

УДК 519.6+ 539.6

В.В.Можаровский, С. А.Марьин, Н.А.Марьина

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ, СОСУДОВ И РЕЗЕРВУАРОВ

Рассмотрена задача построения программного комплекса мониторинга технического и коррозионного состояния систем трубопроводов, а также представлены средства автоматизации и структурная схема и взаимодействия модулей. С использованием разработанного программного комплекса показаны режим работы с технологическими схемами. Описаны средства для определения и диагностики ресурса оборудования с учетом коррозии

Постановка проблемы и анализ современных исследований. На современном этапе развития производств возникает необходимость иметь диагностическую информацию для решения новых задач расчета напряженного и деформированного состояния трубопроводов (сосудов, резервуаров), определение прочности материалов[1].

Эти исследования необходимы в основном для повышения качества, надежности и долговечности конструкций из новых материалов, в том числе композиционных, работающих в сложных эксплуатационных условиях (динамическое нагружение, воздействие коррозионно-агрессивных сред). Вопрос прогнозирования ресурса, особенно реального, является сложным и недостаточно изученным. В качестве конструкционных материалов используются, как традиционные материалы типа стали, так и новые материалы на основе композитов. Изучение поведения материалов при испытаниях и эксплуатации показало, что вполне реально найти некоторые физические параметры, сопутствующие разрушению и характерные для определенных его моментов.

Следующим аспектом исследований является использование наряду с традиционными материалами (сталь, чугун и т.д.) новых, в частности композиционных материалов [2], обладающих рядом специфических свойств, которые могут существенно повысить ресурс работы трубопроводных систем. Следует отметить, что несмотря на многочисленные исследования в области прикладной механики композитов, существуют известные трудности при решении прикладных задач. Это связано со сложностью математического описания анизотропных сред, которыми являются композиционные материалы [3,4], композитных материалах удается с высокой точностью обеспечивать заданные механические свойства, принципиально не достижимые отдельно в каждом из компонентов.

В системе магистральных трубопроводов УМГ «ЛЬВОВТРАНСГАЗ» [5] разработана и внедрена информационная система паспортизации трубопроводов на базе ГИС-технологии, которая позволяет обеспечивать: эффективный сбор, анализ и цифровую обработку информацию в базе данных; возможность оперативного обновления данных по различным источникам информации – аэрофотосъемки, цифровым топографическим картам, данным наземных геодезических съемок и спутниковой навигации; оперативность анализа обработки данных, запросов и отчетов в картографическом и текстовом форматах. Данная информационная система тестировалась на газопроводе протяженностью около 1000 км.

В связи с этим и возникла необходимость разработки современных методов оценки ресурса оборудования (трубопроводов, сосудов) из новых материалов, в том числе композиционных, на основе диагностической информации. Поэтому актуальна разработка программного комплекса на ПЭВМ, позволяющего автоматизировать данный процесс. При этом необходимо разработать математические и численные модели для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) и оценки ресурса конструкций из сложных материалов с применением оптимального проектирования в инженерных методах расчета, создать алгоритмы и программы.

Проблема мониторинга технического и коррозионного состояния. Проблема мониторинга технического и коррозионного состояния систем трубопроводов достаточно актуально звучит особенно в последнее время. Для большей части трубопроводных систем, которые эксплуатируются более 20 лет, проблема коррозии стоит достаточно остро. Говоря о мониторинге технического и коррозионного состояния систем трубопроводов, имеется в виду система

наблюдений, диагностирования и прогнозирования состояния трубопроводов с целью своевременного определения изменений и их оценки, предупреждения и ликвидации последствий негативных процессов коррозии. К мониторингу технического и коррозионного состояния предъявляются следующие требования:

- систематические наблюдения за коррозией;
- оценка противокоррозионной защиты и процессов, связанных с изменением коррозионных условий;
- обнаружение изменений в коррозионном состоянии трубопровода;
- систематические наблюдения за напряженно-деформированным состоянием трубы;
- обнаружение развивающихся дефектов и оценка состояния швов.

