

екта, тем самым снижая нагрузку на оператора установки, обеспечивая уменьшение количества параметров, требующих постоянного контроля с его стороны.

Система выполняет управление технологическим процессом многопоточной печи, выравнивая температуры потоков (минимизируя разности между температурами потоков) при ограничении на величину суммарного расхода нефтепродукта. При этом проявляется основное преимущество супервизорного управления, состоящее в возможности непрерывного контроля и управления процессом в режиме, близком к оптимальному.

Следует также отметить, что МСР, реализованная на базе интеллектуальных нечетких регуляторов, обладающих малой чувствительностью к изменению параметров технологических процессов, позволит обеспечить повышение эффективности работы объектов автоматизации нефтеперерабатывающих производств, подверженных влиянию случайных неконтролируемых факторов.

Список литературы

1. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. vol. 8. pp. 338-353.
2. Sugeno M. and Yasukawa T. Fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 1993. vol. 1. no. 1. pp. 7-31.
3. Денисова Л.А. Синтез системы регулирования с коррекцией задающего воздействия на основе нечеткого логи-

Денисова Людмила Альбертовна – д-р техн. наук, профессор Омского государственного технического университета (ОмГТУ).

Алексейцев Дмитрий Михайлович – начальник управления развития АСУТП ООО «Автоматика-сервис» (г. Омск).
Контактный телефон (381-2) 65-20-84.

E-mail: denisova@asoiu.com, Alekseytsev.DM@gazprom-neft.ru.

Поступила в редакцию 10.01.2019.

После доработки 22.01.2019.

Принята к публикации 22.01.2019.

САПР СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

**А.В. Аушев (ООО «ТД Термолайн»), С.Н. Синавчиан (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
Д.М. Дончан (ИПУ РАН)**

Сети центрального отопления и горячего водоснабжения представляют собой теплоизолированную металлическую трубу, создающую герметичный контур для перемещения жидкостей. Задача контроля его герметичности определяется как необходимостью сохранения его функциональности, а значит снижения потерь теплоносителя и экономии тепловой энергии, так и требованиями безопасности горожан. Описаны архитектура, основные возможности, алгоритм работы облачной САПР оперативного дистанционного контроля трубопроводов в пенополиуретановой изоляции.

Ключевые слова: САПР, оперативный дистанционный контроль трубопроводов, пенополиуретановая изоляция, контрольные точки.

В настоящее время в России, Казахстане, Белоруссии идет активное обновление городских тепловых сетей. Большинство переключений трубопровода осуществляется трубами в пенополиуретановой (ППУ) изоляции. В целях непрерывного контроля целостности таких труб одновременно с монтажом трубопровода монтируют и систему оперативного дистанционного контроля (СОДК), основанную на проложенных в толще ППУ медных проводниках. СОДК представляет собой слаботочную электриче-

Интеллект определяется не пройденным путём, а результатом.
Гарри К. Каспаров

- ческого вывода // Омский научный вестник. 2009. №1 (77). С. 184-191.
4. Гудвин Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 911 с.
 5. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. М.: Изд. МЭИ. 2004. 400 с.
 6. Дьяконов В.П. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Самоучитель. М.: ДМК Пресс, 2008. 768 с.
 7. Xue D. and Chen Y.Q. System Simulation Techniques with MATLAB and Simulink. John Wiley & Sons, Inc. 2013. 484 p.
 8. Purohit G. N., Sherry A. M. and Saraswat M. Optimization of Function by using a New MATLAB based Genetic Algorithm Procedure // International Journal of Computer Applications. 2013, vol. 61(15). pp. 1-5.
 9. Холланд Дж. Генетические алгоритмы // В мире науки. 1992. № 9. С. 32-40.
 10. Денисова Л.А., Мещеряков В.А. Автоматизация параметрического синтеза системы регулирования с использованием генетического алгоритма // Автоматизация в промышленности. 2012. №7. С. 34-38.
 11. Денисова Л. А. Многокритериальная оптимизация на основе генетических алгоритмов при синтезе систем управления. Омск: Изд. ОмГТУ, 2014. 172 с.
 12. Denisova L., Meshcheryakov V. Synthesis of a Control System Using the Genetic Algorithms // IFAC-PapersOnLine. 2016. vol. 49, issue: 12. pp. 156-161.

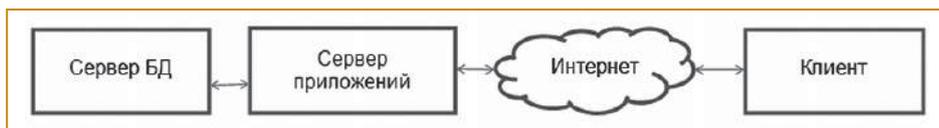


Рис. 1. Архитектура САПР СОДК

несколько систем передачи данных, осуществляющих обмен информацией как по кабельным линиям, так и по GSM-каналу [3].

