

Разработка автоматизированной системы для комплексного решения задач информационной поддержки и обеспечения промышленной безопасности технологических трубопроводов

Е.Р. Мошев, О.И. Мухин, Н.М. Рябчиков, кандидаты техн. наук, Г.С. Мырзин (Пермский государственный технический университет), Г.М. Селезнев (Ростехнадзор)

Последнее время в периодической печати [1-4] все чаще поднимается тема внедрения в практику повседневной деятельности надзорных и производственных организаций программных продуктов, позволяющих обеспечивать процесс непрерывной информационной поддержки сложных производственных объектов на протяжении всего их жизненного цикла (ЖЦ).

Концепция непрерывной информационной поддержки ЖЦ продукции или CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) основана на использовании единого информационного пространства (интегрированной информационной среды). Данная концепция призвана обеспечивать единообразные способы информационного взаимодействия всех участников ЖЦ и реализована посредством нормативных документов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными [5]. В соответствии с концепцией в информационном пространстве создаются модели объектов, увязанные в единую структуру для создания комплексного представления об управляемой системе, необходимого для решения сложных технических задач. Использование такой концепции подразумевает, что созданные однажды модели многократно уточняются, дорабатываются в рамках метамодели объекта, используются для решения задач «вопрос-ответ» на протяжении ЖЦ всеми его участниками. При этом форма и содержание электронной информации представлены так, чтобы любой участник процесса мог решать требуемые задачи с высокой достоверностью и минимальными затратами времени. Организация информации в виде единого структурированного комплекса обеспечивает наглядность и визуализацию больших массивов данных. При этом, чем дольше эксплуатируется информационный продукт, созданный в соответствии с CALS, тем больше накапливается информация об объекте и тем рентабельней становится его использование.

Применительно к трубопроводам процесс непрерывной информационной поддержки можно представить в соответствии со схемой на рис.1, где передача информации от первого этапа к последующим этапам благодаря наличию единого информационного пространства осуществляется автоматически. Таким образом, созданные на этапе проектирования документы (представленные в виде информационных моделей) с минимальными потерями вре-

мени и точности могут передаваться на последующие этапы, где будет осуществляться их корректировка и пополнение на протяжении всего ЖЦ.



Рис. 1. Принципиальная схема процесса информационного сопровождения трубопроводов

При этом справедливости ради следует отметить, что процесс создания автоматизированных систем (АС), реализующих информационно-компьютерную поддержку ЖЦ изделий является достаточно затратной процедурой, как по стоимости, так и по времени. Это объясняется тем, что инструменты создания АС пока не удовлетворяют по гибкости и функциональности требованиям их разработчиков. Кроме того, во многих случаях сопряжение логической модели проектируемого объекта с системой высокоуровневого сервиса требует интеграции с такими ИТ-инструментами, как базы данных, текстовые и графические редакторы, экспертные системы, интерпретаторы моделей. Дополнительно, при разработке такого ин-

тегрированного приложения необходимо учитывать организационно-производственную структуру и состояние сетей информационных коммуникаций конкретного предприятия, которые формируют свои определенные требования к архитектуре реализации. Однако, не смотря на перечисленные проблемы нельзя не согласиться с авторами [2], которые отмечают: «Тем не менее, создание информационных систем – единого информационного пространства, включающего (в идеале) все стадии жизненного цикла продукции (услуг) от разработки до утилизации (включая обратную связь производителя с потребителем) – давно назревшая проблема».

Как правило, системы информационной поддержки ЖЦ содержат очень большое количество нормативной и текущей информации, которую целесообразно использовать не только для нужд проектирования и эксплуатации в частности трубопроводов, но и для решения смежных задач, например экспертизы промышленной безопасности [6]. Реализация комплексного подхода к формированию интегрированной информационной системы не только вооружит предприятия важной для эксплуатации трубопроводов информацией, одновременно она упростит, ускорит и повысит качество выполнения работ, связанных с инспекцией трубопроводов органами Ростехнадзора и проведением технического диагностирования экспертными организациями.