По окончании комплекса обследований должны выдаваться рекомендации по обеспечению надежной защищенности по всей протяженности трубопровода, оптимальных режимов установок защиты, составляется прогноз коррозионного состояния, определяется остаточный ресурс и прогнозируется долговечность трубопровода.

На крупных промышленных предприятиях, в производственных процессах, возникает необходимость решения задачи контроля за состоянием оборудования (емкостей, сосудов и т.д.), применяющегося для хранения агрессивных жидкостей. Особенно в тех случаях, когда число контролируемых объектов может достигать нескольких тысяч, довольно сложно следить за их состоянием, а оценить состояние оборудования предприятия в целом почти невозможно. Эффективное решение задач контроля и управления обслуживанием и ремонтом систем трубопроводов и технологического оборудования, по меньшей мере, затруднительно без наличия надежных информационных систем, которые должны опираться на результаты диагностических обследований в сочетании с современными информационно-аналитическими технологиями, что позволит оперативно принимать решения относительно ремонта и замены отдельных элементов трубопроводных систем и оборудования, прогнозировать остаточный ресурс работы.

Поэтому разработка программного комплекса, и, является достаточно актуальной и имеет высокую инновационную ценность. При этом задача состоит в комплексном учете и контроле за состоянием оборудования и выработка рекомендаций по замене соответствующих элементов оборудования на основе разработанных математических моделей и численных методик расчета.

Весьма актуальной задачей является создание программного комплекса позволяющего автоматизировать обработку и анализ учетной и диагностической информации для труб из современных различных материалов, например, используя базальтовые, стеклянные или углеродные волокна; синтетические волокна из различных материалов; резины, резинопласты и фторопласты различных марок.

Средства автоматизации и структурная схема программного комплекса. Программный комплекс использует открытые, получившие широкое распространение форматы графических файлов. Однако возможна работа и с форматами файлов других САПР. Все базы данных имеют открытую архитектуру и могут быть модифицированы пользователем, а использование интерфейса ODBC делает систему независимой от формата данных: будь то Microsoft Access, dBASE или Oracle. Пользователь, использующий программный комплекс, может работать и автономно на локальном компьютере, и в группе разработчиков на сетевом рабочем месте. Работая в сети, возможности системы можно настроить под любые требования групповой работы. Файлы данных легко передаются по сети и могут быть доступны любым другим проектантам, имеющим соответствующие интерфейсы, доступ и возможность работать с файлами данного проекта.

Одна из проблем, связанных с разработкой проектов крупных производственных комплексов, состоит в управлении и распределении информации между пользователями и различными техническими отделами и службами. Для больших проектов необходимо, чтобы проектная информация была постоянно синхронизирована, отражала актуальные данные и была доступна всем членам проектной группы. В условиях одновременной работы большого числа проектировщиков система контроля, реализованная в модуле User_ID программного комплекса, дает возможность пользователям значительно сократить время проверки информации и соответственно время разработки всего проекта. Благодаря свойственной User_ID способности масштабироваться этот модуль подходит для выполнения крупных, средних и небольших проектов. Постоянно меняющиеся объемы чертежной документации и размеры баз данных не усложняют работу, поскольку система User_ID обеспечивает распределение и контроль данных и гарантирует их доставку проектировщику, несмотря на конкретные размеры разрабатываемых

