

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ИЗ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ANALYSIS OF METHODS AND SYSTEMS FOR DETECTING LEAKAGE FROM MAIN PIPELINES

L. Elmurzaeva

Summary. The article is devoted to the analysis of leak detection systems (LDS) and the requirements for them. The SOU is a set of software and hardware tools that work in real time according to specified algorithms and perform the function of continuous monitoring of the integrity of the pipeline in accordance with the technical requirements.

Theoretical and experimental studies of methods for detecting leaks in pipelines that pump liquids have been carried out for many decades. The result of scientific activity is a huge number of publications, books and patents.

The unfavorable state of pipeline systems makes it necessary to develop methods and tools that allow you to quickly and accurately detect the presence of leaks and determine their coordinates. In this case, first of all, we are talking about objective, instrumental means of monitoring pipelines, which allow promptly and with acceptable accuracy to detect emerging leaks and determine their location.

Keywords: leak detection system; pipeline system; tightness; leak detection methods; unauthorized cuts.

Ельмурзаева Лариса Халидовна

Аспирант, РГУ (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина (г. Москва)

elmurzaeva.larisa.kh@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена анализу систем обнаружения утечек (СОУ) и предъявляемым к ним требованиям. СОУ представляет собой совокупность программно-технических средств, работающих в режиме реального времени по заданным алгоритмам и выполняющих функцию непрерывного контроля целостности трубопровода в соответствии с техническими требованиями.

Теоретические и экспериментальные исследования методов обнаружения утечек в трубопроводах, перекачивающих жидкости, проводятся на протяжении многих десятилетий. Результатом научной деятельности является огромное количество публикаций, книг и патентов.

Неблагополучное состояние трубопроводных систем заставляет разрабатывать методы и средства, позволяющие достаточно быстро и точно обнаруживать наличие утечек и определять их координаты. При этом в первую очередь речь идет об объективных, инструментальных средствах контроля трубопроводов, позволяющих оперативно и с приемлемой точностью обнаруживать возникающие утечки и определять их местоположение.

Ключевые слова: система обнаружения утечек; трубопроводная система; герметичность; методы обнаружения утечек; несанкционированные врезки.

Введение

В настоящее время в Российской Федерации примерно 40% нефте- и нефтепродуктопроводов имеют срок эксплуатации свыше 30 лет, что значительно увеличивает вероятность аварий на трубопроводах

Эффективность, надежность, защищенность магистральных трубопроводов обеспечиваются своевременным обнаружением утечек продукта, а также несанкционированных врезок. Очевидно, что они приводят к огромным финансовым убыткам и наносят колоссальный урон окружающей среде при разливах. Кроме того, врезки повреждают целостность трубопровода и ухудшают его эксплуатационные характеристики

Статистика ПАО «Транснефть» показывает, что основная причина повреждения магистральных трубопроводов — коррозия металла. Несмотря на защиту антикор-

розийным покрытием (битумной, пластиковой и другой изоляцией) и станции катодной защиты, коррозия не может быть полностью исключена. К образованию ее очагов могут привести любые нарушения изоляции, механические повреждения, царапины, некачественный ремонт ведут.

Также весомую опасность для целостности трубопроводов представляют нарушения эксплуатационных режимов:

- ◆ резкое торможение потока жидкости;
- ◆ ускорением потока.

Обобщенные принципы и методы обнаружения утечек из магистральных трубопроводов.

Известное множество методов обнаружения утечек обладает своими преимуществами и недостатками. Основным минусом большинства существующих систем

