



Опыт внедрения математических моделей на трубопроводах нефтегазового комплекса

Фирсов Юрий Владимирович

кандидат физико-математических наук

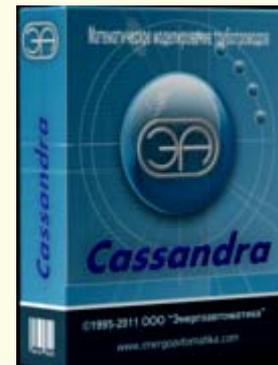
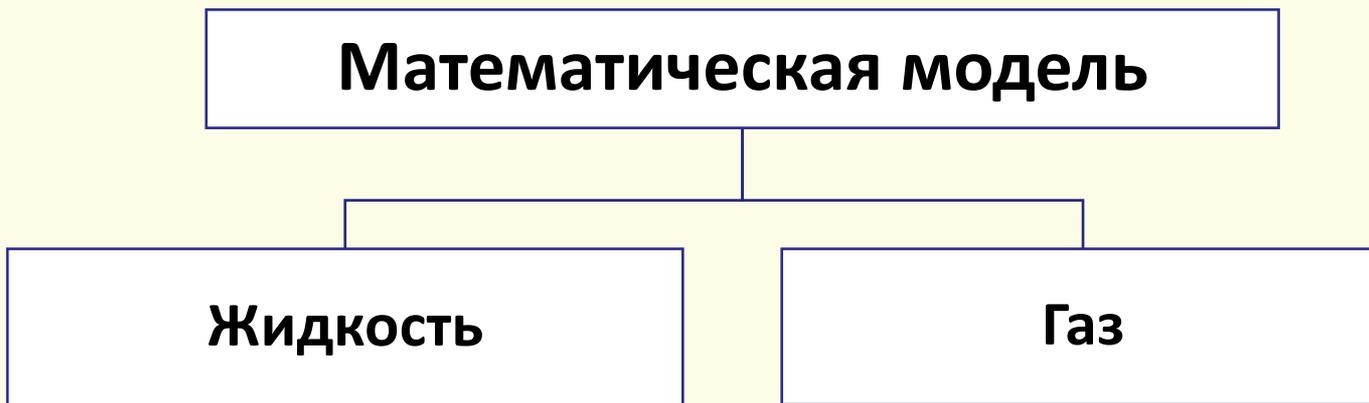
генеральный директор ООО «Энергоавтоматика»



Математическая модель трубопровода (Cassandra)

Моделирование газо- и гидродинамических процессов в сложных, разветвленных трубопроводных системах позволяет:

- Учитывать топологию трубопровода;
- Производить расчет установившихся и переходных процессов;
- Анализировать влияние характеристик отдельных элементов на систему в целом.

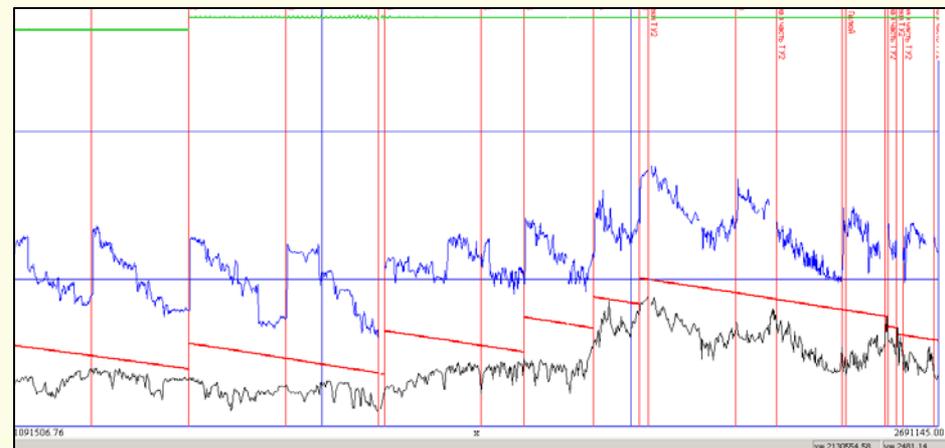
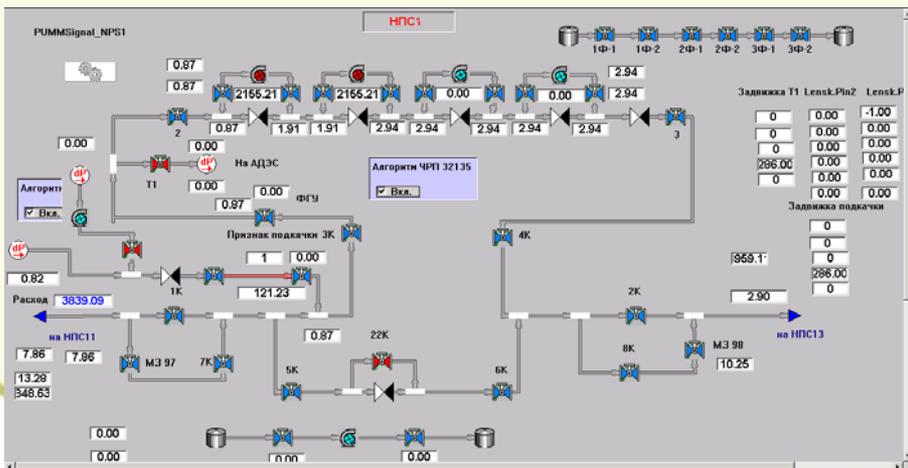




Модель течения жидкости

Учитывает:

- Распределение свойств жидкости вдоль трубопровода (транспорт в процессе перекачки);
- Наличие противотурбулентных присадок;
- Участки с безнапорным течением (самотечные участки);
- Влияние гидравлического/нестационарного трения;
- Сжимаемость жидкости;
- Характеристики технологических объектов трубопровода.

