

На правах рукописи

Мырзин

МЫРЗИН Глеб Семенович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Специальность: 05.13.06 — Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (машиностроение)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Пермь — 2008

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Мошев Евгений Рудольфович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Хубеев Марс Кадимович
(Пермский государственный
технический университет, г. Пермь);
кандидат технических наук
Стрижак Виктор Анатольевич
(Ижевский государственный
технический университет, г. Ижевск).

Ведущая организация: ОАО «Научно-исследовательский институт
управляющих машин и систем», г. Пермь.

Защита состоится «25» сентября 2008 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 212.065.06 при Ижевском государственном техническом университете по адресу: 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7.

Отзыв на автореферат, заверенный гербовой печатью, просим выслать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ижевского государственного технического университета.

Автореферат разослан «11» августа 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Сяктерев В. Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В машиностроительной, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической и других отраслях промышленности одними из самых металлоемких и ответственных конструкций являются технологические трубопроводы, определяющие в значительной мере эффективность и безопасность функционирования предприятия. В течение всего периода эксплуатации трубопроводов выполняется большой объем работ технического обслуживания, в число которых входит формирование и ведение паспортно-технической документации, выполнение прочностных расчетов, определение остаточного ресурса, планирование сроков проведения ревизий и ремонтов, подбор необходимых для ремонта комплектующих. На сегодня указанные работы выполняются преимущественно вручную или с эпизодическим использованием программных средств, не связанных между собой. При этом каждая из перечисленных работ производится с периодичностью от одного года до трех лет и сопровождается выполнением достаточно большого числа вспомогательных операций, связанных с поиском и обработкой паспортно-технической информации. Дополнительно обслуживание осложняется большим количеством трубопроводов, достигающим на крупном предприятии нескольких тысяч единиц. Следствием этого является ряд проблем, среди которых можно выделить следующие: низкая производительность при обработке результатов работ и сложность их контроля со стороны руководства, неизбежность появления ошибок и искажения информации, многократное дублирование одних и тех же действий, необходимость привлечения большого количества специалистов, субъективность в принятии решений и экономическая неэффективность проведения ремонтов.

Кроме того, современные условия организации производственного процесса требуют сокращения времени простоя и увеличения межремонтного пробега всех трубопроводов. Однако старение парка технологического оборудования, происходящее в настоящее время, приводит к неминуемому увеличению частоты, продолжительности и объемов ремонтов. В результате управление ремонтами значительно осложняется выполнением операций анализа и прогнозирования технического состояния трубопроводной системы. При этом выбор управляющих воздействий, заключающихся в замене изношенных участков трубопроводов, должен обеспечивать максимальный межремонтный пробег произ-

водственных блоков предприятия с заданными материальными и временными затратами.

Одним из путей решения вышеуказанных проблем является разработка модели, позволяющей автоматизировать и управлять с её помощью обслуживанием сложной трубопроводной системы крупного предприятия. Реализация данной модели в виде специализированного программного средства позволит значительно повысить оперативность обслуживания и уменьшит затраты на проведение ремонтных работ.

Цель работы — разработка и реализация системы, предназначенной для поддержки принятия решений управления ремонтными работами и автоматизации процесса технического обслуживания технологических трубопроводов на протяжении всего периода эксплуатации.

В соответствии с поставленной целью определены следующие подзадачи.

1. Разработка модели, позволяющей:

- описывать техническое состояние сложной трубопроводной системы и её эволюционирование во времени в зависимости от кинетики коррозионно-эрозионного износа и управляющих воздействий;
- определять предельное состояние трубопровода с учетом воздействия внутреннего давления и весовых нагрузок;
- прогнозировать износ и остаточный ресурс трубопровода во времени;
- оперативно планировать работы обслуживания по результатам прогнозирования;
- проверять соответствие технологических и конструктивных параметров трубопровода требованиям нормативно-технической документации;
- экономически эффективно формировать варианты замены изношенных участков трубопровода с учетом требований по технологии проведения ремонта, обеспечения прочности и заданного ресурса.

2. Постановка и решение на полученной модели задач управления ремонтами трубопроводной системы с учетом оценки технического состояния, проводимых в период запланированных остановок производственных блоков.

3. Разработка структуры программного средства для автоматизации управления процессом технического обслуживания сложной трубопроводной системы.

Объект исследования — процесс технического обслуживания стальных технологических трубопроводов крупных предприятий машиностроительного, нефтеперерабатывающего, нефтехимического и химического профиля.

Предмет исследования — моделирование и комплексная информационно-компьютерная поддержка процесса технического обслуживания, включающая управление ремонтными работами.

Методы исследования. В диссертации использовались методы системного анализа, концепция информационной поддержки жизненного цикла изделий, теоретико-множественный подход, статистический анализ, исследование операций, метод ветвей и границ, функциональное моделирование.

