

Испытания и внедрение подсистемы обнаружения нештатных событий на многониточном магистральном газопроводе

Бухвалов И.Р., Евсеев С.В.

РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова», Нижний Новгород, Россия
telemeh@niiis.nnov.ru

Аннотация

Целью данной работы является описание процесса испытаний подсистемы обнаружения нештатных событий (ПОНС) УНК ТМ на многониточном магистральном газопроводе (ММГ).

В работе представлены:

- принцип создания стенда для отладки и проверки ПОНС на основе математической модели реального времени и карты ММГ в виде графа;
- комплекс испытаний и их результаты в части работы ПОНС по обнаружению нештатных событий;
- достигнутые технические характеристики ПОНС.

Материалы и методы

Натурные эксперименты для определения характеристик фронта, амплитуды и длительности перепада давления газа, возникающих при «частичном разрыве» ММГ, а также скорость распространения перепада давления газа по ММГ. Испытания на действующем ММГ.

Ключевые слова

телемеханика, испытания, нештатные события, технические характеристики

Для цитирования

Бухвалов И.Р., Евсеев С.В. Испытания и внедрение подсистемы обнаружения нештатных событий на многониточном магистральном газопроводе // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 6. С. 80–84. DOI: 10.24412/2076-6785-2021-6-80-84

Поступила в редакцию: 02.11.2021

AUTOMATION

UDC 65.011.56 | Original Paper

Tests and implementation of a subsystem for detecting unusual events at a multi-pipe main gas-pipeline

Bukhvalov I.R., Evseev S.V.

RFNC-VNIIEF “NIIIS named after Yu. Sedakova”, Nizhny Novgorod, Russia
telemeh@niiis.nnov.ru

Abstract

The present paper objective is the test process description of the subsystem for detecting unusual events (SDUE) Unified Telemechanics Complex (UTC) at a multi-pipe main gas-pipeline (MGP).

The paper presents:

- a principle of designing a test bench for debugging and checking SDUE on the basis of on-line mathematical model and MGP map as a flow chart;
- the tests complex and their results referred to SDUE operation for detecting unusual events;
- obtained specifications of SDUE.

Materials and methods

Full-scale experiments for defining front characteristics, amplitude and duration of the gas pressure drop caused by “partial pipeline rupture” of the main gas pipeline (MGP) as well as gas pressure drop propagation rate in MGP. Tests at operating gas pipeline.

Keywords

telemechanics, tests, unusual events (UE), specifications

For citation

Bukhvalov I.R., Evseev S.V. Tests and implementation of a subsystem for detecting unusual events at a multi-pipe main gas-pipeline. Exposition Oil Gas, 2021, issue 6, P. 80–84. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2021-6-80-84

Received: 02.11.2021

Введение

Для контроля технологических параметров и дистанционного управления запорной арматурой линейной части (ЛЧ) многониточных магистральных газопроводов (ММГ) ПАО «Газпром» используются системы линейной телемеханики. Информация от датчиков и исполнительных устройств поступает в контролируемый пункт (КП) телемеханики и по каналам связи передается на диспетчерский пункт линейного производственного управления (ЛПУ), где отображается на экране пульта управления (ПУ). Количество КП в системе телемеханики в большинстве случаев варьируется от 2 до 30, при этом суммарное количество датчиков давления на всех КП может достигать до 200 шт. Диспетчер анализирует поступающую информацию и вводит команды управления запорной арматурой, при этом функции диспетчера на этом не заканчиваются. В зоне его ответственности большой объем работ, связанный с работой компрессорной станции, выдачей разрешений на работы и контроль их выполнения, формирование баланса прихода и расхода газа, отчеты перед центральной диспетчерской службой газотранспортного предприятия и т.д. Таким образом, диспетчер не имеет возможности постоянного наблюдения за состоянием газопроводов ЛЧ ММГ. При возникновении нештатных событий (НС), требующих принятия оперативных решений для их локализации, диспетчеру зачастую требуется время на анализ технологической конфигурации участка ММГ, определение типа и местонахождения НС, решение вопроса об очередности выдачи команд на запорную арматуру. Все эти действия происходят в стрессовой обстановке и часто приводят к непреднамеренным ошибкам [1, 2], что грозит существенной потерей товарного газа, опасностью для жизни и здоровья людей, а также увеличением вреда для экологии.

