

Современные технологии поддержки диспетчерского управления в АСУ газотранспортного предприятия. (АО «АтлантикТрансгазСистема»)

*АО «АтлантикТрансгазСистема»,
 А.С. Хадеев, к.т.н., Доцент кафедры АСУ, МАДИ, Главный специалист
 E-mail: khadeev@atgs.ru
 Л.И. Бернер, д.т.н., Профессор кафедры АСУ, МАДИ, Генеральный директор
 E-mail: berner@atgs.ru
 Ю.М. Зельдин, к.т.н., Зав. отделом информационно-управляющих систем
 E-mail: zeldin@atgs.ru*

Аннотация

Статья посвящена современным технологиям, используемым в диспетчерском управлении, в частности, в сфере транспорта газа. Обзор охватил такие технологии, как: поддержку принятия решений, обнаружение утечек, противоаварийные защиты, прогнозирование потребления газа. Прикладное применение технологий продемонстрировано на системе диспетчерского управления СПУРТ.

Структура систем автоматизации

Системы промышленной автоматизации условно принято разделять на три уровня: полевого оборудования, систем автоматического управления (АСУ) и диспетчерского управления (Рис. 1). Уровень полевого оборудования и САУ включает в себя датчики, исполнительные механизмы и устройства локальной автоматики (программируемые логические контроллеры, ПИД-регуляторы и пр.), которые обеспечивают выполнение функций телемеханизации и противоаварийных защит. Уровень диспетчерского управления изначально предполагал интерфейс автоматики с человеком, однако по мере усложнения автоматизируемых систем к этому уровню стали относить все действия, касающиеся режимной работы технологического оборудования, реакции на нештатные и аварийные ситуации, а также тактические технологические решения. Можно сказать, что этот уровень стал самым интеллектуальным, а значит, и самым востребованным для внедрения современных технологий управления, в том числе и в поддержке принятия решений человеком.



Рис. 1. Уровни автоматизации в сфере транспорта газа

Одной из основных тенденций развития автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) является развитие систем оперативного диспетчерского управления (СОДУ) как

элемента супервизорного управления. Особую важность диспетчерское управление имеет для газовой отрасли, т.к. Единая система газоснабжения России управляется иерархией диспетчерских служб.

Важной частью информационно-управляющих систем диспетчерского управления являются SCADA-системы (Supervisory Control and Data Acquisition), которые системный интегратор не может рассматривать в отрыве от сопутствующих им программных комплексов. Качество внедрённого интерфейса зависит не только от проработанности проектных решений, но и от потенциала базового ПО: масштабируемости, открытости, технической доступности. Хорошо масштабируемое ПО позволит безболезненно расширить охват производственного объекта или изменить конфигурацию технологического оборудования. Принцип открытости предполагает разделение ПО на взаимодействующие модули, которые могут быть заменены на схожие, имеющиеся в свободной продаже, при условии соответствия стандартам и конструктивам, а также поддержке открытых протоколов. Техническая доступность делает возможным наращивание мощности ПО за счёт подключения дополнительных сторонних программных продуктов (предоставление API). Соблюдение всех этих принципов делает ПО гибким и готовым к решению новых задач.

В сфере транспорта газа диспетчерское управление решает задачу обеспечения сбалансированного режима работы газотранспортной системы (ГТС). ГТС должна иметь достаточные возможности удовлетворить спрос на газ потребителей, в том числе и в случаях резкого колебания спроса по календарным, погодным, экономическим и иным причинам. При этом система должна эксплуатироваться в безопасном режиме, оптимальном по выбранным критериям (чаще всего минимизация энергетических затрат на транспорт газа). Диспетчерское управление на уровне ГТС осуществляет постоянный мониторинг и анализ сети. Важными методами мониторинга являются анализ режимных показателей, расчёты газовых балансов, оптимизационное и прогнозное моделирование развития режимов, автоматизация анализа и поддержки принятия решений, обнаружение утечек и прогнозирование потребления [3].

На многих производственных предприятиях, участвующих в технологическом процессе транспорта газа, хорошо себя зарекомендовала система диспетчерского управления СПУРТ, производства АО «АТГС» [1-2]. Это полноценный комплексный продукт, отвечающий всем современным требованиям к программно-техническим платформам для создания систем диспетчерского контроля и управления. СПУРТ поддерживает все промышленные протоколы передачи данных, может работать в режиме горячего резерва (без необходимости такой поддержки на уровне операционной системы), обладает хорошо продуманной и проработанной объектно-ориентированной базой данных реального времени, векторным интерфейсом и пр. Но основной потенциал системы заложен в организации архитектуры, позволяющей неограниченно наращивать её дополнительным функционалом.

Помимо традиционных задач диспетчерского управления, СПУРТ может быть расширен следующими модулями: системой противоаварийных защит (ПАЗ), системой поддержки принятия решений (СППР), системой обнаружения утечек (СОУ), системой прогнозирования потребления газа. Представленная работа посвящена обзору принципов реализации перечисленных технологий.

Компоненты систем поддержки диспетчерского управления

Задача ПАЗ заключается в своевременном выполнении ряда регламентов при возникновении нештатной или аварийной ситуации. В основном регламенты предусматривают определённую последовательность управления ГТС, которое осуществляется путём изменения конфигурации сети: с помощью запорной арматуры выстроить потоки газа, регулируемыми устройствами на ГРС задать необходимые объёмы и давление для поставок газа потребителям, рассчитать необходимые мощности компрессорных станций и задать нужные режимы работы газоперекачивающих агрегатов. В штатном режиме ключевыми показателями работы ГТС являются объёмы получаемого и передаваемого газа, потери газа (топливный газ), изменение запаса газа в трубе, а также (при наличии) отбора или зачки газа в подземное хранилище газа. В аварийном – защита ГТС от повреждений и предотвращение потерь.

Ключевым моментом для многих регламентов ПАЗ газотранспортной сети является информация о последовательности расположения оборудования на трубопроводе. Например, при определении места утечки необходимо знать, какие задвижки предшествуют этому месту, а какие следуют. Более того, в ряде случаев необходимо знать всю цепочку следования задвижек до определённого объекта (например, компрессорной станции).

Базы данных систем диспетчерского управления содержат информацию об оборудовании ГТС в виде списков сигналов (в зависимости от типа база данных реального времени они могут быть реализованы как реляционные таблицы или программные «точки»), причём каждый сигнал является обособленным от других. Грубо говоря, в БД мы имеем таблицу строк, каждая из которых сама по себе. Для учёта взаимного расположения оборудования СПУРТ использует следующую модель.

Множество всех исполнительных устройств обозначается как вектор a .

$$a = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle, |a| = m$$

Составляется матрица A^Z непосредственного предшествования следующим образом: если устройство a_j предшествует a_i , то в ячейке (i,j) ставится 1. Все остальные ячейки содержат 0. Матрица будет квадратной, размерностью $m \times m$.

$$A_{ij}^Z = \begin{cases} 1, & a_j \rightarrow a_i \\ 0 & \end{cases}$$

Матрица A^A подробного предшествования, которая бы показывала все предшествующие устройства для a_j , выводится следующим образом:

$$A_{ij}^A = \begin{cases} 1, & a_j \rightarrow \dots \rightarrow a_i \\ 0 & \end{cases}$$

Матрица A^A может быть получена из A^Z :

$$A_i^A = A_i^Z \bigvee_{j=0}^m (A_j^A : A_{ij}^Z = 1), i \neq j$$

Причём при вычислении A_i^A уже должна быть рассчитана A_j^A по той же формуле. Фактически производится проход по всем устройствам, находящимся ранее a_i , сведения о которых и записываются в i -ю строку матрицы A . Это возможно, например, если использовать рекурсивный вызов функций. Точкой отправления станут нулевые строки в A^Z , присущие первым элементам сети: у них нет предшествующих, поэтому нет и единиц в соответствующих строках.

В обратную сторону преобразование также возможно, нужно просто для строк i матрицы A^A обнулить элементы столбцов j , для которых $A_{ik}^A = A_{jk}^A = 1$, это логическая операция инверсной импликации.

$$A_i^Z = A_i^A \rightarrow_{j=0}^m A_j^A, i \neq j$$

Умножив матрицу A^A на вектор a мы получим новый вектор a^A , содержащий в i -м элементе сумму всех задвижек, предшествующих a_i .

$$a^A = A^A \times a$$

Преимущество данного подхода перед обычной табличной записью в виде последовательных условий заключается в том, что при внесении изменений в технологическую сеть таблицу придётся переписывать полностью, тогда как матричный вектор следования рассчитывается автоматически.