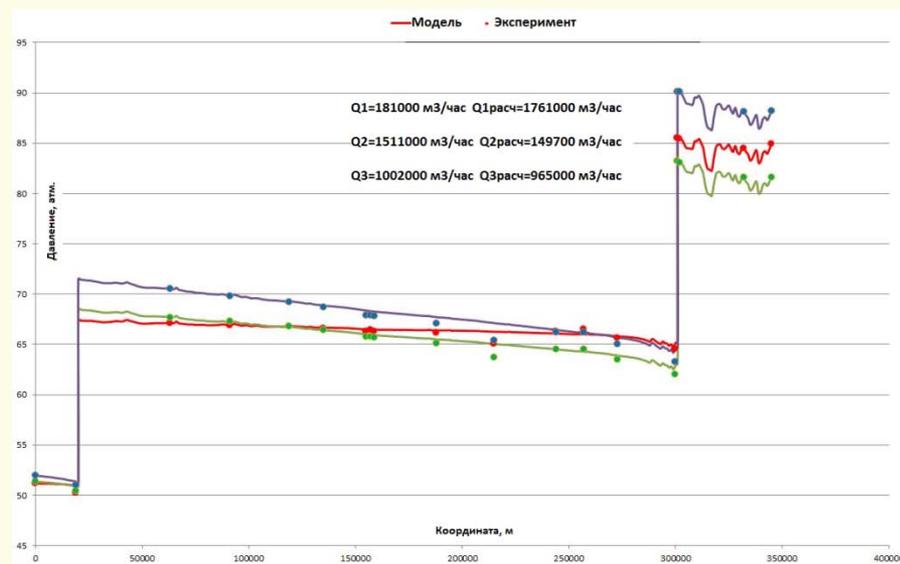




Модель течения газа

Учитывает:

- Химический состав газа;
- Распределенные потери на трение;
- Влияние температуры окружающей среды;
- Неидеальность газа;
- Характеристики технологических объектов.



Использование моделирования решает следующие задачи:

- Оптимальная расстановка оборудования на стадии проектирования;
- Увеличение производительности на стадии эксплуатации;
- Повышение безопасности и экологичности.



Области применения газогидродинамической модели

Программные продукты:

- Программный комплекс для моделирования нестационарных процессов сложных трубопроводных систем (**Cassandra**);
- Система обнаружения утечек (**LeakSPY**);
- Система поддержки диспетчера (**DiSPY**);
- Программно-технический комплекс «Тренажер».

Типы трубопроводов:

- магистральные :
 - *нефтепроводы*
 - *нефтепродуктопроводы*
 - *газопроводы*
 - *конденсатопроводы*
 - *водопроводы*
- промышленные :
 - *нефтепроводы*
 - *нефтепродуктопроводы*
 - *газопроводы*



Трубопроводная система «Восточная Сибирь — Тихий океан»

В 2009 году на нефтепроводе «ВСТО-1» был внедрен комплекс программ на базе нестационарной гидродинамической модели:

- Комбинированная система обнаружения утечек (COY), LeakSPY;
- Система поддержки диспетчера (СПД), DiSPY;
- Программно-технический комплекс «Тренажер»

(ПТК «Тренажер»).

**Протяженность
нефтепровода – 2691 км**

Состоит из:

- 2 технологических участков
- 12 нефтеперекачивающих станций





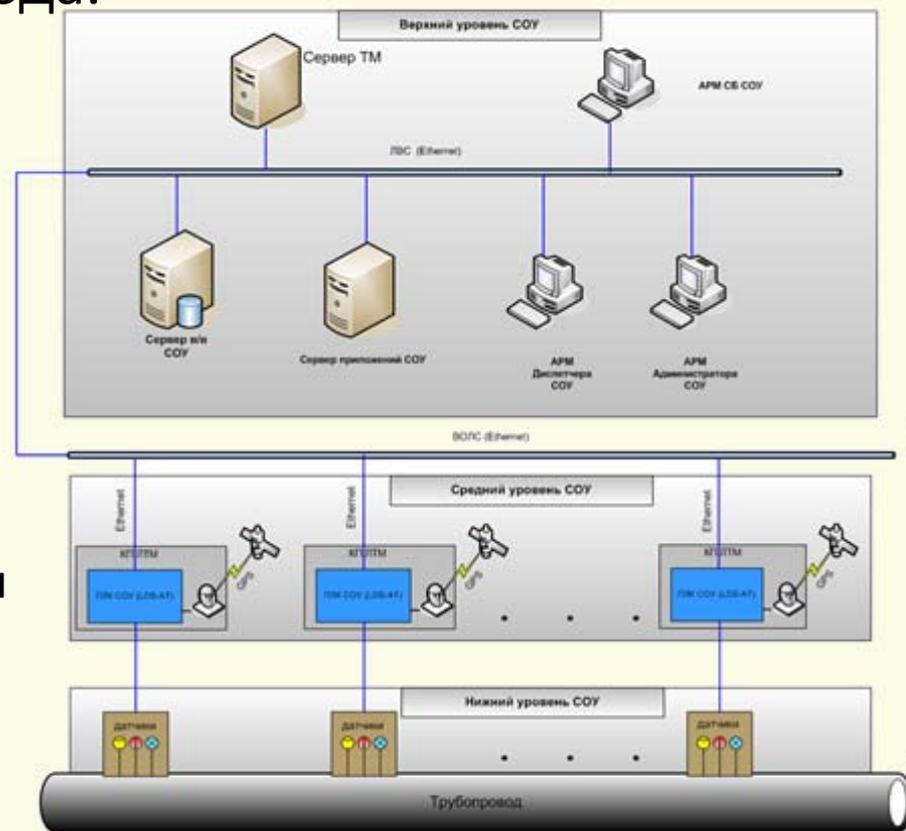
СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК (LeakSPY)

Назначение системы:

- Обеспечение **непрерывного** мониторинга герметичности трубопровода в режиме **реального времени** на **всех режимах** функционирования нефтепровода.

