



*ООО «Эл Би Скай Глобал»*

119454, г. Москва, ул. Лобачевского, д.92 корп.4, оф.№ 5,  
тел +7 (495) 229 39 78, факс +7 (499) 138 93 69  
E-mail: [office@group1b.com](mailto:office@group1b.com); [www.group1b.com](http://www.group1b.com)



# WaveControl

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Ноябрь 2013



## Оглавление

1. Общие сведения о компании.....	3
2. Опыт работы компании, внедрения на объектах.....	3
3. Выполнение работ.....	3
4. Характеристики системы.....	4
5. Примеры оснащения продуктопроводов.....	5
6. Сравнение методов реализации систем обнаружения утечек.....	5
7. Описание системы.....	7
8. Методы измерений в системе.....	10
9. Анализ чувствительности/эффективности системы и лабораторные испытания.....	13



## 1. Общие сведения о компании

Российская компания - ООО «Эл Би Скай Глобал» (г. Москва) – осуществляет полный цикл производства и внедрения систем безопасности для крупных промышленных объектов «под ключ».

Компания является производителем автоматизированной системы обнаружения повреждений трубопроводов (СОПТ) WaveControl, основанной на анализе волн перепадов давлений. Анализ волн перепадов давлений (волн разрежения) является лидирующим среди методов автоматического обнаружения утечек трубопроводов. Метод обеспечивает наилучшие технические характеристики, имеет доказанный опыт эксплуатации и обеспечивает безопасность многих тысяч километров трубопроводов предприятий нефтегазового комплекса по всему миру.

ООО «Эл Би Скай Глобал» обладает всеми необходимыми лицензиями, включая лицензию ФСБ на работу со сведениями, составляющую государственную тайну, а так же является членом СРО Некоммерческое Партнёрство строителей «СтройРегион» и СРО Некоммерческое Партнёрство проектировщиков «СтройОбъединение» и имеет допуск к работам которые оказывают влияние на безопасность особо опасных, технически сложных и уникальных объектов.

## 2. Опыт работы компании, внедрения на объектах

Компания «Эл Би Скай Глобал» имеет опыт реализации системы обнаружения утечек (СОУ) на объектах следующих компаний:

- ОАО «ТАТНЕФТЬ», РФ;
- ОАО «АК «Транснефть», РФ;
- ООО «Лукойл-Транс», РФ;
- Saudi Aramco, национальная нефтяная компания Саудовской Аравии.

## 3. Выполнение работ

Весь комплекс работ по внедрению системы обнаружения утечек выполняется «под ключ» квалифицированными специалистами ООО «Эл Би Скай Глобал».

#### 4. Характеристики системы

Автоматическая система обнаружения повреждений трубопроводов WaveControl обеспечивает:

- Обнаружение утечек продуктов из трубопроводов в режиме реального времени и контроль целостности трубопроводов, проложенных как на суше (подземный и наземный вариант прокладки), так и в водной среде.
- Максимальную скорость обнаружения утечек - обнаружение утечки происходит в течение от 30 до 60 секунд.
- Максимальную точность обнаружения места утечки - погрешность составляет от 30 до 50 метров.
- Минимальные размеры обнаруживаемых утечек - система позволяет обнаруживать утечки с диаметром отверстия 3 - 5 мм.
- Оценку объемов утечки от 1% мгновенного расхода продукта.
- Чрезвычайно низкое количество ложных срабатываний - не более одного в год. Переходные процессы и внешние воздействия на трубопровод не оказывают влияния на точность работы системы.
- Простоту установки и эксплуатации. Минимальное количество системообразующего оборудования. Для магистральных трубопроводов датчики давления размещаются вблизи технологических узлов через каждые 25 - 50 км. Отсутствует необходимость прокладки выделенного коммуникационного кабеля вдоль трубы.
- Полностью автоматизированную работу системы, не требующую принятия решения оператором.
- Высокую надежность системы - обработка сигналов и принятие решений происходит на микропрограммном уровне. Программное обеспечение работает на базе контроллеров промышленного исполнения, без использования операционных систем общего пользования.
- Интеграцию с системами телемеханики для автоматической изоляции поврежденного участка трубопровода в случае обнаружения утечки.
- Устойчивую работу и стабильные показатели в сложных климатических условиях от -40°C до +70°C.

