парадигма) базируется на упомянутой выше глубокой таксономии оборудования и исследованиях первопричин. Полученные данные по срокам/критичности подлежат ревизии (модификация матриц, доработка иерархических классификаторов/регистров в базе данных ТОРО оборудования, уточнение структуры деревьев неисправностей) в ходе критического анализа скорости развития повреждения (вероятности достижения предаварийного уровня) определенного вида, степени опасности, вариационных рядов наработок к моменту и др. Все эти информационные массивы статистик необходимы для оценок операционных отклонений и рисков/потери производительности, частоты мониторинга/осмотров, времени ТО по дефекту и затрат на ликвидацию/ремонт.

Комбинированные методы — планово-диагностического ремонта (ПДР), эксплуатационного/технического обслуживания с оптимизированными сервисами, наборов профилактических и других работ и ТО разной интенсивности по фактическому состоянию оборудования, — имеют ряд особенностей. Они осуществляются на основе стандартных либо специальных технических регламентов (РД) и СТО. Формирование группы улучшенных сервисов и применение «безинструментального» корректирующего обслуживания осложнено тем, что состояние оборудования способно изменяться в широком и специфичном для каждого типа диапазоне со множеством характеристических профилей (паттернов) в условиях реальной эксплуатации. Согласно накопленным статистикам по шести типам разрушений, до 72% оборудования заводов испытывает ранний износ и случайное распределение отказов, и лишь 11% подчиняется предсказуемым, явным с позиций PdM закономерностям [11, 14]. Инциденты такого вида достаточно равномерно распределены по временной оси повреждений, что делает отказ слабо связанным с продолжительностью эксплуатации (наработки). Это весьма специфическая ситуация для оборудования сложного состава. С другой стороны, значительная доля инцидентов при традиционных подходах к ТОРО внезапных отказов динамических агрегатов, нагруженного сложного механического оборудования связаны с явлениями быстрых «спонтанных» нарастаний

повреждений. В сложных случаях, например, при амплитудных колебаниях (вибрации) трубопроводных обвязок, технологически сопряженных с насосно-компрессорным оборудованием [18, 19], применение РЭМ и других методов ранней идентификации докритических напряженно-деформированных состояний трубопровода, подверженного вибрации, усталостных разрушений, и оценки ресурса безопасной эксплуатации невозможно без усовершенствованной инструментальной поддержки. В результате точное определение оптимальных временных точек на профиле развития дефекта (известном также как латентное время до отказа или P-F-интервал) выполнения необходимых действий и процедур ТО (ПДР) в 2/3 случаев затруднено. При этом расчеты периодичности/графика принимаемых действий (по данным СМ, диагностики) должны основываться на понятии допустимой области* [20].

Указанный смешанный тип прогнозно-предупредительного ТО, в рамках расширенной методологии RCM II (включение четвертого элемента — «дефектного» обслуживания и др.) [14] стал возможным благодаря значительному прогрессу технологий непрерывного мониторинга и периодического анализа параметров текущего состояния. Прежде всего, это новый функционал, повышение производительности вычислительных средств и коммуникационные возможности современных PCY и SCADA; массовое внедрение «интеллектуальной» измерительно-датчиковой аппаратуры нового поколения [21], включая встраиваемые микросенсоры, а также распространение многоканальных мобильных измерительных средств неразрушающего контроля и видеомониторинга, и их сочетание. Данные новации предопределяют следующий логический шаг корпоративной программы EAM/APM: селективный подбор адекватных по функциональности/цене технологий и инструментов определения типов повреждений, средств мониторинга состояния оборудования по критериям:

- тип и сложность анализируемого узла/агрегата/системы;
- простота конструкции и внедрения как факторы, обуславливающие последующее корректное использование;
- технически устойчивые точные средства, не требующие серьезного ремонта;
- расширяемая функциональность в соответствии с растущими потребностями инспектирующего и инженерного персонала в будущем.

* Параметр, широко используем с начала 90-х гг. прошлого столетия. Основа методики, заложенной в продуктах класса Bently Nevada™ и др.

Сводный перечень и порядок рабочих процедур, workflow в системах Asset Strategy Management (AMS) обработки аварийных заданий, техник и средств предсказания, упреждения критических (предаварийных, аварийных) состояний, анализа нештатных ситуаций, подробно изложены в материалах консорциума Abnormal Situation Management.

5. Стартовые проекты. Сквозной бизнес-процесс и механизмы реализации схем ТОРО: структура сервисов и потоки работ в комплексной системе EAM-RCM. Последовательность реализации программ EAM в части создания заводских AMS обычно увязывают со степенью зрелости в сфере ТОРО. В качестве примера на рис. 6 приведен четырехуровневый шаблон зрелости обслуживания в редакции одного из основных игроков на рынке RCMO — компании Meridium (США).

Определение и развертывание стратегий. Самостоятельные либо включенные в состав пакетов EAM приложения ASM аккумулируют лучшие пути (стратегии) поддержания активных фондов с использованием подхода, базирующего на количественно определенных рисках. Через процедуру их валидации определяется

план действий и привлекаемые методики и опции [22].

Характерная для большинства лучших практик реализации ТОРО ВИНК RCM-оптимизация обслуживания и ремонтов в форме производственных сервисов предусматривает еще на стартовой фазе (этап I) системный подход.

а) Организацию элементов ТО и ремонтов в информационную систему, объединяющую такие средства и артефакты, как временные диаграммы, фотоснимки в видимой и инфракрасной областях спектра, результаты первичной диагностической обработки данных по дефектам, неисправностям в виде графиков, технологические карты и др.

б) Обзор процедур, данных с количественно охарактеризованными величинами надежности/корреляционные зависимости от уровней риска; формирование на этой основе портфеля (комбинаций) методов оценки рисков, типов и вероятности отказов, «живых» баз данных и знаний (пример — разработки базы знаний компании Infor/DataStream).

в) Первоначальное проведение разведки исторической информации из архивных баз данных, данных таблиц, диаграмм Парето и

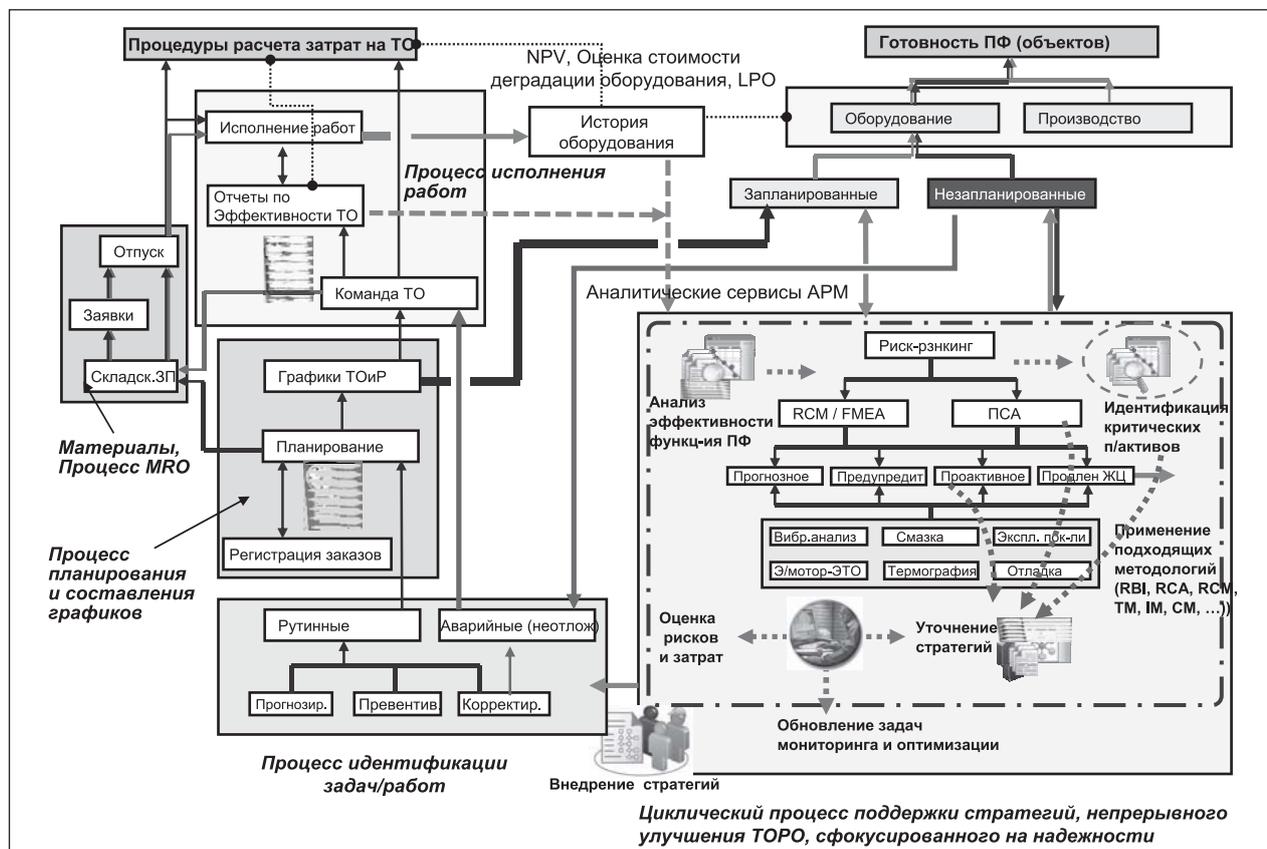


Рис. 6. Четырехуровневый шаблон зрелости обслуживания в редакции компании Meridium

причинно-следственного анализа в целях идентификации 12–15% наиболее проблемного оборудования, специфических возможностей по установкам в плане обоснования уровней надежности/готовности выполнения производственной программы (см. рис. 2).

Циркулирующие в ЕАМ данные относятся к происходящим производственным событиям и техническим аномалиям/инцидентам реального времени и соответствующим процедурам в системе. ИТ-сервисы их сбора и обработки осуществляются (инициализируются) при исполнении в разной степени автоматизированных бизнес-процессов ТОРО второго и третьего уровней. Поэтому на этапах I и II принципиальное значение имеет формат первоочередных проектов, нацеленных на внедрение системы управления *ТОРО базовой функциональности* (например, CMMS или система на ERP-платформе типа SAP PM).

Практика в Группе «ЛУКОЙЛ» еще раз подтвердила, что, не реализовав оперативный уровень управления ТОРО, невозможно говорить о полноценном управлении надежностью. К сожалению, на практике зачастую возникает иная ситуация — SAP PM (ТОРО) «внедрен» лишь формально: модуль используется только для укрупненного и весьма приблизительного планирования работ; фактические данные не соответствуют действительности. Как следствие — отторжение ПО-инструмента техническим персоналом, отсутствие статистики, которая необходима RCM, невозможность реализации стратегии ремонтов по состоянию. Пилотное внедрение технологий RBI/RCM рекомендуется начинать параллельно с указанными пакетами АСУ ТОРО начального уровня, но только при условии проработки и постоянного совершенствования стратегии *на основе накопленных статистик по фактическим данным*.

Под оперативным уровнем понимаются следующие базовые решения (неполный перечень компонентов и функций):

- детальная паспортизация оборудования;
- непротиворечивый и достоверный каталог материальных ценностей (ТМЦ), используемых для целей ТОРО, идентификация в системе имеющихся запасных частей на складах, автоматизированная обработка запросов (потребности) и выдача рекомендаций по текущим/среднесрочным запасам;
- планирование ремонтов по группам оборудования согласно регламентированной стратегии обслуживания и выбора оптимальных эксплуатационно-ремонтных циклов (далее со-

вершенствуется по мере реализации программы RBI/RCM);

- документирование и диспетчеризация всех видов работ: сценарии, процедуры с пошаговыми действиями (предупредительное обслуживание, внеплановые и плановые ремонты, осмотры, инспекции, диагностика, поверка и т.д.);

- фиксация результатов (фактически выполненные работы, использованные ТМЦ, показания приборов и датчиков, коды видов, причин и последствий отказов и т.д.);

- увязка с планами и регламентами пусков в эксплуатацию и остановов технологических узлов и оборудования.

Не менее важно, чтобы процедуры и тактика работ по обслуживанию были нацелены на операционное улучшение ТОРО и способствовали бы формированию потока инвестиций на инновации в управлении производственными активами — развитие ИТ-обеспечения систем АСУ ТОРО или CMMS. Они, в свою очередь, синергически поддерживают эти усовершенствования на постоянной основе.

Переход к этапу III — фокусировка на развитии PdM. Поскольку динамика износа или формирования дефекта зависит от стабильности режимов эксплуатации, PdM-решения по обслуживанию на основе прогнозирования предполагают апробацию наилучших методик для четкого установления уровня недоиспользования или превышения (проектной мощности, ресурсов и др.), либо оценки степени приближения к (пред)аварийному состоянию. Общей целью данного технологического подхода является *продление жизненного цикла* ПФ всех категорий, включая аппаратные средства АСУ путем раннего обнаружения («захвата») мониторинга динамики всех видов отклонений в работе, снижения ресурса и уровня безопасной эксплуатации (с классификацией, в том числе по стандартам ИСО/IEC — SIL-SIF, HAZOP). На данном этапе форсируется развитие ИТО распознавания и разрешения (ТО, восстановительные ремонты) функциональных проблем и контроля работы оборудования — методов и систем диагностики целостности, механизмов коррозионного других и видов повреждения и степени износа деталей оборудования, залипания клапанов и т.д., с помощью объективных индикаторов, либо обновленных критериев разрушения или неисправности.