Общая схема построения:

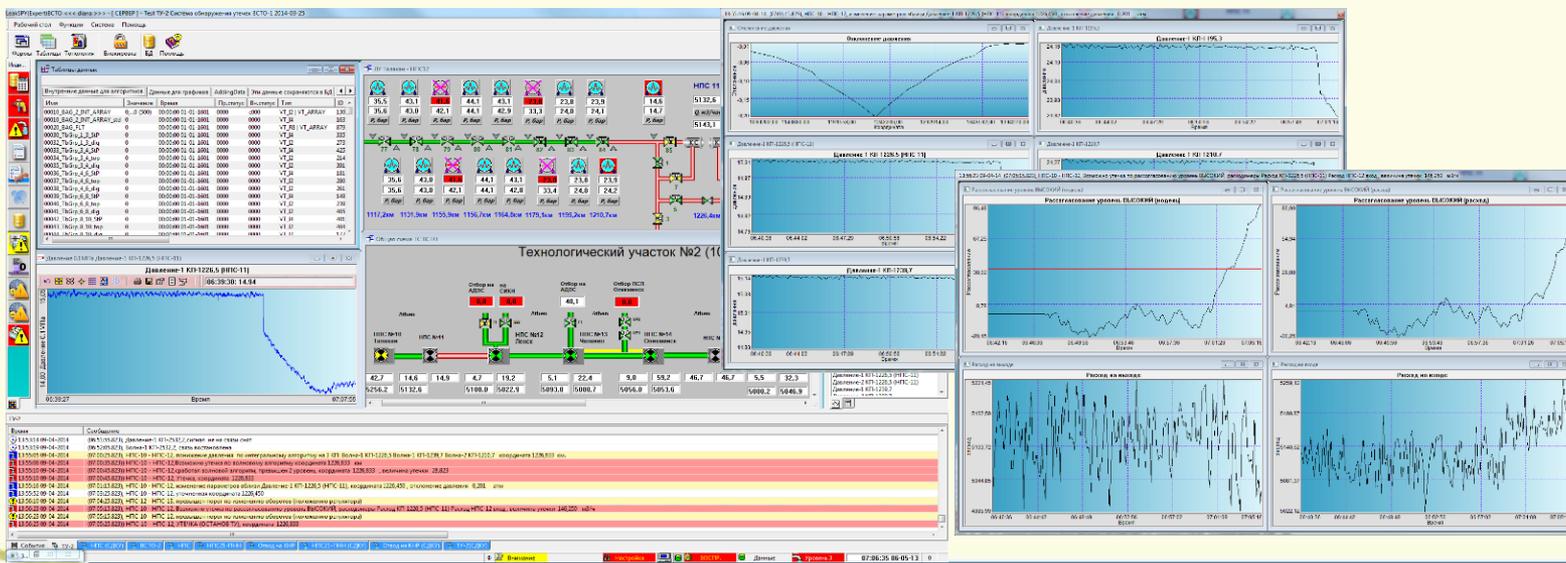
- Верхний уровень:
 - Сервер ввода-вывода СОУ
 - Сервер приложений СОУ
 - АРМ СОУ
- Средний уровень:
 - Контроллеры СОУ на КП ЛТМ
 - Оборудование сбора, обработки и передачи данных
- Нижний уровень:
 - Датчики давления, расхода и др.





Основные функции СОУ

- ✓ Выявление факта негерметичности трубопровода;
- ✓ расчет места утечки;
- ✓ определение времени возникновения утечки;
- ✓ оценка величины утечки;
- ✓ определение степени достоверности утечки;
- ✓ контроль достоверности измерений;





Алгоритмы диагностики утечек

- ✓ Метод массового баланса
- ✓ По волне давления
- ✓ По профилю давления (обнаружения «V-образного» отклонения линии гидроуклона)
- ✓ По отклонению состояния оборудования от установившегося
- ✓ Разгерметизация изолированной секции

Использование гидродинамической математической модели в алгоритмах СОУ позволяет:

