

# СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И ПОДХОДЫ К ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ

УДК 681.518.3

**В.В. Буц**, к.т.н., ПАО «Газпром» (Москва, Россия), v.buts@adm.gazprom.ru

**К.Г. Савенков**, ПАО «Газпром», k.savenkov@adm.gazprom.ru

**А.В. Рощин**, к.т.н., АО «АтлантТрансгазСистема» (Москва, Россия), rav@atgs.ru

**С.А. Лавров**, АО «АтлантТрансгазСистема», lavrov@atgs.ru

Системы линейной телемеханики играют ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности газотранспортных систем. В статье представлены современные технические решения по структурной, технической и функциональной реализации системы линейной телемеханики магистральных газопроводов, которая представляет собой территориально-распределенную двухуровневую автоматизированную систему управления, предназначенную для телемеханизации линейных объектов производственно-технического комплекса ПАО «Газпром». Особое внимание уделяется применению современных каналов связи, обеспечивающих передачу информации между уровнями системы линейной телемеханики, а также роли контролируемого пункта как коммуникационного узла, обеспечивающего сбор информации с первичных цифровых приборов и систем и передачу ее на пункт управления. В статье приведены технические решения как по электрифицированным контролируемым пунктам телемеханики, так и по неэлектрифицированным пунктам с возобновляемыми источниками питания на базе солнечных батарей. В заключение указывается, что использование современных программно-технических средств позволяет создавать принципиально новые системы линейной телемеханики, способные эффективнее выполнять поставленные задачи.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СИСТЕМА ЛИНЕЙНОЙ ТЕЛЕМЕХАНИКИ, КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ПУНКТ ТЕЛЕМЕХАНИКИ, НЕЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЙ КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ПУНКТ ТЕЛЕМЕХАНИКИ, КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ.

Обеспечение безопасного функционирования магистральных газопроводов является одной из приоритетных задач ПАО «Газпром». Требуемый уровень надежности и безопасности газотранспортных систем осуществляется за счет их телемеханизации. Системы линейной телемеханики (СЛТМ) обеспечивают непрерывный автоматический контроль за объектами линейной части газотранспортной системы, дистанционное автоматизированное управление линейными объектами, а также идентификацию и локализацию аварий на газопроводах.

Современные решения и подходы к телемеханизации объектов линейной части представлены на примере системы линейной телемеханики «СТН-3000-Р» производства АО «АТГС», выполненной

на базе программно-технических средств российского производства и полностью соответствующей требованиям ПАО «Газпром», предъявляемым к системам автоматизации линейных объектов [1].

## ОБЪЕКТЫ ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ

Системы линейной телемеханики применяются на следующих производственно-технологических объектах комплекса транспортировки газа [2]:

- крановые узлы на линейной части магистральных газопроводов, на перемычках между нитками газопроводов, на газопроводах-отводах и речных (дюкерных) переходах;
- переходы магистрального газопровода через железнодорожные пути, автомобильные дороги, естественные и искусственные препятствия;

- узлы запуска и приема внутритрубных устройств;
- узлы редуцирования газа на магистральных газопроводах (УРГ);
- газораспределительные станции (ГРС);
- газоизмерительные станции (ГИС);
- системы энергоснабжения производственно-технологических объектов линейной части магистральных газопроводов, газопроводов-отводов, продуктопроводов и межпромысловых коллекторов газовых месторождений;
- станции катодной защиты, расположенные на производственно-технологических объектах линейной части магистральных газопроводов, газопроводов-отводов, продуктопроводов и межпромысловых коллекторов газовых месторождений.

V.V. Buts, PhD in Engineering, Gazprom PJSC (Moscow, Russia), v.buts@adm.gazprom.ru

K.G. Savenkov, Gazprom PJSC, k.savenkov@adm.gazprom.ru

A.V. Roshchin, PhD in Engineering, AtlanticTransgasSystem JSC, (Moscow, Russia), rav@atgs.ru

S.A. Lavrov, AtlanticTransgasSystem JSC, lavrov@atgs.ru

### Modern solutions and approaches to remote control of linear part objects

Remote control of linear part objects plays a key role in ensuring reliability and safety of gas transmission systems. This article presents modern technical solutions for structural, technical and functional implementation of linear telematics system for main gas pipelines, which is a geographically distributed two-level automated control system designed to automate linear objects of Gazprom PJSC production and technical complex. Special attention is paid to the use of modern communication channels that ensure data transfer between levels of the linear telematics system, as well as to the role of remote telemetry unit as a communication node that collects information from primary digital devices and systems and transmits it to the control room. In the article technical solutions for both electrified remote control units and non-electrified ones with renewable power sources based on solar panels are given. In order to solve the problem of gas leaks rapid detection at the intersection of the main gas pipeline with transport infrastructure a special case of non-electrified remote control unit for monitoring gas contamination of the main gas pipeline transition through a road or railway is considered. The authors conclude that the use of modern software and hardware allows one to create fundamentally new systems of linear telematics, that are able to perform assigned tasks more efficiently.

