



Контроль утечек из магистральных трубопроводов

Игорь Горбунов, Шамиль Сайфетдинов

Магистральные трубопроводы в России относятся к стратегически значимым объектам, а сам процесс транспортировки нефти и нефтепродуктов является важным элементом промышленной и экономической безопасности страны. В современных условиях бесперебойность и оперативность транспортировки достигается обеспечением состояния защищённости систем магистральных трубопроводов от внутренних и внешних угроз. Эта статья расскажет о возможностях контроля и мониторинга трубопроводов.

Программный комплекс «Сириус-СППР»

Магистральные трубопроводы относятся к объектам повышенной опасности, которая определяется совокупностью производственных факторов

процесса перекачки и свойств перекачиваемой среды. Такими факторами являются возможное возгорание продукта и опасность термического воздействия открытого огня, а также токсическое воздействие нефти и нефте-

продуктов на окружающую среду при утечках из магистральных трубопроводов.

Под утечкой подразумевается нарушение герметичности трубопровода, вызванное нарушением его целостности и сопровождающееся истечением из него нефти или нефтепродукта. Утечки подразделяются на малые (не превышающие 3–5% от номинального расхода в трубопроводе), средние (до 10%) и большие (свыше 10%). Также к неблагоприятным производственным факторам относится несанкционированный отбор перекачиваемого продукта через криминальные врезки в трубопровод, выполненные с нарушением норм и правил эксплуатации магистральных трубопроводов. Интенсивность отбора нефтепродукта в таких случаях является управляемой, так как отбор осуществляется через запорную арматуру (краны) и может составлять в абсолютных величинах, как правило, от 0,5 до 5 м³/ч. Такие утечки можно условно назвать «сверхмалыми», а их величина составляет 0,1–1% от номинального расхода.

Проблему обнаружения утечек и криминальных врезок на трубопроводах решает программный комплекс «Сириус-СППР», разработанный российской компанией ООО «НПА Вира Ре-

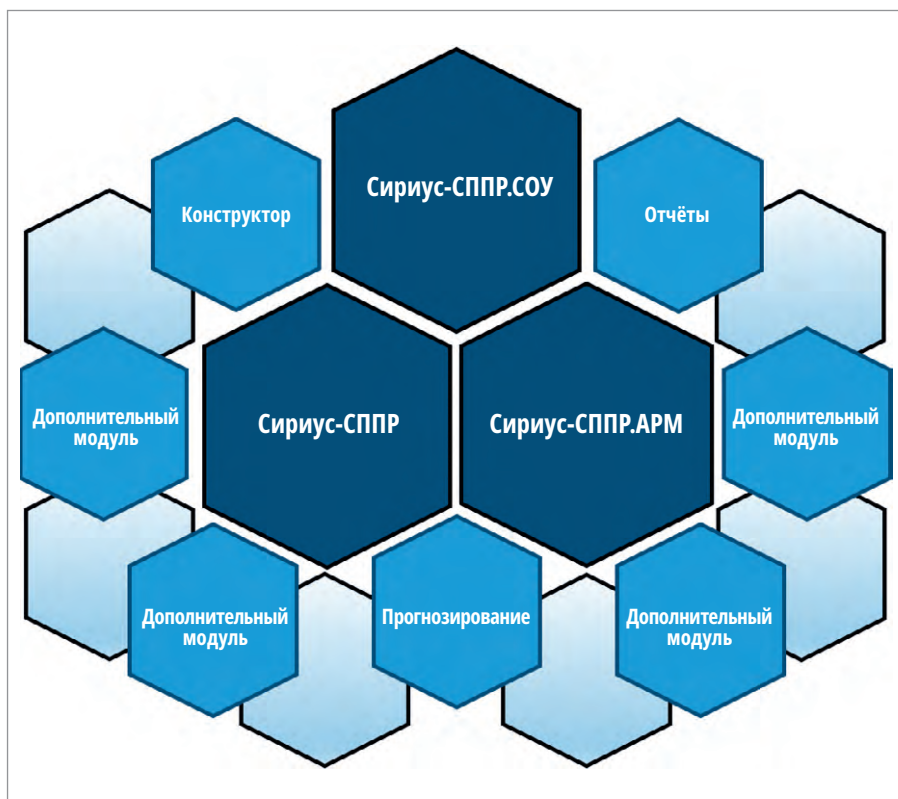


Рис. 1. Структура ПК «Сириус-СППР»