В связи с этим возник вопрос о необходимости автоматизированного анализа данных для раннего обнаружения НС, с использованием только штатных аппаратных средств телемеханики без установки дополнительного оборудования.

В 2018 г. в филиале РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова» была завершена разработка подсистемы обнаружения нештатных событий для телемеханики УНК ТМ [1, 2], позволяющая выявлять на линейной части ММГ утечку газа или разрыв ММГ, несанкционированную перестановку линейных кранов, переток газа между ММГ с разными газодинамическими режимами транспорта. В основу ПОНС были положены методы и алгоритмы, описанные в патенте РФЯЦ-ВНИИЭФ [3].

В марте 2020 г. была утверждена «Дорожная карта по взаимодействию ПАО «Газпром» с промышленным комплексом Нижегородской области», раздел 2 которой посвящен «Организации адаптации и внедрения подсистемы обнаружения нештатных событий (ПОНС)». Куратором работ от ПАО «Газпром» было назначено газотранспортное предприятие ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород», местом проведения испытаний — Моркинское ЛПУ МГ.

Сформированный план проведения испытаний и опытной эксплуатации ПОНС в Моркинском ЛПУ МГ включал в себя следующие основные пункты:

- заводские испытания ПОНС с использованием стенда;

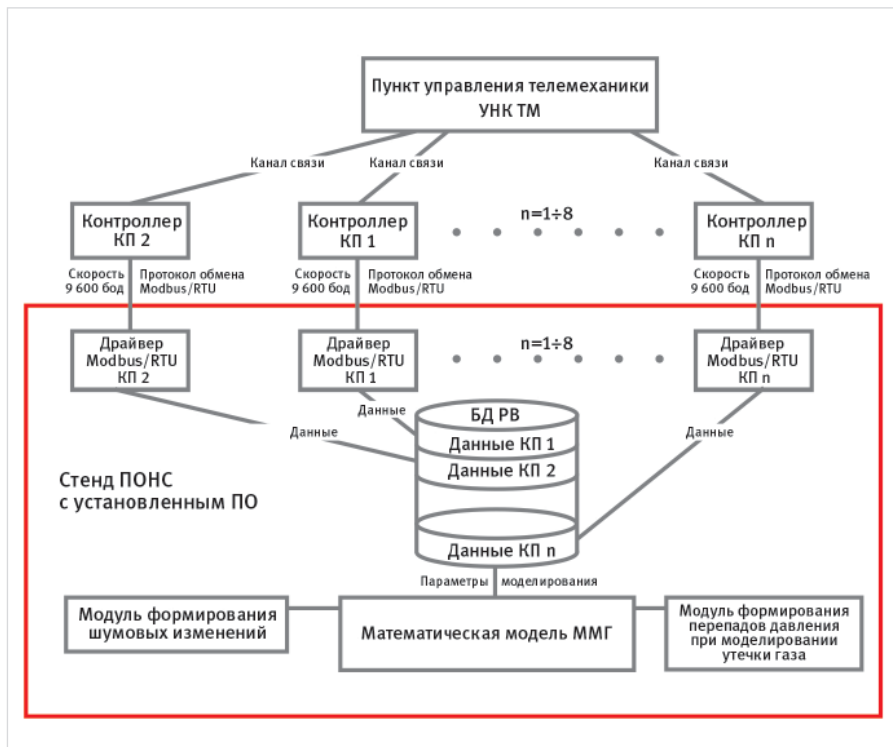


Рис. 1. Структурная схема стенда
Fig. 1. Test bench structural chart

- предварительные испытания на объекте;
- проведение опытной эксплуатации;
- приемочные испытания.

Стенд ПОНС

Для проведения заводских испытаний был разработан стенд на основе программного обеспечения (ПО) математической модели (ММ) тренажера диспетчера ЛПУ [4].

ПО стенда позволяет (рис. 1):

- моделировать информацию о транспорте газа по ЛЧ и компрессорным цехам (КЦ) в реальном масштабе времени с точностью до секунды;
 - формировать информацию о нештатных событиях на ЛЧ:
 - несанкционированная перестановка кранов;
 - неполное закрытие или открытие любых кранов;
 - аварийные ситуации, возникающие при частичном или полном разрыве газопроводов, и многие другие.
 - аварийные ситуации, возникающие
- В процессе создания стенда потребовалась доработка ПО стенда в части:
- подключения драйверов обмена данными с контроллерами КП УНК ТМ по протоколу обмена Modbus/RTU;
 - формирования перепадов давления при моделировании утечек газа.