**KEYWORDS:** LINEAR TELEMATICS SYSTEM, REMOTE TELEMETRY UNIT, NON-ELECTRIFIED REMOTE CONTROL UNIT, DATA TRANSMISSION CHANNELS, RENEWABLE POWER SOURCE.

### ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНОЙ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Благодаря информации, предоставляемой СЛТМ, персонал газотранспортной организации может обеспечить безопасное и эффективное управление технологическим процессом транспортировки газа с возможностью непрерывного контроля технологических параметров и оперативного реагирования в штатных и нештатных ситуациях, а также снизить возможный ущерб за счет предотвращения аварийных ситуаций и оперативной локализации аварийных участков на линейной части газопроводов.

### СТРУКТУРА СЛТМ

Система линейной телемеханики представляет собой территориально-распределенную двухуровневую автоматизированную систему управления. На верхнем уровне СЛТМ осуществляются дистанционный контроль и управление технологическим оборудованием, организация человеко-машинного интерфейса, накопление информации о ходе технологического процесса и действиях оперативного персонала. Верхний уровень состоит из пункта управления (ПУ ТМ) и в ряде случаев про-

межуточных пунктов управления (ППУ ТМ), предназначенных для управления обособленными группами линейных объектов [3]. На нижнем уровне СЛТМ выполняются сбор, первичная обработка и передача информации по каналу связи на верхний уровень СЛТМ, а также формирование управляющего воздействия на исполнительные устройства по командам, поступающим с верхнего уровня СЛТМ. Нижний уровень СЛТМ состоит из контролируемых пунктов телемеханики (КП ТМ) и систем автоматического управления (САУ) оборудованием производственно-технологического объекта.

Необходимо отметить, что построение системы линейной телемеханики в большой степени определяется структурой и средствами технологической связи, обеспечивающими передачу информации между уровнями СЛТМ [3]. Также технологическая связь накладывает ограничения на такие технические характеристики СЛТМ, как объем телемеханизации и быстродействие. Если в первых СЛТМ для передачи данных между верхним и нижним уровнями применялись модемы и радиомодемы, обеспечивающие

скорость передачи данных не более 9,6 кбит/с, то в настоящее время основной средой передачи данных стали локальные вычислительные сети (ЛВС), использующие транспортный протокол TCP/IP. Поэтому основными каналами передачи данных в современных системах телемеханики стали:

- волоконно-оптические линии связи (ВОЛС);
- системы широкополосного беспроводного доступа (ШПД);
- спутниковые каналы связи.

Широкое распространение вычислительных сетей позволило не только значительно увеличить объем и скорость передачи данных между КП ТМ и ПУ ТМ, но также использовать все возможные методы резервирования каналов передачи данных, применяемые в локальных и глобальных вычислительных сетях.

Типовая структура современной СЛТМ представлена на рис. 1.

### КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ПУНКТ

Контролируемый пункт современной СЛТМ кроме стандартных функций доставки информации от аналоговых и дискретных датчиков и передачи команд телеуправления обеспечивает