Современные АСУ ТП позволяют диспетчерам иметь обширную первичную информацию для решения задач управления как в штатном, так и нештатном режимах. Однако это ещё не гарантирует правильность или наибольшую эффективность принимаемых решений. Сложность объектов и высокая цена ошибки делает чрезвычайно актуальной задачу повышения качества принимаемых решений. Для максимального исключения возможных ошибок диспетчеру необходимо иметь в структуре интегрированной АСУТП систему поддержки принятия решений [4].

СППР должна непрерывно рассчитывать показатели газотранспортной системы и анализировать ситуацию, на основе которой при необходимости предлагать диспетчеру определённые алгоритмы и последовательности действий. Ключевым моментом архитектуры СППР является форма содержания знаний, которая позволяет проводить анализ. Обычный подход к построению СППР – использование секвенциальных правил (правил, определяющих последовательности «ЕСЛИ...ТО...»). Несколько продвинутые методы предполагают использование сценариев.

Определённую специфику на использование СППР в ГТС накладывает то, что принимаемые решения являются дискретными, тогда как сама система работает в непрерывном режиме. В СПУРТ описание ГТС сформировано в виде иерархических гибридных автоматов (дискретно-непрерывная модель). Фактически, СППР в СПУРТ реализует две параллельно работающих задачи: непрерывный анализ состояния линейной части магистрального газопровода, данные по которой берутся из основной системы диспетчерского управления СПУРТ и сверка состояния ГТС на условия в технологической базе знаний. Вторая содержит экспертную систему, позволяющую спрогнозировать дальнейшее течение технологического процесса отталкиваясь от текущих условий (Рис. 2). К тому же, гибкая архитектура модуля СППР и СПУРТ позволили создать имитационную базу данных, полностью имитирующую работу ГТС в рамках тренажёрного комплекса [5].