С учетом сказанного коллективом разработчиков (при участии авторов) по заказу ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» была создана и передана в опытную эксплуатацию АС для информационной поддержки и экспертизы промышленной безопасности технологических трубопроводов (ТТ). При создании системы разработчики постарались по мере своих сил и возможностей учесть требования СALS.

С архитектурной точки зрения АС состоит из семи подсистем, связанных по радиальной схеме с базой данных (БД) (рис.2), что обеспечило эффективную циркуляцию информации и удобное взаимодействие пользователей с различными ее представлениями посредством информационных инструментов.

Назначение системы - автоматизация текущей работы подразделений, ответственных за безопасную эксплуатацию трубопроводов.

Область применения системы:

- информационная поддержка ТТ, трубопроводов пара и горячей воды;
- экспертиза промышленной безопасности ТТ до условного давления 10 МПа.

Потенциальные пользователи системы:

- лица ответственные за безопасную эксплуатацию трубопроводов;
- специалисты технического надзора и службы главного механика предприятия;
- специалисты проектно-конструкторского отдела;
- специалисты Ростехнадзора и экспертных организаций.



Рис. 2. Архитектура АС

Заложенные в систему принципы

Экспертная направленность

Осуществление автоматической проверки в режиме диалога выбранных пользователем группы, категории, атрибутов элементов и других параметров трубопровода на соответствие требованиям нормативно-технической документации.

Интегрированность

Реализация связи между подсистемами, а также реализация возможности связи с другими программными продуктами и инструментами посредством интеграции с БД.

Сетевая поддержка

Реализация сетевой поддержки позволяет выполнять работу одновременно нескольким пользователям с разных рабочих мест.

Возможность дальнейшего развития

АС в дальнейшем может быть развита путем включения новых подсистем или внешних систем и организации связей между ними и БД.

Возможность обновления и корректировки нормативно-справочных данных

Выполнение обновлений, дополнений и корректировки нормативно-справочных данных позволяет поддерживать постоянную часть БД в актуальном состоянии.

Описание подсистем и архитектуры сетевых решений

АС построена по архитектуре «клиент-сервер», в качестве сервера БД используется СУБД Oracle, при необходимости может быть выполнен переход на другую СУБД. Как уже отмечалось, АС включает БД, семь логических подсистем и является открытой для обмена данными с внешними программами или системами (рис.2).

Сетевая поддержка организована через централизованную БД на сервере предприятия, что повышает доступность и актуальность предоставляемой информации; исключает противоречивость, искажение и дублирование данных при одновременном обеспечении доступа к АС широкого круга специалистов (рис.3).

База данных

Назначение: ввод, хранение, защита и обработка данных; осуществление внутренней связи между подсистемами; организация связи с внешними программами. Условно состоит из постоянной и переменной частей.

Постоянная часть содержит в формализованном виде данные из стандартов, нормативов и руководящих документов, включая сведения о комплектующих изделиях и материалах. Изменение этой части происходит только при добавлении новых нормативных данных или корректировке существующих и в текущей версии системы производится силами разработчика.

Переменная часть содержит данные, характерные для конкретного предприятия, и может изменяться пользователем в ходе работы с системой.

Электронный паспорт

Назначение: ввод в режиме диалога, модификация и обработка фактической информации по трубопроводам, включая паспортно-технические данные.

Внесенная средствами подсистемы информация хранится в переменной части БД, используется при работе всех подсистем и формировании отчетов. С целью повышения оперативности работы и минимизации количества ошибок ввод нормативной информации производится путем ее выбора из постоянной части БД.