Как один из дополнительных этапов реализации, предусматриваются онлайн-обработка операторских регистрационных листов с ограничениями по сигнализациям и последующая

Табл. 2. Развертывание стратегий по разделам ТРМ

Фаза/раздел программы ТРМ	Основные принципы (цели) в терминах бизнеса	Задачи и мероприятия
Оперативный ремонт	Сокращение времени ТОРО путем систематизации ремонтной деятельности Устранение любого проявления «хаоса»	Систематизация деятельности по ремонту, распределение ответственности Системная увязка взаимодействия технологического и обслуживающего персонала Оптимизация движения материальных средств и трудовых ресурсов Управление наличием запасных частей, материалами и приспособлений Полное восстановление оборудования
Обслуживание на основе прогнозов	Предупреждение поломки оборудования за счет упреждающего обслуживания Минимизация непроизводительных затрат	Сбор и обработка исходных данных о сроках службы оборудования Регистрация сведений об отказах оборудования, анализ статистики, пересмотр сроков службы Создание графиков мероприятий по обслуживанию Планирование ресурсов для обслуживания Анализ эффективности обслуживания и пересмотр планов
Корректирующее обслуживание	ТО, позволяющее модифицировать/усовершенствовать оборудование с целью снижения риска будущих поломок	Поиск скрытых неполадок/повреждений Определение истинных причин отказов Обозначение проблем, визуализация Точечные улучшения для повышения эффективности оборудования Восстановление и улучшение исходной функциональности и ремонтпригодности
Автономное и комбинированное обслуживание	Сквозной бизнес-процесс (интегрированные процессы) эксплуатации и обслуживания	Создание системы планового технического обслуживания операторами Изучение функций и конструкции эксплуатируемого оборудования Устранение любых загрязнений и других источников повреждений Внимание к мелким неполадкам и отклонениям Ежедневная (инструментальная) проверка и информирование о состоянии в ЕАМ Максимальный охват СВМ Введение квалификационных требований к операторам по выявлению причин неполадок
Непрерывное улучшение и командная работа	Постоянное совершенствование оборудования и обслуживания Успешное внедрение ТРМ возможно лишь в случае всеобщей вовлеченности персонала (рабочие группы – эффективный способ объединения персонала для решения общих задач)	Обучение и повышение квалификации операторов и ремонтников Создание системы управления разработкой и внедрением нового оборудования (LLC) Создание единой информационной среды системы ЕАМ, охраны труда и охраны окружающей среды Создание системы повышения эффективности работы управленческих и обслуживающих подразделений Интеллектуальное «обучение» на поломках Создание рабочих групп, отвечающих за исправность оборудования с включением как обслуживающего, так и эксплуатационного персонала Постановка четких целей; назначение лидера(ов) Создание системы мотивации и (способов) оценки результативности

интеграция модуля Alarm Management АСУТП установок в ЕАМ.

В ряде корпоративных решений компаний ТЭК, при масштабном развертывании программы ТРМ возможная некоторая перестановка этапов, например в части корректирующего обслуживания и PdM или управления движением запчастей [23] (табл. 2).

В соответствии с рассмотренными выше этапами и программой ТРМ, «живой» бизнес-процесс поддержания надежности и ТОРО, отображенный на рис. 6, состоит из:

- а) подпроцессов оперативного уровня управления;
- б) фазы определения стратегий по заданным категориям;

в) исполнения — внедрения и реализации стратегий ТОРО;

в) оценки эффективности/работоспособности ПФ;

г) ревизии стратегии — переоценки (внесения корректив) либо изменения стратегии;

д) контроля объема и затрат на выполнение компенсирующих мероприятий: изменения

технологического режима, технологической профилактики и/или ремонта (замены частей) оборудования по мере необходимости и критичности ситуации.

Одновременно при помощи CMMS оптимизируются инспекционные маршруты для минимизации затрат на обходы.

Литература

1. *Америк А. Б.* Методология комплексного оптимизационного управления основным производством на принципах коллективного контроля эффективности и сервисно-ориентированной архитектуры интегрированных нефтегазовых компаний // Теоретические и прикладные проблемы сервиса. — 2010. — № 3. — С. 23–33.
2. *Америк А. Б.* ИТ-решения для адаптивного НПЗ // iTime. — 2007. — № 4. — С. 16–20.
3. *Casto P.* Where and How to Apply Lean, Six Sigma & Theory of Constraints to Reliability and Maintenance // Advances in Maintenance — 2008. — V. 7. — N 9. — P. 19–22.
4. *Sullivan E., Sachs N.* Effective predictive maintenance management. — <http://www.plantservices.com/articles/2006/025.html?page=fullB>.
5. *Gitlow H.* An Introduction to Six Sigma Management. — <http://www.sixsigmai.com>.
6. *Герцбах И.* Теория надежности с приложениями к профилактическому обслуживанию // М.: Нефть и газ, 2003. — 263 с.
7. *Mather D.* The value of RCM // Plant Services. — 2008. — July. — P. 21–24.
8. *Moubray J. M.* Reliability-Centered Maintenance // Industrial Press. — N.Y. — 1992. — P. 231.
9. *Dunks B.* Next Generation of Dynamic Reliability Centered Maintenance // Plant Services. — 2007, May. — N 5. — P. 45–47. — <http://www.plantservices.com/articles/2007/100.html>.
10. *Nevsky A.* Using Business Common Sense to Improve Maintenance Practices // Мат. Круглого стола ТООИР «Оптимизация управления техническим обслуживанием и ремонтами в промышленных компаниях». Москва, 21 октября 2008 г. — 39 с.
11. Elevating Maintenance and Reliability Practices. The Financial Business Case // Uptime Magazine. — 2007. — V. 21. — Aug. 13. — P. 39–46.
12. *Shah M., Littlefield M.* Asset performance Management — Aligning the Goals of CFO's and Maintenance Managers // Aberdeen Group Rep. — November 2009. — 28 p. — www.aberdeen.com.
13. *Smith R.* 2006 RCM Reliability Centered maintenance and Asset Management World Practice Review by Industries // CMRP Report. — Dec. 2006 — 17 p.
14. *Moubray J. M.* Maintenance Management — A New Paradigm // Proc. of Aladon Ltd. — Detroit. — 1995. — 13 p.
15. *Peters R.W.* Measuring the True Value of Maintenance Activities // Proc. of The Maintenance Excellence Institute. — 2008 — 22 p. — www.PRIDE-in-Maintenance.com.
16. a. 2010 CMMS/EAM Review: CMMS/EAM software tackles today's toughest challenges // Plant Services W.P. — 2010. — 14 p. b. 2009 CMMS/EAM Review: Power up a winner // Ibid. — 2009. — http://www.plantservices.com/cmms_review/software_review.html.
17. *Thorman G.* Integrate the maintenance organization into the rest of the plant to achieve better reliability // Plant Services. — 2008. — <http://www.plantservices.com/articles/2008>.
18. *Махонькин Б. Н., Мухин С. В., Колмаков В. П. и др.* Мониторинг технического состояния — путь повышения безопасности оборудования // Химия и технология топлив и масел. — 2008. — № 2. — С. 17–20.
19. *Погодин В. К., Безделев В. В., Трутаев С. В. и др.* Разработка расчетно-экспериментальных методов оценки остаточного ресурса технологических трубопроводов и создание нормативной базы для увеличения межремонтного пробега // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 2005. — № 6. — С. 37–39.
20. *De Jong G.* 25 Years of Experience With Online Condition Monitoring at E.ON Benelux // ORBIT. — 2006. — V. 26. — N. 2. — P. 4–16.
21. *Kennedy S.* A new generation of sensors is poised to revolutionize predictive maintenance // Plant Services. — 2010. — <http://www.plantservices.com/articles/2007/243.html>.
22. *Soos S., Gurley M.* Balancing Risk Assessments to Improve Safety Decisions // Proc. 2009 NPRA Q&A Show Daily. — Oct. 9. 2009. — P. 9–10. — <http://www.apmadvisor.com/article.asp?id=169&elq=95a43979f498448a92249214e53374ee>.
23. *Итикава А., Такаги И., Такэбэ Ю. и др.* TPM в простом и доступном изложении // Пер. с яп. А. Н. Стерляжникова; под науч. ред. В. Е. Растимешина, Т. М. Куприяновой. — М.: РИА «Стандарты и качество». — 2008. — 128 с.

A. B. Amerik

Integrated Optimization Management of the Primary Enterprise on the Principles of Cooperative Performance Management and Service-oriented Architecture of Integrated Oil and Gas Companies**2. The Modern Concept and Practice of Effective Maintenance in Asset Management Systemst**

The modern tendencies in life cycle of physical assets management and production assets systems in fuel-and-energy companies are presented. In terms of processing and petrochemical enterprises the main elements of programs of asset efficiency management on the basis of global reliability concept are considered. The main principles and methodological approaches to risk-based inspection, maintenance on reliability, techniques of maintenance with prediction on the basis of condition monitoring are presented. The up-to-date business process view of and-to-end management of maintenance, based on reliability centered maintenance (RCM) is given.

Keywords: reliability, maintenance ability, failure risks, damages, maintenance, availability, accessibility of equipment, MTBF, MTTR of production asset management, life cycle, asset efficiency management.

Вниманию авторов!**Требования к оформлению и представлению материалов для публикации**

1. К статье должны быть приложены реферат (не более 10 строк) и список ключевых слов на русском и английском языках.

2. Объем статьи не должен превышать 15 страниц, включая таблицы, список литературы и подрисуночные подписи.

3. Материалы для публикации должны быть представлены в двух видах: текст, набранный в программе Microsoft Word на листах формата А4, распечатанный на принтере; дискета или компакт-диск с тем же текстом (файлы формата DOC или RTF), можно также прислать статью по электронной почте. Рисунки представляются в формате EPS или TIFF (300 dpi, CMYK или grayscale), за исключением рисунков, сделанных в программах Microsoft Office (Excel, Visio, PowerPoint и т. д.), которые представляются в оригинале.

4. Текст статьи должен быть распечатан в двух экземплярах через два интервала на белой бумаге формата А4. Слева необходимо оставлять поля шириной 4–5 см. Страницы должны быть пронумерованы.

5. Графическая информация представляется в черно-белом виде (за исключением фотографий). Дублирование данных в тексте, таблицах и графиках недопустимо.

6. Графический материал должен быть выполнен четко, в формате, обеспечивающем ясность всех деталей. Обозначение осей координат, цифры и буквы должны быть ясными и четкими. Необходимо обеспечить полное соответствие текста, подписей к рисункам и надписей на них.

7. Простые формулы следует набирать как обычный текст, более сложные — с использованием редактора формул программы MS Word. Нумеровать нужно формулы, на которые имеются ссылки в тексте. В то же время нежелательно набирать формулы или величины, располагающиеся среди текста, с помощью редактора формул.

8. При выборе единиц измерения необходимо придерживаться Международной системы единиц СИ.

9. Список литературы приводится в конце рукописи на отдельном листе, в тексте указываются только номера ссылок в квадратных скобках, например [2]. Оформление библиографии должно соответствовать ГОСТ 7.1–76.

10. В начале статьи нужно указать полное название учреждения, в котором выполнена работа. Статья должна быть подписана всеми авторами.

11. К статье должны быть приложены следующие сведения: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы, а также полный почтовый адрес (с индексом), адрес e-mail и номера телефонов каждого автора, нужно указать также адрес для переписки и контактный телефон.

Оценка эффективности использования устройств контроля притока при моделировании морского нефтяного месторождения на начальной стадии разработки

Е. Ю. Голиченко, А. М. Семенов
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Целью работы является разработка методики моделирования, позволяющей оценить эффективность применения технологии Inflow Control Device (ICD) при полномасштабном моделировании гипотетического морского месторождения на начальном этапе разработки и достаточной статистической обеспеченности. Приводится описание разработанной методики, а также результаты гидродинамического моделирования в программных пакетах ECLIPSE (Shlumberger) и VIP (Landmark) применительно к условиям ряда шельфовых нефтяных месторождений.

Ключевые слова: ICD, устройство контроля притока, моделирование.

Освоение морских нефтяных месторождений связано с рядом особенностей, отличающих их от сухопутных месторождений. В первую очередь, эти особенности обусловлены тем обстоятельством, что разработка морского месторождения требует крупных капиталовложений в строительство стационарного основания, которое рассчитано на определенный фонд скважин и имеет ограниченный срок эксплуатации.

Вследствие этого утвержденный коэффициент нефтеизвлечения должен быть достигнут за сравнительно короткий период разработки небольшим фондом скважин.

В этих условиях к системе разработки морского месторождения, включая начальный период, предъявляются жесткие требования по обеспечению интенсивных темпов добычи нефти, а также дальнейшее поддержание высоких темпов отбора нефти.

Поэтому для повышения степени дренирования пласта малым эксплуатационным фондом применяются скважины с большой длиной горизонтального ствола, основным преимуществом которых является, как известно, многократное увеличение площади фильтрации флюида к горизонтальному стволу, и следовательно, повышение их производительности в несколько раз [1].

Однако разработка месторождений горизонтальными скважинами при жестком водонапорном режиме (или наличии активного водоносного горизонта) осложнена проблемами, связанными с преждевременными прорывами воды в скважину. Образование конусов воды, возникающих вследствие неоднородного распределения коллекторских свойств пласта или эффектов трения в стволе горизонтальной скважины при высоких

дебитах (свыше 1 м³/сут/м), приводит к падению продуктивности скважины, уменьшению времени ее эксплуатации и снижению объема извлекаемых запасов нефти.

Выбор системы заканчивания скважины при риске прорыва воды также является крайне важной задачей. Для повышения эффективности эксплуатации горизонтальной скважины и обеспечения равномерной выработки пласта в течение длительного периода необходимо управление притоком вдоль ствола скважины. В настоящее время существуют различные технологии, позволяющие регулировать приток в различные секции ствола на основании данных о профиле притока. Одним из способов управления притоком является саморегуляция потока за счет конструктивных особенностей оборудования заканчивания горизонтальной части ствола скважины. Данная технология получила название Inflow Control Device (ICD) – устройство для контроля притока.