Для формирования перепадов давления в ПО ММ был использован алгоритм представления ММГ в виде весового неориентированного графа, где вершинами служат датчики давления, а весами — расстояния между этими датчиками. Дополнительной вершиной выступает место «утечки/разрыва». Был реализован алгоритм Дейкстры, осуществляющий поиск кратчайшего расстояния между вершинами неориентированного графа и точкой «утечки/разрыва». Значения на всех датчиках давления, до которых может дойти волна давления от «разрыва», остаются на уровне

последнего вычисленного значения до начала моделирования «разрыва», что обеспечивает моделирование перепада давления для датчика по истечении времени прихода перепада (рис. 2).

Заводские испытания

До проведения заводских испытаний было разработано ПО КП комплекса телемеханики УНК ТМ Моркинское ЛПУ МГ на базе ОС РВ QNX 4.25 для контроллеров СРС108. ПО КП и ПУ было дополнено модулями ПОНС.

Для проверки ПОНС было проведено более 500 экспериментов с созданием нештатных событий. Такое количество экспериментов объясняется необходимостью проверки 14 возможных комбинаций транспорта газа на участке Моркинское ЛПУ и необходимостью проверки правильности работы ПОНС при имитации «разрывов» ММГ различной степени в 13 возможных участках возникновения НС.

При проведении заводских испытаний были подтверждены следующие технические характеристики ПОНС:

- погрешность определения мест «разрыва» ММГ не более 1 км на всех участках контролируемого ММГ Моркинское ЛПУ при различных конфигурациях транспорта газа;
- выявление перепадов давления газа не менее 0,1 кгс/см²;
- определение нештатной перестановки кранов при изменении давления газа на датчиках до и после крана на 0,35 кгс/см².

Предварительные испытания

Для проведения предварительных испытаний была разработана и утверждена «Программа и методика предварительных испытаний», в которой имитация «разрыва» ММГ и нештатной перестановки кранов проводилась путем срабатывания газа с датчиков давления.