алтайм». Программный комплекс «Сириус-СППР» давно и успешно применяется на объектах трубопроводного транспорта и представляет собой мощное программное обеспечение для моделирования трубопроводных систем перекачки различных продуктов (нефть, газ, вода, нефтепродукты и пр.). Комплекс основан на современных технологиях моделирования, которые предоставляют платформу и основу для реализации приложений и систем, предназначенных для непрерывного мониторинга и анализа состояния трубопроводной системы, прогнозирования режимов её работы, определения факта и места возникновения утечек, а также для помощи в принятии решений диспетчерским персоналом. Программный комплекс внесён в Единый реестр Российского программного обеспечения и включает в себя следующие отдельные программные продукты:

- ПК «Сириус-СППР» – серверная часть системы;
- ПК «Сириус-СППР.АРМ» – клиентская часть системы;
- ПК «Сириус-СППР.COY» – модуль расчёта и поиска утечек.

В составе этого программного комплекса именно модуль «Сириус-СППР.COY» (далее – COY) отвечает за расчёт и поиск утечек продукта из трубопровода. Расчётный модуль COY осуществляет обнаружение утечки по технологическим параметрам перекачки (давление, объёмный или массовый расход, температура перекачиваемого продукта) в режиме реального времени (с использованием средств АСУ ТП и КИП) и использует четыре пассивных метода постоянного контроля:

- метод анализа профиля давления;
- метод материального баланса;
- метод расход-давление;
- метод волны давления.

Рассчитанные результаты места и факта утечки выводятся на АРМе оператора и дополнительно передаются в систему АСУ ТП или в другие сторонние системы.

Одним из ключевых достоинств параметрической комбинированной СОУ является достаточно точное определение утечек с погрешностью 1% и лучше от максимальной производительности трубопровода, а также возможность определения утечек как в стационарных, так и в нестационарных режимах перекачки. В соответствии с современными требованиями эксплуатирующих компаний ПК «Сириус-СППР.COY»

в общем случае обладает следующими характеристиками по обнаружению утечек:

- в стационарном режиме перекачки порог обнаружения утечки 0,1% от максимальной производительности трубопровода с точностью обнаружения места утечки 300 метров;
- в нестационарных режимах перекачки порог обнаружения – от 5% от максимальной производительности

трубопровода с точностью обнаружения места утечки 1000 метров.

Характеристики СОУ определяются для каждого трубопровода индивидуально и во многом зависят от количества и расположения датчиков давления и расхода.

Поскольку, помимо автоматизированного контроля целостности, эксплуатирующие компании нередко прибегают к дополнительному контролю

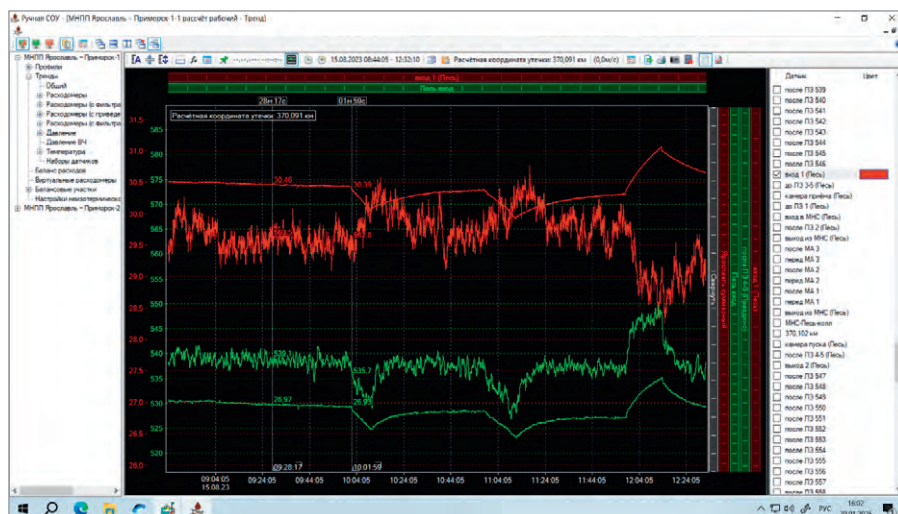


Рис. 2. Программный модуль «Ручная СОУ»

