

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧЕК В МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Ковшов В.Д., Латыпов А.Ф.  
НПП «Грант», <http://www.grant-ufa.ru>

### Введение

Повышение уровня требований к «качеству» контроля давления и расхода в магистральных нефте- и газопроводах вызвано участвовавшими случаями возникновения утечек, хищениями нефтепродуктов, ужесточением технологических условий режима перекачки. В ряде случаев, в силу объективных причин, существующими средствами телемеханики (ТМ) удовлетворение данных требований не всегда возможно. Например, к этому ряду причин можно отнести недоступность на момент создания данных систем цифровых протоколов передачи данных (RS-232, RS-485 и т.д.). Также при решении определенного класса задач препятствием может оказаться избыточность некоторых универсальных протоколов передачи данных, что отражается на эффективной скорости передачи данных.

Поясним на примерах. Так производимые ООО НПП Грант датчики давления в качестве средства удаленной передачи данных измерений используют интерфейс цифровой передачи на основе RS-485. Однако довольно часто при работе с потребителями обнаруживается отсутствие в установленной системе телемеханики соответствующих средств приема данных от датчиков, то есть данные системы предназначены для работы с аналоговыми сигналами. Использование же конвертеров цифровых данных в аналоговый сигнал снижает точность и ухудшает надежность системы в целом.

Иная проблема возникает в случае, если необходимо быстрое измерение давления с дискретностью порядка 100-200 Гц. Как правило, стандартными протоколами получения цифровых данных от датчиков давления является различные modbus совместимые протоколы. Однако при указанной дискретности измерения их применение становится практически невозможным. Так при скорости передачи 9600 бит/с, что соответствует максимально достижимой скорости на длинной линии связи (2000 м без повторителей), время передачи двух байт данных при использовании modbus составит 17 мс (учитывая пакет запроса и пакет ответа, на 2 байта данных мы имеем 8 байт запроса функции 04 и 7 байт ответа, итого 15 байт, что с учетом стартовых, стоповых и битов четности составит 165 бит), что соответствует примерно 50 Гц дискретности получения данных. И это без учета времени самого измерения.

С подобными и другими примерами приходится сталкиваться разработчикам при решении ограниченного класса задач, которые решить универсальными средствами не представляется возможным.

### Система автоматического контроля давления для магистральных газопроводов.

В 2002-2003 г. ООО НПП Грант была разработана система автоматического контроля давления для магистральных газопроводов предназначенная для работы в составе системы телемеханики «Магистраль-1». При разработке данной системы были решены следующие технические проблемы. Существующая система телемеханики «Магистраль-1» предназначена для работы с датчиками давления имеющими аналоговый выход, кроме того, из-за непостоянной дискретности опроса аналоговых входов (1 – 5 мин.) значительная часть информации о динамике давления теряется. Используемые в этой системе датчики не удовлетворяли требованиям чувствительности и точности, необходимых для контроля давления и определения его малых отклонений. В разработанном контроллере данные недостатки были устранены следующим образом. Были использованы цифровые датчики давления МТУ, которые устанавливались до и после крана. При этом для передачи

данных использовался один информационный кабель. Контроллер представлял собой набор из взаимозаменяемых модулей обслуживающих по два датчика. Данные о давлении передавались в систему телемеханики путем преобразования информационного сигнала с датчиков в аналоговый сигнал стандарта 4-20 мА, кроме того, осуществлялась запись в энергонезависимую память контроллера. Определение критических ситуаций велось путем вычисления скорости изменения давления. При этом контроллер мог работать как в автономном, так и в дистанционном режиме, используя для оповещения ДП линии теле-сигнализации ТС.

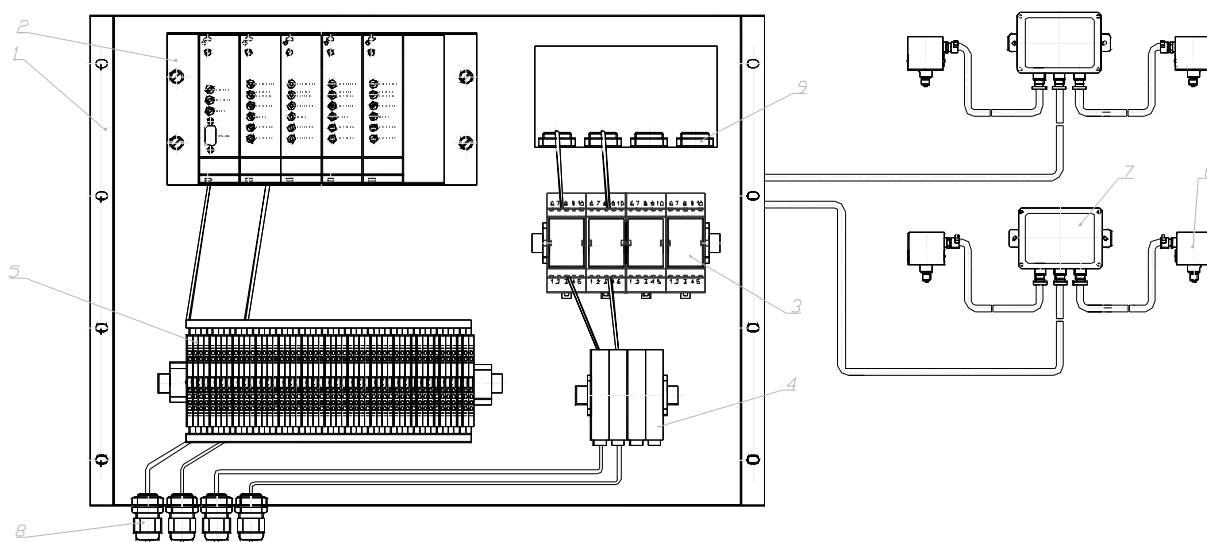
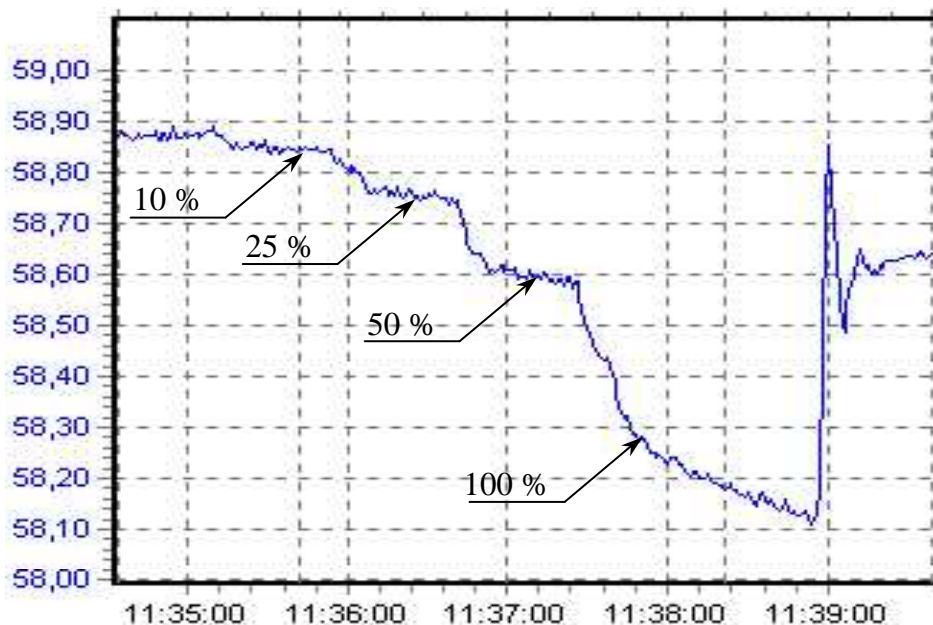


Рисунок 1. Внешний вид системы автоматического закрытия кранов.