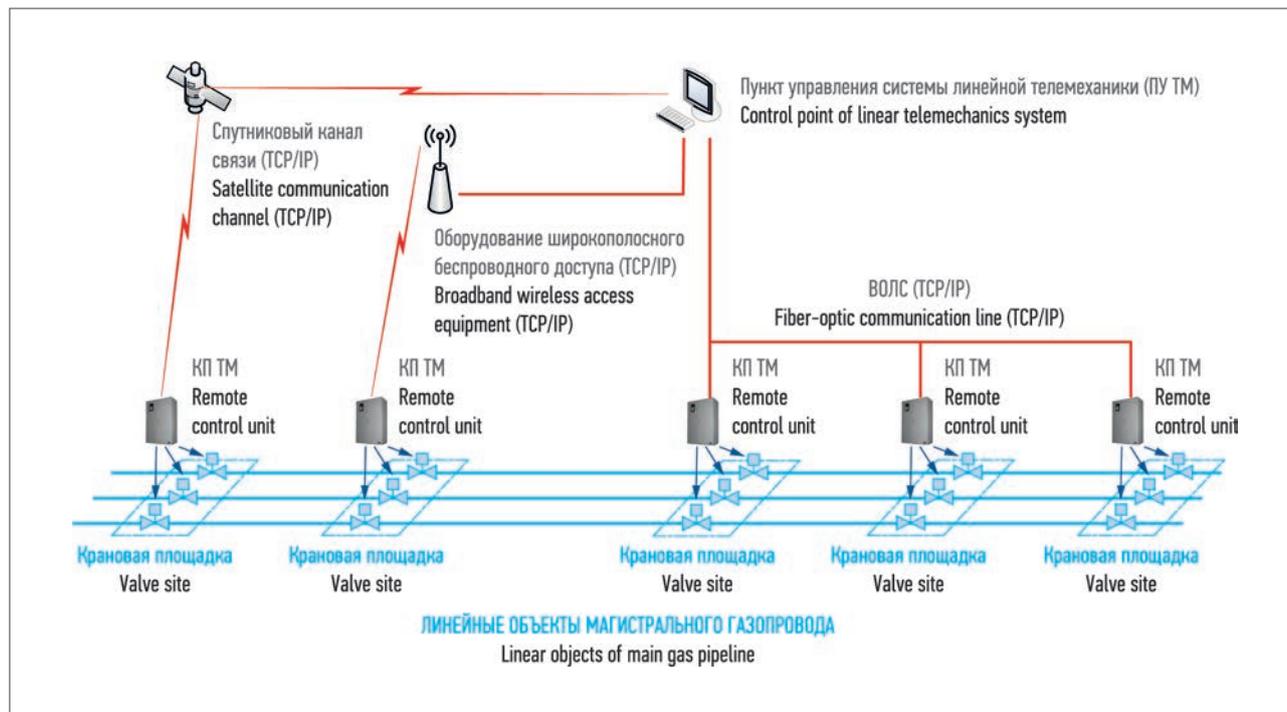


Рис. 1. Структура системы линейной телемеханики  
 Fig. 1. Linear telemechanics system structure

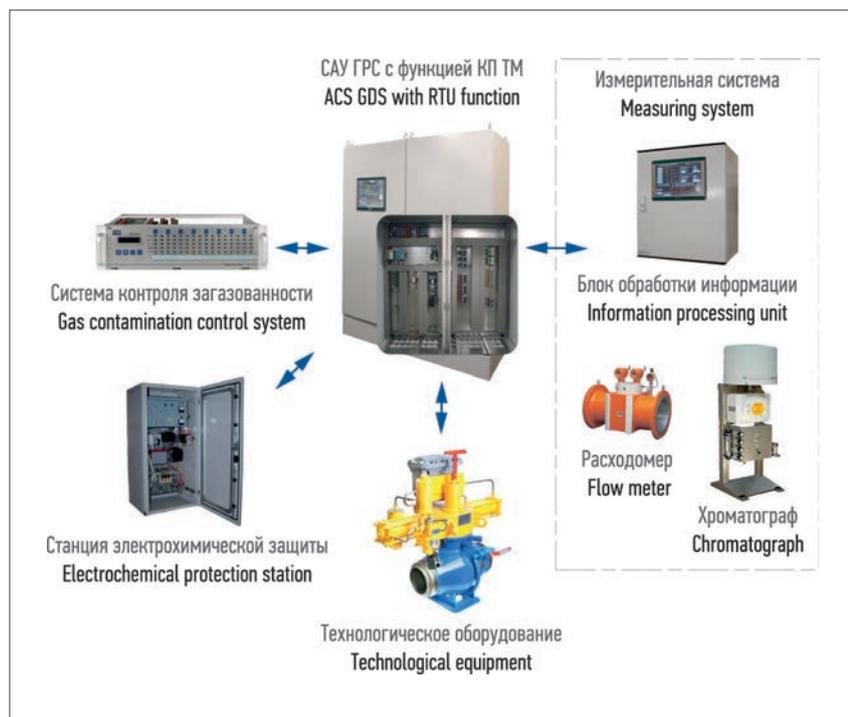


Рис. 2. САУ ГРС с функцией КП ТМ  
 Fig. 2. Automated control system (ACS) of gas distribution system (GDS) with remote telemetry unit (RTU) function

ление системой коррозионной защиты трубопровода, управление системой энергоснабжения, охранную сигнализацию объекта и многое другое. Рассматриваемый КП СЛТМ может выполнять алгоритмы управления любой сложности, что позволяет реализовать систему автоматического управления ГРС и ГИС на тех же программно-технических средствах. Такое решение представлено на рис. 2. Оно обеспечивает бесшовную интеграцию САУ ГРС и САУ ГИС в систему линейной телемеханики газотранспортного предприятия и позволяет получать с уровня ПУ ТМ доступ к информации о расходе и физико-химических свойствах газа в режиме реального времени, чтению архивов данных, недоступных ранее, а также выполнению дистанционной диагностики оборудования САУ ГРС и САУ ГИС.