С начала 90-х годов прошлого века ICD успешно применяется на различных месторождениях по всему миру. Мировой опыт применения ICD демонстрирует, что данная технология эффективна, т.е. позволяет увеличить накопленную добычу нефти в следующих условиях:

- разработка маломощных высокопроницаемых пластов длинными горизонтальными стволами ($((k_r/k_b)(h/L) \leq 0,1$, где h — мощность пласта, L — длина скважины, k_b/k_r — показатель анизотропии);
- наличие в пласте газовой шапки/подожвенной воды;
- высокая разность в подвижностях нефти и газа/воды: отношение подвижностей $M_{г/в} > 10$ [2, 3].

Однако при высокой степени неоднородности распределения проницаемости пласта, значительных расстояниях между проектными скважинами и большом уровне неопределенности в исходной информации для месторождения, разбуренного лишь несколькими разведочными скважинами, требуются дополнительные исследования целесообразности использования ICD. В работе [4] приведены результаты моделирования многоствольной скважины в среде ECLIPSE для двух вариантов — скважина неуправляема или оборудована ICD для небольшого участка пласта при пяти стохастических реализациях распределения проницаемости. Получен положительный результат применения ICD, но авторы отмечают, что статистика (5 реализаций) явно недостаточна для окончательных выводов.

Целью данной работы являлась разработка методики моделирования, позволяющей оценить эффективность применения ICD при полномасштабном моделировании гипотетического морского месторождения на начальном этапе разработки и достаточной статистической обеспеченности (порядка 100 реализаций проницаемости).

Оборудование для контроля притока можно считать эффективным, если оно позволяет увеличить накопленную добычу нефти за период работы скважины и тем самым обеспечивает получение прибыли, окупающей затраты на установку и эксплуатацию ICD [3].

Адекватное описание моделирования ICD появилось в программном пакете ECLIPSE, начиная с версии 2005a, и связано с использованием ключевого слова WSEGSICD. На момент начала данной работы у авторов отсутствовала вышеупомянутая версия ECLIPSE, поэтому использовалось приближенное описание действия ICD, а моделирование проводилось в программной среде VIP (Landmark).

Принцип действия ICD заключается в том, что за счет конструкции устройство оказывает сопротивление потоку, зависящее от его величины. Дополнительное сопротивление приводит к выравниванию профиля притока в горизонтальный ствол и, несмотря на снижение продуктивности из-за появления дополнительного перепада давления на устройстве, обеспечивает лучшую выработку пласта за счет увеличения времени прорыва воды в скважину и снижения обводненности после прорыва.

Максимальный положительный эффект от применения ICD наблюдается в горизонтальных скважинах, пересекающих участок с высокой проницаемостью. В таких случаях ICD позволяет

увеличить время прорыва воды по суперколлектору или трещине, а также снизить динамику роста обводненности. При размещении ствола скважины в однородной области продуктивного пласта, без пересечения области суперколлектора, наблюдается незначительный или отрицательный эффект от применения ICD.

Таким образом, применение ICD для выравнивания притока в однородных коллекторах эффективно при высокой (более 1000 мД) проницаемости коллектора. Для средне- и низкопроницаемых коллекторов (< 100 мД), при малой неоднородности пласта (соотношение максимальной и минимальной латеральной проницаемости $k_{Lmax}/k_{Lmin} \leq 0,1$) устройство контроля притока будет оказывать одинаковое сопротивление вдоль всего ствола, т.е. его применение в данных условиях нецелесообразно [2].

После бурения ствола скважины и проведения геофизических исследований производится «настройка» секций ICD. Для 600-метрового горизонтального ствола предполагается использовать ICD с тринадцатью 46-метровыми секциями. «Настройка» заключается в увеличении гидравлического сопротивления секций, находящихся в высокопроницаемых участках продуктивного пласта. После этого ICD размещается в стволе скважины и «перенастроить» его уже невозможно.

Для месторождений, имеющих длительную историю разработки, и, соответственно, большой объем информации о фильтрационных свойствах пластов (например, норвежские месторождения Troll и Grane, где ICD устанавливались после многих лет эксплуатации) такой подход, как правило, приводит к успеху [5].

Но в случае месторождения без истории разработки, важнейший параметр для настройки ICD — распределение проницаемости — может быть получен в результате анализа результатов проведения геофизического исследования (ГИС) только на небольших (метры, в лучшем случае — десятки метров) расстояниях от ствола скважины. При этом характерные расстояния от нагнетательной скважины (наиболее вероятного источника обводнения) до добывающей скважины составляют около 1000 м. Распределение проницаемости на таких расстояниях в геологической и, соответственно, фильтрационной моделях данного месторождения определено, в основном, по исследованиям керна и результатам ГИС нескольких разведочных скважин (рис. 1).

Единственный источник информации о распределении проницаемости на таких рас-

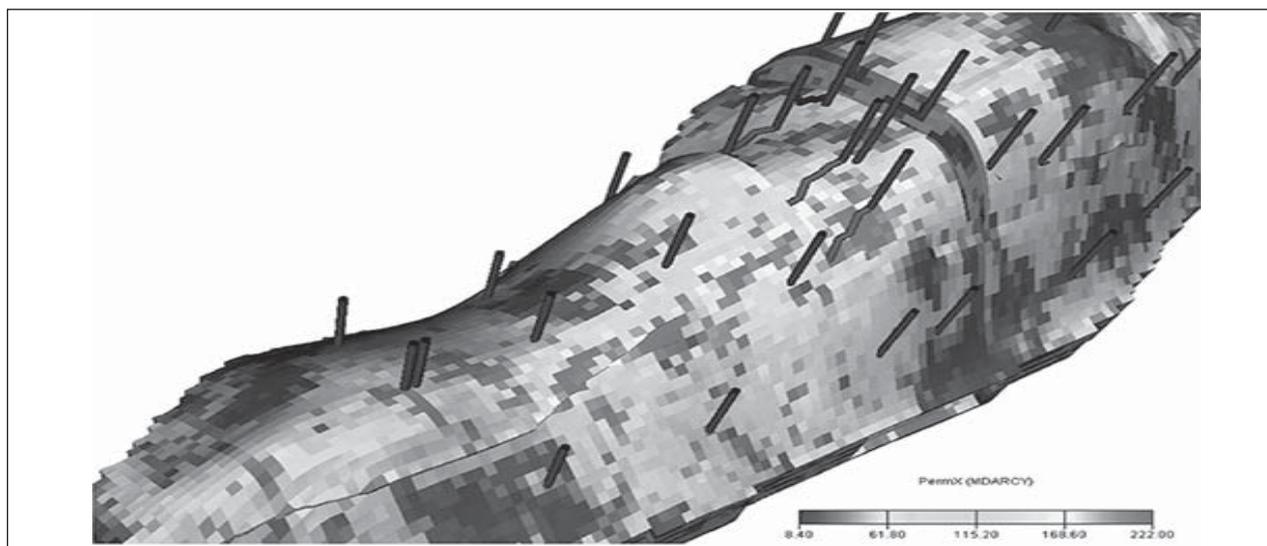


Рис. 1. Распределение латеральной проницаемости в фильтрационной модели месторождения

стояниях — вариограмма проницаемости (рис. 2) показывает диапазон роста изменчивости, равный 600 м.

Для моделирования эффективности использования ICD при столь малом объеме информации о фильтрационных свойствах продуктивного пласта был использован набор из 100 стохастических реализаций проницаемости в небольшом сегменте фильтрационной модели с измельченной сеткой, содержащем одну нагнетательную и две добывающие скважины (рис. 3). При этом для сохранения реальных, зависящих от времени граничных условий, расчеты проводили на полномасштабной модели всего месторождения.

Коэффициенты измельчения сетки (refine 2×2×8) выбирали исходя из геометрических характеристик модели. Размер прямоугольной

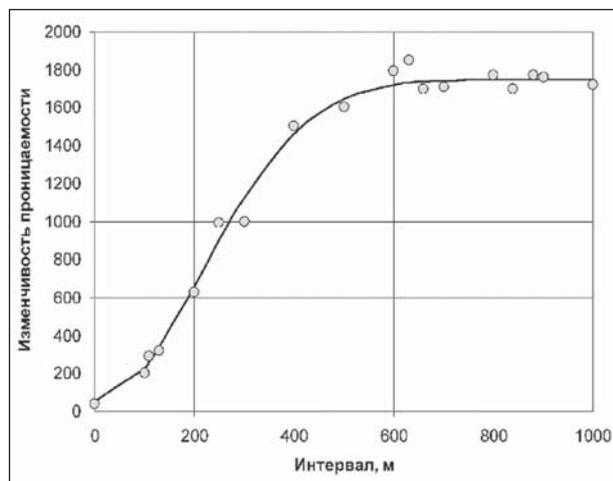


Рис. 2. Всенаправленная вариограмма латеральной проницаемости по результатам исследований ядра (191 пара точек)

ячейки одного слоя восьмислойной модели 100×100×(6–12) м был уменьшен в плоскости до размеров одной секции ICD — 50 м, а по толщине — до величины ~1 м.

Распределение проницаемости по горизонтальному стволу проектной скважины PHS1, полученное из результатов исследования ядра расположенной рядом разведочной скважины №3, показано на рис. 4.

Следует отметить, что если в фильтрационной модели (рис. 1) максимальная проницаемость не превышает 250 мД, то в распределении проницаемости по ядру (рис. 4) встречаются значения 300, 400 и даже 500 мД. Это редко встречающиеся участки суперколлекторов, которые не вошли в усредненное описание геологической и фильтрационной моделей. Однако они имеют большое значение при моделировании эффективности использования ICD, поскольку именно на подобных участках применение устройств контроля притока дает максимальный эффект.

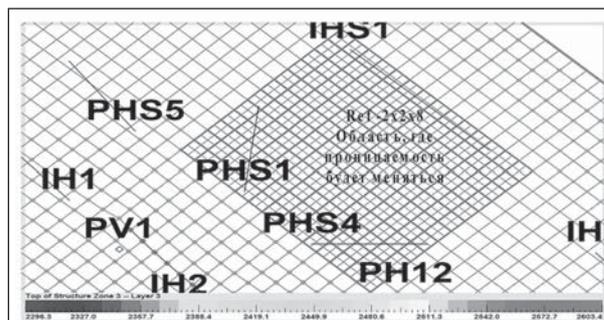


Рис. 3. Сегмент для моделирования стохастических реализаций проницаемости

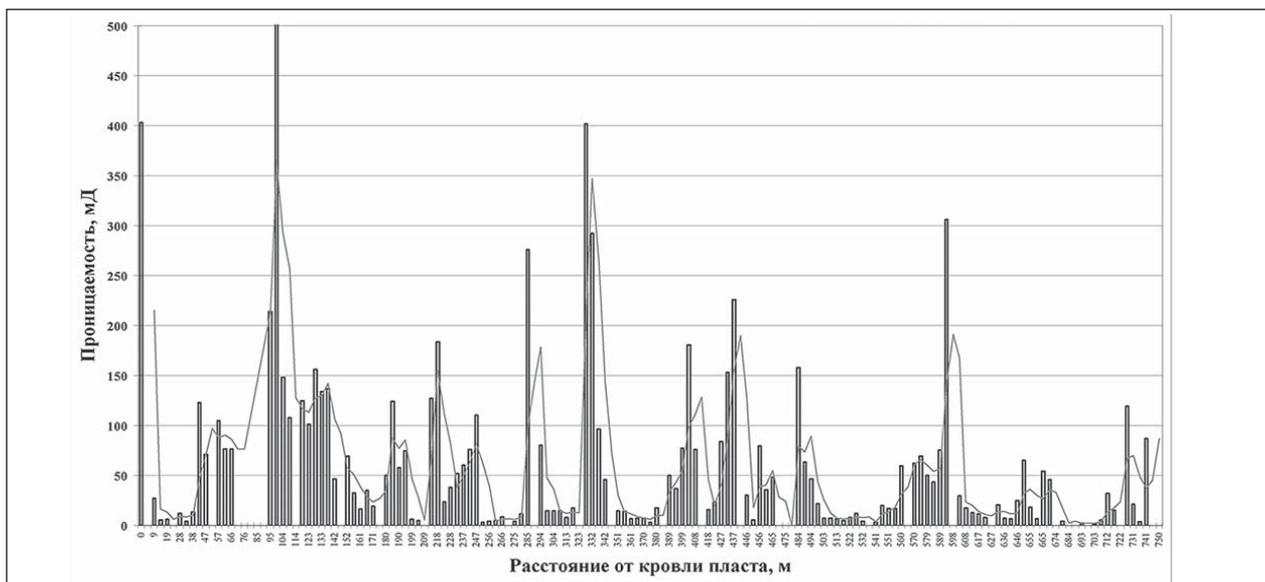


Рис. 4. Распределение проницаемости по горизонтальному стволу проектной скважины PHS1

На рис. 5 представлено распределение проницаемости после интегрирования по глубине.

Анализ этого распределения с помощью программного пакета Statistic показал, что оно лучше всего описывается гамма-функцией второго порядка. На рис. 6 приведена реализация распределения проницаемости по горизонтальному стволу проектной скважины PHS1, полученная стандартной в методах Монте-Карло симуляцией Г-функции.

После моделирования 1000 реализаций таких распределений и проведения их свертки по глубине, было получено статистическое распределение, представленное на рис. 7.

Приведенное в табл. 1 сравнение основных статистических характеристик распределения, полученного в результате анализа керна и моделирования, показывает, что в пределах ошибки они практически совпадают.

Для того, чтобы реализации проницаемости пласта в моделируемом блоке модели соответствовали экспериментально полученной вариограмме (рис. 2), применяли алгоритм статистической отбраковки, основанный на нескольких алгоритмах, описанных в [6, 7].