## 5. Примеры оснащения трубопроводов

Следующие трубопроводы оснащены СОПТ WaveControl:

Заказчик (перекачиваемые продукты)	Характеристики трубопровода			Комментарий
	Диаметр мм	Длина км	Давление атм	
<b>ОАО «АК «Транснефтепродукт»</b> (Россия) <i>(Светлые нефтепродукты)</i>	530	300	3 – 60	Система введена в эксплуатацию в середине 2011 года на 150 км трубопроводов входящих в состав МНПП «Нижнекамск-Альметьевск-Кстово» (Средневолжский регион). В конце 2013 года завершена установка системы на очередном 100 км участке трубопроводов. На начало 2014 запланировано введение в эксплуатацию новых участков общей протяженностью 50 км.
<b>ООО «Лукойл-Транс»</b> (Россия) <i>(Дизельное топливо)</i>	377	25	40 - 60	В конце 2012 года система успешно прошла испытания на участке магистрального нефтепродуктопровода «Пермь-Андреевка» (Пермский регион).
<b>Pipe-Tech (Саудовская Аравия)</b> <i>(Вода и сжатый воздух)</i>	63	1.5	1 – 18	Система установлена на полигоне компании Pipe-Tech Inc, предназначенном для испытания СОПТ для компании Saudi Aramco. Полигон оснащен трубопроводом с замкнутым контуром, который позволяет испытывать СОПТ в условиях перекачки жидких и газовых продуктов, как в стационарных, так и в переходных режимах.
<b>Saudi Aramco (Саудовская Аравия)</b> <i>(Нефть сырец)</i>	610	34	5 – 30	Система будет введена в эксплуатацию в первом квартале 2014 года.
<b>Saudi Aramco (Саудовская Аравия)</b> <i>(Природный газ)</i>	914	233	60 – 80	Система будет введена в эксплуатацию во втором квартале 2014 года.

## 6. Сравнение методов реализации систем обнаружения утечек

Следующие методы получили распространение при разработке систем обнаружения утечек:

- Метод математического моделирования трубопроводов и сравнения расходов.
- Метод виброакустического и температурного анализа с использованием оптоволоконного кабеля.
- Метод сейсмического анализа.
- Метод гидроакустического анализа.
- Метод инфразвукового анализа.
- Метод анализа волн перепадов давлений.

Метод анализа волн перепадов давлений позволяет разработать решение, практически лишенное недостатков, присущих другим методам, таких как:

- **Большая погрешность в определении места утечки.** В реальных условиях работы погрешность составляет порядка 1000 метров, что существенно затрудняет нахождение места утечки и приводит к большим денежным и временным затратам.
- **Длительное время определения утечек,** которое может составлять от нескольких минут до нескольких часов.
- **Большое количество пропущенных утечек и ложных срабатываний,** что происходит из-за определенной ограниченности самих методов.
- **Низкий уровень отказоустойчивости систем,** связанный с реализацией на базе персональных компьютеров под управлением MS Windows.
- **Повышенные требования к обслуживанию системы,** связанные с необходимостью постоянного контроля со стороны квалифицированных операторов для оценки событий и принятия решений.
- **Трудоёмкая и дорогостоящая установка системы.** Ряд методов предполагает прокладку кабеля вдоль всего трубопровода.