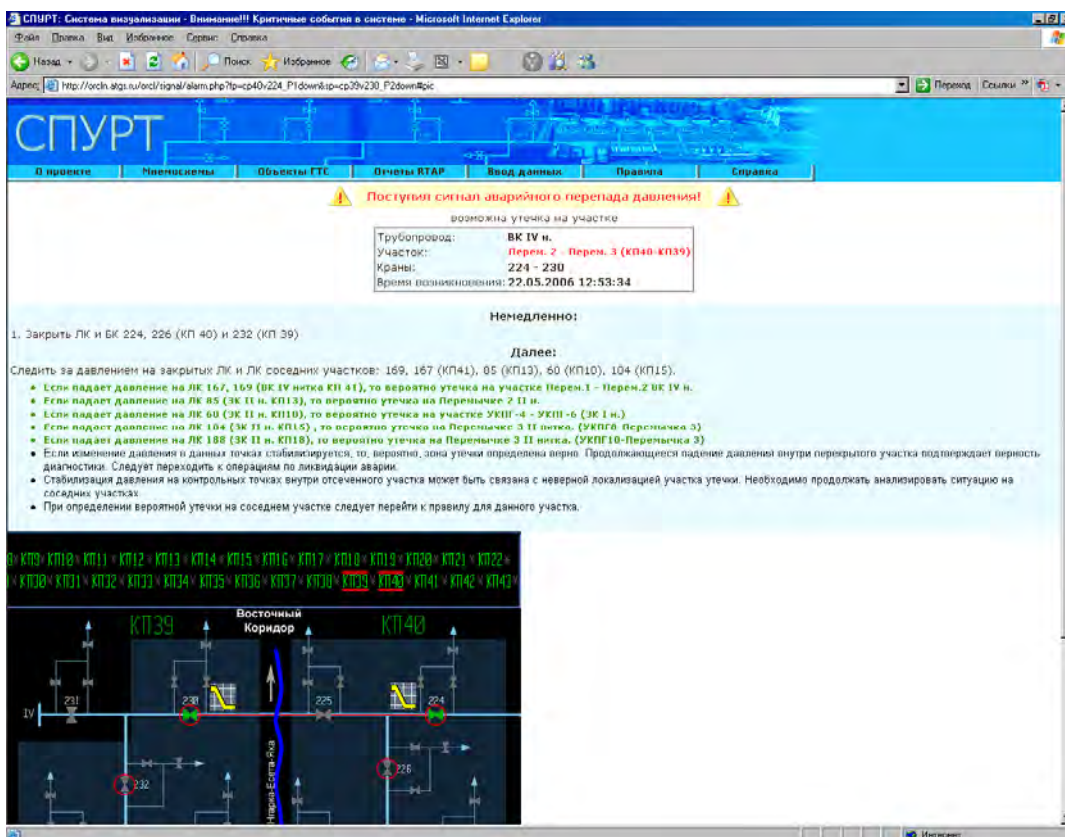


Рис. 2. СПУРТ. Система поддержки принятия решений

Предприятия, занимающиеся транспортом газа, крайне внимательно следят за обеспечением экологической безопасности при эксплуатации объектов трубопроводного транспорта. Системы обнаружения утечек – один из наиболее эффективных методов контроля целостности трубопровода. В СОУ, входящей в состав СПУРТ [6] (Рис. 3), часть алгоритма обнаружения утечки перенесена в контроллер СЛТМ, что позволяет существенно повысить точность анализируемых параметров обнаружения утечки без применения дополнительных технических средств даже при низкой скорости канала связи с КМ СЛТМ. Эта часть СОУ называется системой мониторинга протяжённых объектов (СМПО).

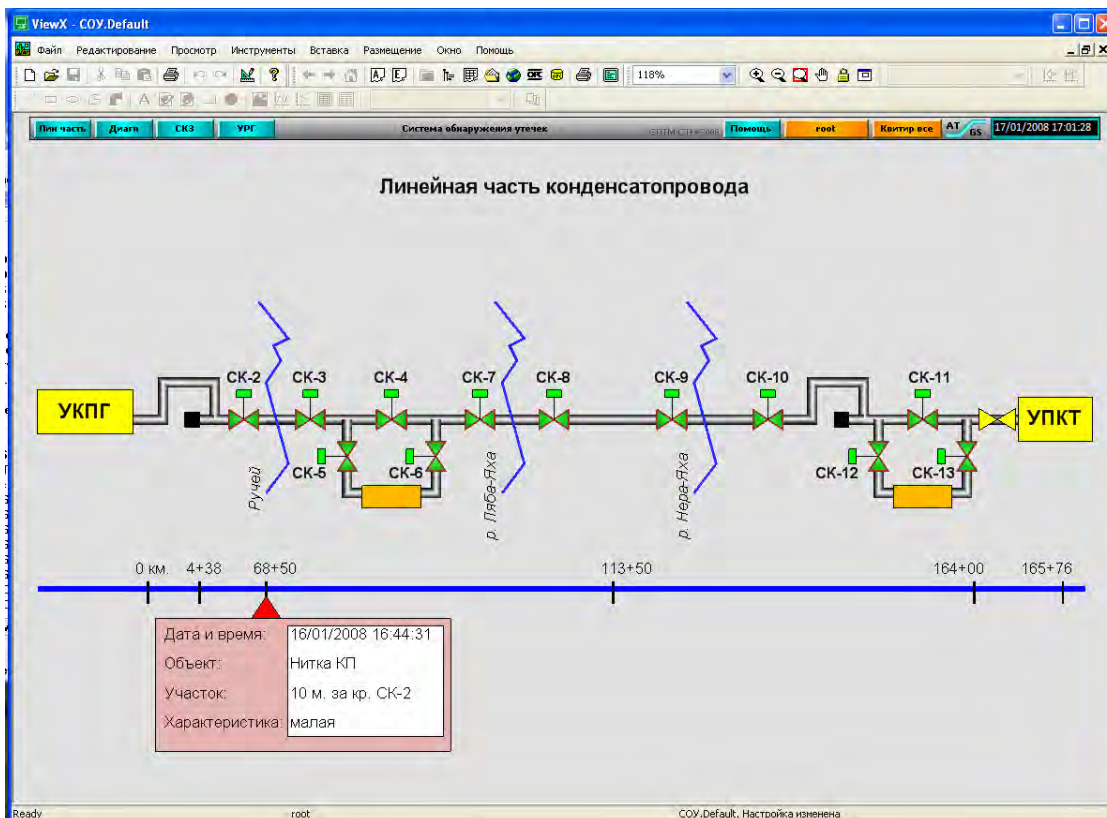


Рис. 3. СПУРТ. Система обнаружения утечек (учебный пример)

В то же время, для анализа полученных данных от СМПО в СПУРТ применяется математический аппарат первичной обработки информации, позволяющий выделять и идентифицировать события, вызывающие акустическую эмиссию в трубопроводе: утечки газа, движение по автотранспортным и железнодорожным переездам через магистральный газопровод, движение посторонних в охранной зоне, прохождение очистных или измерительных устройств, переключение запорной арматуры и пр.