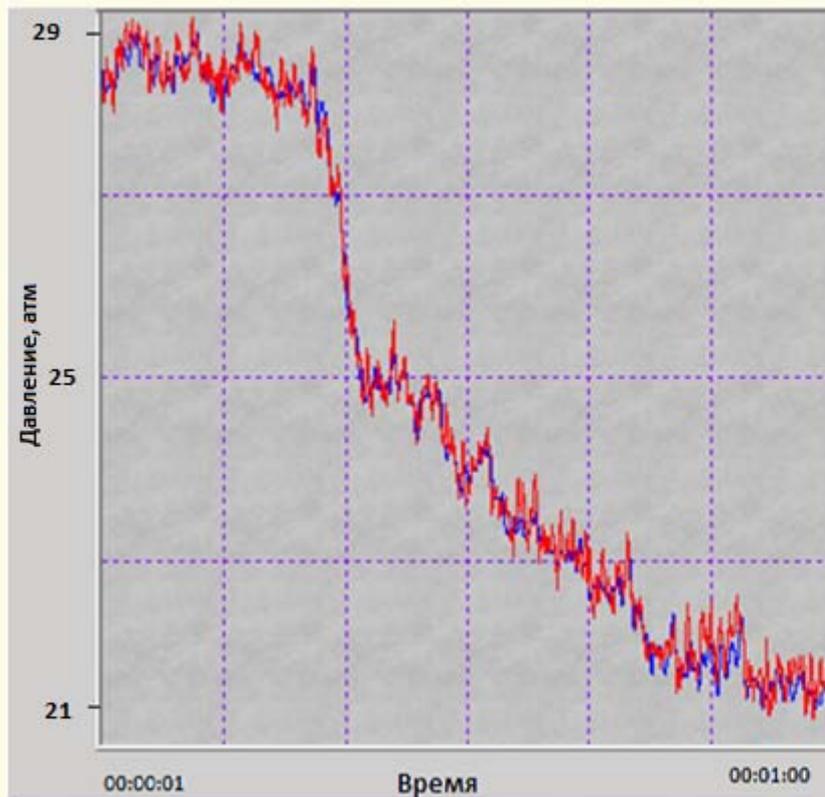
- Минимизировать ложные срабатывания системы
- Увеличить чувствительности системы на всех режимах
- Повысить точность определения места утечки
- Уменьшить время обнаружения утечки



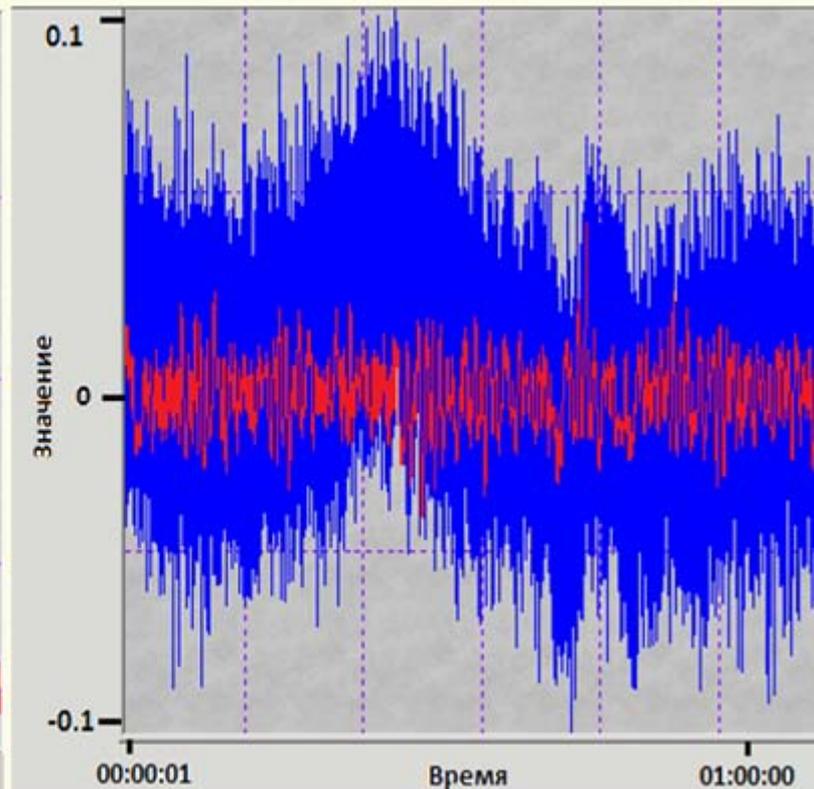


Примеры обработки исходных данных

Устранение влияния внешних возмущений



измеренное давление
расчетное по мат. модели давление

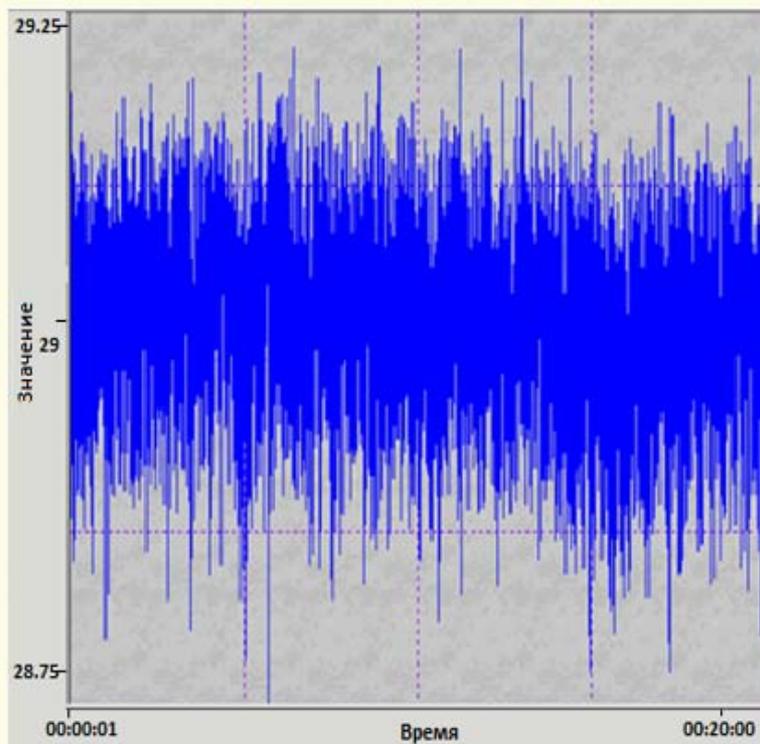


разность измеренного и расчетного сигналов
корреляционная функция с учетом мат. модели