Благодаря преимуществам используемого метода анализа волн перепадов давлений, а также уникальным запатентованным алгоритмам обработки данных, система обеспечивает обнаружение утечек в режиме реального времени и тем самым обеспечивает предупреждение вероятных техногенных катастроф и образования зон экологического бедствия вследствие утечки большого количества нефтепродуктов или их самовозгорания.

## 7. Описание системы

### Структура системы

Структура СОПТ WaveControl (рисунок 7.1) включает в себя:

- Датчики давления;
- Локальные контроллеры;
- Центральные контроллеры;
- Автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов;
- Линии связи.

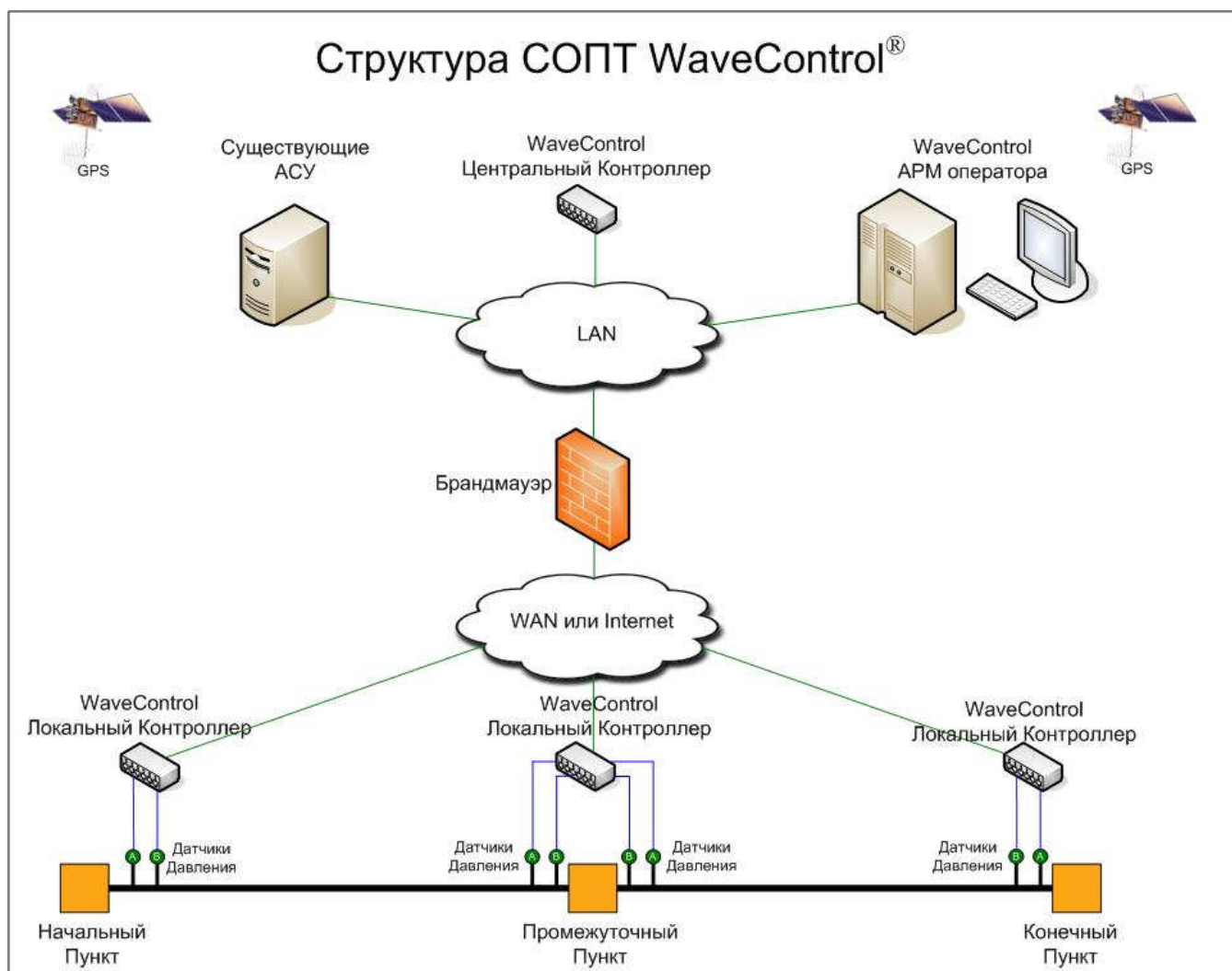






Рисунок 7.1: Структура СОПТ WaveControl

## Компоненты системы

Основные компоненты СОПТ WaveControl выполняют следующие функции:

КОМПОНЕТ	ФУНКЦИИ
<p><b>Датчик давления</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• устанавливается на трубопровод и находится в контакте с продуктом;</li> <li>• измеряет давление (возможно до 100МПа) и преобразует его в ток;</li> <li>• передает преобразованный сигнал в локальный контроллер при помощи 4-20мА линии связи.</li> </ul>