проектов. В результате такого подхода сокращается время разработки проекта за счет наличия динамических линий связи между технологическим чертежом, выполненным в системе AutoCAD и базой данных проекта. При этом всегда используются самые точные проектные данные вследствие проверки и уточнения их в реальном масштабе времени, а многоуровневая система защиты информации сводит к минимуму ошибки операторов. Динамические линии связи между технологическим чертежом и базой данных позволяют вносить оперативные изменения в процесс проектирования. Так, в условиях конкретного проекта перечни необходимых приборов, оборудования или трубопроводов могут быть легко и быстро взяты из всех чертежей проектной документации простым удалением их из базы данных. Кроме того, пользователи, занятые разработкой конкретных чертежей, могут мгновенно воспользоваться справочными проектными данными, находящимися, а других чертежах и т.д. Это значительно сокращает время проверки и выбора чертежей из User_ID и сводит к минимуму ошибки проектировщиков как "при контроле технологии", так и при "пересмотре технологии". Структурная схема взаимодействия модулей программного комплекса представлена на рис. 1. На данной схеме изложена иерархическая система взаимосвязанных модулей обработки, информации начиная с учета элементов оборудования и заканчивая математическим моделированием отдельных элементов конструкций с целью выработки конкретных рекомендаций.

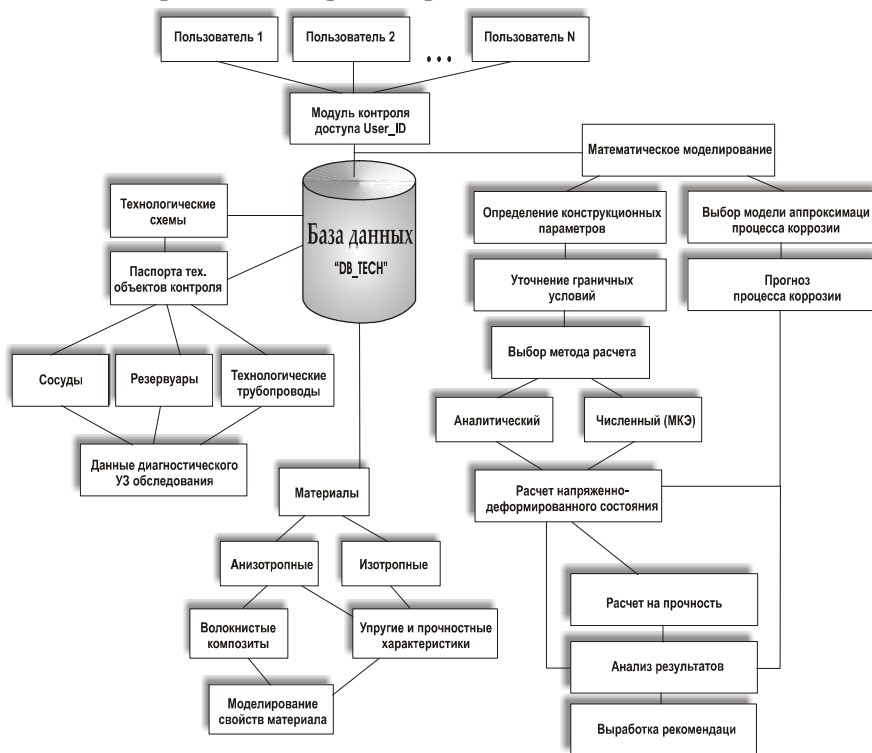


Рис. 1 .Структура взаимодействия модулей программного комплекса

Модуль User_ID позволяет сохранять точную базу данных, обеспечивает уникальные номера всех объектов, например трубопроводов, емкостей и т.д., которые приводятся на всех чертежах проекта, их характеристик и атрибутов. Точность обеспечивается проверкой в реальном масштабе времени базы данных проекта, в момент занесения или изменения атрибутов в чертеже. При обнаружении несуществующих атрибутов или противоречий система извещает пользователя и предлагает скорректировать значения. Такой подход существенно сокращает время проверки чертежей при выполнении проекта и обеспечивает точность и непротиворечивость данных. Для каждого пользователя или группы устанавливается свой уровень защиты, позволяющий:

- вводить дополнительные признаки в проект;
- удалять признаки из проекта;
- редактировать информацию признака в ходе проекта.