Представленная на рис. 8 вариограмма проницаемости, полученная по 100 реализациям, совпадает с экспериментальной вариограммой в пределах статистических ошибок.

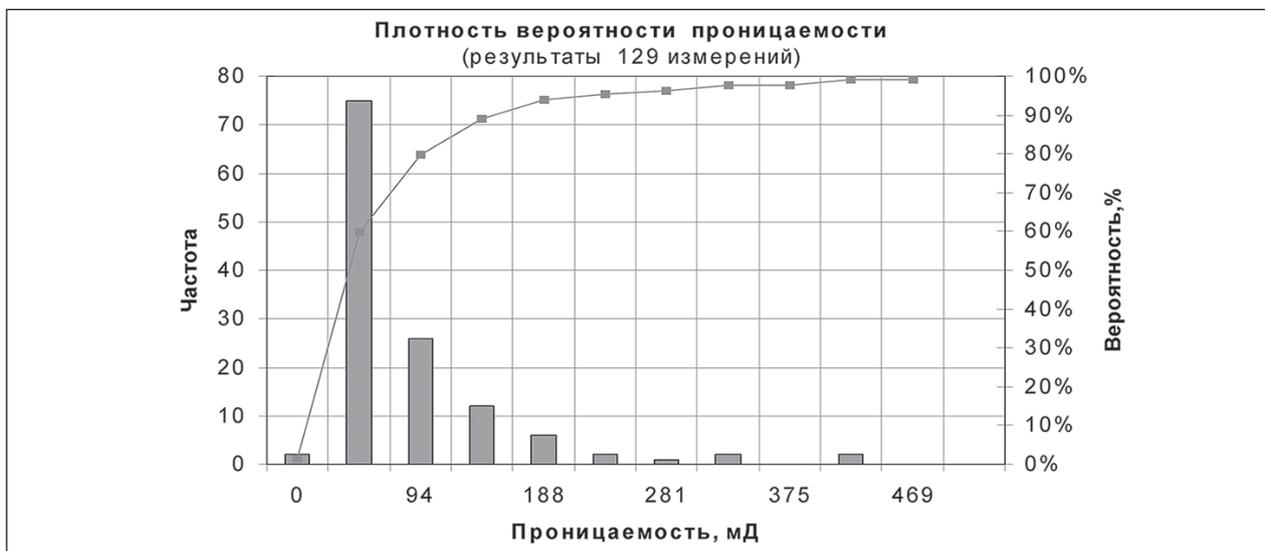


Рис. 5. Распределение проницаемости по результатам исследований керна

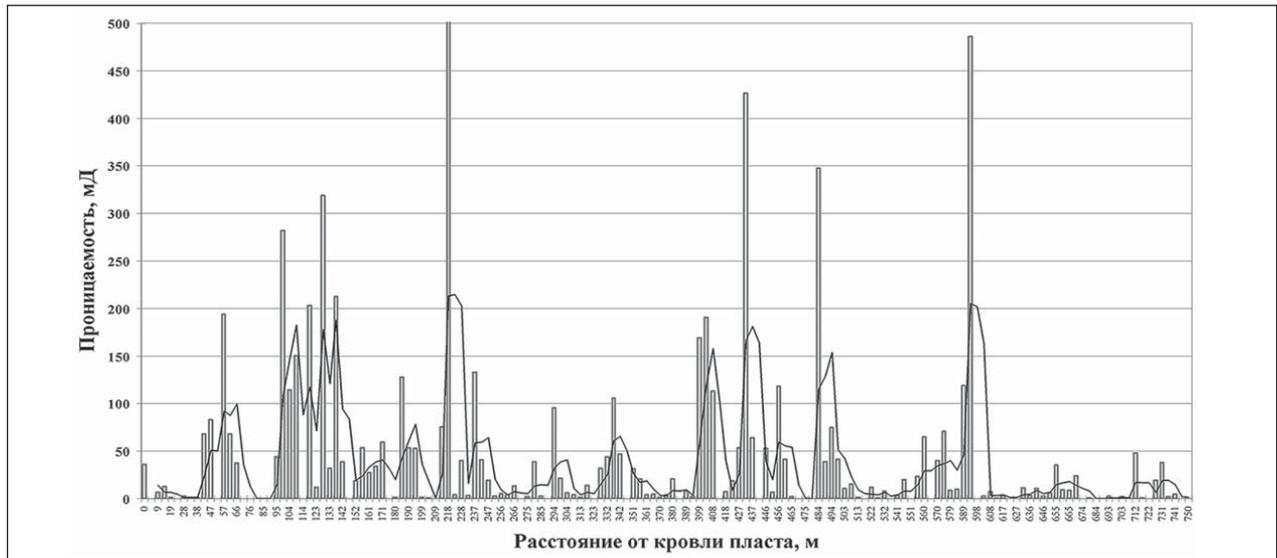


Рис. 6. Реализация проницаемости вдоль горизонтального ствола проектной скважины PHS1, полученная моделированием Г-функции второго порядка

Расчеты проводили при неизменной фильтрационной модели, за исключением блока, содержащего проектные добывающие скважины PHS1, PHS4 и нагнетательную скважину IHS1 (рис. 9).

В блоке, выбранном для оценки эффективности ICD, были получены 100 реализаций проницаемости, для каждой из которых проводили расчет динамики разработки всего месторождения (рис. 10–13).

«Настройка» ICD производилась по единственной реализации проницаемости в ячейках, содержащих ствол скважины (размер ячейки в плоскости ~50 м) и сохранялась постоянной для всего набора реализаций, как и распределение проницаемости в этих ячейках.

Расчет динамики разработки производится по двум вариантам для каждой случайной реализации:

1. Скважины PHS1и PHS4 не оборудованы ICD;
2. В описание модели ствола скважин PHS1 и PHS4 добавлено распределение дополнительного фильтрационного сопротивления, компенсирующего распределение проницаемости в ячейках, содержащих ствол скважины (произведена «настройка» ICD), а для компенсации этого сопротивления на 10% увеличено забойное давление нагнетательных скважин.

Описание ICD в модели приближенное — для увеличения фильтрационного сопротивления на

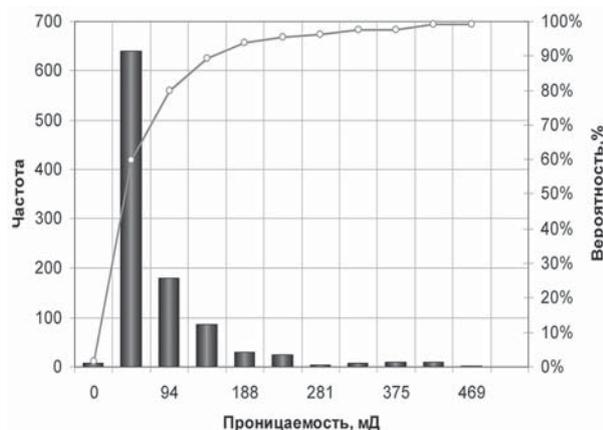


Рис. 7. Распределение проницаемости, полученное моделированием 1000 реализаций Г-функции второго порядка

Табл. 1. Параметры распределения, полученного из анализа керна и моделирования

Показатель	Анализ керна	Моделирование
Среднее	61,56	59,64
Стандартная ошибка	7,51	6,40
Медиана	29,40	22,17
Стандартное отклонение	85,34	91,89
Дисперсия выборки	7282,79	8443,80
Экссесс	9,40	11,38
Асимметричность	2,78	3,04
Интервал	515,99	516,04
Минимум	0,01	0,00
Максимум	516,00	516,04
Сумма	7940,73	
Счет	129,00	1000

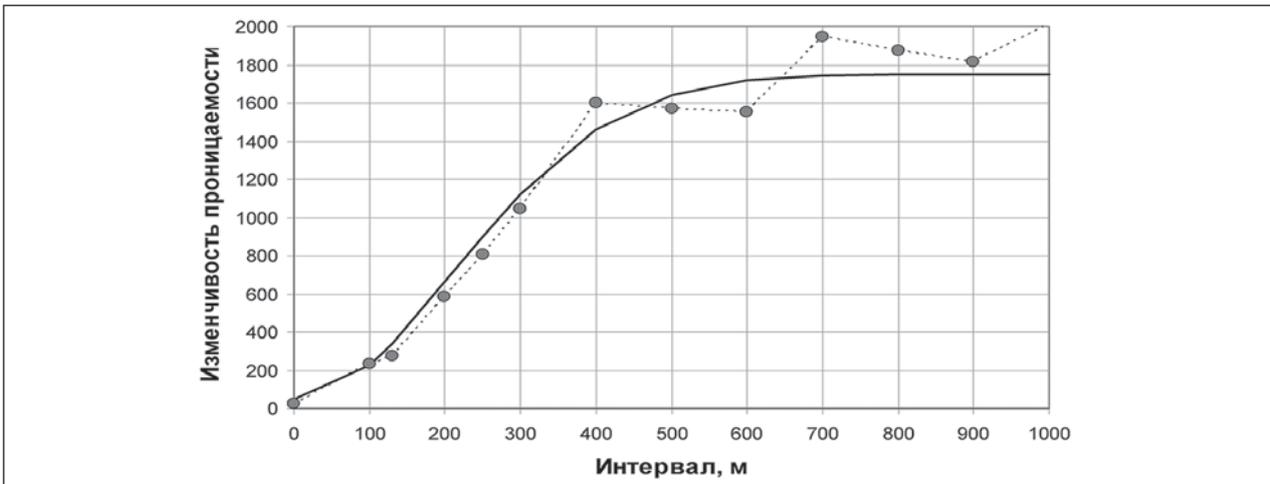


Рис. 8. Вариограмма проницаемости для смоделированных реализаций

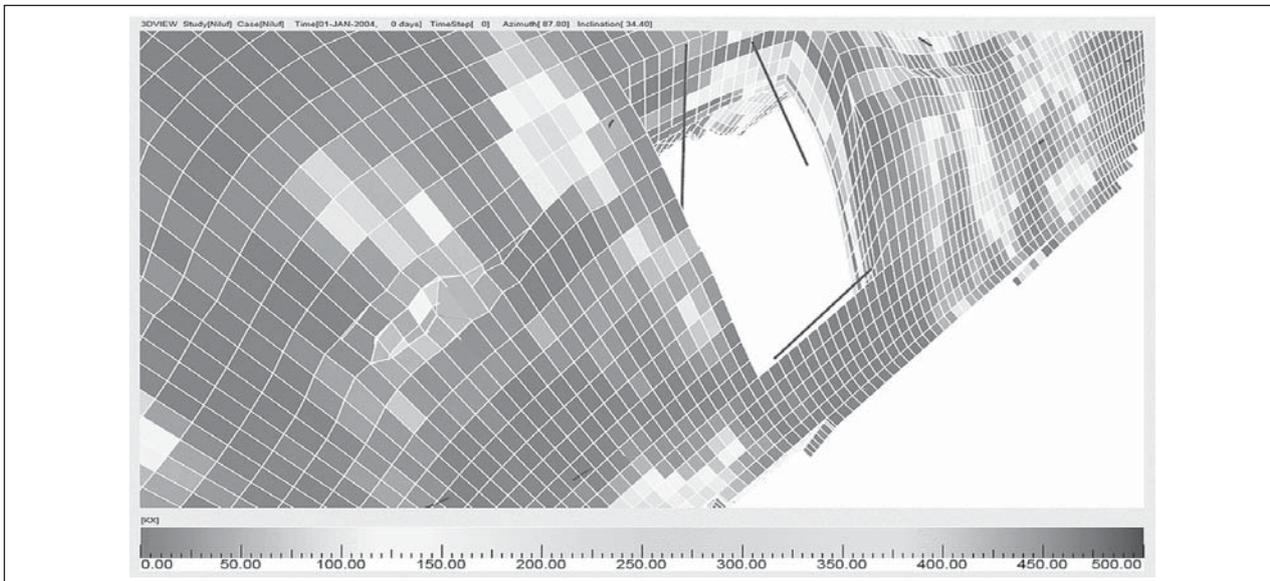


Рис. 9. 3D распределение проницаемости модели, за исключением блока с измельченной сеткой

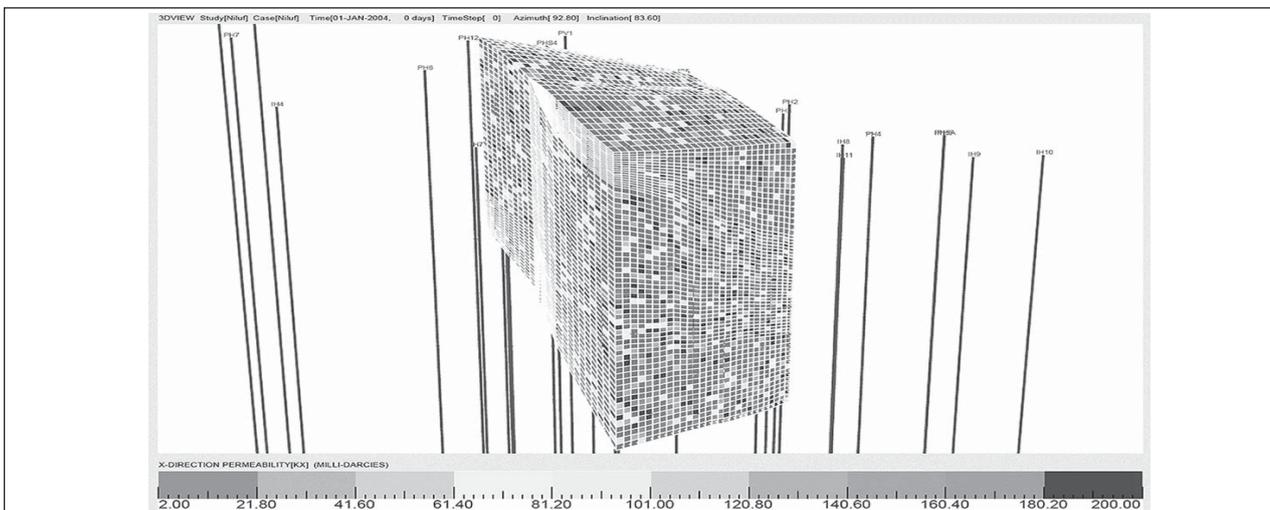


Рис. 10. 3D распределение проницаемости в одной из реализаций блока с измельченной сеткой