В настоящее время основной объем информации в системе линейной телемеханики генерируется устройствами и системами, оснащенными собственными микропроцессорными системами управления и передающими ин-

контроль достоверности получаемой информации от контрольно-измерительных приборов и автоматики, диагностику нештатных

ситуаций по косвенным признакам, автоматическое управление технологическим оборудованием по сложным алгоритмам, управ-

формацию по цифровым интерфейсам. Цифровые интерфейсы имеют регуляторы, станции катодной защиты, автоматические пункты секционирования, счетчики электроэнергии и т. д. Во многих случаях эти устройства несовместимы друг с другом, и КП СЛТМ становится коммуникационным центром, обеспечивающим сбор информации со всех интеллектуальных приборов и ее передачу на пункт управления, как показано на рис. 3.

Срок службы современной системы линейной телемеханики составляет 15 лет. За это время многое может измениться: технологическое оборудование, приборы КИПиА, системы энергоснабжения и т. п. Применение технологических языков программирования в соответствии со стандартом МЭК 61131-3 (IEC 61131-3) [4] для создания программного обеспечения контролируемых пунктов позволяет организовать его сопровождение и доработку силами эксплуатирующей организации для реализации новых функций, а также для подключения дополнительного оборудования.

### ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЕ И АВТОНОМНЫЕ КП ТМ

Техническая реализация КП ТМ определяется условиями эксплуатации программно-технических средств, развитостью инфраструктуры линейных объектов, технологическими решениями построения линейных объектов и другими факторами.

Традиционные проектные решения по телемеханизации линейных объектов магистральных газопроводов предусматривают их электрификацию. В этом случае КП ТМ получает электропитание от централизованных источников электроэнергии (трансформаторных подстанций, блочно-комплектных электростанций и др.), как показано на рис. 4.

В ряде случаев подвод электроэнергии к производственным площадкам телемеханики выполнить

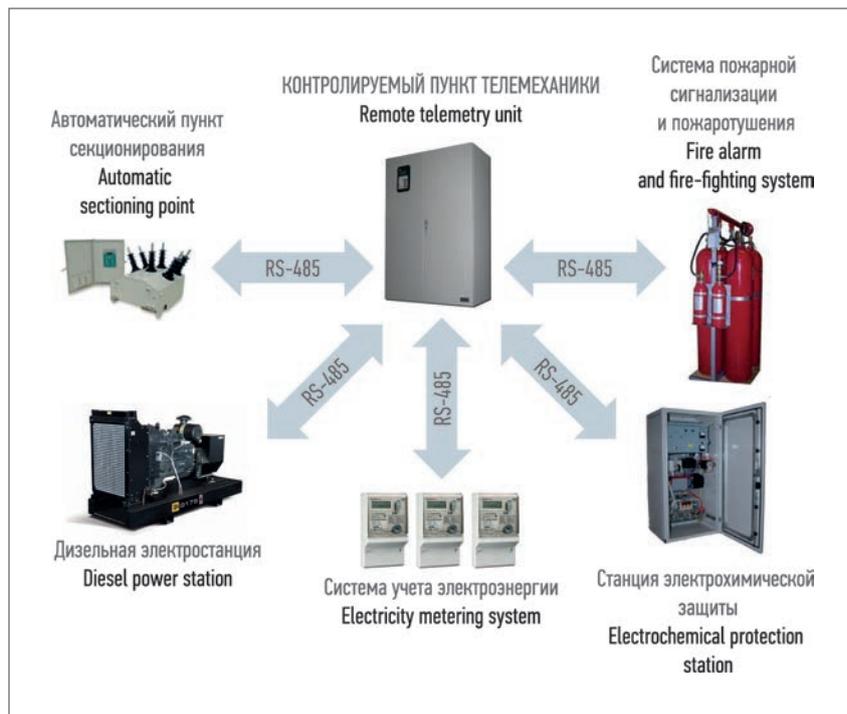


Рис. 3. Подключение внешних систем к КП ТМ  
 Fig. 3. External systems connected to RTU



Рис. 4. Блок-бокс электрифицированного КП ТМ  
 Fig. 4. Block-box of the electrified RTU

невозможно, например, при расположении КП ТМ на особо охраняемых природных территориях. В других случаях подвод электроэнергии к производственным площадкам является экономически нецелесообразным. Для таких объектов используются КП ТМ с возобновляемыми источниками электропитания (ВИЭ). Благодаря надежности и простоте эксплуатации наибольшую популярность получили ВИЭ на базе солнечных батарей. Низкое энергопотребление современных систем линейной те-

лемеханики позволяет с помощью солнечных батарей обеспечивать электропитание контролируемых пунктов, контрольно-измерительных приборов и исполнительных устройств даже на многониточных магистральных газопроводах, как показано на рис. 5.