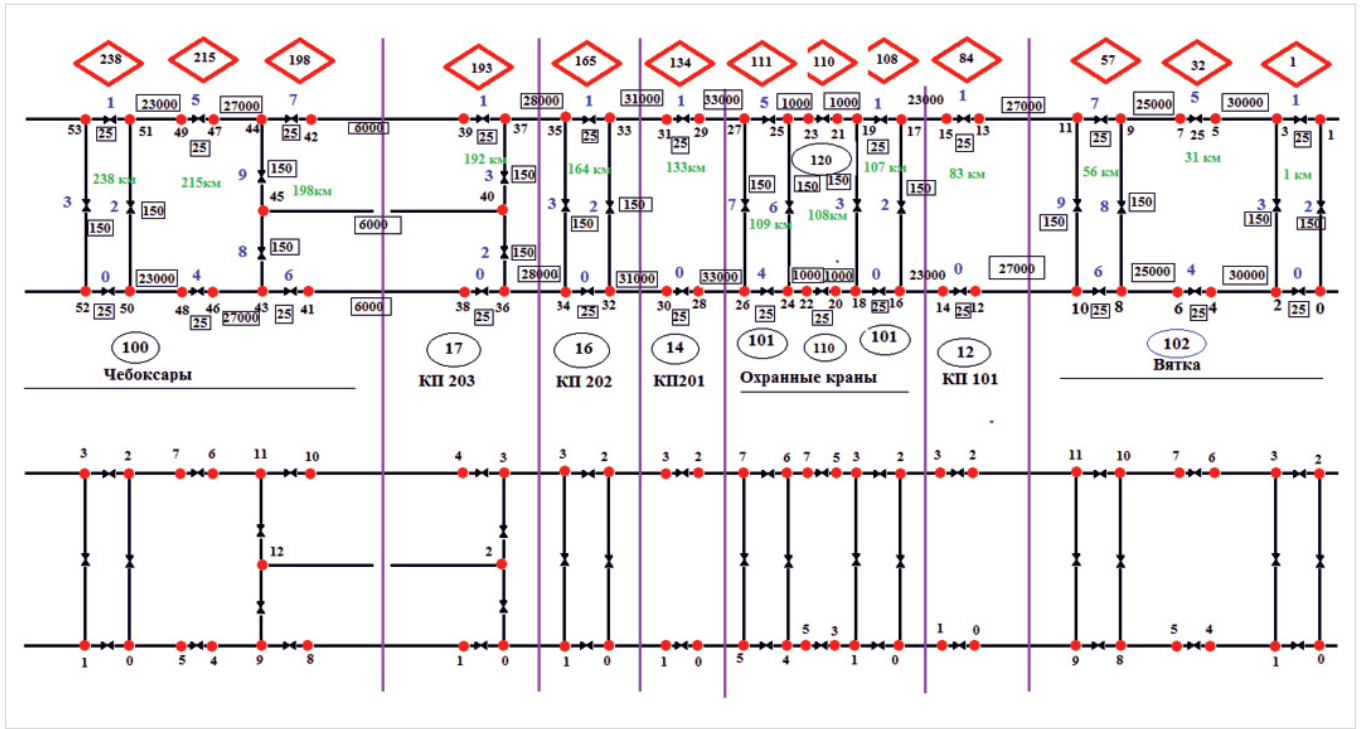


Рис. 2. Граф моделируемого ММГ с номерами вершин
Fig. 2. Flow chart of the simulated MGP with peaks numbers

При проведении предварительных испытаний была подтверждена работоспособность ПОНС в части обнаружения нештатной перестановки кранов и «разрывов» ММГ, однако подтвердить уровень минимального фиксируемого перепада давления и точность обнаружения места «разрыва» ММГ методика, основанная на ручном сравнении газа с датчиков давления, не позволила.

Кроме того, при проведении неподготовленного эксперимента со сравнением газа через свечной кран на компрессорной станции (КС) перепад давления не был обнаружен на КП в 25 км от КС, что оставило нерешенным вопрос о зоне чувствительности ПОНС, а также привело к необходимости проведения натурных экспериментов, связанных со сравнением газа, максимально приближенным к реальному частичному разрыву ММГ.

Натурные эксперименты

Основной целью натурных экспериментов было определение характеристик фронта, амплитуды и длительности перепада давления газа, возникающих при «частичном разрыве» ММГ, а также скорости распространения перепада давления газа по ММГ.

Для проведения первого эксперимента был выбран участок ММГ между КП 202 и КП 203 на отводе к ГРС «Йошкар-Ола».

Имитация проводилась путем сброса газа через свечной кран Ду200 мм на отводе режим открытием на 100 % на 60 секунд. ПОНС зафиксировал перепад на КП 202 в 6 км от места сравнения размером 0,18 кгс/см² и не зафиксировал перепад 0,06 кгс/см² на КП 203 в 23 км от места сравнения (рис. 3). Форма перепада давления газа и его временные характеристики, зафиксированные на КП, полностью совпадали с формой и временными характеристиками, зафиксированными на месте проведения эксперимента при открытии свечного крана. Исходя из тенденций изменения давления газа в натурном эксперименте, при «частичном разрыве» ММГ, соотносимом площадью

сечения со свечным краном, система телемеханики УНК ТМ (не оснащенная ПОНС) сформировала бы аварийный сигнал по изменению давления (установка 1 кгс/см²) на КП 202 не ранее 5 минут от начала стравливания, а на КП 203 через 20 минут, что подтверждается реальными аварийными событиями, зафиксированными УНК ТМ [2]. По проведенным расчетам скорость распространения перепада давления составила в среднем 430 м/с, что подтверждало теоретические данные по скорости звука в метане.

По результатам натурных экспериментов было доработано ПО ПОНС в части уменьшения минимального значения определения перепада давления с 0,1 до 0,06 кгс/см².

Опытная эксплуатация и приемочные испытания

Во время работ по внутритрубной диагностике ПОНС неоднократно фиксировала проход устройства внутритрубной диагностики (УВТД) через кран в виде сообщения «Закрытие крана» при возникновении разницы между давлением до и после крана выше 0,35 кгс/см² и скорости прохождения УВТД менее 5 м/с.