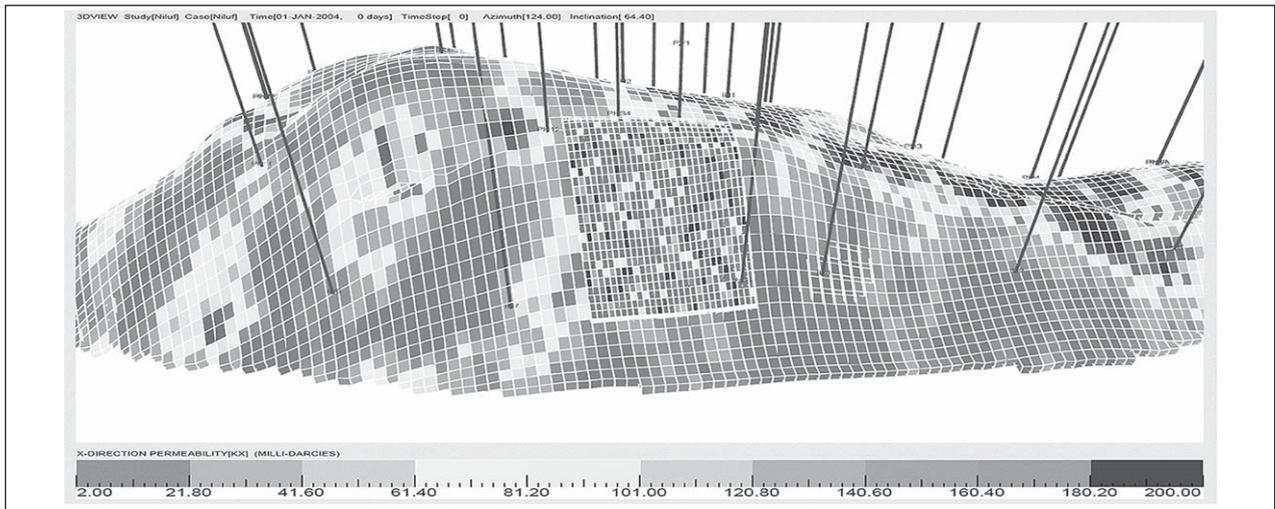


Рис. 11. 3D распределение проницаемости в одной из реализаций полной модели месторождения

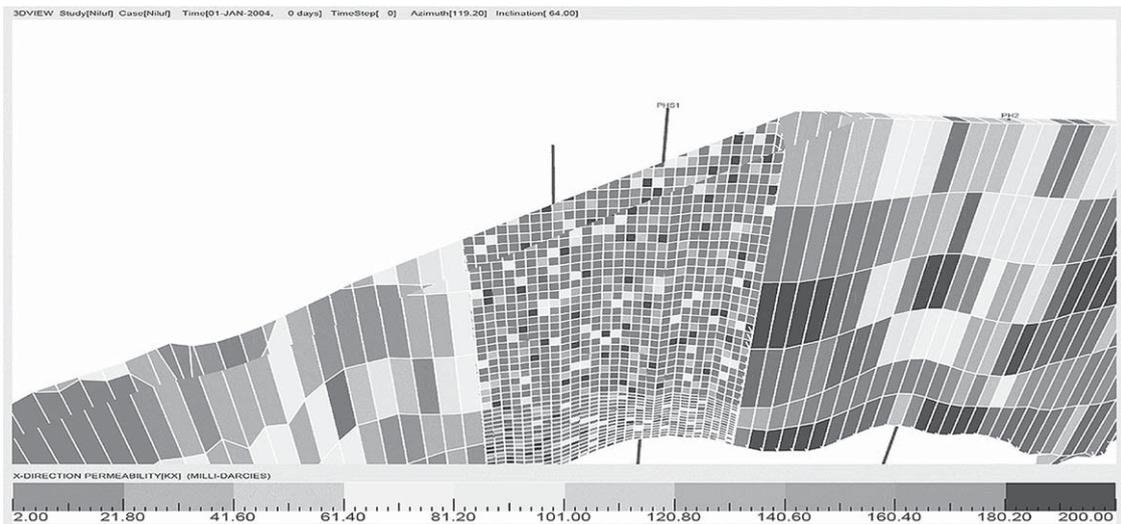


Рис. 12. Сечение 3D распределения проницаемости в одной из реализаций полной модели месторождения по линии проектных скважин PHS1 и PHS4

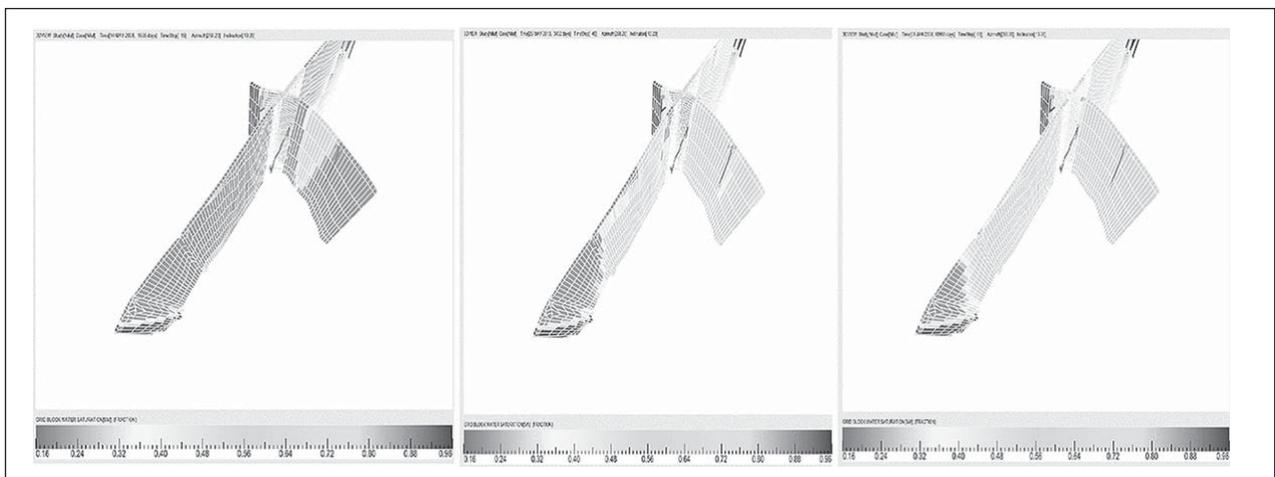


Рис. 13. Сечение 3D распределения водонасыщенности модели через 10, 20 и 30 лет разработки

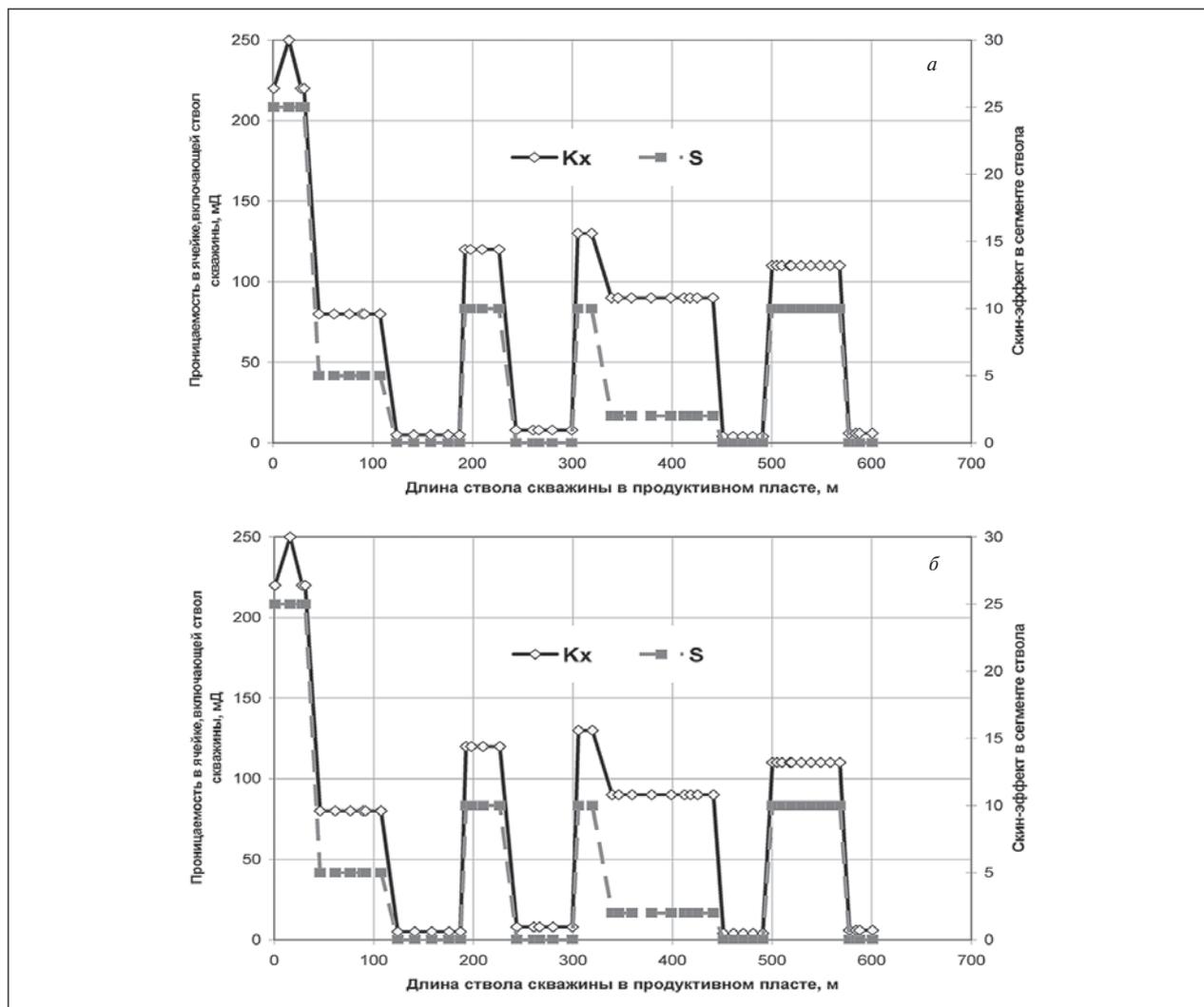


Рис. 14. Распределение проницаемости и скин-фактора в ячейках, содержащих ствол скважины: а – PHS1; б – PHS4

различных участках ствола используется скин-фактор S (рис. 14, а и б).

Эффективность применения ICD при эксплуатации данных скважин можно оценить, произведя статистический анализ свойств распределений величины

$$\Delta Q_{\Sigma} = Q_{\Sigma}^2 - Q_{\Sigma}^1,$$

где Q_{Σ}^2 — накопленный за 10 лет разработки отбор нефти для варианта 2 (используется ICD); Q_{Σ}^1 — накопленный за 10 лет разработки отбор нефти для варианта 1 (без использования ICD).

Распределения величин ΔQ_{Σ} для скважин PHS1 и PHS4 приведены на рис. 15, а и б.

Полученные распределения, как и большинство случайных величин, встречающихся в природе и в численных экспериментах, по форме близки к Гауссовым. Их основные статистические характеристики представлены в табл. 2.