1- шкаф защитный, 2 – контроллер, 3 – барьер искрозащиты, 4, 5 – клеммы переходные, 6 – преобразователь давления измерительный, 7 – коробка клеммная, 8,9 – кабельные вводы.

При проведении исследований по определению затухания волн давления в магистральном газопроводе была использована следующая схема. Исследования проводились на газопроводе  $\varnothing 1400$  мм. В ходе первого испытания последовательно, через временной ин-



тервал, равный 1 минуте, открывались шаровые краны отводов труб  $\varnothing 30$  мм каждая. Расстояние от датчиков до кранов составляло около 300 м. Сначала заслонка приоткрывалась на 10 %, далее через 30 секунд на 25 %, затем на 50 и на 100 %. На рисунке 2 показаны временные диаграммы поведения системы, полученные с помощью измерительных преобразователей давления МТУ работавших в составе системы.

В ходе следующего эксперимента моделировались утечки газа через отвод трубы  $\varnothing 300$  мм на удалении 10 км от места установки датчиков. В процессе испытания на время равное 1 минуте последовательно открывалась заслонка на 100 %, 50 %, 25 % и 10 %. Между утечками выдерживалась пауза 15 минут (рисунок 3).

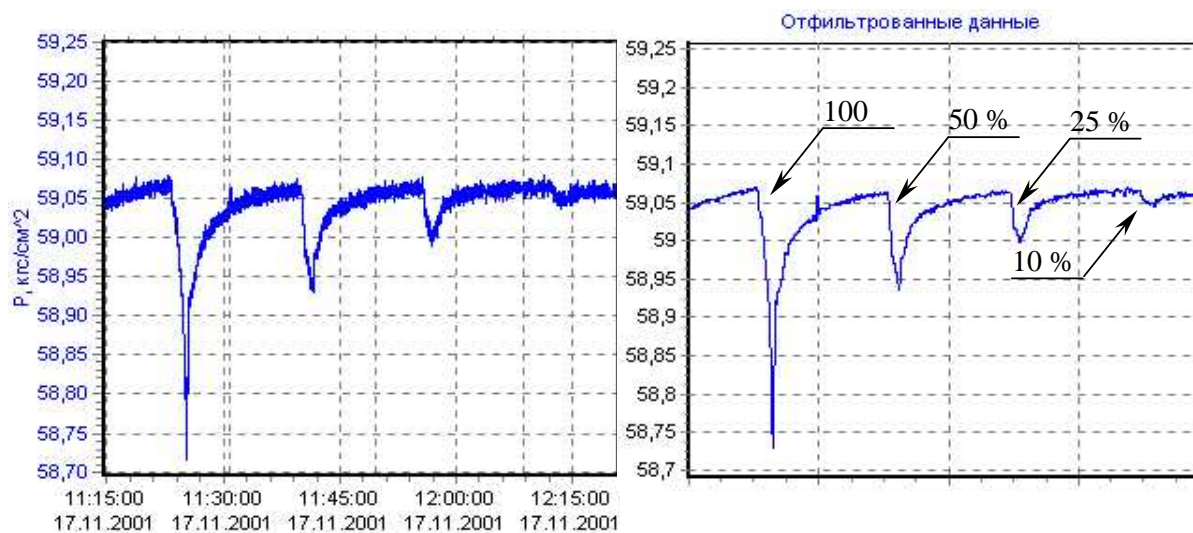


Рисунок 3 – Временные диаграммы изменения давления в газопроводе

Следует отметить, что внедрение данной системы никоим образом не нарушило работу уже существующей системы ТМ.