Достоверность и обоснованность полученных в работе результатов обеспечена корректным применением вышеуказанных методов, согласованностью результатов моделирования с выводами экспертов и нормативными требованиями.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем.

1. Разработана комплексная модель, позволяющая определять предельное состояние трубопровода с учетом действия внутреннего давления и весовых нагрузок, планировать процесс технического обслуживания и управлять ремонтными работами на основе объектно-топологического описания и результатов прогнозирования технического состояния трубопроводной системы.

2. Впервые осуществлена постановка и решение задач управления ремонтами трубопроводов производственного блока, обеспечивающих максимальный межремонтный пробег с заданными затратами, с учетом вероятностной оценки ресурса и стоимости демонтажа элементов.

3. Разработана структура программного средства, предназначенного для поддержки принятия решений управления ремонтами на протяжении всего периода эксплуатации с использованием базы данных паспортно-технической информации по трубопроводам предприятия.

Практическое значение работы. Разработанная модель реализована в виде двух информационно-программных средств АСОД «Трубопровод» и «ЭЛПАС-Т», которые предназначены для информационной поддержки процесса технического обслуживания трубопроводов и создания паспортной документации соответственно. При этом АСОД «Трубопровод» используется на предприятии ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»

и в учебном процессе кафедры «Машины и аппараты производственных процессов» Пермского государственного технического университета.

Разработаны и реализованы следующие информационные структуры: база данных паспортно-технической информации по трубопроводам, нормативная база данных по элементам трубопровода.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Описание, структура и способ составления комплексной модели трубопроводной системы предприятия, позволяющей определять предельное состояние трубопровода и прогнозировать его техническое состояние во времени от действия коррозионно-эрозионного износа.

2. Постановка и решение задачи управления ремонтом трубопровода, при котором он обработает заданный период времени с наименьшими затратами.

3. Постановка и решение задач управления ремонтами всех трубопроводов производственного блока, обеспечивающих максимальный межремонтный пробег с заданными затратами.

4. Структурная схема программного средства автоматизации управления процессом технического обслуживания трубопроводной системы.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на: международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы автомобильного, железнодорожного, трубопроводного транспорта в Уральском регионе» (г. Пермь, 2005); межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения комплексной безопасности производства» (г. Пермь, 2007); всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе» (г. Йошкар-Ола, 2007); VII конкурсе на лучшую научно-техническую разработку молодых ученых и специалистов ОАО «ЛУКОЙЛ» (III место, г. Бургас, 2007); XVI конкурсе научно-технических разработок среди молодежи по проблемам топливно-энергетического комплекса (г. Москва, 2008).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ (в том числе 3 статьи в изданиях, указанных в перечне ВАК), получено 2 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 119 наименований, приложения. Основная часть работы изложена на 133 страницах машинописного текста, содержит 30 рисунков и 14 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследования, показана научная новизна, практическая значимость и общая характеристика работы по главам.

В первой главе представлено обобщенное описание процесса технического обслуживания технологических трубопроводов, проводимого на протяжении всего периода их эксплуатации. Установлено, что безопасное функционирование трубопроводов обеспечивается посредством выполнения большого объема работ обслуживания, включающего как простые и повторяющиеся операции поиска и обработки технической информации, так и сложные операции анализа и прогнозирования технического состояния, требующие высокой квалификации обслуживающего персонала.

Анализ современных программных средств отечественного и зарубежного производства показал, что их основным назначением являются автоматизация и информационная поддержка процессов проектирования и монтажа трубопроводов различного назначения. При этом не удалось выявить специализированных программных средств, ориентированных на комплексное решение задач эксплуатации технологических трубопроводов.

Обзор исследований по теме диссертации показал, что решение на моделях задач проектирования технологических трубопроводов, включающих прочностные и гидравлические расчеты, достаточно полно представлено в работах Кафарова В. В., Мешалкина В. П., Миркина А. З., Магалифа В. Я. и других авторов. В работах Селезнева В. Е., Яковлева Е. И., Куликова В. Д. и других авторов освещены задачи автоматизации проектных расчетов и моделирования технического обслуживания магистральных трубопроводов, имеющих существенные отличия в конструкции, организации профилактических и ремонтных работ от технологических трубопроводов. В то же время модели, позволяющие комплексно решать задачи технического обслуживания технологических трубопроводов на основе объектно-топологического описания и результатов прогнозирования технического состояния, нами в литературных источниках не обнаружены.

Во второй главе представлена модель, позволяющая описывать, прогнозировать и управлять техническим состоянием сложной трубо-

проводной системы крупного предприятия во времени. Трубопроводная система в модели рассматривается как совокупность соединяющихся между собой трубопроводов, принадлежащих к различным производственным блокам предприятия. Отдельный трубопровод рассматривается как топологический объект, состоящий из соединенных между собой элементов. Укрупненная структурная схема модели для одного трубопровода приведена на рис. 1.

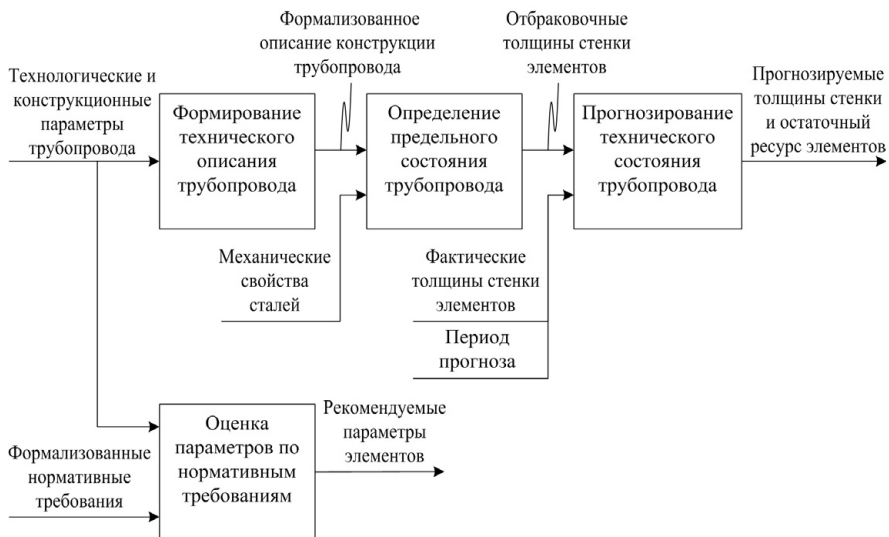


Рис. 1. Структурная схема модели технического обслуживания трубопровода

В соответствии со структурной схемой пользователем выполняется формирование технического описания трубопровода, включающего построение его изометрической схемы в режиме конструктора. На основе полученного формализованного описания определяется предельное состояние трубопровода посредством расчета отбраковочных (минимально допустимых) толщин стенок его элементов. В дальнейшем отбраковочные толщины стенок используются для оценки и прогнозирования технического состояния трубопровода, т. к. в течение всего периода его эксплуатации происходит процесс естественного старения, вызванный коррозионно-эрозионным износом. В качестве данных, отражающих информацию об этом процессе, в модель введены фактические значения толщин стенок элементов, измеренные неразрушающими методами контроля при

проведении таких периодических работ технического обслуживания, как ревизия и диагностирование. На основе фактических и отбраковочных толщин стенок элементов определяется величина износа и остаточного ресурса на указываемый пользователем момент времени.

Формализованное описание конструкции, приведенное в структурной схеме, характеризует пространственное расположение и связи между соединяющимися элементами трубопровода. Элементы образуют разветвленную цепочку из прямолинейных и изогнутых участков с различным диаметром и толщиной стенки, которая в общем случае описывается следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} K = (E, L | L \subset \langle E, \leq \rangle) \\ n_L = n_E + n_O - 1 \end{array} \right.$$

где E — множество элементов; L — множество соединений, образованных между элементами; n_L — количество соединений; n_E — количество элементов; n_O — количество замкнутых контуров.

Основные технологические и конструктивные параметры трубопровода оцениваются в модели на соответствие формализованным требованиям нормативно-технической документации. Оценка считается положительной, если выполняется следующее соотношение:

$$(P \cup E) \cap M \neq \emptyset, \quad \forall p \in P, \quad \forall e \in E, \quad (1)$$

где P — множество технологических и эксплуатационных параметров трубопровода; M — множество допустимых значений параметров. Кроме того, при использовании формализованных нормативных требований формируются наборы рекомендуемых параметров новых элементов, устанавливаемых взамен изношенных при ремонте трубопровода для заданных рабочих условий.

При оценке технического состояния трубопровода фактические значения толщины стенки не должны достигать отбраковочных величин, определяемых в модели методом последовательных приближений, при которых эквивалентное напряжение в элементе близко к допусковому:

$$s_{O_k} = f(K, \sigma_{F_k}), \quad |\sigma_{F_k} - 1.1 \cdot \sigma_{D_k}| \leq \varepsilon,$$

где k — порядковый номер элемента; s_{O_k} — отбраковочная толщина стенки; σ_{F_k} — наибольшее эквивалентное напряжение в сечении элемен-

та при оценке статической прочности под действием несомоуравновешенных нагрузок; σ_{D_k} — допускаемое напряжение марки стали элемента при рабочей температуре; ε — заданная погрешность; 1.1 — нормативный коэффициент перегрузки.

Эквивалентные напряжения в элементе определяются с учетом действия внутреннего давления транспортируемой среды и весовых нагрузок на конструкцию трубопровода в соответствии с указаниями расчета на прочность в РТМ 38.001-94:

$$\sigma_{F_k} = \sqrt{0.75 \cdot \sigma_{P_k}^2 + \sigma_{Z_k}^2 + 3 \cdot \sigma_{T_k}^2},$$

где σ_{P_k} — среднее окружное напряжение от внутреннего давления; σ_{Z_k} — осевое напряжение от осевой силы и изгибающего момента; σ_{T_k} — напряжение от кручения. Напряжения σ_{Z_k} и σ_{T_k} рассчитываются в зависимости от внутренних усилий, вызванных перемещениями узловых точек, которые определяются решением системы линейных уравнений, построенной методом перемещений. Для этого по формализованному описанию конструкции трубопровода составляется стержневая расчетная схема, узловыми точками которой являются соединения труб, места крепления опор и подвесок, отводы, переходы, тройники, арматура, а также штуцеры технологических аппаратов. Затем по расчетной схеме формируется и решается следующая система линейных уравнений:

$$\vec{R} = \mathbf{R} \cdot \vec{Z},$$

где \mathbf{R} — матрица жесткости (реакций); \vec{Z} — вектор линейных и угловых перемещений узловых точек; \vec{R} — вектор внешних воздействий, включающий вес элементов, тепловой изоляции и транспортируемой среды.

Значения фактической толщины стенки элементов не должны выходить за допустимые пределы, как на момент последнего измерения, так и в течение всего периода времени до следующего, официально задаваемого, контроля. Для учета данного ограничения по результатам замеров толщин стенки в реперных точках в модели определяются прогнозируемые значения остаточного ресурса и толщины стенки элементов на момент времени t :

$$\tau_{I_k} = \frac{S_{F_k} - S_{O_k}}{w_k} - t, \quad S_{I_k} = S_{F_k} - t \cdot w_k,$$

где S_{F_k} — фактическая толщина стенки; w_k — скорость коррозии в реперной точке. Дополнительно в модели прогнозные значения толщины

стенки могут быть определены на основе методики вероятностной оценки остаточного ресурса, разработанной НТП «Трубопровод», по следующему соотношению:

$$s_{t_k} = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} s_{F_k}}{n_k} - s_{N_k} \cdot \left[U_k \cdot \sqrt{s_0^2 + s_a^2 \cdot (\tau_k + t)^{2 \cdot m}} + a_{cp} [(\tau_k + t)^m - (\tau_k)^m] \right],$$

где n_k — число замеров на элементе; s_{N_k} — номинальная толщина стенки; U_k — квантиль нормального распределения; τ_k — наработка на момент последнего измерения толщины стенки; a_{cp} , m — коэффициент пропорциональности и показатель степени в законе износа; s_a — среднее квадратичное отклонение параметра a_{cp} ; s_0 — среднеквадратичное отклонение технологического допуска на толщину стенки.

На основе представленного выше математического описания и концепции информационной поддержки жизненного цикла изделия разработан способ составления модели трубопроводной системы, который заключается в следующем. В информационном пространстве при проектировании создаются объекты (трубопроводы), увязанные в единую систему с точки зрения организационно-технической структуры предприятия. Созданные объекты многократно дополняются и дорабатываются при проведении работ обслуживания на протяжении всего периода эксплуатации с установленной в нормативной документации периодичностью. В число данных работ входит: регистрация текущих операций обслуживания; анализ и прогнозирование технического состояния; планирование и проведение ремонта с учетом технического состояния; внесение изменений в описание конфигурации трубопроводной системы по результатам ремонта и реконструкции. При этом, чем дольше используется модель, формируемая в соответствии с вышеуказанным принципом, тем больше накапливается информация о трубопроводах предприятия и тем рентабельней становится её использование.

В третьей главе рассмотрены четыре типа задач управления ремонтами трубопроводной системы предприятия с учетом оценки технического состояния, решаемые на вышеуказанной модели.

1. *Задача управления ремонтом одного трубопровода.* По результатам прогнозирования технического состояния трубопровода определяется перечень изношенных элементов, замена которых должна быть вы-

полнена в период плановой остановки производственного блока на ремонт и до наступления момента времени t :

$$s_{t_k} \leq s_{O_k} \vee \tau_{t_k} < \tau_M \cdot r, \quad (2)$$

где τ_M — межремонтный пробег производственного блока по плану-графику ремонтов; r — коэффициент запаса, выбираемый в зависимости от группы и категории транспортируемой среды. Изношенные элементы требуется заменить новыми с такой толщиной стенки, при которой трубопровод без ремонта отработает заданное количество межремонтных циклов с наименьшими суммарными затратами. При этом новый элемент должен отвечать нормативным требованиям по технологии проведения ремонта, свариваемости с соседними элементами и прочности трубопровода. Множество допустимых решений G данной задачи описывается системой ограничений:

$$\begin{cases} s_{N_k} - \Delta s_k \leq s_{N_k}^* \leq s_{N_k} + \Delta s_k \\ s_{O_k} + w_k \cdot \tau_M \cdot n_M \cdot r \leq s_{N_k}^* \\ E_k^* \subset M \end{cases} \quad (3)$$

а критерий оптимальности имеет вид:

$$\sum_{k=1}^{n_E} c_k^* \rightarrow \min_{s_N^* \in G}$$

где $s_{N_k}^*$ — толщина стенки нового элемента (управляющая переменная); Δs_k — допустимая разница в толщине стенки с соседними элементами при образовании сварного соединения; n_M — заданное пользователем количество межремонтных циклов трубопровода; E_k^* — множество допустимых паспортно-технических параметров нового элемента; c_k^* — стоимость нового элемента, определяемая по квадратичной функции, одним из аргументов которой является $s_{N_k}^*$.

2. Задача управления ремонтами трубопроводов производственного блока. По результатам прогнозирования остаточного ресурса и износа толщины стенки в соответствии с соотношением (2) определяется перечень трубопроводов, подлежащих ремонту. Требуется определить такую оптимальную стратегию проведения ремонтов, чтобы при заданных общих затратах c_P был достигнут максимальный суммарный межремонт-

ный пробег трубопроводов производственного блока. Множество допустимых решений G данной задачи описывается первым и третьим соотношениями из системы ограничений (3) и следующими дополнительными соотношениями:

$$\tau_j = \min \left(\frac{S_{N_{k,j}}^* - S_{O_{k,j}}}{w_{k,j}} \right), \quad n_{M_j} = \left\lfloor \frac{\tau_j}{\tau_M \cdot r} \right\rfloor, \quad n_{M_j} \geq 1, \quad \sum_{j=1}^{n_T} \sum_{k=1}^{n_E} c_{k,j}^* \leq c_P,$$

а критерий оптимальности примет вид:

$$\sum_{j=1}^{n_T} n_{M_j} \rightarrow \max_{S_N \in G}, \quad (4)$$

где j — порядковый номер трубопровода, $j = \overline{1, n_T}$; τ_j , n_{M_j} — остаточный ресурс и количество межремонтных циклов трубопровода;] [— целая часть числа.

3. *Задача управления ремонтами трубопроводов производственного блока с учетом стоимости демонтажа элементов.* При управлении ремонтами целесообразно учитывать не только стоимость устанавливаемого элемента и его монтажа, но и стоимость демонтажа старого элемента. Однако если производится одновременная замена всех элементов трубопровода, то стоимость демонтажа будет существенно ниже, т. к. при этом уменьшается количество ремонтных операций и не требуется сохранения ремонтпригодности демонтируемых сварных соединений. Поэтому трубопровод целесообразно ремонтировать до тех пор, пока стоимость ремонтов меньше стоимости замены всех его элементов или монтажа нового трубопровода с другой трассировкой. Множество допустимых решений данной задачи описывается системой ограничений задачи № 2 и следующим условием:

$$\sum_{k=1}^{n_E} (c_{k,j}^* + c'_{k,j}) < c_{M_j},$$

где $c_{k,j}^*$ — стоимость нового элемента с учетом стоимости монтажа; $c'_{k,j}$ — стоимость демонтажа элемента; c_{M_j} — стоимость монтажа нового трубопровода. Критерий оптимальности для множества допустимых решений имеет вид (4).

4. Задача управления ремонтами трубопроводов производственного блока с учетом вероятностной оценки ресурса элементов. Система ограничений и критерий оптимальности данной задачи аналогичны задаче № 2 за исключением того, что ресурс трубопровода определяется по следующим соотношениям:

$$\tau_j = \min(\tau_{k,j}), \quad U_{k,j} = \frac{1 - \frac{S_{O_{k,j}}}{S_{N_{k,j}}} - a_{cp} \cdot (\tau_{k,j})^m}{\sqrt{s_0^2 + s_a^2 \cdot (\tau_{k,j})^{2 \cdot m}}}$$

Рассмотренные задачи относятся к задачам дискретного программирования с линейной или квадратичной целевой функцией и нелинейными или линейными ограничениями, множество допустимых решений которых ограничено выпуклой областью.

В четвертой главе приведен алгоритм, предназначенный для решения рассмотренных выше задач управления ремонтами трубопроводной системы по техническому состоянию, укрупненная блок-схема которого приведена на рис 2. Предварительно алгоритм формирует список изношенных элементов по соотношению (2), подлежащих замене в период запланированной остановки производственного блока на ремонт. Для каждого изношенного элемента согласно с соотношением (1) формируются варианты замены, включающие стандарт на конструкцию, стандарт на сталь, марку стали, тип изготовления. Затем по типоразмерам и выбранным пользователем стандартам на конструкцию формируется множество номинальных толщин стенки, входящих в область, ограниченную системой уравнений соответствующей задачи. Выбор оптимальных толщин стенки производится с помощью метода ветвей и границ, где при построении дерева ветвлений за базовое решение принимается такой вариант замены, в котором номинальные толщины стенок новых и изношенных элементов совпадают. В дальнейшем при ветвлении доказывається, что базовое решение является оптимальным или выбирается новое оптимальное решение, значение целевой функции для которого меньше, а верхняя оценка не превышает заданную величину.

Рассмотрим результаты работы алгоритма на примере задачи № 2, состоящей в нахождении оптимального варианта замены семи изношенных элементов, принадлежащих двум трубопроводам. Построенная алгоритмом графическая зависимость наименьших удельных затрат на ремонты

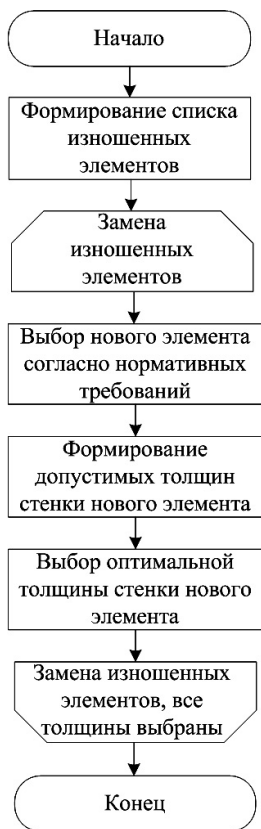


Рис. 2. Блок-схема алгоритма замены изношенных элементов

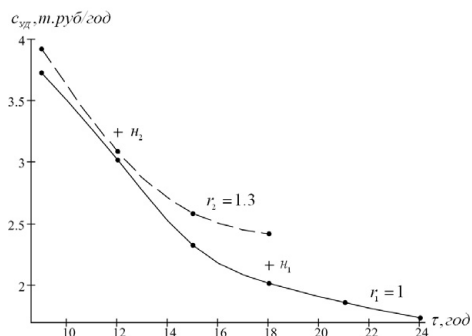


Рис. 3. Зависимость удельных затрат на ремонты от межремонтного пробега трубопроводов

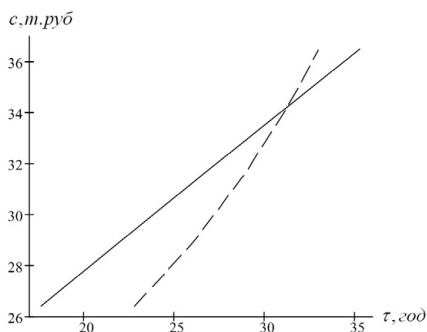


Рис. 4. Зависимость стоимости элементов от их ресурса: — ресурс по замерам в реперных точках (задача № 2); --- ресурс с учетом вероятностной оценки (задача № 4)

от суммарного межремонтного пробега трубопроводов для коэффициентов запаса $r_1 = 1$ и $r_2 = 1.3$ приведена на рис. 3. В данном случае алгоритм позволил улучшить базовые решения n_1 и n_2 на 6.8 % и 5 % соответственно, т. е. алгоритм позволил обеспечить тот же межремонтный пробег трубопровода, но при меньших затратах. Сравнение результатов работы алгоритма на примерах задач № 2 и № 4 в случае замены двух прямых участков протяженностью 19.3 м, приведены на рис. 4. Здесь точка пересечения кривых соответствует равенству величины износа, определенного по реперным замерам и методике вероятностной оценки ресурса.

В пятой главе приведена структура программного средства, предназначенного для поддержки принятия решений управления ремонтными работами и автоматизации процесса технического обслуживания технологических трубопроводов предприятия. Структурная схема данного программного средства (рис. 5) состоит из следующих подсистем: информационно-модельной, управления ремонтами, хранения данных, подготовки технической документации, обмена информацией с внешними системами. Ниже приводится описание каждой из упомянутых в схеме подсистем.