Для однониточного магистрального газопровода или газопровода-отвода контролируемый пункт может быть выполнен в виде шкафа, предназначенного для установки на открытых площадках, и размещен в периметре



Рис. 5. КП ТМ с ВИЭ для многониточного магистрального газопровода  
 Fig. 5. RTU with RES for multi-line main gas pipeline

крановой площадки, как показано на рис. 6. Данное решение наиболее популярно в густонаселенных районах, т. к. не требует землеотвода для установки КП ТМ. В большинстве случаев в периметре крановой площадки удается выделить невзрывоопасную зону, в которой можно разместить КП ТМ в общепромышленном исполнении. При ограниченных размерах крановой площадки, в которой вся ее площадь является взрывоопасной зоной, применяются автономные КП ТМ во взрывозащищенном исполнении.

Для передачи информации между автономными КП ТМ и ПУ ТМ применяются беспроводные каналы связи: радиоканал УКВ или канал мобильной связи (GSM). Контролируемые пункты телемеханики предназначены для эксплуатации в жестких условиях при температуре окружающей среды до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в некоторых случаях и до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что особенно важно для КП ТМ с ВИЭ, на которых невозможно обеспечить обогрев оборудования даже в штатных режимах работы [5].

#### КОНТРОЛЬ ЗАГАЗОВАННОСТИ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ЧЕРЕЗ АВТОМОБИЛЬНЫЕ И ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

Частным случаем автономного КП ТМ является контролируемый пункт на переходе магистрального газопровода через автомобильную или железную дорогу, предназначенный для оперативного

выявления утечек газа в местах пересечения магистрального газопровода с транспортной инфраструктурой. Выявление утечки газа выполняется путем постоянного измерения концентрации метана в вытяжной свече, установленной на защитном футляре в месте пересечения магистрального газопровода с автомобильной или железной дорогой, как показано на рис. 7. В связи с отсутствием электроснабжения, а также выделенных участков земли для установки полноценного КП ТМ с ограждением и техническими средствами охраны для контроля загазованности переходов получили распространение специализированные контролируемые пункты, ими-

тирующие технологическое оборудование и устанавливаемые непосредственно на вытяжной свече (см. рис. 8).

Контролируемый пункт телемеханики контроля загазованности переходов имеет сверхнизкое энергопотребление и питается от встроенного аккумулятора, рассчитанного на работу в течение года без подзарядки. Измерение концентрации метана выполняется постоянно, и при превышении установленного порога по каналу GSM на пункт управления передается аварийное сообщение. Для контроля работоспособности КП ТМ по расписанию один раз в сутки передает на ПУ ТМ сведения о своем состоянии.



Рис. 6. КП ТМ с ВИЭ в периметре крановой площадки  
 Fig. 6. RTU with RES within valve site

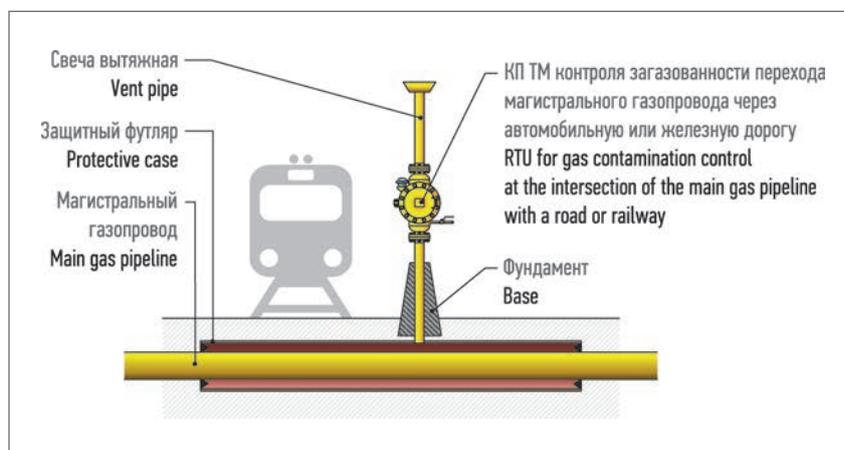


Рис. 7. Контроль загазованности перехода магистрального газопровода через автомобильную или железную дорогу  
 Fig. 7. Gas contamination control at the intersection of the main gas pipeline with a road or railway

### ПУНКТ УПРАВЛЕНИЯ

На пункте управления системы телемеханики решаются следующие задачи:

- сбор, обработка и отображение параметров линейной части, САУ ГРС, ГИС, УРГ в режиме реального времени;
- дистанционное управление и регулирование;
- контроль значений параметров, аварийная сигнализация;
- сбор и хранение архивов, построение трендов;
- создание отчетов;
- информационный обмен с вышестоящей системой оперативно-диспетчерского управления.