Таблица режимов МНПП

Имя:

Минимальный расход:

Максимальный расход:

Условное обозначение:

Цвет:

Режим	Цвет	Q мин	Q макс	Условное обозначение
1	Зеленый	390	497	9.1
2	Желтый	498	591	10.9
3	Оранжевый	592	707	12.9
4	Красный	708	838	15.5
5	Фиолетовый	839	1035	18.2
6	Синий	1036	1270	23.5

Добавить Удалить

Рис. 3. Таблица технологических режимов перекачки

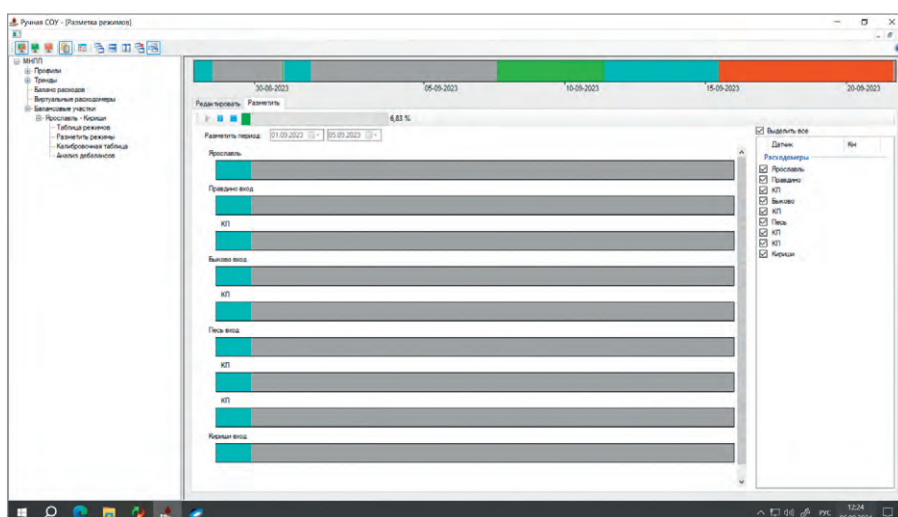


Рис. 4. Процесс разметки шкалы времени

за параметрами перекачки, для целей обнаружения криминальных отборов продукта, имеющих низкую интенсивность и управляемый характер отбора, компания ООО «НПА Вира Реалтайм» для программного комплекса ПК «Сириус-СПИР.СОУ» выпустила дополнительный программный модуль «Ручная СОУ» (PCOU – рис. 1). PCOU представляет собой приложение для поиска утечек в ручном режиме с помощью анализа графиков телеизмерений: давления и расхода. В основном приложение предназначено для диспетчерского персонала и администраторов СОУ.

PCOU получает данные от SCADA-систем и записывает их в собственную базу исторических данных технологических параметров работы трубопровода (Influx, PostgreSQL). Наличие собственной базы исторических данных позволяет исключить дополнительную нагрузку на серверы SCADA-систем и тем самым не влиять на работу управляющих систем. PCOU имеет интерактивный интерфейс и следующий функционал, позволяющий:

- одновременно просматривать несколько независимых графиков значений датчиков давления, температуры и расходомеров в реальном режиме времени и по историческим данным, выполнять их автомасштабирование, фильтрацию, наложение нескольких графиков друг на друга, настраивать цветное отображение трендов по желанию пользователя;
- работать с несколькими графическими окнами одновременно;
- с целью поиска корреляций позволяет выполнять смещение графиков исследуемых параметров как по временной оси, так и по шкале значений;
- добавлять тренды виртуальных расходомеров (показания виртуальных расходомеров равны сумме или разнице показаний нескольких расходомеров).

В последнее время появилась тенденция оснащать трубопроводы ультразвуковыми расходомерами. Компания ООО «НПА Вира Реалтайм» с учётом этого направления разработала для PCOU «Метод ретроспективного анализа показаний расходомеров», который позволяет выявлять сверхмалые утечки.

Этот метод даёт возможность пользователю PCOU в интерактивном режиме визуально сравнить тренды измерений расходомеров ($\text{м}^3/\text{ч}$) на выбранном балансовом участке трубопровода,

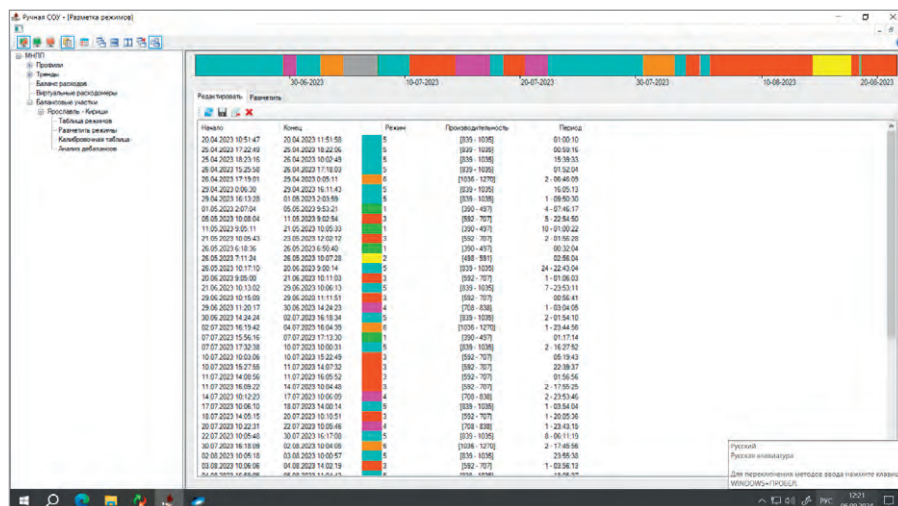


Рис. 5. Результат разметки шкалы времени



Рис. 6. Калибровка расходомеров



Рис. 7. Графики показаний расходомеров без калибровки

сравнивать параметры между собой на предмет поиска корреляций, а также отображать для выбранной пары расходомеров график их абсолютной разницы.

Несмотря на относительно высокую (до 2%) погрешность оперативных

средств измерений (накладных ультразвуковых расходомеров) и её нестабильность при изменении режимов работы трубопровода, разработанный «Метод ретроспективного анализа показаний расходомеров» позволяет выявлять сверхмалые утечки за счёт



Рис. 8. Графики показаний расходомеров с калибровкой

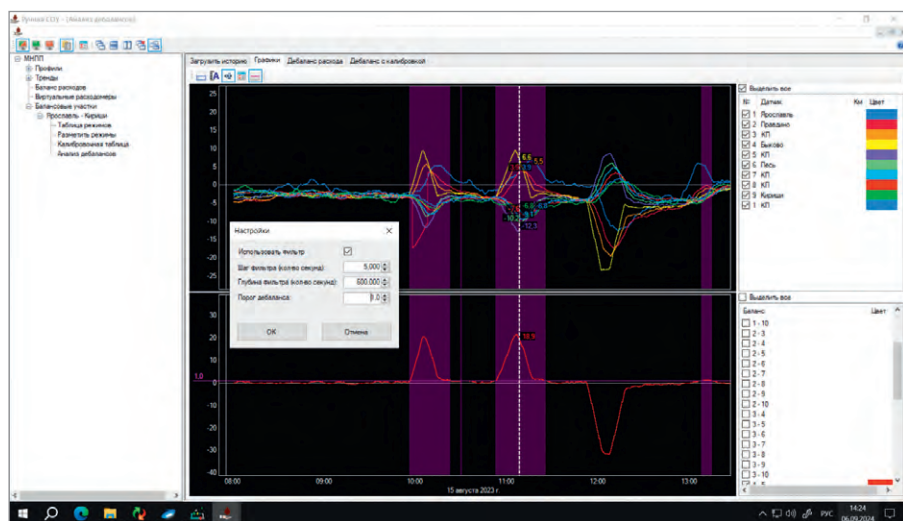


Рис. 9. Настройки метода «скользящего среднего значения»