<p><b>Локальный контроллер</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оцифровывает показания датчиков давления.</li> <li>• Вычисляет корреляцию динамического давления и профиль волны перепада давления.</li> <li>• Сравнивает корреляцию с порогом.</li> <li>• Выполняет диагностику подключенных модулей и датчиков.</li> <li>• Использует GPS/ГЛОНАСС для синхронизации данных.</li> <li>• Передаёт данные на центральный контроллер.</li> </ul>
<p><b>Центральный контроллер</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обрабатывает информацию, поступающую от локальных контроллеров, распознаёт и регистрирует факт возникновения утечки.</li> <li>• Выполняет диагностику системы и подключенных локальных контроллеров.</li> <li>• Использует GPS для синхронизации данных.</li> </ul>
<p><b>АРМ оператора</b></p> <p>WaveControl® СОПТ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обеспечивает вывод данных о состоянии охраняемого трубопровода на экраны диспетчерского компьютера(ов) системы.</li> <li>• Выводит тревоги о зафиксированных утечках.</li> <li>• Поддерживает базу данных событий.</li> </ul>
<p><b>Линии связи</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обеспечивают соединения между центральным контроллером и локальными контроллерами.</li> </ul>

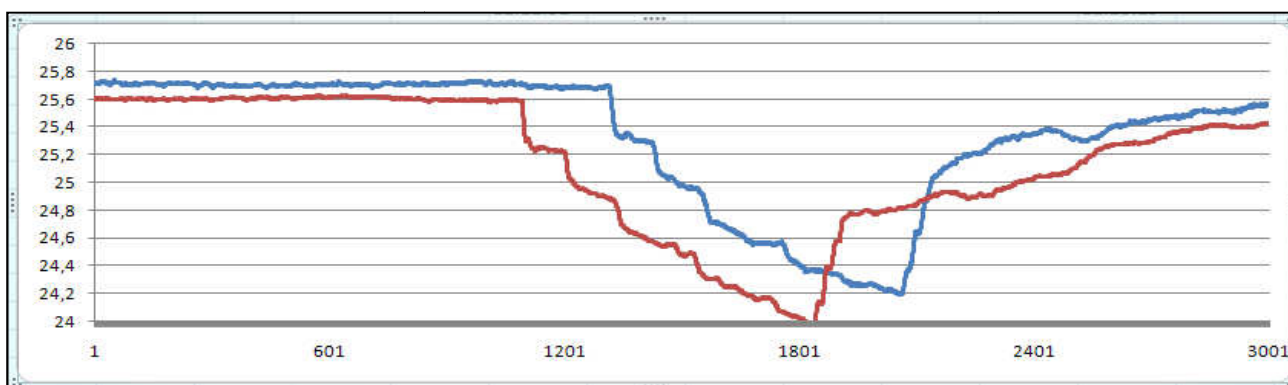


## Принцип работы системы

СОПТ WaveControl основанная на комбинации методов анализа волн перепадов давлений (волн разрежения) и сравнение расходов, которые входят в стандарт API 1130 (American Petroleum Institute).