Умелое пользование подобной многоуровневой защитой проектной информации способствует сведению к минимуму человеческого фактора и обеспечивает контроль ошибок. Своевременный доступ к точной и самой свежей информации для всех членов проектной группы

является фундаментальным требованием для успешного завершения больших проектов. Разработанный программный комплекс [1] является объектно-ориентированным, т.е. большинство действий осуществляется путем манипуляций над объектами. Основные категории оборудования (сосуды, резервуары, трубопроводы) представляются базовыми типами (T_Apparats). Конкретные единицы оборудования являются объектами (экземплярами) типов, производных от базовых (T_Essels, T_PipeLines). Каждый базовый тип вводит набор интерфейсов, поддерживаемых всеми объектами производных типов. Работа с объектами осуществляется строго в соответствии с этими интерфейсами. Таким образом, при включении новых единиц оборудования создаются типы, учитывающие их особенности, и соответствующие объекты включаются в программный комплекс. Поскольку новые объекты реализуют интерфейсы базовых типов, то работа с ними происходит на общих основаниях. Поэтому не требуется модернизация программного обеспечения. Изложенная методика и алгоритмы программно реализованы в виде приложения, разработанного в среде Borland Delphi 7.0 на платформе Microsoft Windows XP.

Возможности программного комплекса. Программный комплекс предназначен для ведущих инженеров и механиков, специалистов технадзора, ПСБ и других служб, связанных с эксплуатацией промышленного оборудования.

Программный комплекс контроля и диагностики состояния оборудования реализован на конкретном примере нефтеперерабатывающего предприятия и реализует основные функции диагностического учета состояния оборудования на основе предъявляемых на данном предприятии требований и позволяет осуществлять следующие функции:

Представлять структуру предприятия в целом и отдельных его подразделений в виде иерархических схем (рис. 2), что способствует эффективному способу сбора, накопления, обработки и поиска необходимой информации в базе данных, а также возможности оперативного обновления и дополнения данных;

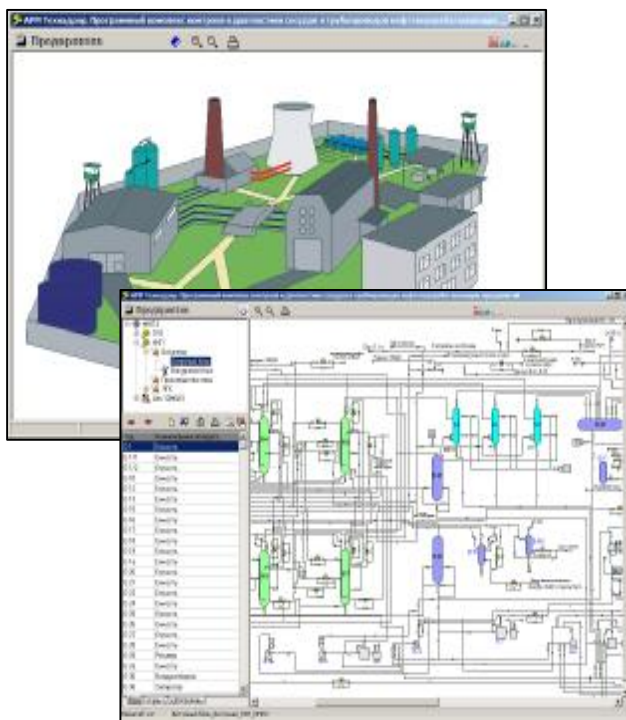


Рис. 2. Общий вид структуры предприятия

Использование иерархической структуры представления данных обеспечивает удобную визуализацию и навигацию для пользователей различных категорий и уровней доступа с учетом специфики их работы.