Одной из важных функций систем диспетчерского управления является накопление истории изменения физических параметров, участвующих в технологической работе. Знания о ходе технологического процесса используются как при последующем анализе работы производства на временном промежутке, так и в качестве материала для прогнозирования.

Архивные данные по параметрам на временных промежутках, по сути, являются временными рядами, для анализа которых успешно применяются методы прогнозирования по выборкам максимального подобия [13]. Нужно лишь определить конкретную цель прогнозирования.

Для многих объектов ГТС необходимо предсказать потребление газа за предстоящий период, в частности, это касается объектов с дискретным наполнением про запас. Прогнозирование в этом случае необходимо для определения временных промежутков между дискретными заполнениями. Архивными факторами, по которым производится анализ, в этом случае выступают регулярные двухчасовые значения показателей расхода по выходам газораспределительных станций, причём объём прогнозирования зачастую требуется ограничить конкретными выходами ГРС.

Модуль прогнозирования потребления СПУРТ даёт возможность изменять такие параметры, как глубину прогноза, объём выборки подобия, глубину анализа истории (Рис. 4).

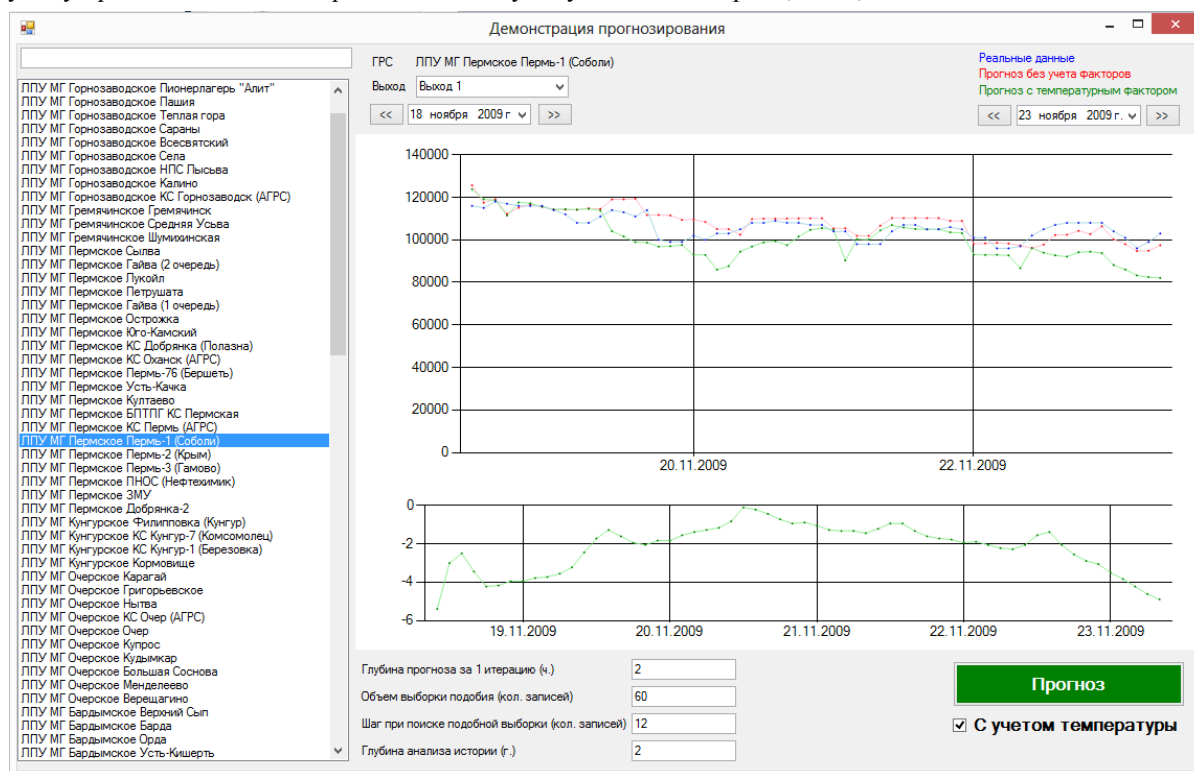


Рис. 4. СПУРТ. Прогноз потребления газа

Расчётная модель, задействованная в модуле прогноза потребления газа СПУРТ, позволяет, помимо предсказаний по предыдущим значениям, потребления, учитывать дополнительные факторы: температуру, последовательность дней в неделе и пр.

Заключение

Повышенные требования к надёжности, экономичности, экологической безопасности газотранспортной системы требуют от систем диспетчерского управления непрерывного совершенствования и внедрения актуальных технологий. Системы поддержки принятия решений позволяют диспетчерскому персоналу оперативно реагировать на возникающие для производственных процессов угрозы. Системы обнаружения утечек проводят тонкий анализ состояния газотранспортной системы и выявляют возможные повреждения в трубах раньше, чем может среагировать персонал. Системы противоаварийных защит позволяют выполнить алгоритмы защиты от аварийных ситуаций практически мгновенно. А системы прогнозирования потребления важны для оптимизации как экономических показателей, так и работы диспетчерской службы. Все эти технологии важны для функционирования газотранспортной системы на должном уровне. Однако полностью их потенциал раскрывается при