При восстановлении потоков газа на КС после выхода УВТД образовались перепады давления, фиксируемые ПОНС в виде сообщения «Первый перепад» (рис. 4).

Аналогичные результаты фиксировались и при плановых перестановках кранов.

Для проведения приемочных испытаний была подготовлена и согласована программа и методика, включающая в себя имитацию «разрывов», максимально приближенных к реальным разрывам, и имитации различных вариантов реальной нештатной перестановки кранов. Имитация проводилась сравнением газа из ММГ и перестановкой кранов.

В результате проведенных работ по имитации «разрыва» ММГ на участке между КП 202 и КП 203 (отводе к ГРС «Йошкар-Ола») ПОНС зафиксировала переданные КП 202

и КП 203 сообщения о перепадах (0,06–0,21 кгс/см²) в виде экстренных сигналов и определила место разрыва с погрешностью 200 м (рис. 5). Аналогичные результаты по размерам перепадов и погрешностям обнаружения места фиксировались и при имитации «разрывов» ММГ на участках охранных площадок КС в 25 км от КП телемеханики.

Итоги

В ходе приемочных испытаний были подтверждены заявленные характеристики и получены существенно лучшие результаты:

- погрешность определения мест утечки газа не более 0,3 км;
- минимальный размер выявляемого перепада давления составил 0,06 кгс/см²;
- за время опытной эксплуатации «ложных» сообщений ПОНС не зафиксировано;
- зона чувствительности ПОНС от места «разрыва» ММГ до КП телемеханики при стравливании газа через свечной кран Ду200 мм составила не менее 24 км, а при стравливании газа через свечной кран Ду300 мм составила более 25 км.

Разработанное программное обеспечение ПОНС УНК ТМ в процессе комплекса испытаний подтвердило заявленные при разработке технические характеристики.

Выводы

По результатам опытной эксплуатации и приемочных испытаний ПОНС в Моркинском ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород» комиссия решила:

- рекомендовать ввести ПОНС УНК ТМ Моркинского ЛПУ МГ в промышленную эксплуатацию;
- рекомендовать применение ПОНС УНК ТМ на объектах телемеханики ПАО «Газпром».

Разработанные методы, алгоритмы и ПО ПОНС позволили определять тип и место возникновения НС на ММГ с использованием системы телемеханики.