Таблица 1. Обобщенные принципы и методы обнаружения утечек

Метод	Периодичность применения	Режим работы трубопровода	Интенсивность обнаруживаемой утечки	Время обнаружения утечки	Точность определения координаты
Метод понижения давления	Постоянный контроль	Установившийся	Большие утечки	От нескольких секунд до минут	Между запорной арматурой при наличии показаний давления
Метод линейного баланса	Постоянный контроль	Установившийся	Большие утечки	От нескольких минут до часов	Обнаруживает только наличие утечки
Метод сравнения измерения скорости расходов	Постоянный контроль	Установившийся	Большие утечки	От нескольких минут до часов	Обнаруживает только наличие утечки
Метод отрицательных волн	Постоянный контроль	Установившийся	Большие и малые утечки	От нескольких секунд до минут	В пределах 1 км
Акустический	Периодический контроль	Установившийся	Большие и малые утечки	Зависит от частоты мониторинга	В пределах 1 км
Ультразвуковой	Периодический контроль	Любой	Малые утечки	Зависит от частоты пуска скребков	В пределах 100 м
Визуальный осмотр	Периодический контроль	Любой	Только видимые утечки	Зависит от частоты осмотра	В пределах 100 м
Метод перепада давления	Периодический контроль	Установившийся	Большие утечки	От нескольких минут	Между запорной арматурой при наличии показаний давления
Метод статического давления	Периодический контроль	Установившийся и неустановившийся	Малые и большие утечки	От нескольких минут до часов	Обнаруживает только наличие утечки
Метод дифференциального давления	Периодический контроль	Установившийся режим остановленной перекачки	Малые утечки	От нескольких часов до дней	Обнаруживает только наличие утечки

обнаружения утечек является их ограниченная применимость, дискретный характер контроля, значительные капитальные и эксплуатационные затраты [1].

Краткое описание возможностей и областей применения различных методов обнаружения утечек приведено в таблице 1 [2, 3, 4].

Из представленных в Таблице 1 данных видно, что при применении конкретного метода также необходимо учитывать режим перекачки, способность определять координату или факт утечки.

Общие технические требования и типовые структурные схемы систем обнаружения утечек.

В немногих странах существуют организации по надзору за трубопроводными системами, составляющие требования и руководящие документы для СОУ. Среди таких организаций можно выделить несколько:

- ◆ Российский Научно-исследовательский Институт Транспорта Нефти и Нефтепродуктов (НИИ ТНН);
- ◆ Американский Институт Нефти (American Petroleum Institute — API);
- ◆ Международный Научно-исследовательский Совет по Трубопроводам (Pipeline International — PRCI).

В том числе, среди известных руководящих документов можно отметить следующие:

- ◆ стандарт ОТТ-13.320.00-КТН-288–19 (Российская Федерация);