Рис. 5. Структурная схема программного средства

Информационно-модельная подсистема предназначена для формирования, дополнения и корректировки модели трубопроводной системы предприятия в соответствии с изменениями её технического состояния, т. к. параметры и топология каждого трубопровода, как показывает практика, достаточно часто изменяются на протяжении эксплуатации в результате смены технологического режима, ремонта или реконструкции, а также процесса старения. Средствами подсистемы выполняются следующие функции: ввод паспортной информации по трубопроводу, построение изометрических схем произвольной конфигурации, расчет статической прочности от несоосных нагрузок, расчет толщины слоя и объема тепловой изоляции, прогнозирование остаточного ресурса и коррозионно-эрозионного износа, формирование коррозионной карты, хранение результатов замеров толщины стенки, генерация технологической карты ремонта сварных соединений, ведение эксплуатационного журнала работ технического обслуживания. Дополнительно в информационно-модельной подсистеме в поверочном и оперативном режимах выполняется оценка соответствия основных технологических и конструктивных параметров трубопровода формализованным нормативным требованиям. В поверочном режиме по ранее внесенной информации проводится проверка группы и категории транспортируемой среды, давления испытаний, параметров элементов и формируется отчет по её результатам. Оперативный режим действует при выборе пользователем основных параметров новых элементов из нормативной базы данных и заключается в выделении цветом таких значений параметров, которые соответствуют нормативным требованиям.

Подсистема сбора и хранения данных состоит из базы данных по трубопроводам предприятия и нормативной базы данных элементов. База данных по трубопроводам содержит паспортно-техническую и текущую информацию, формируемую, дополняемую и корректируемую в информационно-модельной подсистеме. Нормативная база данных содержит структурированную информацию из нормативных и руководящих документов по конструктивным параметрам двадцати пяти типов элементов и основным технологическим параметрам трубопровода.

В подсистеме управления ремонтами по результатам прогнозирования остаточного ресурса определяется потребность в замене изношенных участков трубопровода. Формирование списка новых элементов, установка взамен изношенных, и выбор из него наилучшего вари-

анта замены осуществляется посредством алгоритма, рассмотренного в четвертой главе.

Подсистема подготовки документации формирует двадцать семь видов типовых отчетов и бланков в виде текстовых документов на основе информации, находящейся в базе данных. Дополнительно в подсистеме производится вывод запрашиваемой пользователем информации посредством выбора соответствующих параметров трубопровода, указания порядка их сортировки и установки требуемых ограничений с использованием операторов «>», «≥», «<», «≤», «и», «или».

В заключении сформулированы основные выводы и результаты, полученные в диссертационной работе.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана комплексная модель, позволяющая по описанию составлять, прогнозировать и управлять техническим состоянием сложной трубопроводной системы предприятия во времени, планировать работы технического обслуживания и формировать варианты замены изношенных элементов.

2. Выполнена постановка и решение четырех типов задач управления ремонтами трубопроводной системы предприятия на модели с учетом оценки технического состояния, позволяющих уменьшить затраты на ремонты при обеспечении заданного межремонтного пробега трубопроводов или увеличить межремонтный пробег с заданными затратами.

3. Разработана структура программного средства, предназначенного для поддержки принятия решений управления ремонтными работами, автоматизации формирования паспортно-технической документации и составления планов-графиков процесса технического обслуживания трубопроводной системы на протяжении всего периода эксплуатации.

4. Результаты работы реализованы в программном средстве АСОД «Трубопровод» и внедрены на предприятии ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». Использование АСОД «Трубопровод» позволило сформировать базу данных по четырём тысячам трубопроводов, автоматизировать большую часть операций поиска и обработки технической информации, упростить операции анализа и прогнозирования технического состояния.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В РАБОТАХ

1. Мошев Е. Р., Мырзин Г. С., Мухин О. И., Рябчиков Н. М., Долганов В. Л., Ложкин И. Г. Автоматизация экспертизы промышленной безопасности технологических трубопроводов // Проблемы и перспективы развития химической промышленности на западном Урале: Сб. науч. тр.— Пермь: ПГТУ, 2003.— Т. 2., С. 37–45.
2. Мошев Е. Р., Мырзин Г. С., Рябчиков Н. М., Мухин О. И. Использование автоматизированной системы обработки данных «Трубопровод» при создании паспортов на трубопроводы комплекса глубокой переработки нефти ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» // Материалы V-го межрегионального семинара.— Пермь, 2004.— С. 73–81.
3. Мырзин Г. С., Мошев Е. Р. Автоматизированная система информационной поддержки управления трубопроводами на этапе эксплуатации // Актуальные проблемы автомобильного, железнодорожного, трубопроводного транспорта в Уральском регионе: Материалы международной научно-технической конференции.— Пермь: ПГТУ, 2005.— С. 209–213.
4. Мырзин Г. С. Использование концепции CALS для разработки системы информационно-компьютерной поддержки технологических трубопроводов // Проблемы и перспективы развития химической промышленности на Западном Урале: Сб. науч. тр.— Пермь: ПГТУ, 2005.— С. 297–300.
5. Мырзин Г. С., Мошев Е. Р., Чечкин С. В., Власов В. Г. Разработка программного продукта для решения задач технического диагностирования трубопроводов // Проблемы и перспективы развития химической промышленности на Западном Урале: Сб. науч. тр.— Пермь: ПГТУ, 2005.— С. 292–297.
6. Мошев Е. Р., Мухин О. И., Рябчиков Н. М., Мырзин Г. С., Селезнев Г. М. Разработка автоматизированной системы для комплексного решения задач информационной поддержки и обеспечения промышленной безопасности технологических трубопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2006.— № 4.— С. 48–52.
7. Дудина Н. В., Мырзин Г. С., Мошев Е. Р. Использование специализированной комплексной информационной системы в учебном процессе // Интеграция методической (научно-методической) работы и системы повышения квалификации кадров: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Ч. 6.— Челябинск, 2006.— С. 194–195.
8. Мошев Е. Р., Мухин О. И., Мырзин Г. С., Рябчиков Н. М., Власов В. Г., Чечкин С. В. О проблемах и перспективах внедрения информационных технологий в практику повседневной деятельности производственных предприятий

