

УДК 621.643.053

**А.К. Николаев, К.В. Быков**

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫМИ НЕФТЕПРОВОДАМИ**

*Рассмотрена существующая структура управления магистральными нефтепроводами. Представлены перспективы развития систем управления магистральными нефтепроводами.*

*Ключевые слова: нефтепровод, система управления, математическая модель, нестандартная ситуация.*

**В** современных условиях для безопасной и эффективной работы сложных объектов требуется автоматизация управляющих функций. С учетом этого эксплуатация магистральных нефтепроводов (МН) осуществляется с помощью автоматизированной системы управления и сбора данных. [1]

Система управления (СУ) предприятием по транспорту нефти должна решать четыре класса задач:

1. Технологические (планирование, управление и контроль транспорта нефти);
2. Технического обслуживания (ремонт, обеспечение МТР);
3. Охраны окружающей среды, промышленной безопасности, страхования объектов;
4. Финансово-экономические (поступление тарифной выручки, бухгалтерский учет).

Для их решения в ОАО «АК «Транснефть» разработаны функционально-ориентированные комплексы программ.

### **Система диспетчерского контроля и управления (СДКУ)**

СДКУ представляет собой четырехуровневую иерархическую распределенную систему управления:

- объектный уровень - системы управления НПС, РП, УУН, узлов задвижек ЛЧ;
- на уровне районных нефтепроводных управлений создаются СДКУ РДП;
- на уровне всех ОАО МН создаются СДКУ ТДП;
- на уровне АК «Транснефть» создается СДКУ ЦДП.

В состав СДКУ входят серверы для опроса средств локальной автоматики и телемеханики, программы формирования мнемосхем, отображения событий и аварий объектов, оперативная система контроля утечек на нефтепроводе [2].

В СДКУ содержится информация в следующем объеме:

- состояние НПС (состояние агрегатов, положение САР, задвижек), давление на НПС, сигналы по общестанционным аварийным и технологическим защитам.
- данные по резервуарным паркам (наличие свободной емкости, нефти);
- состояние линейных задвижек и давление по точкам контроля, сигналы прохождения СОД МН по точкам контроля.

В СДКУ выполняется контроль максимальных и минимальных нагрузок

зок и давления по предельно-допустимому и предельному уровням. При достижении заданных уровней формируется предупредительный и аварийные сигналы.

#### **Структура управления магистральными нефтепроводами ОАО «АК «Транснефть»**

Посуточный график движения нефти по системе МН разрабатывается из расчета максимальной пропускной способности с учетом использования ёмкости резервуарных парков, планируемых остановок, очистки, диагностики, работы со снижением режимов [3].

При изменении плана поставки нефти на месяц измененный режим работы нефтепровода выбирается из утвержденной карты технологических режимов работы МН.

#### **Обеспечение оптимальных технологических режимов и контроль параметров работы МН**

В плане-графике работы МН на месяц указываются величины рабочих давлений на входе и выходе каждой НПС, эти данные вводятся в СДКУ. Для контроля параметров режима работы МН по давлению на АРМ диспетчера в режиме реального времени отображается профиль участка нефтепровода, расчетные и фактические напоры, расчетные и фактические давления в местах расположения датчиков давления.

В настоящее время анализ соответствия фактических технологических параметров работы МН и оборудования НПС осуществляется на основе сопоставления с технологическими картами.

#### **Управление магистральными нефтепроводами при возникновении нештатных ситуаций**

При изменении установившегося давления от расчетного (указанного в

карте технологических режимов работы МН) с целью выяснения причин после изменения давления диспетчеры опрашивают операторов МДП, диспетчеров смежных ДП.

Решение об остановке перекачки нефти на технологическом участке МН, где произошло изменение давления, принимает главный инженер ОАО МН.

Диспетчер принимает меры для немедленной остановки нефтепровода в случаях:

- давление на контрольном пункте при заполнении нефтепровода не достигло расчетной величины за время, превышающее расчетное на 10 мин;

- изменение установившегося давления от расчетного, указанного в карте технологических режимов работы МН (уменьшение давления на величину  $0,4 \text{ кгс/см}^2$  и более при наружном диаметре нефтепровода до 820 мм включительно и на величину  $0,5 \text{ кгс/см}^2$  и более при наружном диаметре нефтепровода свыше 820 мм или увеличение давления на величину  $2,0 \text{ кгс/см}^2$  и более от расчетной величины) [2].

Существующая структура управления МН требует больших затрат времени для интерпретации отклонений технологических параметров работы МН от установленных в соответствии с технологическими картами режимов работы, и последующего принятия необходимых мер и управляющих воздействий (остановка перекачки нефти, локализация места выхода нефти, организация перекачки нефти по временным схемам и др.).

Достаточно высока вероятность проявления человеческого фактора на каждом уровне цепочки принятия решений. От персонала, задействованного в непосредственном управлении МН, требуется высокий уро-

вень профессиональной подготовки, психологическая уравновешенность, что не всегда позволяет оперативно реагировать на изменяющуюся ситуацию.

**Перспективы развития систем управления магистральными нефтепроводами**

В процессе эксплуатации МН параметры перекачки сопоставляются с данными технологических карт. Таким образом, режим сравнивается с фиксированными значениями параметров (количество и схема включения МНА, давление на входе и выходе НПС, скорость потока, распределение давления по трассе нефтепровода). Однако эксплуатация системы МН сопровождается постоянным изменением технологических параметров перекачки и соответственно режима её работы.