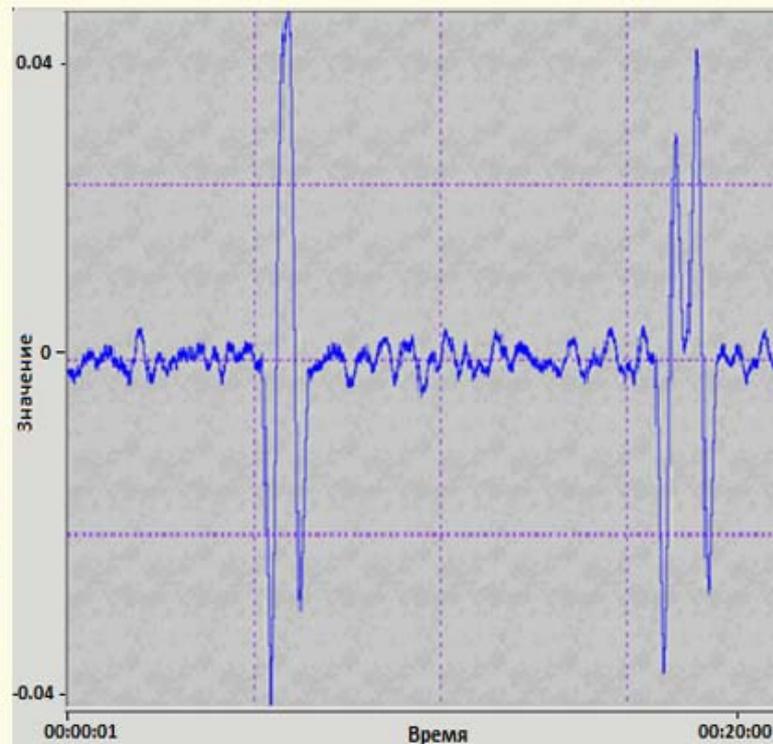


Примеры обработки исходных данных

Испытания СОУ при высоком гидродинамическом шуме



значение давления в точке отбора

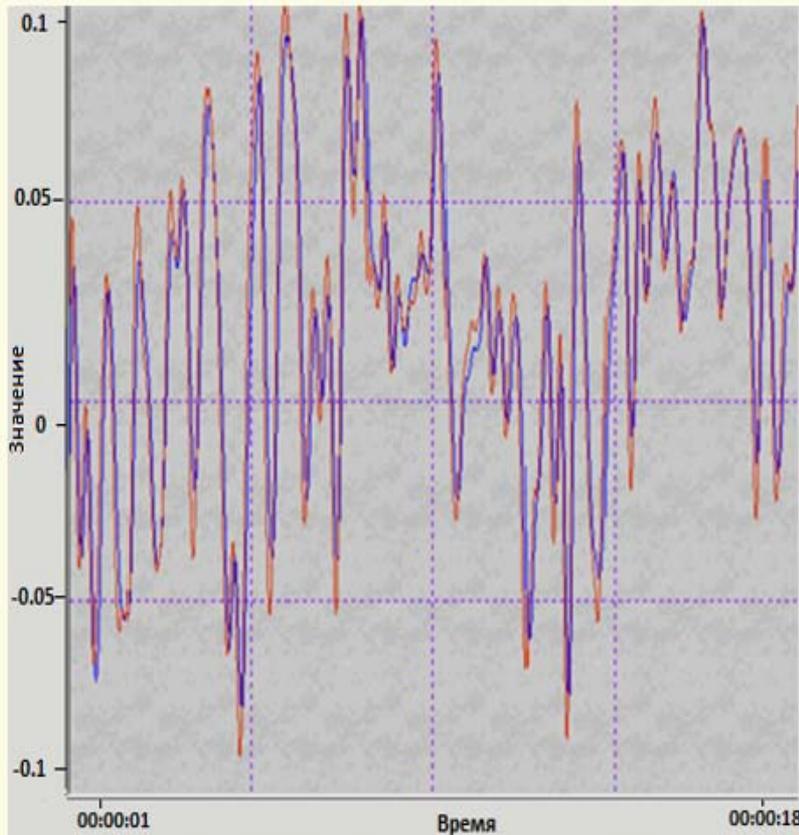


корреляционная функция с учетом мат. модели

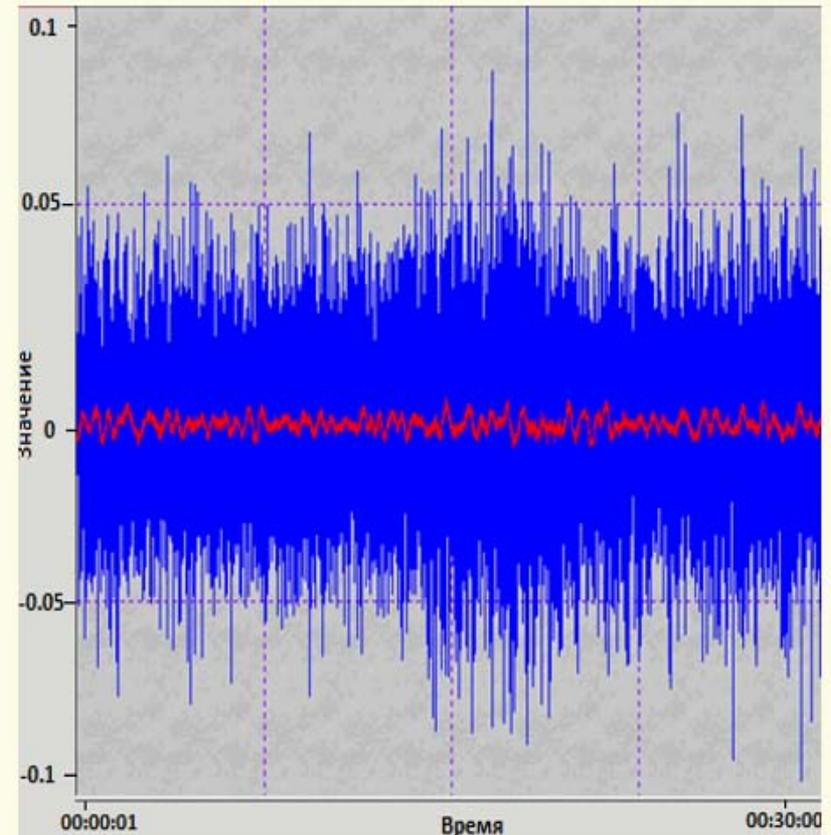


Примеры обработки исходных данных

Устранение влияния гидродинамических шумов



измеренное отклонение давления