Была доказана возможность определения НС

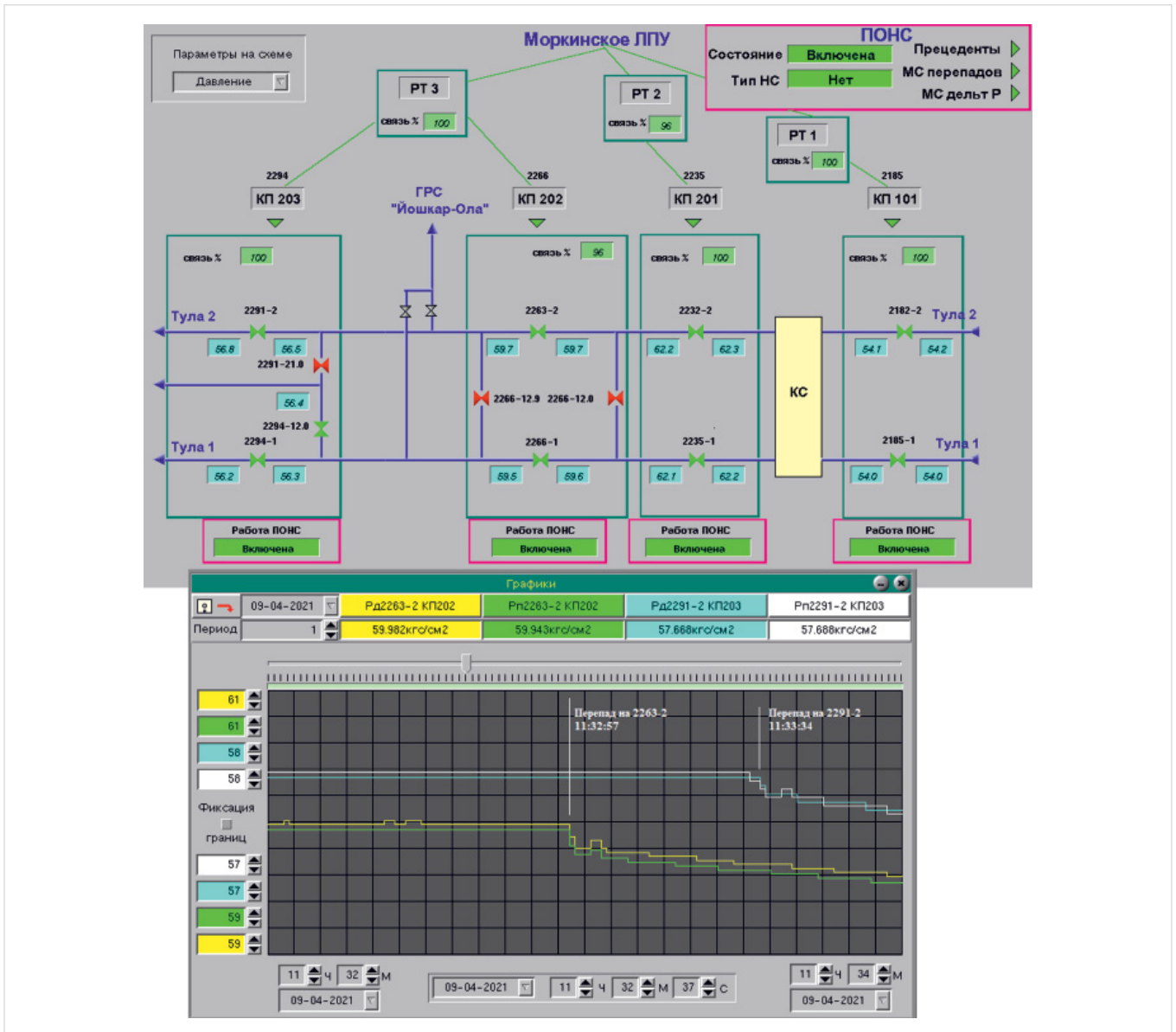


Рис. 3. Мнемосхема ПУ и график давления газа по нитке «Ямбург-Тула 2» на КП 202 и КП 203 при натурном эксперименте
 Fig. 3. Mimic panel of PCR and gas pressure plot on “Yamburg-Tula 2” pipeline at RS 202 and RS 203 when providing a full-scale experiment

без применения дополнительного аппаратного обеспечения.

Литература

1. Евсеев С.В. Проблема определения места утечки на многониточном магистральном газопроводе штатными средствами линейной телемеханики // Экспозиция Нефть Газ. 2019. № 6. С. 70–72.
2. Евсеев С.В. Решение задач раннего обнаружения нештатных событий на линейной части многониточного магистрального газопровода средствами системы линейной телемеханики // Экспозиция Нефть Газ. 2020. № 4. С. 74–76.
3. Акимов Н.Н., Андриянычева С.Б., Анисимов А.И., Бухвалов И.Р., Евсеев С.В., Лотов В.Н. Способ обнаружения нештатной ситуации на многониточном магистральном газопроводе. Патент на изобретение № 2700491. 2019.
4. Бухвалов И.Р. Методы и алгоритмы информационной поддержки управления газотранспортной системой: диссертация канд. технических наук. Владимир, 2007. 133 с.

Дата	Время	Форм.	Событие	Объект	Автор/Состояние
13/03/21	03:24:57	00:00:00	Закрытие подв. на КП	Кр 2185-1_101 [ПОНС]	
13/03/21	03:25:08	00:00:00	Закрытие подв. на КП	Кр 2185-1_101 [ПОНС]	Сброшена [АРМ_1_Диспетчер]
13/03/21	06:00:54	00:00:00	Первый перепад	Кр 2185-1_101 [ПОНС]	
13/03/21	06:00:54	00:00:00	Предупреждение [0.21кгс/см2]	Волна 2185-1 [ПОНС]	
13/03/21	06:00:56	00:00:00	Предупреждение [0.21кгс/см2]	Волна 2185-1 [ПОНС]	Сброшена [АРМ_1_Диспетчер]
13/03/21	06:00:57	00:00:00	Первый перепад	Кр 2185-1_101 [ПОНС]	Сброшена [АРМ_1_Диспетчер]