Создавать графические изображения (рис. 2,3) трубопроводов, сосудов и технологических схем согласно рабочей документации и на основании требований предъявляемых РД;

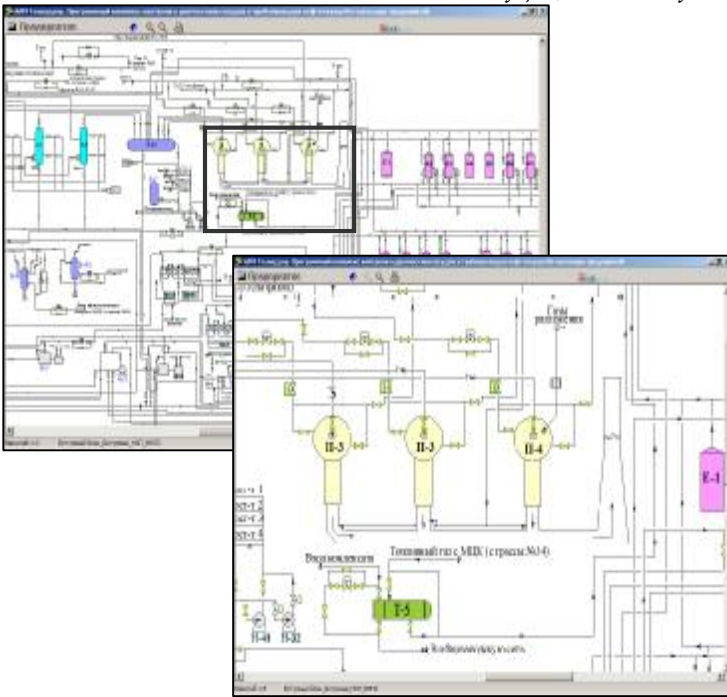


Рис. 3. Режим работы с технологическими схемами (масштабирование участка)

Программный комплекс предусматривает ряд возможностей работы с графическими изображениями, а именно создание, просмотр, редактирование, масштабирование, операции импорт/экспорт в различные графические форматы, поддерживаемые системами AutoCad, CorelDraw и др.

Визуализировать все данные контролируемых объектов (изображение, технические параметры, замеры, график хода коррозии) в режиме реального времени (рис. 4, 5);

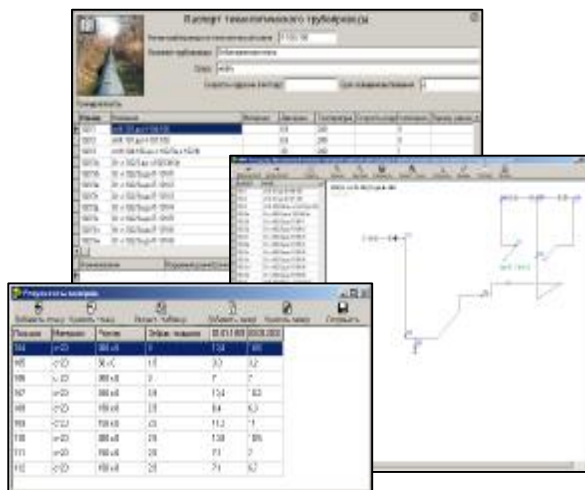


Рис. 4. Режим работы с паспортом технологического трубопровода

Прогнозировать процесс хода коррозии технологического аппарата и рассчитывать скорость коррозии на основании диагностических данных обследования (рис. 5);

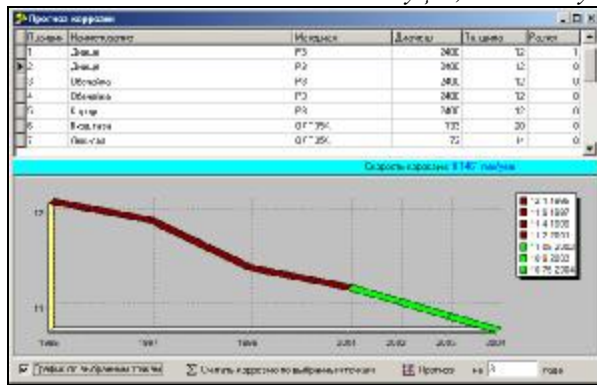


Рис. 5. Режим работы: Прогнозирование хода коррозии и расчет скорости коррозии по результатам ультразвукового обследования аппарата