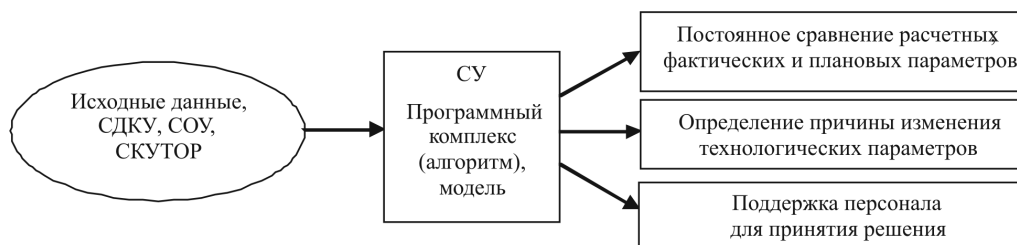
Возможны скачки давления, причиной которых может быть изменение положения задвижек на линейной части или в технологии НПС, узлов подключения станций, влияние прохождения СОД, изменение частоты тока в сети, начало или окончание налива нефти в автоцистерны, резервуары с различными геодезическими отметками и уровнями нефти, включение или отключение насосов откачки нефти из емкостей и т.д. Указанные явления необходимо отслеживать и связывать с возмущениями на графике давлений.

Также причиной возмущений может стать прохождение партий нефти с различными реологическими свойствами (плотность и вязкость) и в этом случае возможно нарушение допустимых интервалов изменения давления в МН, что осложняет эксплуатацию нефтепровода.

При расчете движения партий необходимо учитывать специфику ремонтных и плановых работ на МН с разгерметизацией полости, при проведении которых производится откачка находящейся в трубопроводе нефти в специальные земляные амбары, где нефть находится в течение всего времени работ. За этот период нефть остывает, теряет легкие фракции, что неизбежно влияет на её реологические свойства. По окончании ремонта нефть откачивается обратно в трубопровод.

Все это указывает на необходимость создания специального программного продукта для поддержки управляющего персонала, основанного на динамической модели нефтепровода, с использованием постоянно обновляемой базы данных о производимых работах, переключениях и других операциях на нефтепроводе.

Задачей исследования является создание управляющих алгоритмов и программного обеспечения на их основе.



**Схема работы системы управления**

Исходными данными для ввода в СУ являются:

1. Постоянные: высотные отметки трубопровода для построения профиля, расположение НПС, внутренний диаметр трубопровода, пропускная способность МН, характеристики МНА, данные гидравлического расчета трубопровода, отборы, подкачки, расположение перемычек.

2. Динамические: резервуары, находящиеся в работе, реологические свойства нефти в резервуарах и по участкам МН, распределение температуры по трассе МН.

На основе исходных данных, введенных в динамическую математическую модель системы управления, будет осуществляться расчет актуальных параметров перекачки с построением графиков и выводом интерактивной информации.

Для расчета вязкости нефти по трассе МН используется формула:

$$\nu = \nu_0 \exp[-u(T - T_0)],$$

где  $u$  - коэффициент крутизны вискограммы,  $1/K$ ;  $\nu_0$  - кинематическая вязкость при известной температуре  $T_0$  [4].

Величина  $u$  находится по формуле

$$u = \frac{1}{T_1 - T_2} \ln \frac{\nu_2}{\nu_1},$$

где  $\nu_1$  и  $\nu_2$  кинематические вязкости при известных температурах  $T_1$  и  $T_2$ .

Расчетная температура по трассе МН

$$T(x) = T_{нар} + (T_0 - T_{нар}) \cdot e^{-\frac{\pi \cdot K \cdot d}{\rho \cdot Q \cdot C_v} \cdot x},$$

где  $T_{нар}$  - температура окружающей среды,  $d$  - внутренний диаметр МН,  $K$  - полный коэффициент теплопередачи (от нефти в окр. среду).

Система управления МН должна выполнять функцию автоматического выявления причин отклонения линий фактического и расчетного гидроуклонов. А также рассчитывать движение партий нефти с различными реологическими свойствами (плотность, вязкость, температура и др.) по МН на основе оперативных данных измерения качества нефти в различных точках трубопровода.

Модернизация системы управления позволит решать задачу надежной транспортировки нефти на более качественном уровне и обеспечит бесперебойную работу МН за счет поддержки управляющего персонала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование систем управления нефтепроводами // Трубопроводный транспорт нефти. - 2010. - №8. - с.63-65.

2. ОР-03.100.50-КТН-093-08. Регламент по технологическому управлению и контролю за работой магистральных нефтепроводов, ОАО «АК «Транснефть». 2008 г.

3. ОР-03.220.99-КТН-092-08. Регла-

мент разработки технологических карт, расчёта режимов работы магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть». 2008 г.

4. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебник для вузов. - СПб.: Недра, 2008. - 488 с. **ИЛАС**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Быков Кирилл Владимирович – аспирант, bykov\_kv@mail.ru

Николаев Александр Константинович – профессор, доктор технических наук, 8 (812) 328-82-00,

Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет).