

РАСЧЕТ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ ДАВЛЕНИЙ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

Унгер Д.П.

научный руководитель канд. техн. наук Мызников М.О.

ОАО «Транссибнефть»

Приоритетным направлением компании, занимающейся транспортировкой нефти и нефтепродуктов, является безаварийная и бесперебойная поставка нефти заказчикам. Для обеспечения безаварийной работы и бесперебойной поставки необходим постоянный оперативный контроль и анализ всех технологических процессов происходящих в МН. Для улучшения контроля совершенствуются системы диспетчерского контроля и управления (СДКУ), устанавливаются разнообразны датчики, разрабатываются различные приложения и программные комплексы. Обилие окон и способов отображения информации часто не позволяет увидеть картину быстро меняющихся событий в целом (Рис. 1). Человек, осуществляющий контроль процесса, физически не в состоянии за короткое время просмотреть все контролируемые панели, а тем более запомнить и объ-

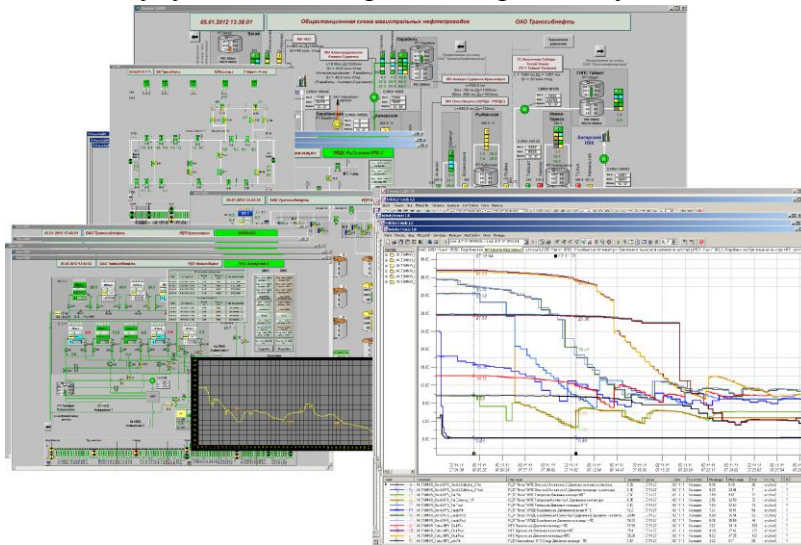


Рис. 1. Представление о технологическом процессе перекачки в виде большого количества окон и мнемосхем

единить полученную информацию в единую картину для составления представления о происходящем событии. В результате возможна неверная трактовка событий, неправильная оценка сложившейся ситуации. Это может привести к неправильным действиям и нежелательным последствиям.

Для решения обозначенной проблемы целесообразно всю поступающую от различных устройств информацию упорядочить, сжать и преобразовать в удобный для быстрого понимания и анализа вид (Рис. 2).

В результате возможна неверная трактовка событий, неправильная оценка сложившейся ситуации. Это может привести к неправильным действиям и нежелательным последствиям.

Для решения обозначенной проблемы целесообразно всю поступающую от различных устройств информацию упорядочить, сжать и преобразовать в удобный для быстрого понимания и анализа вид (Рис. 2).

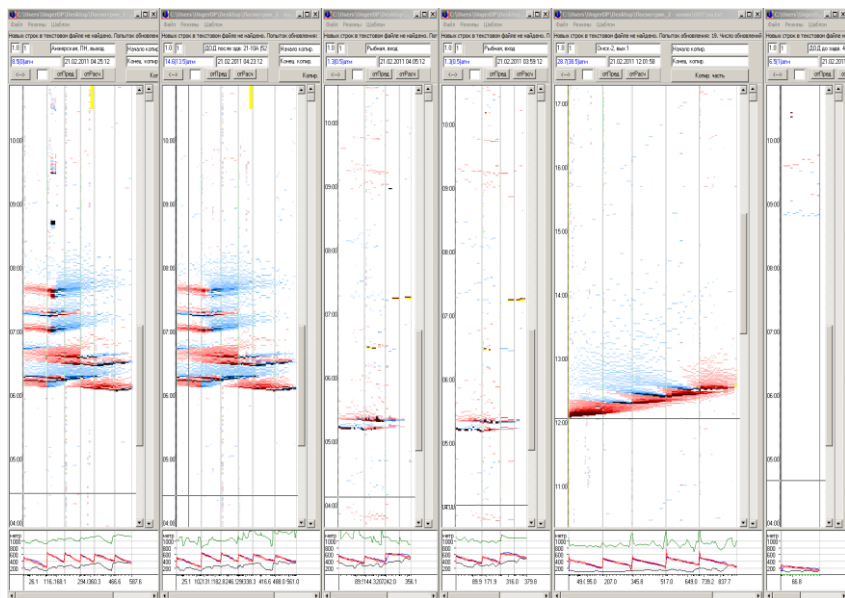


Рис. 2. Одновременное визуальное отображение технологических событий на шести технологических участках за семичасовой промежуток

Одним из таких подходов является представление информации в виде визуальных образов технологических событий [2]. Под технологическим событием в данном случае понимается любое значимое и регистрируемое приборами изменение поля давлений технологического участка нефтепровода.

Технологический участок МН представляет собой связанную гидромеханическую систему, в которой любые изменения давления в отдельных точках системы порождают волновые процессы изменения поля давления всей системы. Эти процессы могут быть отображены в виде цветowych меняющихся картин, имеющих характерные признаки событий, их порождающих [4]. Для формирования визуальных образов используется матрица давлений, которая строится на основе данных плановых режимов и оперативных данных СДКУ.

Темп изменения давлений отображается цветовыми градациями красного цвета в сторону повышения давления, синего цвета в сторону понижения. Более насыщенные цвета соответствуют более значительным изменениям давлений за заданный промежуток времени. Цветовая гама, снабженная цветовой шкалой, может быть изменена для удобства оператора, при этом каждому цветовому тону соответствует своя определенная скорость изменения давления.

Такая форма представления информации удобна для оперативного анализа ситуации. На одном экране охватываются все технологические события, произошедшие за несколько часов на нескольких технологических участках. При этом моменты начала каждого из событий точно локализованы по времени и месту, видно распространение волн повышения и понижения давления, точки их зарождения и время возникновения.

Применение визуализации изменений давлений позволило выделить и систематизировать различные технологические события (Рис.3), имеющие место в практике эксплуатации нефтепроводов [1].

Каждому технологическому событию соответствует свой набор признаков, позволяющий идентифицировать событие. В зависимости от характера изменения давления и точки локализации легко устанавливается причина возмущения, например Рис. 4.



Рис. 3. Классификация образов технологических событий

Кроме гидродинамических событий, визуальный способ отображения информации позволяет определять неработающие, либо неправильно показывающие датчики давления, сбои в каналах связи, зависание систем отображения данных, и т.о., может служить индикатором достоверности информации (Рис.5).

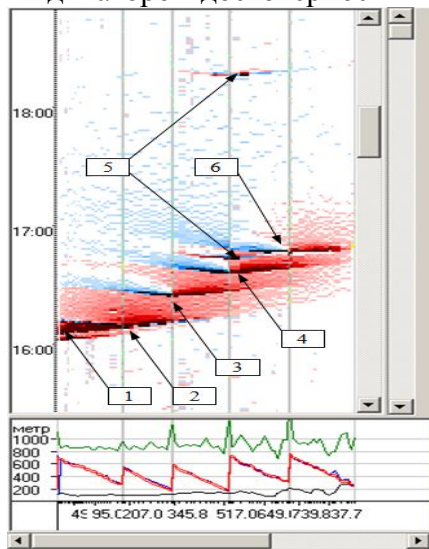


Рис. 4. Переход на режим с большей производительностью

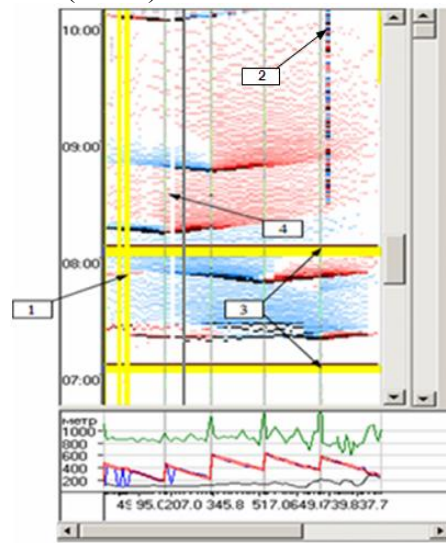


Рис. 5. Образы, содержащие недостоверную информацию

Таким образом, зная особенности отображения и основные признаки каждого изменения поля давлений, становится возможным идентифицировать оперативно до сорока видов технологических событий, подразделять их на опасные и неопасные, плановые и нештатные, требующие немедленного вмешательства и контролируемые.

Чтобы отличать плановые события от неплановых, штатные от нештатных необходимо иметь плановые образы эксплуатации МН. Формирование плановых полей давлений для переходных процессов МН осуществляется следующими способами: опытным с получением данных из накопленной базы осуществленных переходов и событий и расчетным [3] с расчетом полей давления с помощью разработанной модели нестационарных процессов перекачки нефти.

Для разработки планового поля давления опытным путем осуществляется выбор отдельных нужных фрагментов технологических событий, из которых формируется плановое поле давлений на предстоящие сутки (Рис.6).

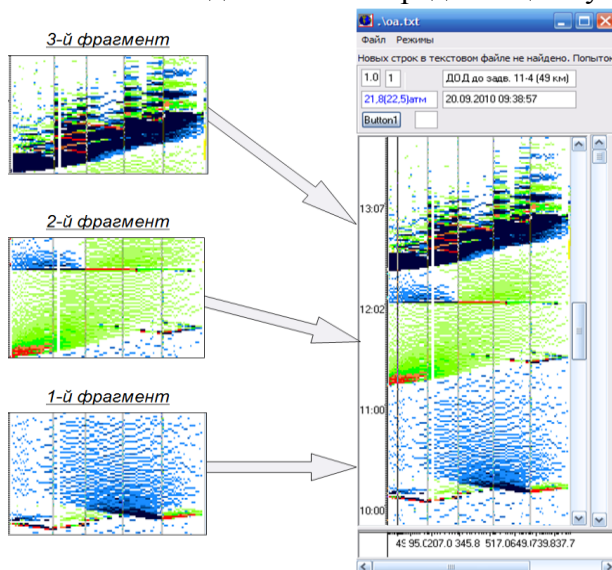


Рис. 6. Сборка планового поля давлений

Для формирования плановых полей давлений расчетным способом используется разработанная модель нестационарных процессов перекачки нефти.

В основе модели заложены уравнения, отражающие балансовые законы сохранения массы и количества движения при течении слабо сжимаемой жидкости.

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} + \rho c^2 \frac{\partial u}{\partial L} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial L} + \lambda \frac{u \cdot |u|}{2 \cdot D} + g \cdot \sin \gamma = 0, \quad (2)$$

После проведения преобразований получены зависимости для определения давления и скорости течения нефти ме-

тодом конечных разностей:

$$p_{i,j} = p_{i-1,j} - \rho c^2 \frac{\Delta \tau}{2 \Delta L} (u_{i-1,j+1} - u_{i-1,j-1}), \quad (3)$$

$$u_{i,j} = u_{i-1,j} - \frac{\Delta \tau}{2 \cdot \rho \cdot \Delta L} (p_{i-1,j+1} - p_{i-1,j-1}) - \frac{\Delta \tau \cdot \lambda}{2 \cdot D} \cdot u_{i-1,j} \cdot |u_{i-1,j}| - g \cdot \Delta \tau \cdot \sin \gamma, \quad (4)$$