Таким образом, полученный в результате моделирования 100 реализаций распределения проницаемости в межскважинном пространстве положительный эффект от применения ICD для скважины PHS1, также как и отрицательный

Табл. 2. Характеристики распределения величины ΔQ_{Σ} , тыс. м³ для скважин PHS1 и PHS4

Характеристики распределения ΔQ_{Σ}	Значение, тыс. м ³ , для скважины	
	PHS1	PHS4
Среднее	2,01	-1,81
Стандартная ошибка	2,36	1,97
Медиана	1,82	-2,87
Стандартное отклонение	23,60	19,68
Минимум	-65,15	-44,48
Максимум	56,46	60,14
Счет	100	100

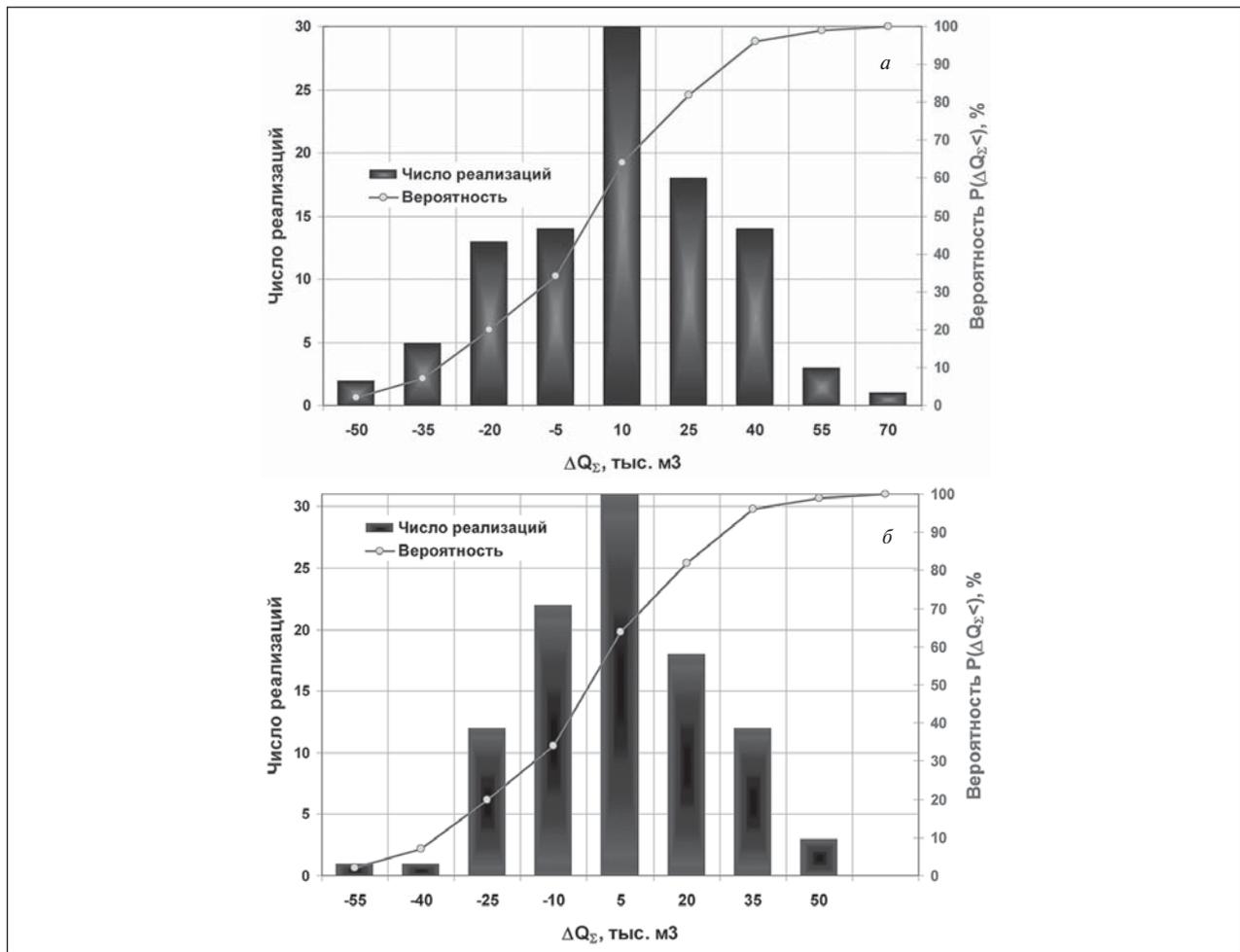


Рис. 15. Распределение величины DQS для скважины: а — PHS1; б — PHS4

средний эффект для скважины PHS4 находится в пределах статистической точности расчетов – стандартная ошибка превышает величину среднего значения. Кроме высокой степени неопределенности в свойствах продуктивного пласта на начальной стадии разработки, столь значительный разброс величины ΔQ_2 (от –65 до +60 тыс. м³ нефти за 10 лет разработки) может

быть вызван неточностью имитации работы ICD в процессе моделирования — описание дополнительно вводимого сопротивления через скин-эффект недостаточно корректно.

В связи с этим, необходимо провести аналогичную серию расчетов, используя максимально корректное описание взаимодействия устройства контроля притока с пластовыми флюидами на разных стадиях разработки [8].

Литература

1. Алхимов Р. Г., Семенов А. М., Чернов Ю. Я. Способ разработки морского нефтяного месторождения // Освоение морских нефтегазовых месторождений: состояние, проблемы и перспективы: Сб. науч. трудов. — М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2008. — С. 94–102.
2. Alkhelaiwi F. T., Davies D. R. Inflow Control Devices: Application and Value Qualification of a Developing Technology. — SPE 108700. — 2007.
3. Антоненко Д. А., Мундрыгин Р. В., Хатмуллина Е. И. Оценка эффективности применения оборудования для контроля притока в горизонтальных скважинах // Нефтяное хозяйство. — 2007. — №11. — С. 84–87.
4. Yeten B., Durlofsky L. J., Aziz K. Optimization of Smart Well Control // SPE 79031. — 2002.
5. Henriksen K. H., Gule E. I., Augustine J. Case Study: The Application of Inflow Control Devices in the Troll Oil Field // SPE 100308. — 2006.

6. Ермаков С. М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. — М.: Наука, 1975.
7. Казаков В. А. Метод Монте-Карло в квантовой теории поля: эксперимент без ускорителя. Эксперимент на дисплее. — М.: Наука, 1989.
8. Galimzyanov A., Golichenko E., Ostrowski L., et al. Advances in Modeling of Passive Inflow Control Devices Help Optimizing Horizontal Well Completions, (Abstract). — SPE Russian Oil & Gas. — 2010.

E. Yu. Golichenko, A. M. Semenov

Assessment of Efficiency of Inflow Control Devices Application at Modeling of Marine Oil Field at the Initial Stage of Development

A target of the work is development of modeling technique, which enables to estimate the efficiency of inflow control device (ICD) application at full-scale modeling of hypothetical marine oil field at the initial stage of development and sufficient statistical supportability. The description of the developed technique and the results of hydrodynamic modeling in software package ECLIPSE (Shlumberger) and VIP (Landmark) as applied to a number of offshore oil fields are presented.

Keywords: ICD, inflow control device, modeling.

Вниманию специалистов!

С. В. Дейнеко

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ: ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

В лабораторном практикуме рассматриваются модели расчета надежности технологических элементов газонефтепроводов. Представлены основные этапы построения моделей и этапы компьютерного моделирования для решения задач оценки надежности.

Приводятся описание и примеры использования методов компьютерного моделирования для решения инженерных задач надежности в среде Excel.

Построение моделей объектов проводится на основе реальных статистических данных.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и для инженерно-технического персонала, связанного с оценкой эксплуатационной надежности газонефтепроводов.

М.: Издательство «Техника», 2007. — 80 с.

С. В. Дейнеко

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ

В сборнике рассматриваются практические задачи оценки надежности объектов систем газонефтепроводов на стадии эксплуатации. В задачах используются конструкции реальных объектов и реальные статистические данные. Рассмотрены основные этапы и особенности построения структурных моделей – схем надежности систем газонефтепроводов, а также задачи, связанные с обработкой статистической информации о наработках на отказ и построением вариационных рядов. Заключительным этапом расчетов является количественная оценка надежности систем газонефтепроводов на основе построения структурных схем. Приводится решение задач.

Сборник задач предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и для инженерно-технического персонала, связанного с оценкой эксплуатационной надежности газонефтепроводов.

М.: Издательство «Техника», 2007. — 80 с.

Мембранная очистка воды от нефтепродуктов

И. А. Буртная, Д. В. Литвиненко
 Национальный технический университет Украины
 «Киевский политехнический институт»,
 Институт проблем информатики (Украина)

Предложен метод очистки воды от нефтепродуктов с использованием мембранной технологии. Приведены принципиальные схемы первапорационных установок. Выявлено, что необходимая степень очистки воды определяется температурой и продолжительностью процесса очистки. Показана возможность выделения из загрязненной воды различных фракций углеводородов.

Ключевые слова: мембрана, первапорация, очистка воды, очистные сооружения.

В настоящее время проблема охраны окружающей среды стала одним из решающих факторов, определяющих дальнейшее развитие промышленности. Мероприятия по охране окружающей среды являются неотъемлемой частью государственных планов экономического и социального развития.

С ростом потребления энергии продолжает развиваться нефтяной комплекс. Технологии добычи и переработки нефти непрерывно совершенствуются, однако экологические проблемы по-прежнему остаются неразрешенными. Это доказала авария, произошедшая в апреле 2010 г. в Мексиканском заливе, признанная одним из тяжелейших экологических бедствий в истории человечества. В этой связи чрезвычайно важной является необходимость очистки воды от углеводородов.

Подобная проблема существует давно. Загрязнение воды в результате пролива топлива с АЗС, смыв этого топлива атмосферными осадками, а также стоками, образующимися после мойки оборудования и территории АЗС, представляют основную угрозу для окружающей среды при эксплуатации АЗС.

Возможность очистки сточной загрязненной воды позволяет использовать ее вторично. Разнообразные очистные сооружения значительно уменьшают загрязнение окружающей среды, однако каждая технология имеет свои недостатки. Традиционные технологии — флотация, коагуляция, сорбция, хлорирование и озонирование — в условиях высоких нагрузок и более жестких требований к качеству очистки воды часто оказываются неэффективными.

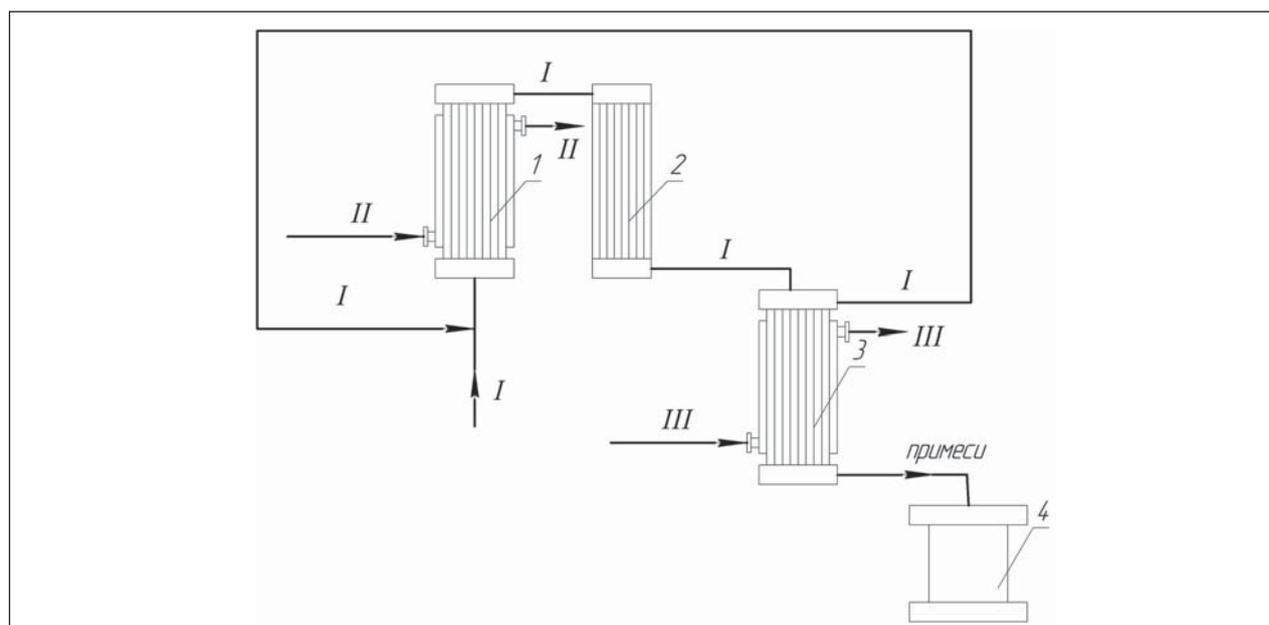


Рис. 1. Принципиальная схема первапорационной установки: 1 – теплообменник; 2 – мембранный аппарат; 3 – холодильник-конденсатор; 4 – сборник; I – загрязненная вода; II – горячий теплоноситель; III – холодный теплоноситель

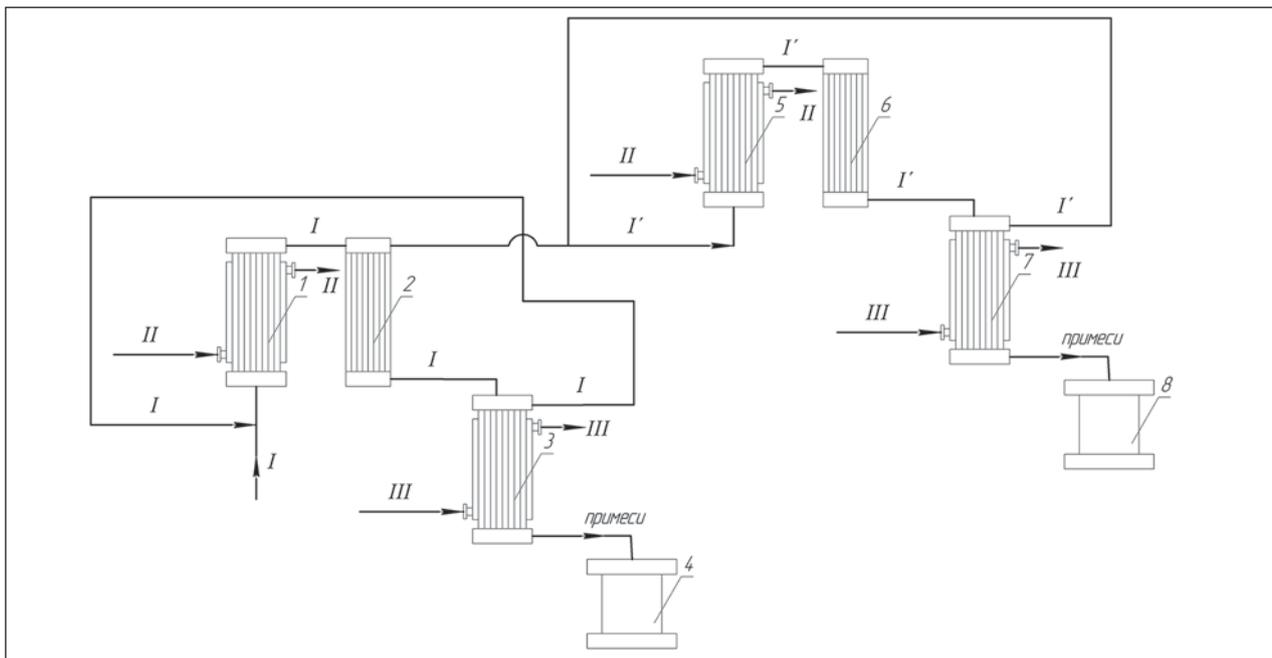


Рис. 2. Принципиальная схема первапорационной установки поэтапного выделения бензиновой и дизельной фракций: 1, 5 – теплообменники; 2, 6 – мембранные аппараты; 3, 7 – холодильники-конденсаторы; 4, 8 – сборники; I – загрязненная вода; I' – очищенная от бензиновой фракции вода; II – горячий теплоноситель; III – холодный теплоноситель

Одним из перспективных направлений мембранной технологии является первапорация. Применение первапорационного оборудования обеспечивает эффективную очистку воды при низком энергопотреблении [1, 2].