Основной используемый метод основан на анализе волн перепадов давлений является лидирующим среди систем обнаружения утечек для трубопроводов. Данный метод обеспечивает наилучшие технические характеристики для обнаружения утечек и имеет доказанный опыт эксплуатации и обеспечения безопасности многих тысяч километров трубопроводов предприятий нефтегазового комплекса по всему миру. Второй используемый метод основан на балансном сравнение расходов и предназначен для обнаружения небольших утечек, которые возникают вследствие коррозии труб.

Выход продукта, вследствие утечки или врезки в трубопроводе, сопровождается возникновением волн разрежения, которые распространяются в обе стороны со скоростью, близкой к скорости звука в перекачиваемом продукте (рисунок 7.2). Для фиксирования волн перепадов давлений система постоянно отслеживает давление в трубопроводе при помощи высокоскоростных датчиков давления, которые снимают показания с частотой 1000 раз в секунду.



*Рисунок 7.2: Пример графиков давления с зафиксированной волной разрежения*

Локальный контроллер оцифровывает показания датчиков давления и проводит сравнительный анализ соответствия полученных эпюр волн перепадов давления с образцовыми и, в случае превышения установленного значения корреляции (порога), передаёт информацию по возникшему событию центральному контроллеру.

Центральный контроллер получает и сравнивает события от локальных контроллеров и вычисляет координату утечки на основании известной скорости распространения волн в перекачиваемом продукте и разном времени регистрации волн на локальных контроллерах.

Принцип применения высокоскоростных датчиков давления и контроллеров аналогичен принципу работы мембраны уха и мозга человека. Мембрана уха воспринимает направленные волны давления (звуковые колебания) от источника и преобразует их в сигналы, которые затем анализируются мозгом человека.

## 8. Методы измерений в системе

### Локализация утечки

Вследствие утечки или врезки, волны разрежения распространяются от места утечки в обоих направлениях и регистрируются датчиками давления системы. Для локализации места утечки, необходимо вычислить время прохождения волны разрежения давления от места утечки до датчиков системы, установленных на концах защищаемого участка трубопровода (рисунок 8.1 показывает алгоритм вычисления местоположения утечки в трубопроводе).

Местоположение утечки (X) вычисляется при помощи формулы  $X = L / 2 + 1 / 2 (T_1 - T_2) * V$ , где:

- L – это длина защищаемого участка трубопровода;
- V – это скорость распространения волны перепада давления в продукте, транспортируемом по трубопроводу;
- T1 и T2 – это время регистрации волны перепада давления в начале и в конце защищаемого участка трубопровода:
  - Если T1 = T2, то утечка расположена посередине трубопровода;
  - Если T1 < T2, то утечка расположена левее середины трубопровода;
  - Если T1 > T2, то утечка расположена правее середины трубопровода.