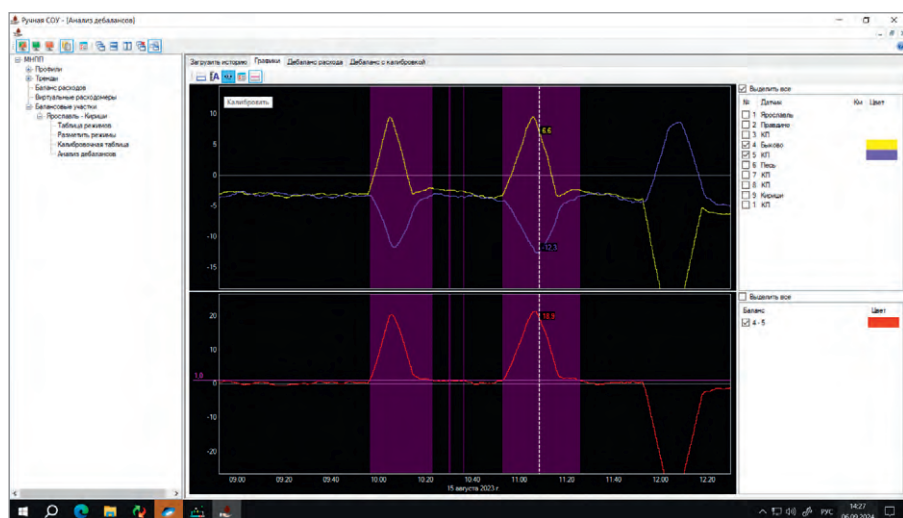


Рис. 10. Анализ по методу «скользящего среднего значения» с подавлением шума измерений

технологического режима работы трубопровода для исключения систематической разницы показаний расходомеров.

Для калибровки показаний расходомеров пользователем РСОУ заполняется таблица наименований технологических режимов перекачки и диапазоны их производительности (рис. 3).

Задаётся период времени работы трубопровода, для которого необходимо выполнить разметку технологическими режимами, и запускается процесс разметки (рис. 4).

По завершении процесса результат разметки отображается на шкале времени (рис. 5).

Для калибровки расходомеров выбирается интервал работы технологического режима со стационарным характером перекачки продукта, на котором отсутствуют какие-либо утечки. В таблице отображаются средние абсолютные погрешности ($\text{м}^3/\text{ч}$) для каждой пары расходомеров (рис. 6).

Калибровка расходомеров выполняется для всех технологических режимов работы трубопровода, результаты калибровки сохраняются в базе данных.

В дальнейшем при анализе текущих режимов перекачки вычисленные ранее систематические погрешности будут вычитаться из разницы показаний пары расходомеров.

После выполнения калибровки пользователь может указать интервал времени работы трубопровода, который он хочет исследовать на наличие утечек (отборов).

На рисунках 7 и 8 представлены реальные отборы во время испытаний параметрической СОУ соответственно без калибровки и с калибровкой.

Те же самые утечки (отборы) возможно проанализировать, применив метод «скользящего среднего значения», фильтрующий шум измерений расходов (рис. 9, 10).

Заключение

Программный модуль «Ручная СОУ» в составе ПК «Сириус-СППР.СОУ» был успешно внедрён на нефтепроводе ООО «Транснефть – Балтика».

В результате эксплуатации были подтверждены возможности данного программного обеспечения по обнаружению утечек и несанкционированных отборов с интенсивностью 0,1% и более от максимальной производительности трубопровода. ●

встроенных в программное обеспечение следующих механизмов нормализации исходных данных:

- механизм неизотермического перерасчёта показаний объёмных расходомеров, учитывающий остывание продукта в трубопроводе при его

транспортировке, с последующей записью в историческую базу;

- механизм фильтрации измеренных значений методом «скользящего среднего значения»;
- механизм калибровки расходомеров относительно друг друга для каждого