Предложен метод очистки воды от нефтепродуктов с использованием мембранной технологии. На рис. 1 представлена принципиальная схема первапорационной установки. Экспериментальная установка состоит из мембранного аппарата 2, теплообменника 1, холодильника-конденсатора 3 и сборника 4. Загрязненная вода нагревается в теплообменнике 1, откуда поступает в мембранный аппарат 2, в котором от загрязненной воды отделяются нефтепродукты. Загрязненная вода циркулирует в системе. Отделенные от воды бензиновая и дизельная фракции проходят холодильник-конденсатор 3 и направляются в сборник 4.

В случае необходимости очистки воды с возможностью последующего использования отделяемых бензиновой и дизельной фракций схема может быть изменена (рис. 2). Благо-

даря использованию разных мембран при различных температурах нагрева загрязненной воды вначале выделяют бензиновую фракцию, а затем дизельную. Загрязненная вода после подогрева в теплообменнике 1 подается в мембранный аппарат 2, где от нее отделяется бензиновая фракция, которая после конденсации в холодильнике-конденсаторе 3 поступает в сборник 4. Содержащая дизельную фракцию вода поступает в мембранный аппарат 6, где отделяется дизельная фракция. Вода собирается в сборнике 8.

Экспериментальные данные подтвердили эффективность выделения нефтепродуктов из воды методом первапорации. Очистку воды проводили при разной температуре. Исходное содержание нефтепродукта в загрязненной воде составляло 3,13 мг/л. Результаты эксперимента представлены в таблице. Очевидно, что на содержание нефтепродуктов в воде после мембранной обработки существенно влияет начальная температура загрязненной воды. При ее увеличении прохождение нефтепродуктов

Результаты очистки воды методом первапорации

Начальная температура загрязненной воды, °С	Содержание (мг/л) нефтепродуктов в воде после мембранной обработки в течение			
	2 ч	4 ч	5 ч	6 ч
20	3,3	2,24	3,08	1,74
60	1,66	1,51	1,41	0,88

через полимерную мембрану интенсифицируется.

При проектировании очистных сооружений с использованием мембранных технологий следует учитывать время пребывания стоков на очистке, а также температурный режим. Именно определенные температура и продолжительность очистки, регулируемая числом циклов на одном мембранном модуле, обеспечивают

необходимую степень очистки. Наличие в воде различных примесей определяет необходимость индивидуального подхода к проектированию мембранных установок для очистки воды, что в итоге определяет стоимость очистных сооружений. Важнейшее преимущество указанных схем – возможность не только очистки стоков, но и выделения фракций углеводородов для их последующего использования.

Литература

1. Буртная И. А., Ружинская Л. И., Литвиненко Д. В. и др. Исследование проницаемости индивидуальных компонентов через полимерную мембрану // Материалы I Международной научно-практической конференции «Научная индустрия Европейского континента — 2006». — Т. 4. — Днепропетровск: Наука и образование, 2006. — 90 с.
2. Буртная И. А., Литвиненко Д. В. Исследование выделения органических примесей из сточных вод с использованием мембранных технологий // Matelialy IV Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja – 2008». — Тум 10. Rolnictwo. Ekologia. Geografia i geologia.: Przemysl. Nauka i studia, 2008. — 41 str.

I. A. Burtynaya, D. V. Litvinenko

Membrane Water Treatment from Oil Products

The method for water treatment from oil products using membrane technology is put forward. Principal flow schemes of pervaporation units are demonstrated. It was drawn out, that desired degree of water treatment depends on temperature and duration of treatment process. The possibility of different hydrocarbon fractions recovery from contaminated water was shown.

Keywords: membrane, pervaporation, water treatment, water treatment facilities.

Вниманию специалистов!

Е. А. Мазлова, Л. Б. Шагарова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

Книга посвящена экологически обоснованным решениям при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса с использованием специальной методики комплексной оценки.

Предназначена для работников научных и проектных институтов, сотрудников органов государственной экспертизы, контроля, аудита, студентов вузов.

М.: Издательство «Техника», 2001. — 64 с.

А. М. Данилов

ВВЕДЕНИЕ В ХИММОТОЛОГИЮ

Книга посвящена применению топлив, масел, специальных жидкостей. Приводится обширный справочный материал по их характеристикам и эксплуатационным свойствам. Изложены принципы создания и эксплуатации двигателей.

Книга адресована широкому кругу читателей.

М.: Издательство «Техника», 2003. — 464 с.

Обращение бензина Аи-92 может быть продлено на три года

В Техническом регламенте «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 27.02.2008 № 118 экологический класс бензина привязывается к октановому числу. В соответствии с данным регламентом, с введением с 1 января 2011 г. стандарта Евро-3, производство и потребление бензина с октановым числом по исследовательскому методу (И.М.) ниже 92 должно быть запрещено.

Однако в сложившейся ситуации ни потребители, ни производители не готовы к подобному запрету. Важно отметить, что бензин Аи-92 в настоящее время является самым востребованным в России. По данным ВНИИ НП, 91,5% российского автопарка использует бензин с октановым числом по И.М. 92 и ниже. Очевидно, что всеобщий переход на Евро-3 целесообразен не ранее 2015 г., когда доля автомобилей, потребляющих Аи-95 и Аи-98, возрастет до 90%.

Более того, отечественные НПЗ не располагают достаточными мощностями по производству неароматических высокооктановых компонентов бензина: алкилата, метил-*трет*-бутилового эфира, изомеризата. На некоторых НПЗ таких установок пока нет, поэтому единственными высокооктановыми компонентами служат бензиновая фракция каталитического крекинга и риформат. Однако применение последнего без разбавления другими компонентами невозможно ввиду высокого содержания ароматических углеводородов, в частности, бензола. Бензиновая фракция каталитического крекинга зачастую отличается высоким содержанием непредельных углеводородов и серы, что также ограничивает ее применение. Кроме того, на многих российских НПЗ эксплуатируются устаревшие установки каталитического крекинга, на которых получают бензиновую фракцию с невысоким (85–90 по И.М.) октановым числом.

Широко известно, что экологические свойства бензина никак не связаны с его октановым числом, т.е. бензин Аи-92 по экологическим характеристикам может соответствовать стандартам Евро-3, 4 и 5. В связи с вышеизложенным,

представляется логичным внесение изменений в Технический регламент, снимающих запрет с производства и потребления бензина с октановым числом 92 (по И.М.) при сохранении требований к экологическим характеристикам топлива.

Министерство энергетики России выдвинуло предложение отвязать октановое число от экологического класса и разработало проект Постановления Правительства «О внесении изменений в технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». **Запрет на производство и оборот бензина Аи-92 переносится на 2015 г.** Документ уже согласован с Минпромторгом, Минфином и Минздравсоцразвития России. Как ожидается, Постановление вступит в силу с 1 января 2011 г.

Согласно проекту Постановления, октановое число автомобильных бензинов классов 2, 3 и 4 не должно быть меньше 92 пунктов по И.М. и 83 пунктов по моторному методу. Для бензина класса 5, который должен быть введен в обращение с 1 января 2015 г., эти характеристики составляют соответственно 95 и 85 пунктов. Кроме того, проект Постановления предусматривает ограничение применения в автомобильных бензинах классов 2–4 монометиланилина до 1% мас. В бензинах класса 5 монометиланилин содержаться не должен. Ожидается, что ограничение на использование октаноповышающих присадок позволит **снизить на рынке долю фальсифицированного бензина.**

Изготовители (продавцы) автомобильного бензина и дизельного топлива в информационных материалах, размещенных в местах, доступных для приобретателей, обязаны указывать марку и класс автомобильного бензина или дизельного топлива.

Рассматриваемый проект Постановления также предполагает ограничение содержания сероводорода в топочном мазуте. Так, массовое содержание сероводорода в мазуте с 1 января 2011 г. не должно превышать 0,003%, с 1 января 2013 г. – 0,002%, а с 1 января 2015 г. – 0,001%. В этой связи, очевидно, необходима разработка и внедрение новых технологий очистки компонентов котельного топлива от сероводорода.

Увидеть реальность — опыт компании «НЕОЛАНТ» на конференции TED

В 1984 году в США прошла первая конференция TED — Technology, Entertainment, Design. С 1984 года по всему миру проходят конференции, организованные при поддержке TED. Девиз конференции — «Идеи, достойные распространения» — отражает ее главную задачу — рассказать об интересных идеях как можно большему количеству людей. Среди лекторов TED — бывший президент США Билл Клинтон, нобелевские лауреаты Джеймс Уотсон и Мюррей Гелл-Манн, основатель Wikipedia Джимми Уэйлс, основатели Google Ларри Пэйдж и Сергей Брин, основатель Microsoft Билл Гейтс.

В этом году генеральный директор компании «НЕОЛАНТ» Виталий Кононов выступил в качестве спикера на конференции «TEDxVorobyevy-Gory», организованной при поддержке международной организации TED и посвященной теме «Виртуальная реальность».

Участники мероприятия поделились идеями по применению виртуальной реальности в самых разных сферах: промышленности, государственном управлении, рекламе, занятости населения и даже в литературе.

Компания «НЕОЛАНТ» занимается автоматизацией в реальном секторе экономики и органах государственной власти России. Специалисты компании утверждают, что сегодня увидеть реальность без использования виртуальной реальности невозможно. А создать подобную реальность в свою очередь можно и нужно с помощью IT-технологий: ГИС и 3D-6D информационных моделей.

Важнейшая особенность этих технологий — возможность представления сложных данных наиболее простым и доступным для понимания способом — визуальным. В повседневной жизни человек видит мир трехмерным либо плоским — с высоты птичьего полета. Этими же способами восприятия информации «НЕОЛАНТ» пользуется в своих решениях при наблюдении за виртуальной реальностью.

Виртуальная реальность, синхронизированная с реальностью настоящей и живущая по ее законам, во-первых, помогает охватить одним взглядом все происходящее во всех направлениях именно в данный момент. В виртуальной реальности возможно сделать то, что физически нельзя осуществить в жизни — заглянуть внутрь атомного реактора, за секунду перенестись из

одного конца завода в другой, одновременно видеть на нескольких экранах то, что происходит в разных регионах России.

Второй момент касается сложности управления и его качества. Руководство коммерческих и государственных структур, как правило, получает информацию о состоянии региональных подразделений в виде отчетов, состоящих из огромного количества цифр, таблиц и графиков. Разобраться в таком количестве данных довольно сложно. Гораздо проще воспринимать информацию в виде трехмерного изображения, так как в реальной жизни это естественная для человека схема восприятия любой информации. На ручную подготовку отчетов всегда уходит время, и часто это не дни, а недели. Кроме того, отчеты от разных ведомств дают разрозненную и часто противоречивую информацию о том, что уже произошло, с их помощью невозможно узнать, что происходит в настоящее время или может произойти в дальнейшем.

Таким образом, ни один руководитель предприятия или региона никогда не видит во всей полноте то, что сейчас на самом деле происходит на вверенном ему объекте управления. Хотя современные информационные технологии позволяют видеть то, что происходит именно здесь и сейчас. И именно модель виртуальной реальности дает возможность в любой момент времени получить реальную информацию об объекте. Это достигается путем сбора и интеграции всех данных в регионе или на предприятии в режиме реального времени.

С другой стороны, часто возникает необходимость оценки некоего процесса в динамике (рис. 1). Сделать это тоже можно с помощью виртуальной модели, в которой, как и в реальной жизни, есть еще одно измерение — время. Но в модели его можно ускорять или замедлять для того, чтобы рассмотреть реальность в мельчайших деталях. И, конечно, возможно изменение масштаба и времени, и пространства.

Третья ситуация, в которой не обойтись без помощи виртуальной реальности — случай, когда необходимо увидеть развитие событий, которые могут произойти, но не могут быть смоделированы в реальности. К ним относятся в первую очередь все виды техногенных катастроф. Единственная возможность смоделировать какую-либо чрезвычайную ситуацию и, самое

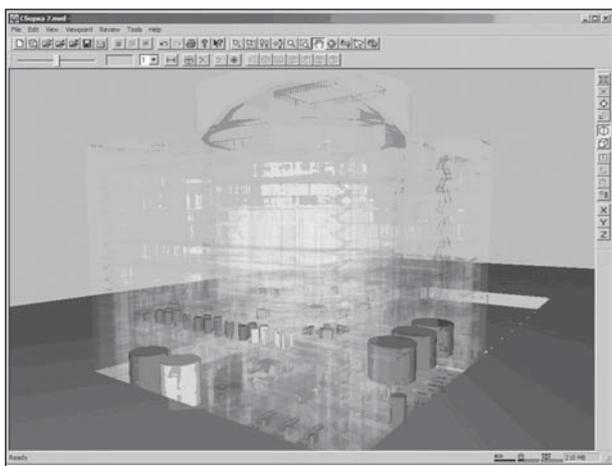


Рис. 1. Моделирование процесса строительства блока атомного реактора

главное, продумать план действий при наступлении такого случая — создать и просчитать ее модель в виртуальной реальности.