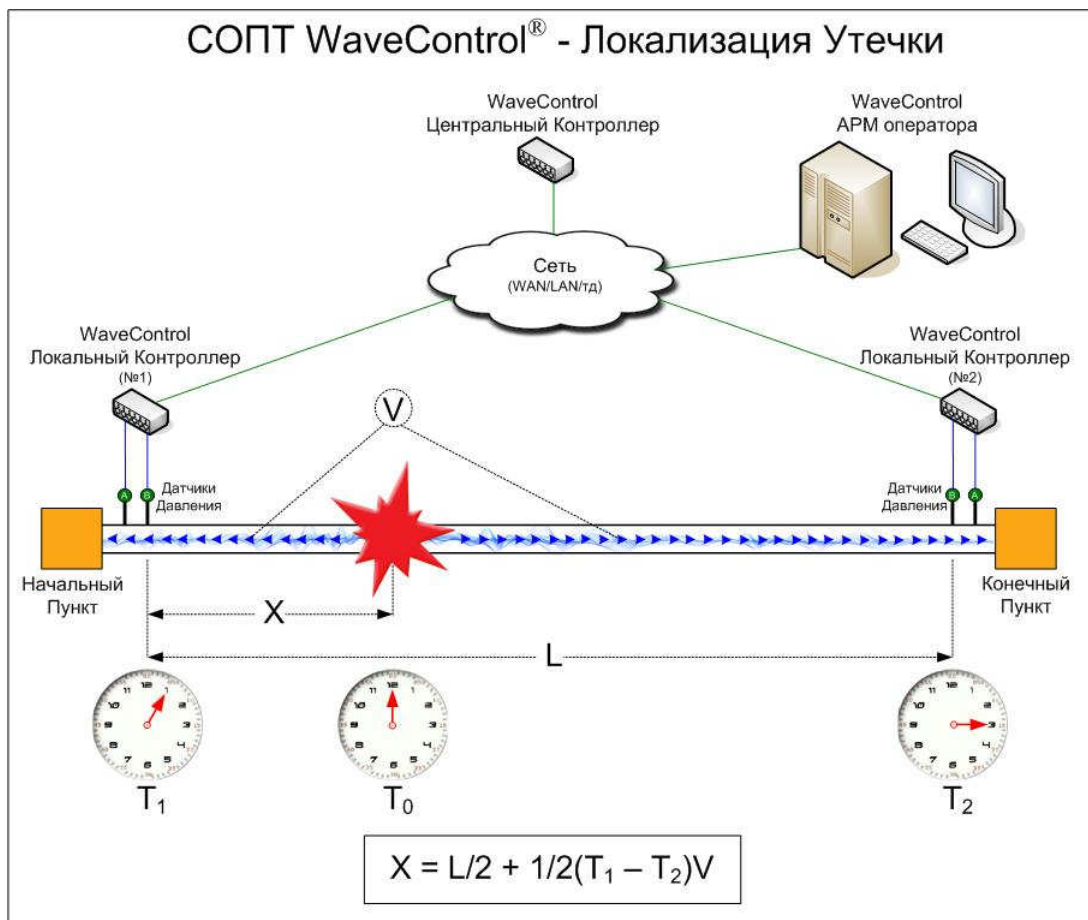


Рисунок 8.1: Алгоритм вычисления местоположения утечки

### **Автоматическая корректировка скорости распространения волн в продукте**

Для точного вычисления координаты утечки необходимо достоверно знать скорость распространения волн в продукте. Эту информацию можно получить при помощи замеров скорости распространения сквозных волн, которые вызваны технологическими процессами. Для этого, система WaveControl анализирует зарегистрированные сквозные волны и вычисляет их скорости по формуле:

$V = L / (T1 - T2)$ , где:

- L – это длина защищаемого участка трубопровода;
- T1 и T2 – это времена регистрации волны перепада давления в начале и в конце защищаемого участка трубопровода.

Если новое значение скорости выходит за рамки допустимых отклонений значений, то для последующих вычислений системное значение скорости заменяется на только что полученное новое значение, и в АРМ передается соответствующее сообщение о произошедших изменениях.

### **Применение фильтров направления волны**

Как правило, датчики давления размещаются рядом с насосными станциями и активными клапанами контроля потока, которые, чаще всего, приносят нежелательные колебания - шум в транспортируемый продукт. В таких случаях устанавливаются два датчика давления, расположенных друг от друга на расстоянии от 100 - 200 метров. Такие двойные датчики образуют фильтр, позволяющий определить направление волны. Такой фильтр, позволяет отсекать волны, вызванные технологическими процессами, при этом не влияя на волны, которые вызваны утечками в защищенной секции трубопровода.