расчетное по мат. модели отклонение давления



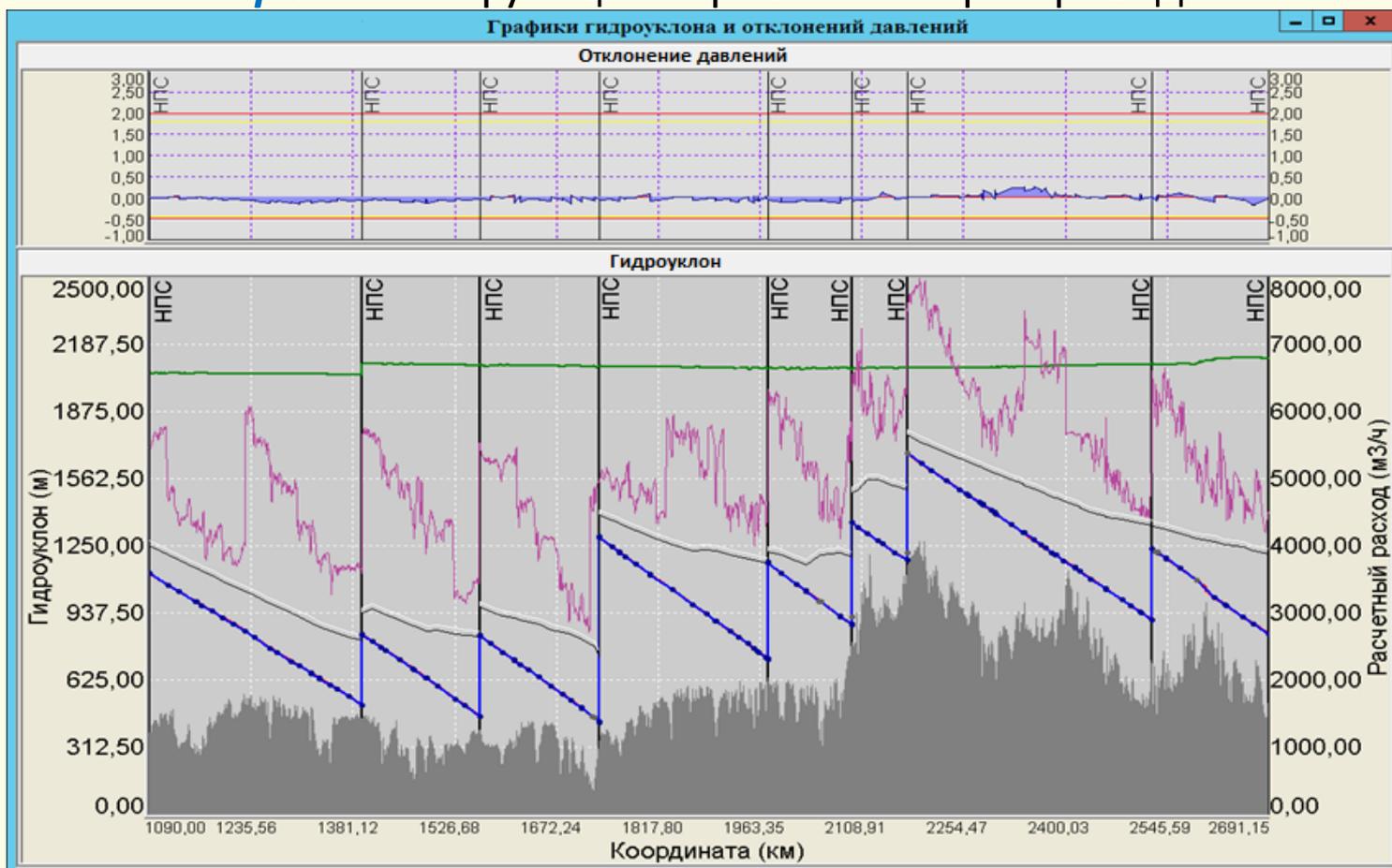
разность измеренного и расчетного сигналов
корреляционная функция с учетом мат. модели



Система поддержки диспетчера (DiSPY Expert)

Предназначена для **непрерывного** мониторинга работы трубопровода и идентификации характеристик технологического оборудования в режиме **реального времени** на **всех режимах** функционирования нефтепровода.