Существуют и такие процессы, которые в принципе недоступны человеческому глазу, например, радиационное загрязнение. На модели его можно визуализировать, используя по-разному окрашенные и вложенные друг в друга из облака радиации, отображающие разные уровни радиации и иллюстрирующие стадии ее распространения (рис. 2).

Современные предприятия — очень сложный организм с непростой иерархией управления. При разделении труда с одним объектом работает множество специалистов, и каждый из них смотрит на объект со своей точки зрения. Главный энергетик, главный технолог, главный бухгалтер, главный инженер, финансовый директор, и, наконец, генеральный директор управляют одним и тем же объектом — заводом, предприятием. Аналогичная ситуация существует и при управлении регионом — разные учреждения, министерства, ведомства видят его по-разному. Каждый из них, как правило, думает о своем профессиональном аспекте, а для обоснованного принятия решения необходимо видеть проблему в целом.

Такую возможность дает виртуальная модель, выступающая в качестве места консолидации всех данных об объекте — даже таком крупном, как предприятие или регион. Таким образом, в любое время можно выявить все аспекты происходящего, увидеть все взаимосвязи между ними — например, как связаны между собой данные по безработице и данные по собираемым налогам. Подобная виртуальная модель

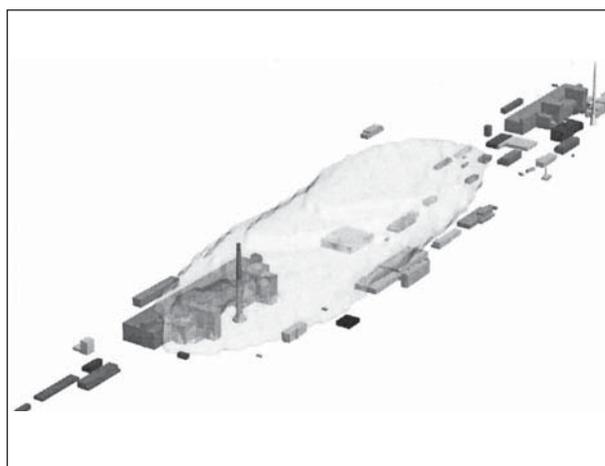


Рис. 2. Пример моделирования распространения радиоактивного облака

объекта призвана стать единой информационной средой, или своеобразным эсперанто для разных специалистов, каждый из которых использует свой профессиональный язык для общения с этой средой и может получить данные от всех остальных служб в понятном ему виде.

Когда речь идет о виртуальной модели и содержащихся в ней данных, то имеется в виду электронная карта — ГИС, где данные привязаны к территории, или 3D модель, где данные привязаны к элементам трехмерного объекта. При этом с помощью этих систем информация может отображаться и в виде привычных чертежей, таблиц и текстовых файлов. Также данные могут быть консолидированы, проанализированы и отображены визуально путем использования различных цветов и графических элементов — круговых диаграмм, гистограмм, изолиний, полупрозрачных нанесений и др. За счет разнообразных инструментов визуализации и обеспечивается доступность информации для всех специалистов и руководителей. Поэтому именно визуализация — путь к объединению всех специалистов.

В настоящее время, когда объем информации непрерывно возрастает, ее необходимо консолидировать и делать доступной для быстрого ознакомления и выявления основных моментов, т.е. визуализировать информацию на виртуальной модели, создаваемой с помощью ГИС или 3D-6D информационных технологий. Это обеспечивает экономию времени и повышение качества менеджмента и принимаемых решений благодаря тому, что управляющий персонал видит не разрозненную информацию, а полную и ясную картину.

HONEYWELL ПОВЫШАЕТ БЕЗОПАСНОСТЬ УРОВНЕМЕРОВ FLEXLINE ДО УРОВНЯ СЕРТИФИКАЦИИ SIL-2

Корпорация Honeywell объявила о сертификации компанией TUV своих уровнемеров FlexLine. Теперь промышленные предприятия смогут использовать эти устройства в приложениях, требующих строгой сертификации для предотвращения аварий. Уровеньмеры FlexLine используются в системах защиты от перелива и уменьшения вероятности аварии, эффективно предупреждая утечки.

Одним из ключевых усовершенствований уровнемеров FlexLine является повышенная доля безопасных отказов, составляющая более 90%, что позволяет применять эти устройства в системах безопасности уровня SIL-2. Также была

усовершенствована диагностика устройств, что позволило увеличить срок их безопасной эксплуатации до четырех лет, сократить эксплуатационные расходы и повысить надежность в зависимости от требований безопасности системы.

Дополнительные функции безопасности устройства включают двойное резервирование, которое автоматически обнаруживает отказы в системах безопасности, отсекает их и передает информацию об этих отказах, при этом устройство продолжает работать и выполнять свои функции без прерывания технологического процесса.

КОМПАКТ-ПРУВЕР CALIBRON ПОЛУЧИЛ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ СЕРТИФИКАТ NMI

Корпорация Honeywell объявила о международной сертификации своего устройства Calibron® Small Volume Prover, удовлетворяющего самым высоким требованиям к средствам поверки. Сертификацию провел национальный метрологический институт Нидерландов (NMI), отвечающий за соблюдение международных стандартов измерения. Сертификация подтверждает точность компакт-прувера Calibron при поверке расходомеров для коммерческого учета.

Сертификация была проведена в связи с ростом объемов использования устройства для контроля ежедневных операций, стоимость которых составляет миллионы долларов. Прувер

Calibron предлагается в мобильном, оффшорном и стационарном исполнении и идеально подходит для всех типов расходомеров, включая турбинные, кориолисовы, ультразвуковые и объемные. Объем вытесняемой жидкости остается постоянным независимо от расположения счетчика, и измеряется с точностью выше 99,98%.

Институт NMI находится в г. Додрехт и является признанным независимым экспертом по тестированию, сертификации, калибровке и обучению персонала в области метрологии, предлагая услуги, строго соответствующие международным стандартам.

Россия достигнет в 2010 г. году пика добычи нефти за последние 20 лет

Добыча нефти и газового конденсата в России, по оперативным данным за 22 ноября, с начала месяца составила 30 768,4 тыс. т, что на 53,3 тыс. т превышает добычу за аналогичный период предыдущего месяца. За 10 месяцев 2010 г. добыча нефти и газового конденсата составила 420 161,4 тыс. т, увеличившись по сравнению с тем же периодом прошлого года на 9 678,6 тыс. т (102,4%).

ГП «ЦДУ ТЭК» повысило в ноябре прогноз по добыче нефти на 2010 г. с 503 до 504,8 млн. т. Последний раз Российская Федерация преодолела рубеж добычи нефти в 500 млн. т 20 лет назад, в 1990 г., когда еще входила в состав Советского Союза.

На Омском НПЗ введена в эксплуатацию крупнейшая в России установка изомеризации легких бензиновых фракций по технологии «Изомалк-2»

Уникальный комплекс «Изомалк-2» является самой крупной установкой данного типа в России и Европе и входит в тройку самых мощных в мире. Производительность установки составляет 800 тыс. т изомеризата в год. «Изомалк-2» позволяет выпускать высокооктановый компонент товарных бензинов, не содержащий серы, ароматических и непредельных углеводородов. В результате введения в эксплуатацию установки изомеризации увеличится объем выпуска высокооктановых автомобильных бензинов.

Установка «Изомалк-2» была построена в рекордные сроки – всего за 20 месяцев. При строительстве комплекса были применены лучшие отечественные и зарубежные технические решения и строительные технологии. 75% оборудования и материалов, использованных при строительстве установки, произведены в России.

Омский НПЗ является одним из самых современных нефтеперерабатывающих заводов России и одним из крупнейших в мире. Установленная мощность Омского НПЗ составляет 19,5 млн. т/год. В настоящее время на Омском НПЗ ведется масштабная программа модернизации, которая направлена на улучшение экологических характеристик топлив, существенное увеличение глубины переработки нефти, расширение объемов и ассортимента выпускаемой продукции: высокооктановых бензинов, дизельных топлив, ароматических углеводородов, кокса, современных битумных материалов, продуктов

нефтехимии. Планируется, что общий объем инвестиций в модернизацию Омского НПЗ в течение 10 лет составит более 100 млрд. руб.

ОАО «Татнефть» заинтересовалась технологией Chevron по глубокой переработке нефти

ОАО «Татнефть» ведет поиск наиболее приемлемой технологии для переработки гудрона на ОАО «ТАНЕКО». В связи с этим президент Татарстана Рустам Минниханов побывал в Южной Корее.

Делегация посетила НПЗ «GS Caltex Corporation» в корейском городе Ёсу. Производственная мощность этого предприятия, обеспечивающего около четверти потребности Южной Кореи в моторных топливах, составляет 35 млн. т/год при глубине переработки 96% и наименьших выбросах. Такого результата удалось достичь благодаря недавно введенной в эксплуатацию установке гидрокрекинга гудрона по технологии компании «Chevron and ABB Lummus Global Joint Ventur». Прежде глубина переработки нефти составляла около 75%.

ОАО «Татнефть» доведет утилизацию попутного газа до 98%

ОАО «Татнефть» подало заявку на участие во втором конкурсе проектов совместного осуществления в рамках Киотского протокола. Проект позволит повысить полезную утилизацию попутного нефтяного газа (ПНГ) на месторождениях компании на 3,6% и сократить выбросы углекислого газа на 28,98 тыс. т/год. Сейчас «Татнефть» утилизирует в целом 94,63% попутного нефтяного газа. Таким образом, утилизация ПНГ на месторождениях компании может превысить 98%.

Согласно проектной документации, компания планирует построить электростанцию на ПНГ, печи для подогрева нефти на ПНГ, а также провести новые газопроводы для транспортировки попутного газа на газоперерабатывающий завод. Электричество, которое будет генерироваться на электростанции, будет направлено на покрытие собственной потребности «Татнефти» в электроэнергии, а также в электросетевую сеть Татарстана. В настоящее время часть ПНГ сжигается на факеле.

В Томске появится НПЗ мощностью 3 млн. т в год

В Томске запланировано строительство НПЗ мощностью 3 млн. т/год. Инвестором проекта является ООО «Западно-Сибирский нефтепере-

рабатывающий завод». Предприятие будет располагаться на территории Октябрьского района Томска, в зоне Северного промышленного узла, на расстоянии 1 км от Северной площадки Томской особой экономической зоны. По данным ООО «Западно-Сибирский нефтеперерабатывающий завод», срок проектирования, строительства и пуска первого комплекса установок первичной переработки нефти составит 3 года, а выпуск первой товарной продукции начнется спустя 2,5 года с начала проектных работ. По словам разработчиков и инвесторов проекта, новое производство должно удовлетворить растущий спрос на высокооктановый бензин, дизельное топливо, сжиженный газ и дорожный битум не только на территории Томской области, но и в других регионах Сибири. В настоящее время данный регион является зависимым от поставок моторных топлив из других регионов.

Саратовский НПЗ начал производство бензинов и дизельного топлива, соответствующих стандартам Евро-3

ОАО «Саратовский НПЗ» начал производство бензинов и дизельного топлива, получившего сертификат на соответствие стандартам Евро-3, в рамках долгосрочной программы ТНК-ВР, направленной на повышение качества и расширение ассортимента продукции. Переход на выпуск топлива стандарта Евро-3 стал одним из этапов крупной инвестиционной программы ТНК-ВР, цель которой – производство на Саратовском НПЗ нефтепродуктов, отвечающих стандартам Евро-4 и Евро-5.

В ближайшие два года компанией запланировано построить на предприятии установку изомеризации, провести работы по реконструкции комплекса гидроочистки топлива и реализовать другие проекты общей стоимостью более 300 млн. дол.

Перед началом производства нового продукта были проведены лабораторные и стендовые испытания, в том числе проверка работы топлива в двигателе автомобиля, которая прошла под контролем ведущих отечественных научных центров в сфере топливной промышленности. По результатам испытаний отмечено снижение токсичности выхлопных газов и улучшение технических характеристик двигателя.

ТНК-ВР направит более 20 млн. дол. на экологические проекты в ОАО «Саратовский НПЗ»

ТНК-ВР планирует направить более 20 млн. дол. до 2014 года на реализацию экологических проектов на Саратовском НПЗ, что позволит, в частности снизить вредные выбросы в окружающую среду. Перспективная программа развития ОАО «Саратовский НПЗ» в сфере охраны окружающей среды была представлена Александром Романовым, генеральным директором ОАО «Саратовский НПЗ» на совещании в правительстве Саратовской области. Предприятие ведет непрерывный мониторинг состояния окружающей среды: аккредитованная санитарная лаборатория ежегодно выполняет более 50 тыс. анализов. По итогам последних исследований, на предприятии за 2003–2009 гг. более чем в два раза сократилась площадь участков, загрязненных нефтепродуктами, и в настоящее время она не превышает 2% от общей территории предприятия.

Перспективная программа развития Саратовского НПЗ включает пять проектов, самым крупным из которых является реконструкция железнодорожной эстакады налива темных нефтепродуктов – окончание работ запланировано на ноябрь 2010 г. ТНК-ВР также планирует направить 600 млн. рублей на реализацию трех экологических проектов: «Реконструкция очистных сооружений», «Расширение перехватывающей дренажной системы» и «Рекультивация почв». Компания также реализует проект по оснащению понтонами резервуаров для хранения нефти и бензинов, завершение которого намечено на 2011 г., что позволит предприятию снизить выбросы в атмосферу более чем 2 000 т нефтепродуктов в год.

В настоящее время на территории завода ликвидировано 4 нефтеамбара, 2 шламонакопителя, выведены из эксплуатации аварийный амбар стоков и нефтеловушка, что позволило сократить выбросы в атмосферу более чем на 3000 т/год. На территории ОАО «Саратовский НПЗ» и Увекской нефтебазы построен специальный дренаж общей протяженностью около 4 км, защищающий р. Волга от попадания загрязненных грунтовых вод.