интеграции в СДКУ, за счёт доступа к данным от системы линейной телемеханики и технологической конфигурации газотранспортного объекта. СДКУ СПУРТ включает в себя все эти технологии в виде подключаемых модулей.

Список информационных источников

- [1] Зельдин Ю.М., Хадеев А.С., Бениаминов П.Е. Программно-технический комплекс СПУРТ-Р – реализация программы импортозамещения для систем оперативно-диспетчерского управления. // Автоматизация в промышленности. – 2018. – №4. – с.8-11.
- [2] Бернер Л.И., Хадеев А.С., Зайнуллин И.М. Импортозамещение систем диспетчерского управления в газотранспортной отрасли с использованием ПТК СПУРТ-Р. // Автоматизация в промышленности. – 2019. – №3. – с.23-25.
- [3] Бернер Л.И., Ковалёв А.А., Киселёв В.В. Управление газотранспортной сетью с использованием методов моделирования и прогнозирования // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2013. – № 1. – с. 48–53.
- [4] Бернер Л.И. Проблемы проектирования и эксплуатации интегрированных систем поддержки принятия решений в многоуровневых АСУ непрерывными технологическими процессами. – М.: Изд-во «Техполиграфцентр». – 2010.
- [5] Хадеев А.С., Свистунов А.А. Тренажёр диспетчера Уренгойского газоконденсатного месторождения // В мире научных открытий. – 2012. – № 12 (36). – с. 60–68.
- [6] Бернер Л.И., Заграничный А.В. Перспективы применения систем обнаружения утечек и мониторинга протяженных объектов на магистральных трубопроводах // Автоматизация ИТ в нефтегазовой области. – 2012. – № 3 (9).

АтлантикТрансгазСистема, АО
Россия, 109388, г. Москва, ул. Полбина, д.11
т.: +7 (495) 660-0802 atgs@atgs.ru www.atgs.ru



2 июня 2020 г. в ГК «ИЗМАЙЛОВО» (г. Москва) состоится XII Всероссийская конференция «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ-2020», посвященная модернизации оборудования электростанций, ТЭЦ, АЭС, ГРЭС, ТЭС, повышению ресурса и эффективности турбин, котлов и другого энергетического оборудования, автоматизации, надежности, газоочистке, водоподготовке и водоочистке, антикоррозионной защите, восстановлению и усилению зданий и оборудования, экологии и промышленной безопасности энергетики. Ежегодно в работе конференции принимают участие от 120 до 200 делегатов.



Условия участия, бланки заявок, сборники предыдущих конференций, а также другую информацию - см. на сайте www.intecheco.ru
т.: +7 (905) 567-8767, ф.: +7 (495) 737-7079 admin@intecheco.ru