### **Время обнаружения**

Для обнаружения утечки и ее локализации системе WaveControl требуется от 30 до 60 секунд. Максимальное время, необходимое для обнаружения утечки, складывается из следующих составляющих:

- Время прохождения волны разряжения от места возникновения утечки до самого дальнего датчика защищенной секции трубопровода.
- Время, необходимое центральному контроллеру, чтобы проверить данные, поступающие со всех локальных контроллеров и вычислить местоположение утечки.

### **Размер утечки**

Минимальный размер утечки, который может обнаружить система WaveControl, зависит от следующих факторов:

- Динамического давления в трубопроводе.
- Удалённости датчиков от места утечки.
- Уровня фоновых шумов в трубопроводе.
- Агрегатных свойств продукта.

## Сообщение об утечке

Распознаем и регистрацией факта утечки занимается центральный контроллер на основании информации, полученной от локальных контроллеров. Для того чтобы распознать утечку необходимо выполнение следующих условий:

- два или более локальных контроллера зарегистрировали волны разряжения давления;
- зарегистрированные волны имеют общий источник;
- источник зарегистрированных волн расположен в защищённом сегменте трубопровода.

Рисунок 8.2 показывает экран диспетчерского компьютера системы WaveControl в момент регистрации факта утечки.

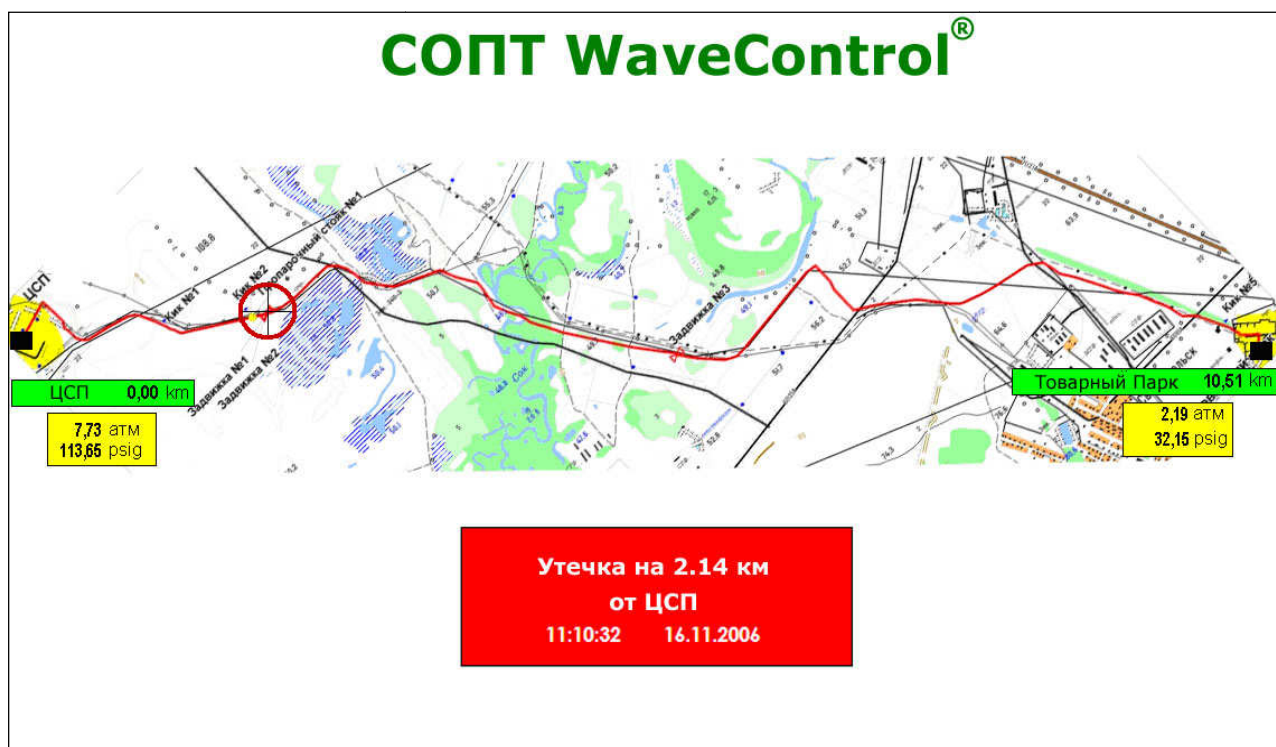


Рисунок 8.2: Экран диспетчерского компьютера системы WaveControl в момент регистрации утечки