Жизненный цикл СОДК начинается с этапа проектирования, который выполняется множеством проектных организаций в соответствии с актуальной нормативной документацией (ГОСТ, СНиП, СП, РД и т. д.), требования которой не были никем объединены в ПО до данного времени. Для увеличения производительности труда проектировщиков была разработана САПР СОДК.

Архитектура САПР СОДК является трехзвенной типа клиент-сервер и включает:

- сервер баз данных, в котором реализовано хранение всех проектов, а также выполняются некоторые инженерные расчеты;
- сервер приложений, который организует доступ пользователей к серверу БД и двусторонний транспорт данных от клиента к серверу БД и обратно. Это публичный сервер в сети Internet, поэтому можно отнести данную САПР к разряду облачной;
- клиент — настольное пользовательское приложение с графическим интерфейсом, устанавливаемое на рабочие станции пользователей, имеющие доступ в Internet.

В системе реализована аутентификация пользователей по логину и паролю. Новые пользователи могут зарегистрироваться в системе с помощью специальной экранной формы. Активация их учетной записи после регистрации происходит в ручном режиме сотрудниками компании-оператора.

Наибольшей структурной единицей в САПР СОДК является проект. Пользователь может создавать проекты, открывать их для просмотра, копировать, изменять, сохранять изменения, удалять проекты. При этом множества проектов разных пользователей не пересекаются между собой.

Процесс проектирования в САПР СОДК разбит на этапы. Переход с этапа на этап осуществляется по нажатию специальной кнопки. САПР СОДК сохраняет последнее состояние перед переходом на следующий этап. Это позволяет реализовать функцию отката на предыдущий шаг. Для каждого этапа пользователю выводится подсказки: зачем данный этап нужен, какие операции можно выполнять, каковы условия для перехода к следующему этапу.

На старте проекта пользователь вводит описательные данные проекта, такие как номер, адрес объекта, данные организации. Также в специальном конфигураторе формируется конфигурация трубопровода, которая в общем случае содержит несколько труб различного диаметра, назначения, типа оболочки (рис. 2).

После ввода данных проекта пользователь приступает к выполнению первого этапа проектирования и создает схему трубопровода, представляющую собой ориентированный древовидный граф, в котором ребра — это трубы, а вершины (узлы) — это характерные точки: повороты, разветвления, компенсаторы, тепловые пункты, здания и т. д. Для каждого элемента схемы можно задавать различные свойства, которые являются параметрами при дальнейших расчетах. Реализована также проверка ошибок ввода схемы с целью блокировки перехода к последующим расчетам для некорректных конфигураций. Для удобства пользователя имеются типичные для редакторов схем

возможности: добавление узлов с помощью палитры узлов и мыши, добавление узлов с помощью горячих клавиш, удаление узлов, вставка узла между двумя имеющимися, отмена и повтор операции, навигация по узлам и ребрам графа как с помощью мыши, так и клавиатуры. Реализована также возможность поворота с точностью до градуса всей схемы.

ПО автоматически, исходя из свойств характерных точек, определяет возможность их использования в качестве контрольных, в которых осу-

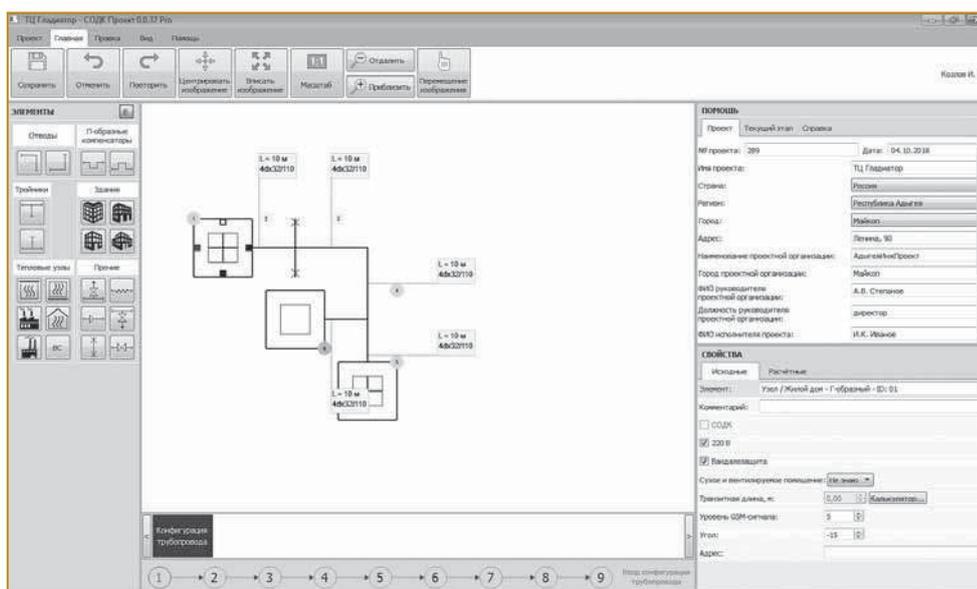


Рис. 2. Главное окно САПР СОДК на первом этапе «Ввод конфигурации трубопровода»

ществляется коммутация проводников и измерения электрических параметров СОДК.