#### **Разработка системы контроля и регистрации давления на газоконденсатопроводе ООО «Оренбурггазпром».**

В 2003 г ООО НПП Грант приступило к разработке системы контроля, регистрации давления и определения утечек для предприятия ООО «Оренбурггазпром». Технологический режим перекачки продукта в данной системе отличается резкими скачками и провалами давления (см. рис. 4). Так динамика изменения давления 12 часов работы газоконденсатопровода показала, что максимум и минимум графика отличаются примерно на 20 кгс/см<sup>2</sup>, на уровне среднего давления 43 кгс/см<sup>2</sup>. Практически отличить, чем вызвано падение давления – технологическими причинами, либо утечкой без использования специальных мер невозможно.

Данные также подтверждаются при сравнительном анализе данных полученных ДП с соседних КП. Однако из-за малой дискретизации данных по давлению, получаемых с КП с помощью существующей системы и их низкой разрешающей способности картина изменения давления выглядит более сглаженной, что сопровождается потерей характерных всплесков давления и соответственно искажением реального характера поведения давления.

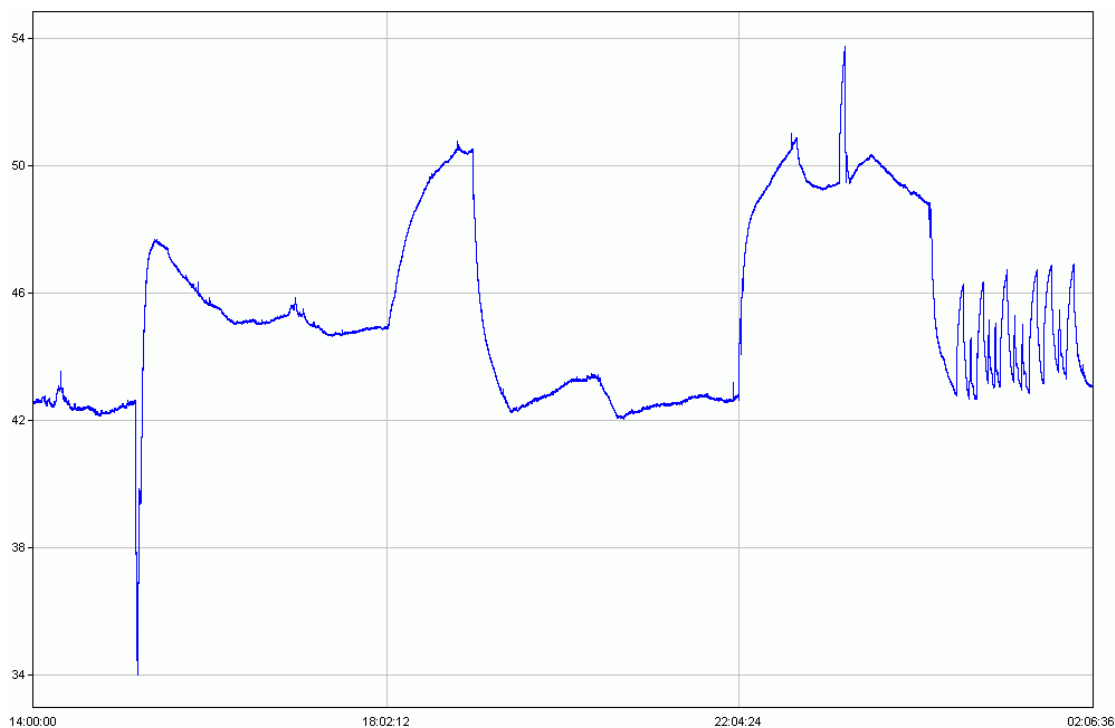


Рис. 4. Динамика давления в газоконденсатопроводе за 12 часов работы.

Таким образом, функционирующими в настоящее время техническими средствами телемеханики не может быть решена не только задача обнаружения малых утечек на трубопроводе, но и задача адекватного контроля давления с точки зрения определения критичных значений технологического режима работы трубопровода.