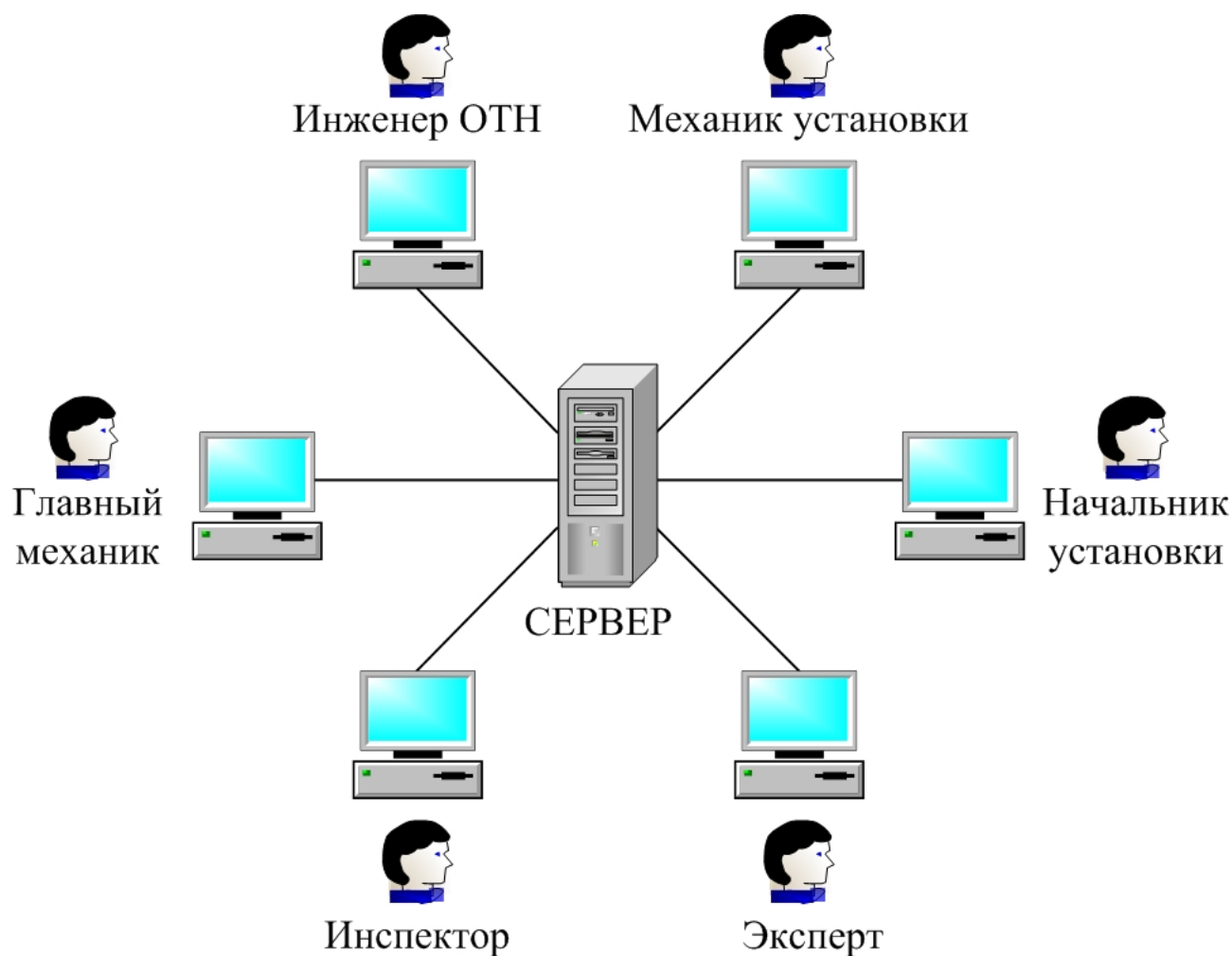


Рис.3. Реализация сетевой поддержки

Отчеты

Назначение: формирование типовых отчетов и бланков в виде текстовых документов на основе информации, содержащейся в БД. Внешний вид отчетов выполнен с учетом требований документа [7]. Генерация отчетов предусмотрена на уровнях «Трубопровод» и «Установка». Перечень формируемых подсистемой отчетов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Перечень формируемых системой отчетов

№ п/п	Вид отчета	Уровень формирования
1.	Паспорт трубопровода	Трубопровод
2.	Технологическая карта на ремонт трубопровода	
3.	Экспертиза материального исполнения трубопровода	
4.	Остаточный ресурс (гамма-процентный)	
5.	Остаточный ресурс (по реперным точкам)	
6.	Расчет тепловой изоляции	
7.	Акт замеров (ревизии) трубопровода	
8.	Акт ревизии и отбраковки трубопровода	