Предусмотрена возможность объединения нескольких соседних узлов в группу. При этом группа будет рассматриваться в расчетах как одна контрольная точка (в тепловых камерах, подвалах зданий, ЦТП), что существенно увеличивает надежность системы за счет снижения объема коммутаций.

САПР СОДК при каждом изменении схемы автоматически нумерует и классифицирует характерные точки. Для этого используются алгоритмы, основанные на обходе графа в глубину.

На втором этапе выполняется автоматизированная расстановка промежуточных точек контроля для участков трубопровода, длина которых превышает длину, определенную в нормативной документации (350 м). САПР СОДК автоматически находит такие участки и предлагает пользователю промежуток, в котором необходимо установить дополнительную точку контроля.

На третьем этапе САПР СОДК предлагает пользователю выбрать точку, в которой будет размещен детектор повреждений. При этом список точек формируется и сортируется на основе правил, отраженных в нормативной документации.

На четвертом этапе САПР СОДК автоматизирует выбор комплектации детектора повреждений. Данный этап реализован в виде экспертной системы с вопросником. Перед пользователем находится ряд вопросов, но активен в каждый момент времени только один. На основе ответа на текущий вопрос автоматически выбирается следующий вопрос, к которому происходит переход. Если вопрос является терминальным, то есть на основе всех рассмотренных вопросов можно однозначно определить комплектацию детектора повреждений, САПР СОДК заканчивает цикл опроса и выдает рекомендуемую комплектацию. Таким образом, минимизируется число шагов, которые необходимы для определения комплектации.

На последнем этапе проектирования САПР СОДК формирует графическую схему СОДК, состоящую из линий проводников, разветвлений и условных обозначений коммутационных модулей в различных характерных точках, являющихся контрольными.

Внешний вид схемы СОДК можно отредактировать. Для этого пользователь может перемещать значки терминалов, детектора, выноски с помощью приема Drag&Drop.

На последнем этапе пользователь может просмотреть, распечатать и сохранить в формате PDF полный автоматически сформированный многостраничный проект СОДК (пояснительную записку). Проект включает текстовую и графическую части. В текстовой части излагаются обоснование выбора приборов контроля, оснащение точек контроля, рекомендации по монтажу системы СОДК. В графическую часть входят схема СОДК, монтажные схемы, схемы электрических соединений тех модулей, которые были подобраны на предыдущих этапах, спецификация, схема локального диспетчерского пункта, в случае необходимости диспетчеризации.

Проект СОДК пригоден для утверждения в организации-заказчике проекта.

Вся функциональность САПР СОДК соответствует существующей актуальной нормативной документации, в частности ГОСТ Р 56380-2015 «Сети водоснабжения из предизолированных труб. Дистанционный контроль качества». Каждый шаг пользователя сопровождается возможностью ознакомиться с соответствующими выдержками из нормативной документации, а также справками и подсказками.

Представленный продукт предназначен для проектных организаций, так как является не только САПР и обучающей программой, но и позволяет обеспечить определение экономически выгодной и наиболее эффективной конфигурации приборной части СОДК трубопроводов в ППУ изоляции.

Список литературы

1. *Кашинский В. И., Литовских В. М., Ротмистров Я. Г.* Опыт эксплуатации трубопроводов в пенополиуретановой изоляции в ОАО «Московская теплосетевая компания» // Теплоэнергетика. 2007. № 7. С. 28-30.
2. *Казанов Ю. Н.* Организационная и техническая модернизация системы теплоснабжения Мытищинского района // Новости теплоснабжения. 2009. № 12. С. 13-26.
3. *Аушев А. В., Синавчиан С. Н.* Оперативно-дистанционный контроль трубопроводов в ППУ-изоляции // Энергосбережение. 2015. № 5. С. 52-56.

*Аушев Алексей Валерьевич – ген. директор ООО «ТД Термолайн»,
Синавчиан Сергей Нилувич – канд. техн. наук, доцент, каф. РЛ-6 МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Дончан Данила Михайлович – младший научный сотрудник ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН.
E-mail: al.aushev@yandex.ru, sinavs@bmstu.ru, donchan@ya.ru*

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

- по электронному каталогу "Почта России" ФГУП Почта России - подписной индекс **П7753**.
- в **России** – в любом почтовом отделении по каталогу "Газеты. Журналы" агентства "Роспечать" (подписной индекс **81874**) или по каталогу "Пресса России" (подписной индекс **39206**).
- в **странах СНГ и дальнего зарубежья** – через редакцию (www.avtprom.ru).

Все желающие, вне зависимости от места расположения, могут оформить подписку, начиная с любого номера, прислав заявку в редакцию или оформив анкету на сайте www.avtprom.ru
В редакции также имеются экземпляры журналов за прошлые годы.