Из накопленного опыта предыдущих разработок в данной области, наиболее узким местом на наш взгляд является именно строгая иерархическая система существующей телемеханики, при которой данные собираются и обрабатываются единым центром. Это приводит к ограничению объемов информации, которая может быть передана к центру с ростом числа узлов и количества данных для обработки, особенно при низкой пропускной способности линии связи.

Одно из решений устранения данного недостатка не приводящее к большим капитальным затратам, является частичная обработка получаемых массивов данных на месте, что достаточно эффективно решается сегодня путем использования микропроцессорных средств, в частности процессоров обработки сигналов и управляющих контроллеров. При этом диспетчер получает данные, только из выбранного частотного диапазона и временного интервала работы, в то время как весь объем информации обрабатывается предварительно на месте самим контроллером. Остальные данные могут накапливаться в энергонезависимой памяти и при необходимости быть считаны дистанционно или обслуживающим персоналом. Подобные системы могут выполнять и управляющие функции, т.е. работать в автономном режиме и использовать различные алгоритмы принятия решений.

Вопрос идентификации утечки на фоне технологических помех может быть решен путем объединения датчиков давления в систему, при которой динамика давления будет сопоставляться на различных контролируемых участках. Тогда при соответствующей синхронизации можно будет определить местоположение источника всплеска давления, и соответственно, отнести к тому или иному типу. Это показывают и проведенные исследования по сопоставлению данных полученных с различных участков газоконденсатопровода (см. рис. 5). Необходимо отметить, что для этих целей требуется использование нестандартных датчиков давления, в смысле скорости и чувствительности преобразования. Так нами был использован датчик с чувствительностью  $0,001 \text{ кГс/см}^2$  при с периодом измерения 20 мс.

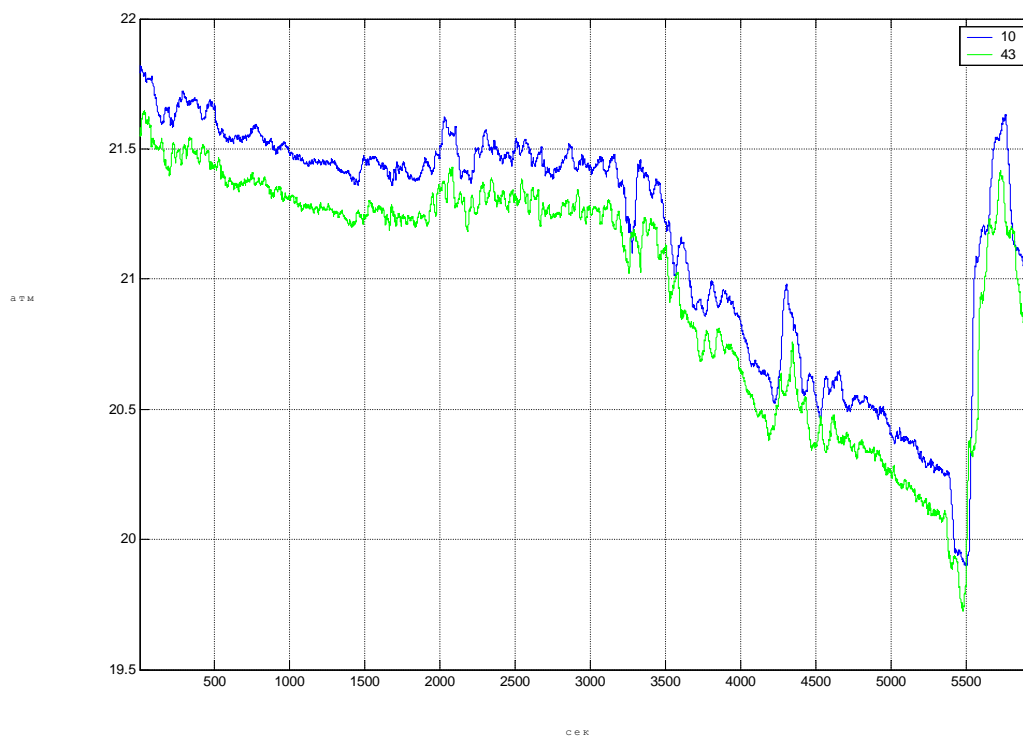


Рис. 5. Изменение давления на концах участка 10-43 км трубопровода.