Следующая информация выводится на экран диспетчерского компьютера:

- Время и дата возникновения утечки.
- Место возникновения утечки (километраж от начала сегмента трубопровода).
- На топографической схеме сегмента трубопровода красным символом «мишени» указывается местоположение утечки.

## 9. Анализ чувствительности/эффективности системы и лабораторные испытания

Для проведения анализа чувствительности и эффективности системы, а так же для выполнения лабораторных испытаний системы WaveControl, применяются специально разработанный комплекс моделирования трубопроводов, который использует специализированное программное обеспечение для моделирования работы любой секции трубопровода или целой сети трубопроводов (рисунок 9.1).

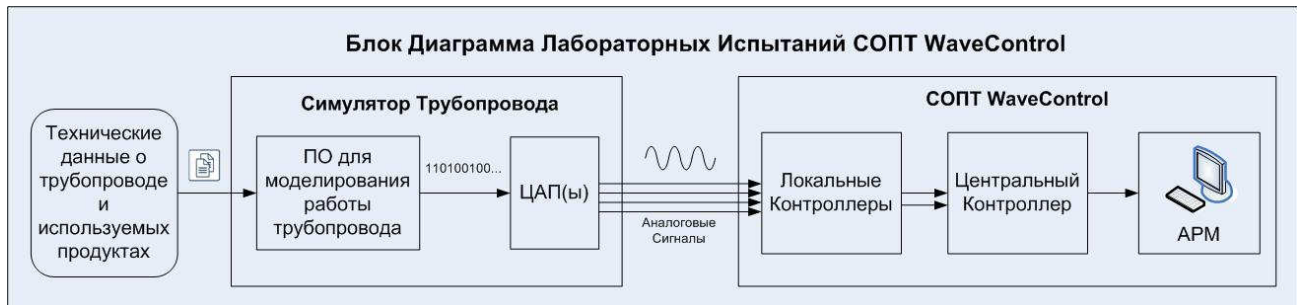


Рисунок 9.1: Комплекс моделирования трубопроводов и испытаний системы WaveControl

Программное обеспечение комплекса применяет:

- Закон баланса (Массовый баланс, Баланс Силы).
- Математические уравнения для расчетов давления и расхода.
- Дискретную компьютерную модель.

Следующие шаги выполняются во время исследования чувствительности и эффективности системы, а так же во время выполнения лабораторных испытаний:

1. Данные о проекте (технические характеристики трубопровода) вводятся в программное обеспечение, которое начинает имитировать работу трубопровода, создавая поток данных описывающих давление в трубопроводе.
2. В любой момент времени и в любой точке виртуального трубопровода, оператор может произвести утечку произвольного размера и продолжительности. Создаваемые программным обеспечением потоки данных будут включать в себя волны разряжения, сопутствующие выходу продукта из трубопровода.
3. Затем, потоки данных преобразуются с помощью цифро-аналоговых преобразователей. В результате получают аналоговые сигналы, которые обладают теми же характеристиками, что и сигналы, получаемые от реальных высокоскоростных датчиков давления.
4. Эти аналоговые сигналы подаются в локальные контроллеры вместо сигналов от реальных датчиков давления.
5. В результате система WaveControl работает как на реальном трубопроводе, что позволяет провести глубокий анализ чувствительности и эффективности системы, а так же выполнить полный цикл лабораторных испытаний.