Рис. 4. Фрагмент журнала событий ПУ УНК ТМ при прохождении ВВД
 Fig. 4. A part of UTC CR event log when passing in-line diagnostics device

Дата	Время	Форм.	Событие	Объект	Автор/Состояние
07/07/21	00:00:00	00:00:00	Начало работы	Служба архива	Служба архива
07/07/21	23:59:54	23:59:54	Окончание работы	Служба архива	Служба архива
07/07/21	11:07:04	00:00:00	Первый перепад	Кр 2263-2_202 [ПОНС]	
07/07/21	11:07:04	00:00:00	Предупреждение [0.21кгс/см2]	Волна 2263-2 [ПОНС]	
07/07/21	11:07:43	00:00:00	Перепад	Кр 2291-2_203 [ПОНС]	
07/07/21	11:07:43	00:00:00	Авария [2270км]	Разрыв 2291-2_203 [ПОНС]	

Рис. 5. Фрагмент журнала событий ПУ УНК ТМ при имитации разрыва ММГ
 Fig. 5. A part of UTC CR event log when simulating a pipeline rupture

Results

The claimed performances were proved within the acceptance tests and sufficiently better results were obtained:

- error of detecting gas leak location – at most 0,3 km;
- minimal size of the detected differential pressure was 0,06 kgf/cm²;
- there were no “false” SDUE messages registered within operational test;
- SDUE range of sensitivity from MGP “rapture” location to telemechanics RS when blowing gas using Du200 mm vent valve was at least 24 km, and when blowing gas using Du300 mm vent valve it was more than 25 km.

The developed UTC SDUE software proved the claimed technical specifications within the full-scale tests.

References

1. Yevseyev S.V. Problem of defining leakage at multi line gas-main pipeline by standard linear telemetering gear. Exposition Oil Gas, 2019, issue 6, P. 70–72. (In Russ).
2. Yevseyev S.V. Problem solving for emergency early detection at gas-main multi-pipeline linear part by linear telemechanics systems Exposition Oil Gas, 2020, issue 4, P. 74–76. (In Russ).
3. Akimov N.N., Andriyanycheva S.B., Anisimov A.I., Bukhvalov I.R., Evseev S.V., Lotov V.N. Emergency situation detection method on multi-thread main pipeline.

Conclusions

On the basis of SDUE experimental operation and acceptance tests at Morkinskoye LOS of “Gazprom Transgaz Nizhny Novgorod” MGP a committee made the following decisions:

- recommend to introduce UTC SDUE of Mokinskoye MGP LOS into commercial operation;
- recommend to use UTC SDUE at telemechanics objects of “Gazprom” JSC.

The developed SDUE SW methods and algorithms provided UE type and location detection at MMGP using the telemechanics system.

There was proved the possibility of detecting UE without applying additional hardware.

Patent for invention № 2700491, 2019. (In Russ).

4. Bukhvalov R.I. Methods and algorithms for information support of control of gas transport system. Vladimir, 2007, 133 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бухвалов Иван Регович, к.т.н., ведущий научный сотрудник, филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова», Нижний Новгород, Россия

Евсеев Сергей Владимирович, начальник отдела, филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова», Нижний Новгород, Россия
Для контактов: telemeh@niis.nnov.ru

Bukhvalov Ivan Revovich, ph.d. of technical sciences, leading research scientist, branch of RFNC-VNIIEF “NIIS named after Yu.Ye. Sedakov”, Nizhny Novgorod, Russia

Evseev Sergey Vladimirovich, head of department, branch of RFNC-VNIIEF “NIIS named after Yu.Ye. Sedakov”, Nizhny Novgorod, Russia
Corresponding author: telemeh@niis.nnov.ru



ВЫСТАВКА «ГАЗ. НЕФТЬ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ»

в рамках
ЯМАЛЬСКОГО
НЕФТЕГАЗОВОГО
ФОРУМА

СИБЭКСЕРВИС SERVICE

ООО «Выставочная компания Сибэкспосервис», г. Новосибирск

Тел.: +7 (383) 335-63-50, e-mail: vkases@yandex.ru, www.ses.net.ru

17-18 МАРТА

г. Новый Уренгой
2022

**ЭКСПОЗИЦИЯ
НЕФТЬ ГАЗ**

Генеральный информационный партнер