Для обеспечения надежности на ПУ ТМ выполняется резервирование серверов, жестких дисков, сетевых интерфейсов. В целях контроля работоспособности проводится мониторинг программно-технических средств (загрузки процессора, заполненности жестких дисков, объема используемой памяти и т. п.), а также мониторинг каналов связи.

Для выявления на ранних этапах нештатных ситуаций на ПУ ТМ реализованы следующие дополнительные функции:

- по состоянию кранов и значению давления производится расчет состояния участков линейной части «в работе», «остановлен (под газом)», «остановлен (без газа)», «авария». Вручную участок может быть переведен в состояние «проводятся плановые работы». Состояние участков отображается цветом на видеокадре, что позволяет избежать ошибок при переключении запорной арматуры как в ходе плановых работ, так и в процессе локализации аварийного участка;

- предупредительные уставки давлений и температур по линейной части и входам ГРС подстраиваются к текущему значению параметров в режиме «одной кнопки». Это позволяет использовать узкий коридор предупредительных уставок (например,  $\pm 0,1$  МПа,  $\pm 2$  °С), немедленно оповещать диспетчера



Рис. 8. КП ТМ контроля загазованности перехода, установленный на вытяжной свече  
 Fig. 8. RTU of gas contamination control installed on the vent pipe

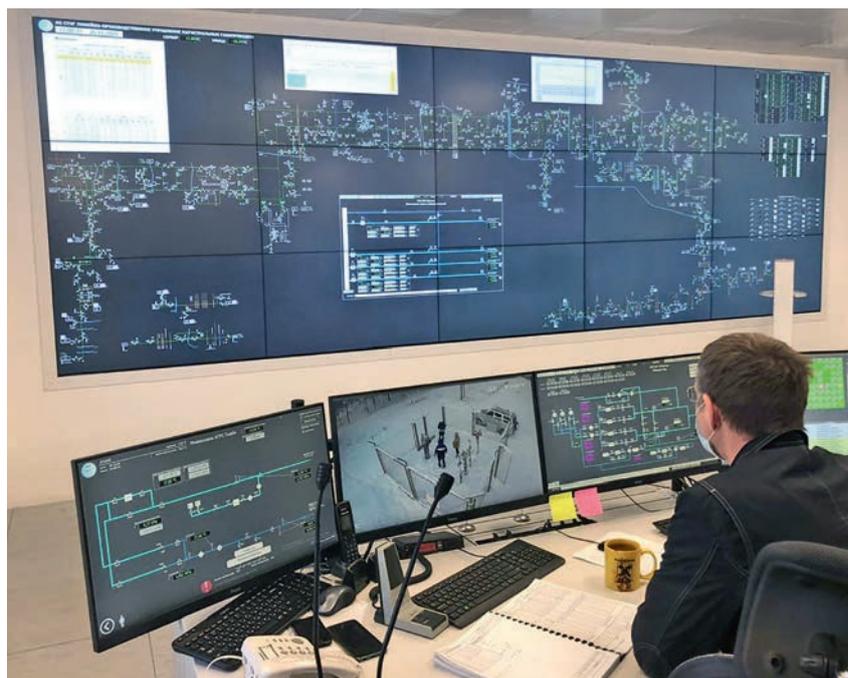


Рис. 9. Пункт управления системы линейной телемеханики  
 Fig. 9. Control room of linear telemechanics system

о любом изменении режима газотранспортной системы;

- система выявления нештатных ситуаций анализирует принимаемые параметры по линейной части на допустимость. Например, неравенство давлений газа до и после крана при открытом кране, выход разницы давлений в начале

и в конце участка магистрального газопровода за установленную величину и т. д. При невыполнении соотношений сообщается о наличии проблемы направляется эксплуатационному персоналу.