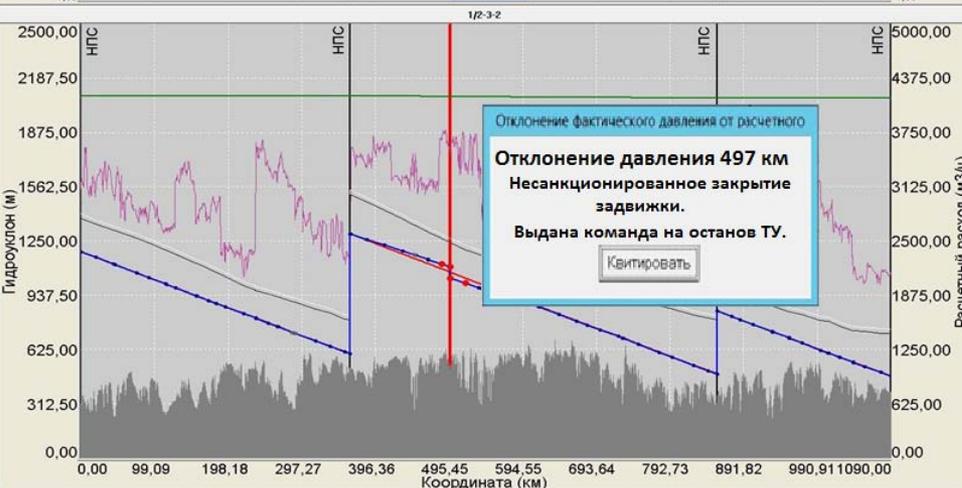
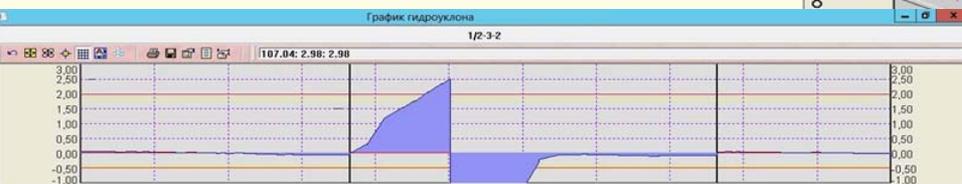
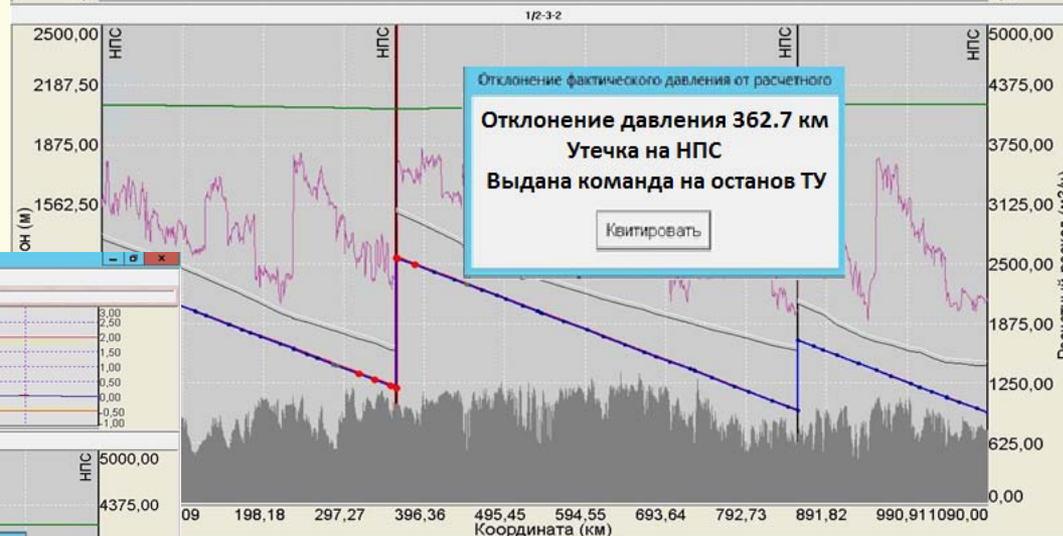
- расход (расчет)
- Гидроуклон (факт)
- Гидроуклон (расчет)
- Профиль трассы
- Несущая способность
- Предельные давления