При диагностике коррозии оборудования предприятия применяются методы прикладного регрессионного анализа, которые позволяют строить прогноз с достаточной степенью достоверности. По результатам локальной диагностики выполняются уточненные расчеты напряженно-деформированного состояния с применением метода конечных элементов. Выполняется контроль технического состояния, ведение графиков ревизий, расчет отбраковочной толщины трубопроводов, сосудов и резервуаров, нормативного срока эксплуатации; Производится оценка прочности и расчет напряженно-деформированного состояния трубопроводов и сосудов (рис. 6); На основании проводимых расчетов выявляются наиболее опасные места, где состояние стенок трубопроводов и сосудов близко к критическим и выделяются объекты, которые необходимо взять под контроль, т.е. наиболее опасные участки классифицируются по степени ответственности на основании чего строятся графики наблюдения и периодического контроля, что позволяет оперативно оценивать состояние оборудования в режиме реального времени.

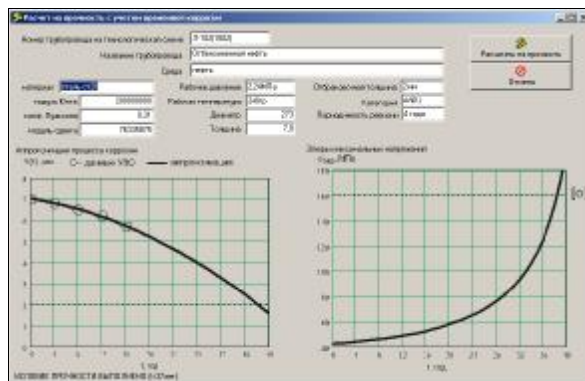


Рисунок 6 – Расчет на прочность с учетом временной коррозии

Заключение Решена задача, соответствующая современному уровню научных исследований:

- разработаны методы диагностирования и созданы базы данных на основе современных информационных теорий;
- разработанные подходы алгоритмов, методы и программы для создания базы данных на основе современных информационных теорий для труб из новых композиционных материалов.

1. Можаровский В.В., Марьин С.А., Казак В.А., Орлов В.В. Программный комплекс контроля и диагностики сосудов и трубопроводов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль – 2002. - №1. – С.28-31
2. Композиционные материалы. Справочник. / Под общ. ред. В.В. Васильева. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с.
3. Марьин С.А., Можаровский В.В., Марьина Н.А. О численном расчете напряженно-деформированного состояния многослойной композиционной трубы // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2006. – Т. 11, №4. – С. 17-22.
4. Марьин С.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек из волокнистых композиционных материалов с покрытиями // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2002. – №6. – С. 93-97.
5. Палцан И.Г., Банахевич Ю.В. Обеспечение надежности линейной части магистральных газопроводов УМГ «ЛьвовТрансГаз» // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: Материалы III научно-технической конференции. – Новополоцк, 2000. – С. 34-38.

V.Mozharovsky, S. Marjn N. Marjna. Creation of automated techniques of calculation of physical and mechanical characteristics of polymer and composite pipes. *The development of a software for monitoring of physical and mechanical characteristics of materials for pipes made of polymers and composites is considered, as well as means of automation and scheme of modules interactions are presented. Using developed software, an operating mode with technological schemes is shown. Means for determination and diagnostics of a service life taking into account corrosion are described.*

Можаровський В. В., Марїн С.А, Марїна Н.А.Автоматизація процесу контролю технічного стану промислових трубопровідних систем, посудин і резервуарів. *Розглянуто завдання побудови програмного комплексу моніторингу технічного і корозійного стану систем трубопроводів, а також представлені засоби автоматизації і структурна схема і взаємодії модулів. З використанням розробленого програмного комплексу показані режим роботи з технологічними схемами. Описані засоби для визначення і діагностики ресурсу устаткування з урахуванням корозії*