Вычислительная мощность и высокая надежность современного ПУ ТМ позволяют использовать его

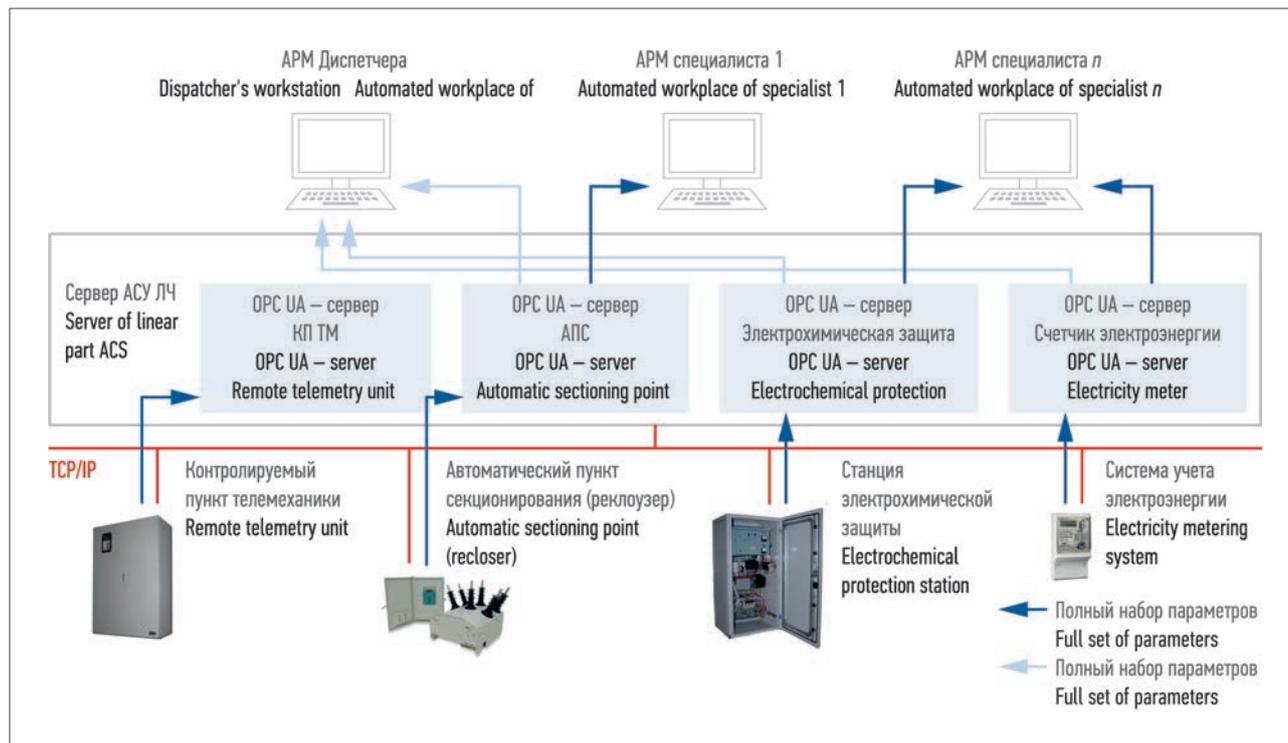


Рис. 10. Структура современной АСУ ЛЧ  
 Fig. 10. Structure of modern automated control system for linear part

в качестве полноценной системы диспетчерского контроля и управления филиала, исключив промежуточный уровень ПУ линейного объекта, как показано на рис. 9. Такое решение позволяет сократить эксплуатационные затраты, увеличить быстродействие системы диспетчерского контроля и управления и в большинстве случаев повысить надежность управления производственно-технологическим комплексом.

**НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ**

Развитие высокоскоростных сетей связи и широкое распространение протокола TCP/IP в качестве стандартного протокола транспортного уровня позволили совмещать в одном канале связи данные, передаваемые по разным протоколам. Это в значительной мере меняет концепцию СЛТМ как системы, состоящей из однотипных контролируемых пунктов и пункта управления. Теперь любое устройство, применяемое на линейной части магистрального газопровода, потенциально может незави-

симо от контролируемого пункта телемеханики передавать данные непосредственно на пункт управления. В этом случае для приема информации на ПУ ТМ возможно применение широко распространенной технологии OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) [6], предоставляющей доступ к данным с помощью стандартизованных механизмов. Таким образом, система линейной телемеханики трансформируется в полноценную автоматизированную систему управления линейной частью (АСУ ЛЧ), как показано на рис. 10.

Преимущества такого решения очевидны:

- обеспечивается передача на ПУ ТМ полного объема информации, предусмотренного разработчиком устройства без ограничений, накладываемых интерфейсом или протоколом КП ТМ;
- обеспечивается выполнение расширенных функций, предусмотренных производителем устройства, например, функций диагностики или передачи архив-

ной информации, которые могут быть реализованы на автоматизированных рабочих местах (АРМ) профильных специалистов;

- снижается сложность и сокращаются сроки пусконаладочных работ за счет применения готового программного обеспечения, поставляемого вместе с устройством.