9.	Заключение о проверке качества сварных стыков		
10.	Заключение по проведению радиографического контроля		
11.	Заключение по проведению ультразвуковой дефектоскопии		
12.	Заключение по цветной дефектоскопии		
13.	Протокол замера твёрдости деталей		
14.	Протокол замеров твёрдости сварных соединений после термообработки		
15.	Протокол металлографических исследований		
16.	Протокол механических испытаний контрольного сварного соединения		
17.	Протокол механических испытаний металла		
18.	Протокол по спектральному анализу металла		
19.	Удостоверение о качестве ремонта трубопровода		
20.	Перечень трубопроводов		Установка
21.	План-график диагностирования трубопроводов		
22.	План-график ревизий и испытаний трубопроводной арматуры		
23.	План-график ревизий и испытаний трубопроводов		
24.	План-график ремонта трубопроводов по техническому состоянию		
25.	Комплектация трубопроводов		Установка и
26.	Отбраковочные толщины и скорости коррозии трубопроводов		трубопровод

Изометрия

Назначение: создание и редактирование изометрических схем трубопроводов; формирование спецификаций. Создание схем производится посредством встроенного графического редактора, внешний вид схем соответствует требованиям документов [8-10]. Подсистема поддерживает трехмерную модель трубопровода, что в перспективе позволит генерировать его объемное изображение на основе уже построенной изометрической схемы.

Данные, внесенные в рамках подсистемы, используются при генерации большинства отчетов, а также файлов открытого формата, которые передаются в программу «Старт» (программа расчета на прочность и жесткость трубопроводов – разработчик НТП «Трубопровод») и систему материально-технического снабжения «R/3» (разработчик SAP AG).

Экспертиза

Назначение: проверка подсистемой по параметрам рабочей среды (давление, температура, определяющий компонент) правильности выбора пользователем:

- группы и категории трубопровода;
- атрибутов элементов трубопровода;
- типов и исполнений фланцев;
- прокладочных материалов;
- теплоизоляции;
- давления испытаний и некоторых других параметров.

Предусмотрено два режима экспертизы: оперативный и контрольный. Оперативный

режим действует на этапе заполнения или изменения пользователем электронного паспорта. При внесении новых данных система одновременно предлагает варианты, рекомендуемые нормативно-технической документацией. Таким образом, сразу выявляется несоответствие внесенной пользователем информации требованиям нормативных документов. При вводе данных по транспортирующим рабочую среду элементам автоматически выполняется расчет их отбраковочной и допустимой толщин стенки. При внесении информации пользователь может выбрать и не рекомендуемые подсистемой параметры, однако в этом случае результаты контрольного режима экспертизы будут отрицательными.

Контрольный режим действует после заполнения электронного паспорта и создания изометрической схемы. Назначением контрольного режима является формирование отчета о соответствии параметров трубопровода и его элементов требованиям нормативно-технической документации. Алгоритмы проверки разработаны на основе документов [7, 11-13].

Сварка

Назначение: выбор в режиме диалога параметров сварки, необходимых для формирования технологической карты на ремонт трубопровода: тип и марка электродов, способ подготовки кромок, режим сварки и термообработки сварных швов. Выбор параметров осуществляется в зависимости от материала, диаметра и толщины стенки элементов трубопровода по алгоритмам, разработанным на основе документов [7, 9, 11, 14].

Ресурс

Назначение: определение гамма-процентного остаточного ресурса и скорости коррозионно-эрозионного износа трубопровода. Расчет выполняется по результатам замеров (как однократным, так и многократным) толщины стенки элементов трубопровода. Результаты замеров находятся в БД и вводятся пользователем в подсистеме «Электронный паспорт». В основу расчета положены методики [15, 16].

Изоляция

Назначение: выбор материала теплоизоляции трубопровода, расчет его толщины и объема; выбор материала покрытия теплоизоляции трубопровода и расчет его площади. Выбор и расчеты производятся в соответствии с документом [13]. По результатам расчета генерируется отчет.

Функции системы

Основное внимание на существующей стадии разработки было уделено этапу эксплуатации. Проектная документация, созданная средствами внешних систем, в настоящее время может храниться в системе только в виде файлов закрытого формата. В будущем передачу проектной информации предполагается осуществлять посредством интеграции с БД других систем или через файлы открытого формата. Решение задач утилизации трубопрово-

дов в связи с их низкой актуальностью не рассматривалось. Функции системы, распределенные по этапам ЖЦ, приведены в табл.2.