Диагностика причин расхождения расчетных и фактических давлений

Утечка



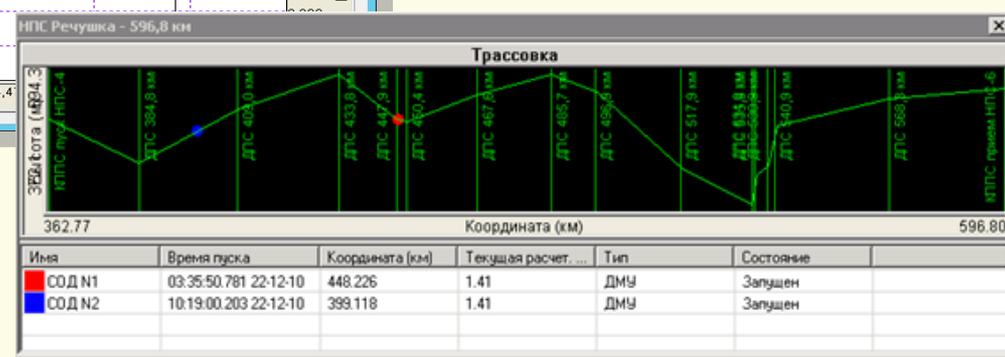
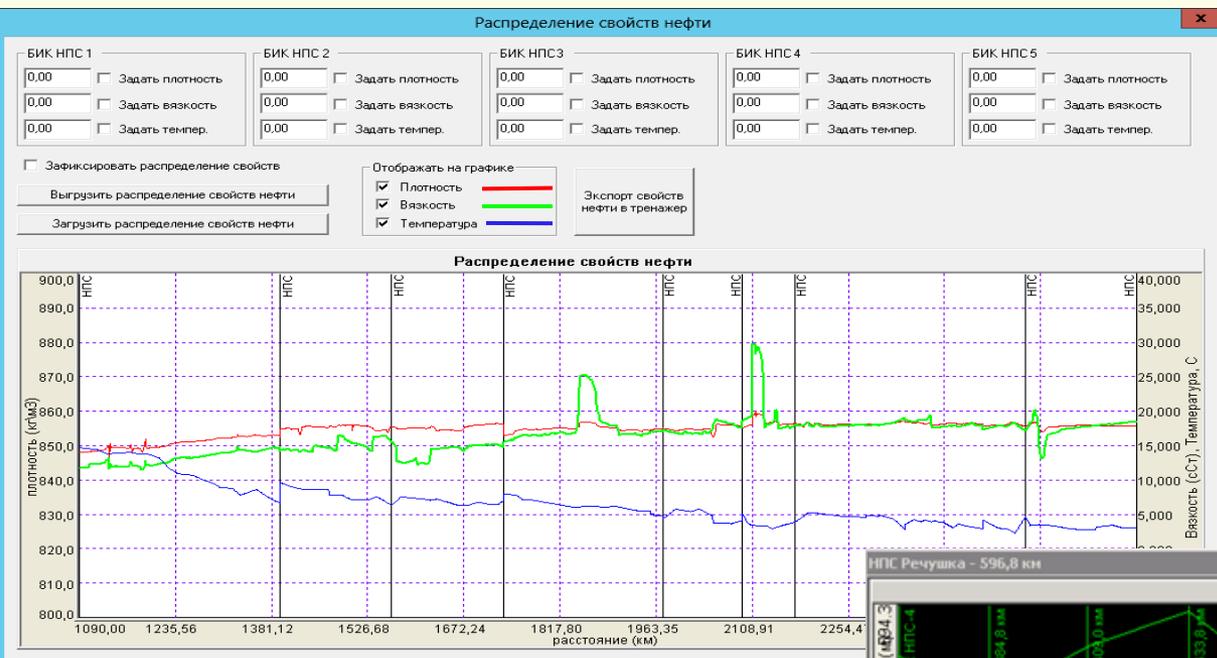
Перекрытие
потока





Функции системы поддержки диспетчера

➤ Расчет движения партий нефти



- Сопровождение средств очистки и диагностики (СОД)
- Автоадаптация математической модели
- Идентификация характеристик оборудования (насосов, регуляторов и т.д.)
- Прогнозирование времени опорожнения/заполнения резервуара



Программно-технический комплекс «Тренажер»

ПТК «Тренажер» – это полноценный аналог реального трубопровода, который позволяет:

- Создавать произвольные технологические режимы;
- Моделировать штатные и внештатные ситуации (аварии, утечки, и т.д.);
- Управлять технологическими объектами (насосы, задвижки, резервуары и т.д.);
- Работать совместно с остальными программами, установленными в диспетчерском пункте (SCADA, СПД, ЕСУ и т.д.).



Назначение ПТК «Тренажер»

- 1. Обучение диспетчеров** (Подготовка и повышение квалификации диспетчерского персонала по управлению трубопроводом в штатных, предаварийных и аварийных ситуациях);
- 2. Автоматизация работы технолога** (Моделирование произвольных технологических режимов трубопровода с различными характеристиками технологического оборудования и реологическими свойствами нефти);
- 3. Поддержка АСУ ТП** (Тестирование и проверка ПО, установленного в диспетчерском пункте).

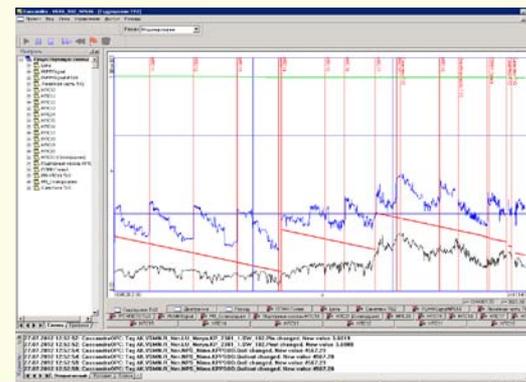
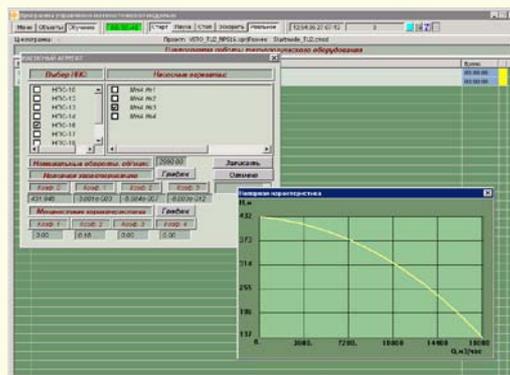




Схема ПТК «Тренажер»