Достоинства предлагаемого решения можно наглядно продемонстрировать на примере автоматических пунктов секционирования (реклоузеров), применяемых в системе электроснабжения линейной части магистральных газопроводов. Микропроцессорная система управления, входящая в состав реклоузера, содержит значения нескольких сотен параметров. Диспетчеру линейного ПУ магистрального газопровода такой объем информации не нужен, и при передаче данных от реклоузера на пункт управления по традиционной схеме через КП ТМ все эти данные остаются невостребованными. При современном подходе весь набор параметров реклоузера

может быть доставлен на ПУ ТМ и проанализирован на выделенном АРМ работниками службы электрохимзащиты с помощью специализированного программного обеспечения, поставляемого вместе с реклоузером.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный уровень развития программно-технических средств позволяет создавать принципиально новые системы линейной телемеханики более высокого качества, которые могут обра-

батывать в реальном времени большие объемы информации и имеют возможность интеграции в многоуровневые системы управления производственно-технологическими комплексами. ■

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СТО Газпром 097–2011. Автоматизация. Телемеханизация. Автоматизированные системы управления технологическими процессами добычи, транспортировки и подземного хранения газа. Основные положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://samara-tr.gazprom.ru/d/textpage/8e/142/sto-gazprom-097-2011-avtomatizatsiya.-telemekhanizatsiya.-osnovn.pdf> (дата обращения: 21.05.2021).
2. СТО Газпром 2–1.15–680–2012. Автоматизированные системы управления производственно-технологическими комплексами объектов ПАО «Газпром». Транспортировка, добыча, хранение, переработка углеводородов. Технические требования. М.: ООО «Газпром экспо», 2013.
3. СТО Газпром 2–1.18–598–2011. Типовые технические требования на технологическую связь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://samara-tr.gazprom.ru/d/textpage/8e/142/sto-gazprom-2-1.18-598-2011-tip-treb.pdf> (дата обращения: 21.05.2021).
4. Рошин А.В., Тимофеев Р.Ю. СТН-3000-Р – реализация программы импортозамещения компонентов системы телемеханики СТН-3000 производства АО «АтлантИТрансГазСистема» // Автоматизация в промышленности. 2017. № 4.С. 6–8.
5. Илюшин С.А., Лавров С.А. Введение систем телемеханики с возобновляемыми источниками электропитания // Автоматизация в промышленности. 2015. № 11.С. 8–12.
6. Mahnke W., Leitner S.H., Damm M. OPC Unified Architecture. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg, 2009.

#### REFERENCES

- (1) Gazprom OJSC. STO Gazprom 097–2011 (company standard). *Automation. Telemekhanization. Automated control systems for technological processes of gas production, transportation and underground storage. Basic provisions*. Available from: <https://samara-tr.gazprom.ru/d/textpage/8e/142/sto-gazprom-097-2011-avtomatizatsiya.-telemekhanizatsiya.-osnovn.pdf> [Accessed: 21 May 2021]. (In Russian)
- (2) Gazprom OJSC. STO Gazprom 2–1.15–680–2012. *Automated control systems for production and technological complexes of PJSC Gazprom facilities. Transportation, production, storage, and processing of hydrocarbons. Technical requirements*. Moscow: Gazprom expo; 2012 (In Russian)
- (3) Gazprom OJSC. STO Gazprom 2–1.18–598–2011. *Standard technical requirements for technological communication*. Available from: <https://samara-tr.gazprom.ru/d/textpage/8e/142/sto-gazprom-2-1.18-598-2011-tip-treb.pdf> [Accessed: 21 May 2021]. (In Russian)
- (4) Roshchin AV, Timofeev RYu. STN–3000–R–implementation of the import substitution program for components of the STN–3000 telemechanics system produced by AtlanticTransgasSystem JSC. *Automation in industry* [Avtomatizatsiya v promyshlennosti]. 2017; (4): 6–8. (In Russian)
- (5) Ilyushin SA, Lavrov SA. Introduction of telemechanics systems with renewable power sources. *Automation in industry*. 2015; (11): 8–12. (In Russian)
- (6) Mahnke W, Leitner SH, Damm M. *OPC Unified Architecture*. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg; 2009.

28-29 сентября



г. Нижневартовск  
Дворец искусств, ул. Ленина, 7

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# НИЖНЕВАРТОВСК НЕФТЬ. ГАЗ-2021

совместно с форсайт-форумом

«Нефтегаз-2021. Инновации. Экология. Климат»

ООО «Выставочная компания Сибэкспосервис»

Телефон/факс:  
(383) 335-63-50

СИБ Экспо SERVICE

E-mail: vkxes@yandex.ru  
[www.ses.net.ru](http://www.ses.net.ru)