

## VIII. ПРОГРАММИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ

УДК 532.534

### ОПЫТ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ДИСПЕТЧЕРА НА ОСНОВЕ ON-LINE ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

И. О. Золотов<sup>1,2</sup>, А. С. Лосенков<sup>1</sup>, С. А. Стрельникова<sup>1,2</sup>, А. А. Царев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Энергоавтоматика», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт,  
г. Долгопрудный, Российская Федерация

Современные трубопроводные магистрали представляют собой сложный технологический объект, и зачастую объем информации, которая поступает в систему диспетчерского контроля и управления по каналам телемеханики, очень велик. Для упрощенной визуализации гидравлической картины течения и диагностики отклонения параметров текущего режима перекачки от нормы была предложена система поддержки диспетчера.

В основе предложенной системы лежит функционирующая в режиме реального времени нестационарная гидравлическая модель напорного течения слабосжимаемой жидкости в канале круглого сечения [1]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \rho c^2 \frac{\partial u}{\partial x} = 0;$$
$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \lambda \frac{u \cdot |u|}{2 \cdot D} + g \sin \gamma = 0,$$

где  $c$  – скорость звука для жидкости в трубопроводе с упругими стенками;  
 $t$  – время;  
 $x$  – координата по длине трубопровода;  
 $u$  – скорость;  $p$  – давление;  
 $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления;  
 $\gamma$  – угол наклона трубы к горизонту;  
 $D$  – внутренний диаметр трубопровода,  
 $\rho$  – плотность.

В качестве граничных условий для модели используются поступающие по системе телемеханики данные по высотам вливов резервуаров, частотам насосов, процентам положения заслонок регуляторов, запорной арматуры. Для получения текущего распределения реологических свойств нефти в трубопроводе производится расчет транспорта свойств по трубопроводу

на основе измерений оперативных БКК, расположенных на насосных станциях. Модель на основе поступающей информации просчитывает каждую секунду расчетное распределение давления по длине трубопровода.

Для визуализации соответствия текущего режима перекачки расчетному на одном графическом поле в режиме реального времени изображаются линии фактического (синяя) и расчетного (красная) гидроуклонов. Также отображаются линии расчетного расхода по трубопроводу (зеленая), высотный профиль трассы (серый), линии предельного (черная), аварийного (белая) уровней давления линейной части, линия несущей способности трубопровода (сиреневая). В случае отклонения фактической линии гидроуклона от расчетной на заданную величину в течение заданного времени по нескольким подряд расположенным точкам измерения давления ситуация диагностируется как аварийная с соответствующей индикацией и указанием места максимального отклонения (красная вертикальная линия).

В системе также реализованы дополнительные функции:

- идентификация эффективных диаметров трубопроводов и напорных характеристик насосных агрегатов;
- сопровождение скребка с выдачей расчетного времени прохождения КП и прихода в камеру приема;
- прогнозирование оставшегося времени работы резервуаров.

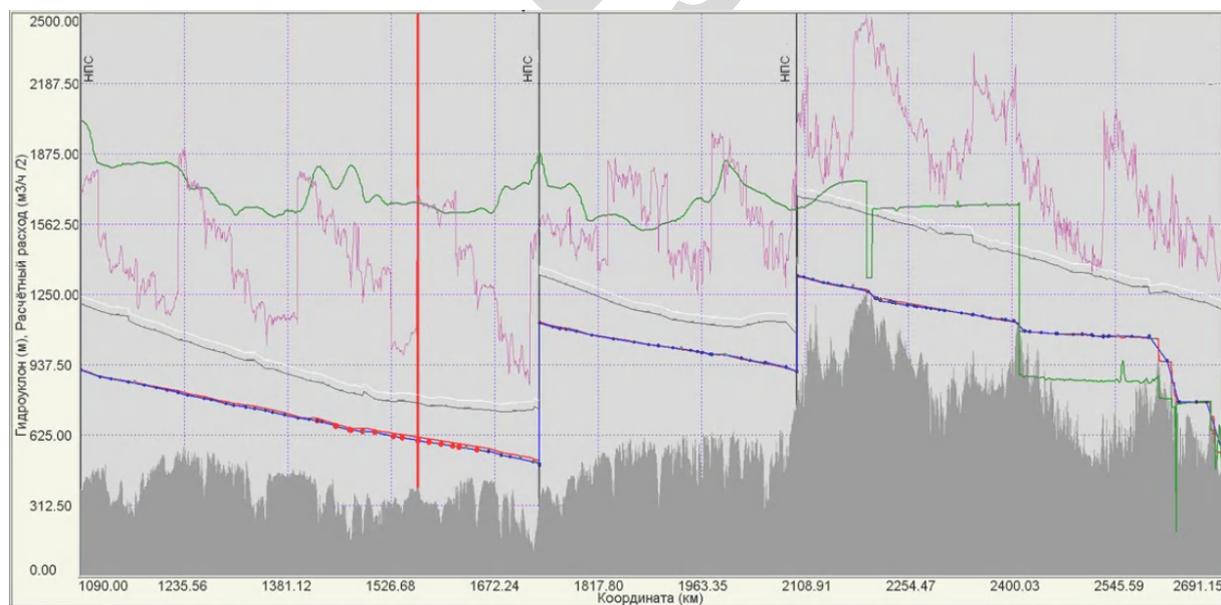


Рис. Расхождение графиков расчетного и фактического гидроуклонов при проведении испытаний системы (отбор нефти на 1562 км во время нестационарного процесса)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье, М. В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа / М. В. Лурье. – М. : Нефть и газ, 2003. – 335 с.