Таблица 2

Распределение функций системы по этапам ЖЦ трубопроводов

№ п/п	Этапы и субъекты ЖЦ трубопровода		
	Проектирование: проектная организация	Монтаж: монтажная организация	Эксплуатация: владелец, инспектор, эксперт
1.	Создание первичного электронного паспорта	Корректировка и дополнение	Корректировка и дополнение
2.	Определение группы, категории и пробного давления	-	Корректировка при смене режимных параметров
3.	Подбор и расчет элементов на прочность	Корректировка и дополнение	Корректировка и дополнение
4.	Отрисовка изометрической схемы	Корректировка и дополнение	Корректировка и дополнение
5.	Подбор и расчет изоляции	Корректировка и дополнение	Корректировка и дополнение
6.	Формирование спецификации	Корректировка и дополнение	Корректировка и дополнение
7.	Запись проектной документации (прикрепленные файлы закрытого формата)	Исполнительная документация (прикрепленные файлы закрытого формата)	Пополнение документами, созданными другими системами и приложениями (прикрепленные файлы закрытого формата)
8.	-	-	Внесение данных по результатам ревизий, обследований и диагностирования
9.	-	-	Внесение данных по результатам толщинометрии
10.	-	-	Расчет остаточного ресурса
11.	-	-	Формирование технологической карты ремонта и внесение данных по результатам ремонта
12.	-	-	Выполнение экспертизы материального исполнения элементов трубопровода
13.	-	-	Передача данных во внешние системы: R/3 и СТАРТ
14.	-	-	Формирование различных отчетов и бланков по трубопроводам (более 20 отчетов)

Разумеется, в рамках одного проекта не удалось реализовать все требования концепции CALS, а также ряд полезных функций и сервисов, однако система уже сейчас позволяет решать многие задачи информационной поддержки и экспертизы промышленной безопасности трубопроводов с высоким уровнем автоматизации.

Список литературы

1. Ярославцева Е.Н. Компьютерные системы в рамках проекта «Охрана труда, промышленная безопасность и экология» // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – №5. – С. 66-68.
2. Кузнецова И.А., Колтунов В.В. Информационная поддержка систем качества: проблемы и перспективы // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2004. – № 11. – С. 32-35.
3. Обзор состояния рынка систем PLM/TDM/PDM/Workflow / Дмитрий К. // САПР и графика. – 2004. – №12. С. 14-21.
4. Докучаев Д., Каменнова М., Новожилов О. Внедрение информационной системы как способ совершенствования бизнес-процессов предприятия // САПР и графика. – 2005. – №4. С. 34-38.
5. ГОСТ Р 50.1.031-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции.
6. Е.Р. Мошев, Г.С. Мырзин, О.И. Мухин, Н.М. Рябчиков, В.Л. Долганов, И.Г. Ложкин. Автоматизация экспертизы промышленной безопасности технологических трубопроводов // Проблемы и перспективы развития химической промышленности на западном Урале: Сб. науч. тр. Пермь, 2003 т.2. с. 37-45.
7. ПБ 03-585-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.
8. ГОСТ 21.206-93 (1995) СПДС. Условные обозначения трубопроводов.
9. ВСН 362-87. Изготовление, монтаж и испытание технологических трубопроводов на P_y до 10 МПа.
10. ГОСТ 2.784-96 ЕСКД. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов.
11. РД 38.13.004-86. Эксплуатация и ремонт технологических трубопроводов под давлением до 10 МПа.
12. РТМ 38.001-94. Указания по расчету на прочность и вибрацию технологических стальных трубопроводов.
13. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов/Госстрой России. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1998. - 28 с.
14. ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
15. Методика вероятностной оценки остаточного ресурса технологических стальных трубопроводов - М.: НПО "Трубопровод", 1995.
16. Инструкции по определению скорости коррозии металла корпусов сосудов и трубопроводов на предприятиях Миннефтехимпрома СССР. - Волгоград, 1983 г.