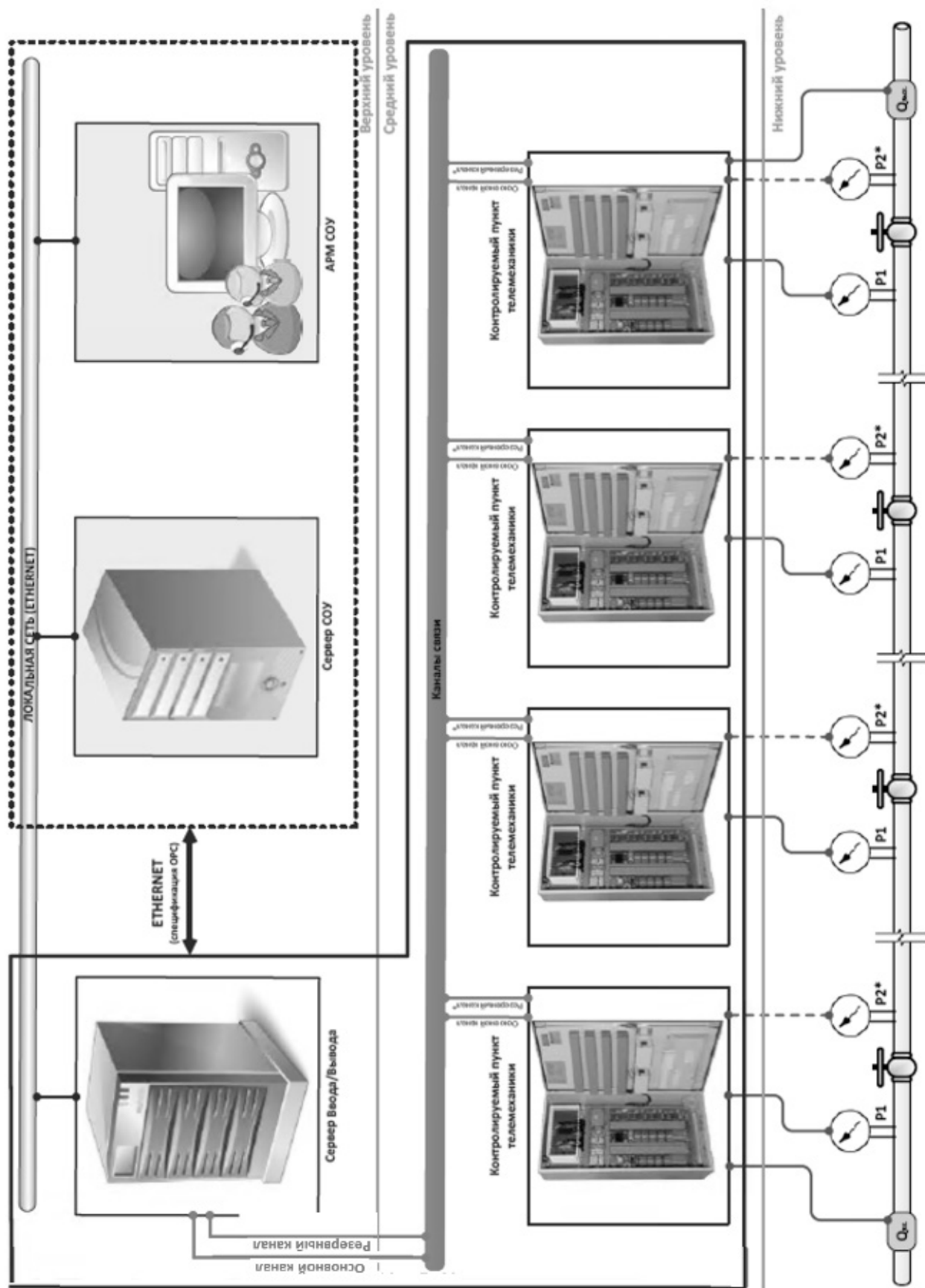


Рис. 1. Типовая структурная схема параметрической СОУ

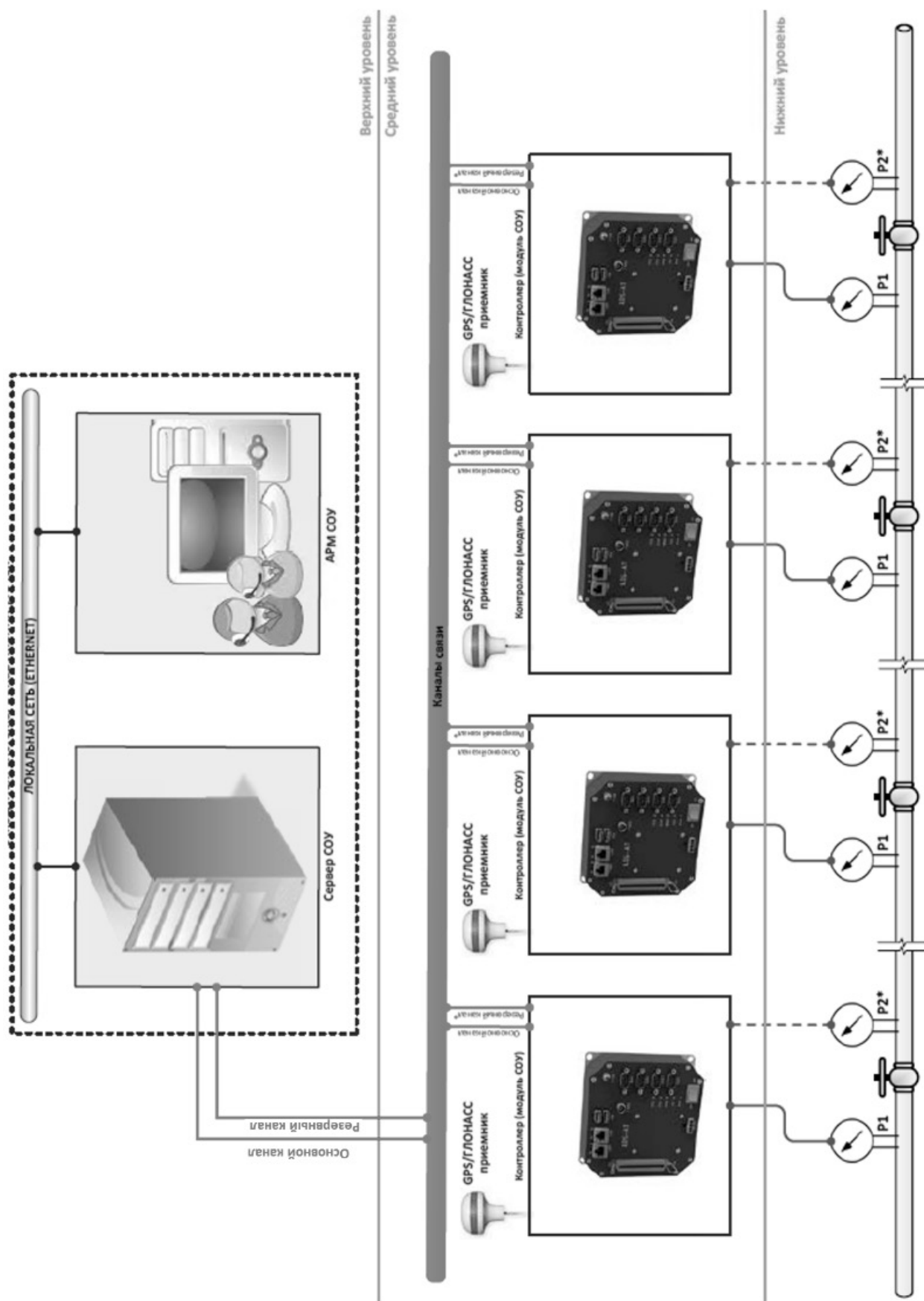


Рис. 2. Типовая структурная схема волновой СОУ

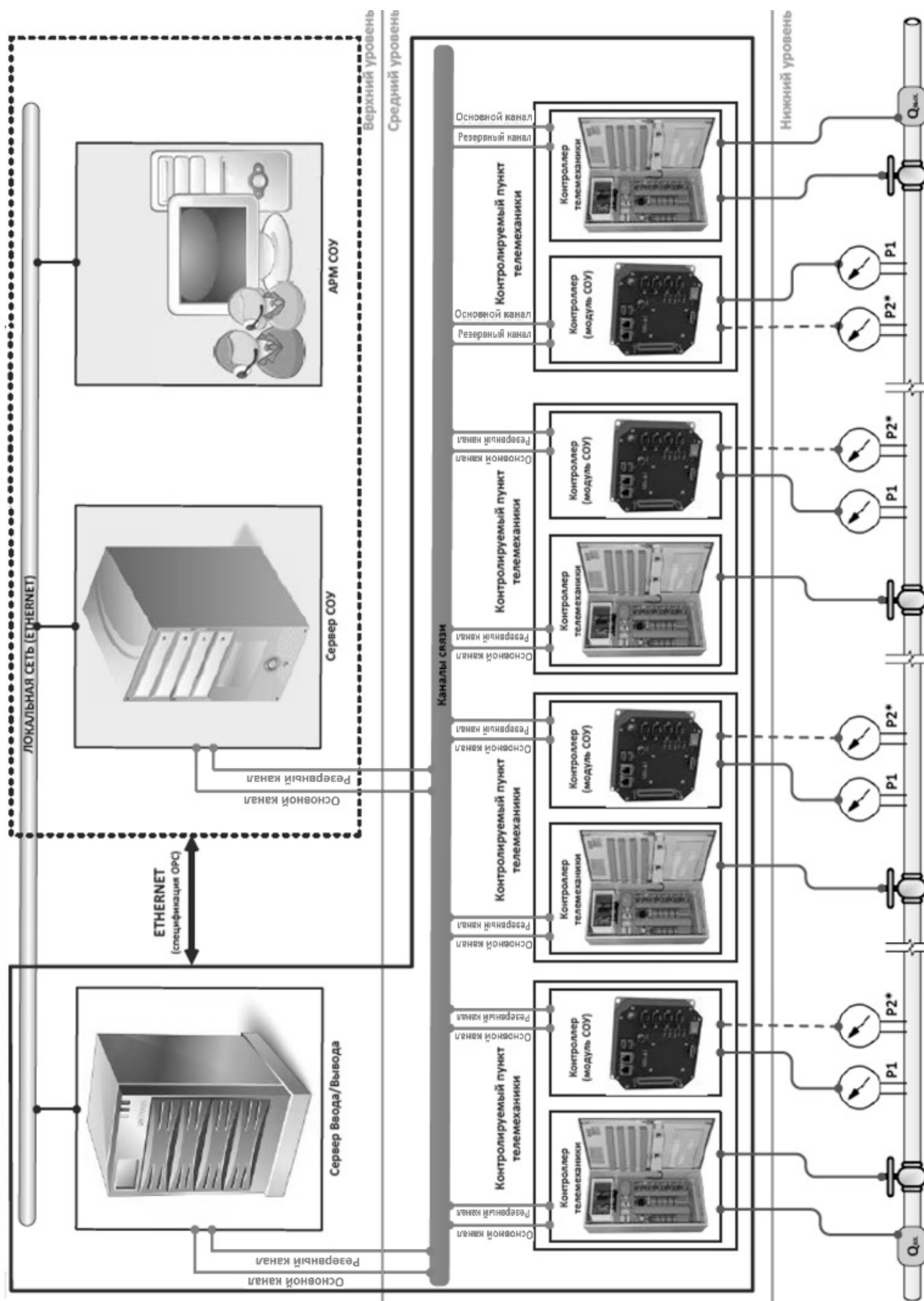


Рис. 3. Типовая структурная схема комбинированной СОУ

- ◆ стандарт API 1130 “Computational Pipeline Monitoring for Liquids” (США);
- ◆ стандарт «Technische Regel für Fernleitungsanlagen — TRFL» (Германия);
- ◆ стандарт «SAES-Z-003» (Саудовская Аравия).

В документе ОТТ-13.320.00-КТН-288–19 «Системы обнаружения утечек на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах» перечислены основные требования к СОУ:

- ◆ состав ПТК СОУ;
- ◆ характеристики СОУ (минимальная величина обнаруживаемой утечки, время обнаружения утечки, погрешность определения координаты утечки) на стационарных и нестационарных режимах работы трубопроводах и на трубопроводах с остановленной перекачкой;
- ◆ тип, количество, нормируемые метрологические характеристики средств измерения и измерительных каналов в составе СОУ;
- ◆ требования к видам, периодичности и объёму технического обслуживания оборудования в составе СОУ;
- ◆ назначенный срок службы СОУ;
- ◆ гарантийный срок эксплуатации СОУ;
- ◆ требования к каналам передачи данных между контроллерами и сервером СОУ.

В стандарт API 1130 описывает разработку, внедрение, испытание и тестирование систем мониторинга аномального отклонения значений технологических параметров. В документы перечислены следующие требования для СОУ:

- ◆ Чувствительность (СОУ должна обладать максимальной чувствительностью для минимизации потерь продукта);
- ◆ достоверность (корректное определение утечек и минимальное количество ложных срабатываний);
- ◆ точность (минимальная погрешность определения объема и координаты утечки);
- ◆ надежность (СОУ должна сохранять работоспособность в случае отказа средства измерения параметров трубопровода с изменениями порогов чувствительности).

В технических правилах для трубопроводных систем TRFL обобщены требования к трубам, подлежащим государственному контролю и регулированию. В документе предъявляются следующие требования к функциям СОУ:

- ◆ наличие двух независимых методов непрерывного обнаружения утечек при стационарном режиме работы, один из которых, в том числе, должен устанавливать факт утечки при нестационарных процессах;

- ◆ наличие метода обнаружения утечек при остановленной перекачке;
- ◆ наличие метода обнаружения медленно развивающихся утечек;
- ◆ наличие метода быстрого обнаружения утечек.

Наиболее распространенными являются параметрическая, волновая и комбинированная СОУ.

Параметрическая система СОУ — это программный комплекс, который использует для своей работы поступающие в режиме реального времени данные измерений расхода, давления, температуры, вязкости, плотности, состояния технологического оборудования и т.д. и на основе обработки и анализа этих данных принимает решение о существовании утечки. Система определяет наличие утечки, время её возникновения, величину и координату. Параметрические СОУ работают как на установленных, так и на неустановившихся режимах работы трубопровода. Для обеспечения корректной работы комплекса требуется установка расходомеров на входе и выходе анализируемого участка трубопровода, в местах подкачки (откачки) жидкости. Типовая структурная схема параметрической СОУ приведена на рис. 1.

Волновая СОУ — система, работа которой основана на использовании специального оборудования, установленного на контрольных пунктах (КП) системы линейной телемеханики (СЛТМ), и применении программного обеспечения для обнаружения волны давления, возникающей в трубе при образовании утечки. СОУ определяет наличие утечки, время её возникновения, величина и координата. Для обеспечения работы системы СОУ требуется установка специализированных контроллеров (модулей) СОУ, дополнительных датчиков давления на линейных КП и компьютера СОУ на верхнем уровне. Типовая структурная схема волновой системы приведена на рис. 2.

Комбинированная система СОУ — это программно-аппаратный комплекс, работа которого основана на использовании в качестве исходных данных технологических параметров работы трубопровода, параметров давлений, измеряемых с высокой частотой (более 50 Гц). Для обнаружения утечек применяются математическая модель и алгоритмы обнаружения волны давления.

Комбинированные СОУ работают на всех режимах перекачки трубопровода. Комбинированная СОУ может быть выполнена по двум вариантам: с обработкой давлений в контроллерах СОУ и без обработки давлений в контроллерах СОУ.

Типовая структурная схема для реализации комбинированной СОУ представлена на рис. 3.

Заключение

Анализ известных методов и систем обнаружения утечек (СОУ) показал, что не существует универсального метода для поиска негерметичности магистрального трубопровода. Также с каждым годом совершенствуются методы создания несанкционированных врезок. Однако для снижения воздействия разлива нефти и нефтепро-

дуктов очень важно осуществлять мониторинг трубопроводов для своевременного обнаружения утечек или даже прогнозирования утечек, так как это позволит быстро реагировать на прекращение слива нефти и надлежащее техническое обслуживание трубопроводов. Таким образом можно снизить уровень потерь, травматизма и других серьезных социальных, экономических и экологических последствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье М.В. Теоретические основы трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Учебник. — М.: ООО «Издательский дом Недра», 2017. — 477 с.
2. Мамонова Т.Е. Методы диагностики линейной части нефтепроводов для обнаружения утечек // Проблемы информатики. 2012. № 17. С. 103–112.
3. CONCAWE. Performance of European cross-country oil pipelines — Statistical summary of reported spillages in 2018 and since 1971. 2020. https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_20-12.pdf
4. Pal M., Dixon N., Flint J.A., Datta S. Characterising Leak Signals in Medium Density Polyethylene Pipes// Proceedings of National Symposium on Acoustics (NSA2006), New Delhi INDIA. — 2006.
5. Аврамчук В.С., Фаерман В.А. Обзор современных корреляционных течейскаателей // Молодёжь и современные информационные технологии: сб. трудов X Межд. научн. — практ. конф., г. Томск, 13–16 ноября 2012. — 2013. — С. 398–399.
6. Корниенко А.Б. Оценка аварийных утечек нефти из трубопроводов. // Сборник статей РЭА № 1. — 2009. — С. 42–56.

© Ельмурзаева Лариса Халидовна (elmurzaeva.larisa.kh@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»