- и органов технического надзора // Промышленная безопасность и экология. 2006.— № 4.— С. 34–38.
9. Мырзин Г. С., Мухин О. И., Мошев Е. Р. Моделирование процесса технического обслуживания системы технологических трубопроводов предприятия // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: IV Международная научно-практическая конференция: Сб. науч. тр.— Пенза: РИО ПГСХА, 2006.— С. 231–235.
 10. Мырзин Г. С., Мошев Е. Р., Мухин О. И. Моделирование и автоматизированное управление процессами обслуживания распределенной системы технологических трубопроводов // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: Материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции.— Пермь: ПГТУ, 2006.— С. 221–226.
 11. Власов В. Г., Вустин В. В., Долгих В. И., Мошев Е. Р., Мухин О. И., Мырзин Г. С., Рябчиков Н. М., Чазов В. А., Чечкин С. В. Автоматизированная система обработки данных «Трубопровод». Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610790.— М.: Роспатент РФ, 2006.
 12. Власов В. Г., Мошев Е. Р., Мухин О. И., Мырзин Г. С., Рябчиков Н. М., Чечкин С. В. Электронный паспорт трубопровода. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2006610772.— М.: Роспатент РФ, 2006.
 13. Мырзин Г. С., Мошев Е. Р., Мухин О. И., Рябчиков Н. М. Автоматизация построения изометрических схем и ведения паспортной документации по технологическим трубопроводам // Промышленная и экологическая безопасность. 2007.— № 5.— С. 48–51.
 14. Мырзин Г. С., Мошев Е. Р. Программное средство для автоматизации формирования паспортной документации и расчета остаточного ресурса трубопроводов // Актуальные проблемы обеспечения комплексной безопасности производства: Материалы межрегиональной научно-практической конференции.— Пермь: Межрегиональный форум «Безопасность. ТЭК-2007».— С. 60–61.
 15. Мырзин Г. С., Мухин О. И., Мошев Е. Р. Модель управления обслуживанием технологических трубопроводов предприятия с учетом оценки их технического состояния // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: VI Международная научно-практическая конференция: Сб. науч. тр.— Пенза: РИО ПГСХА, 2007.— С. 128–129.
 16. Мырзин Г. С., Мухин О. И., Мошев Е. Р. Решение задач управления сроками и объемами ремонтов трубопроводной системы предприятия на модели с учетом оценки технического состояния // Системы управления и информационные технологии. 2007.— № 3.1 (29).— С. 176–179.
 17. Мырзин Г. С. Архитектура программного средства автоматизации и управления техническим обслуживанием сложной трубопроводной системы крупно-

го предприятия // Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе: Материалы всероссийской научно-практической конференции.— Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007.— С. 202–206.

18. Мошев Е. Р., Мырзин Г. С., Рябчиков Н. М., Мухин О. И. Автоматизированная система для решения задач информационной поддержки и обеспечения промышленной безопасности трубопроводов химических производств // XVIII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Тез. докл.— М.: Граница, 2007.— Т. 3.— С. 20.
19. Мошев Е. Р., Мухин О. И., Рябчиков Н. М., Мырзин Г. С., Чечкин С. В., Власов В. Г., Селезнев Г. М., Вустин В. В., Долгих В. И., Чазов В. А. Программное средство для автоматизации информационной поддержки и обеспечения промышленной безопасности технологических трубопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2007.— № 10.— С. 24–28.
20. Мырзин Г. С., Мошев Е. Р., Рябчиков Н. М. Алгоритм управления ремонтами технологических трубопроводов крупного предприятия с учетом оценки технического состояния // Промышленная безопасность и экология. 2007.— № 11 (20).— С. 62–64.

Мырзин Глеб Семенович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

*диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук*

Подписано в печать 11.07.2008. Формат 90 × 60/16.
Усл.печ.л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 588/2008.

Издательский дом «Пресстайм».
Адрес: 614025, г. Пермь, ул. Героев Хасана, 105.