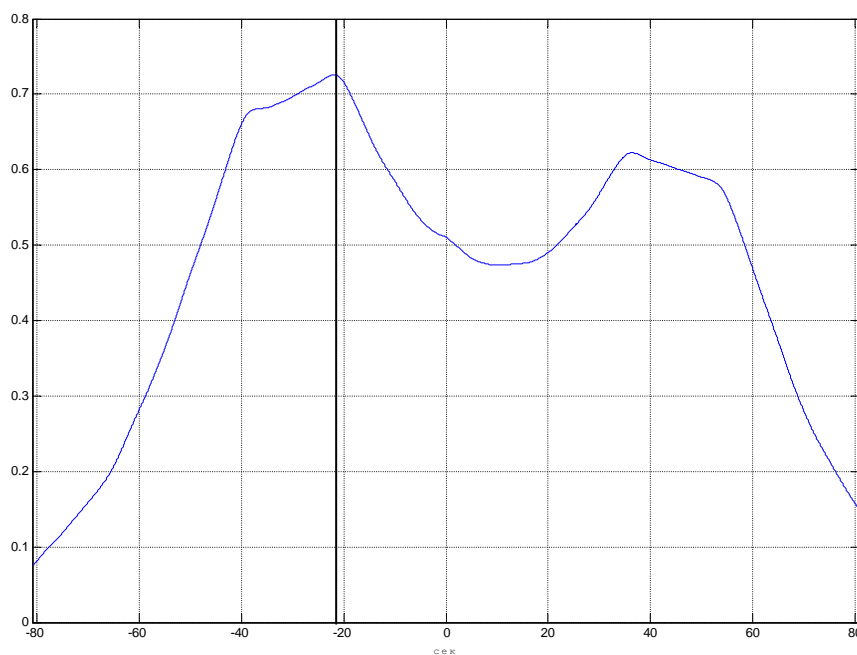


Рис. 6. Усреднённая корреляционная функция по данным давления на концах участка 10-43 км. трубопровода.

Наличие максимума корреляционной функции полученной по данным рис. 5 в точке  $-22$  сек свидетельствует об опережении волн давления на 43 км по отношению к 10 км на 22 секунды, что соответствует приблизительно времени прохождения волны давления участка трубопровода длиной 33 км. Так как общий поток в трубопроводе идёт от 10 км к 43 км, то это свидетельствует о том что эти волны были вызваны источником

находящимся за 43 км. Таким образом, если бы источник находился между 10 и 43 км, максимум корреляционной функции мы получили бы в другой точке.

Используя полученные данные нами были разработаны два основных варианта системы.

**Первый вариант** предусматривает использование входных сигналов модулей существующей телемеханики при этом максимальная длина защищаемого участка не превышает 4 км. В данном случае эффективным будет использование этой системы для защиты опасных участков трубопровода, например подводных переходов или пересечение с ж/д путями.

**Второй вариант** предусматривает непосредственную интеграцию в линию модемной связи системы телемеханики, используя пакетное разделение трафика, т.е. обмен информацией осуществляется, используя фиктивные сетевые адреса, но с сохранением формата пакета путем надстройки. В этом случае возможна организация целой системы контроля давления и определения утечек.

Общим для двух вариантов является модульный принцип организации системы, который зарекомендовал себя в предыдущих разработках этой системы

Таким образом, оба варианта системы совместимы между собой и отличаются только добавлением интерфейса связи и отсутствием промежуточных звеньев преобразования цифровой выход – аналоговый сигнал.