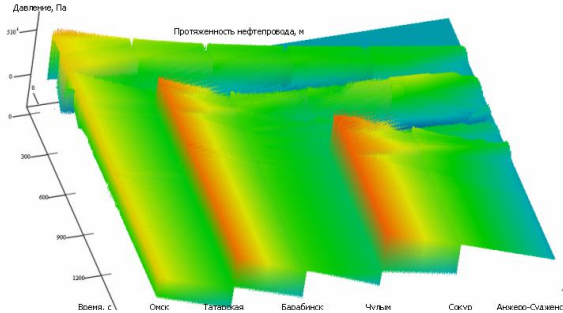


Рис. 7. Расчетное поле давлений с запуском насосов на головной и промежуточных НПС

Пошаговым решением системы уравнений заполняется матрица распределения давлений по длине трубы в каждый момент времени с заданной дискретностью (Рис.7).

На Рис. 7 смоделирован запуск насоса на головной станции, затем поочередно запускаются насосы на промежуточных НПС. Аналогично строятся и поля скоростей.

Используя полученные поля давлений и скоростей определим в каждый момент времени в нужных точках по длине трубы мощности насоса, станции, технологического участка:

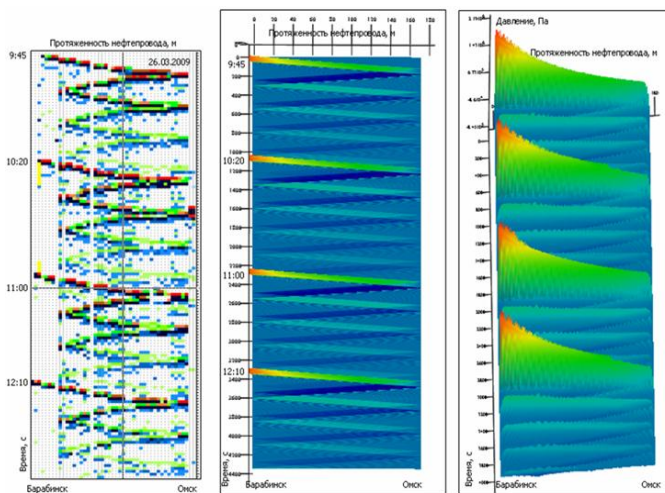
$$Nm_{k,q} = \frac{\Delta P_{k,q} \cdot Q_{k,q}}{\eta_{k,q}} = \frac{(P_{вых_{k,q}} - P_{вх_{k,q}}) \cdot Q_{k,q}}{\eta_{k,q}}, \quad (5) \quad Nc_k = \sum_{q=1}^{n_k} Nm_{k,q}, \quad (6) \quad N = \sum_{k=1}^l Nc_k. \quad (7)$$

где $Q_{i,j} = u_{i,j} \cdot \frac{\pi \cdot d_j^2}{4}$. (8)

Проинтегрировав функцию мощности получим потребление электроэнергии за заданный промежуток времени:

$$A = \sum_{k=1}^l \sum_{q=1}^{n_k} \int_0^T \frac{\rho g H_{k,q}(Q(\tau)) \cdot Q_{k,q}(\tau)}{\eta_{k,q}(Q(\tau))} \cdot d\tau \quad (9)$$

Разработанная модель нестационарных гидродинамических процессов перекачки нефти тестировалась для различных режимов перекачки нефти. Один из тестовых режимов работы представлен на рисунке 8.



а) Поле давлений фактических показаний б) Поле давлений расчетных значений (вид сверху) в) Поле давлений расчетных значений (в пространстве)

Рис. 8. Поля давлений фактических показаний и расчетных значений

Далее фактические поля давлений сравниваются с плановыми образцами технологических событий, сформированными опытным путем или расчетным способом.

Визуальная картина переходного процесса выстраивается по разнице фактического и планового полей давлений.

По характерным образам полей достаточно просто определяется очаг и природа процесса, вызывающего рассогласование.

Экономическая составляющая представленной работы достигается за счет оптимизации эксплуатационных затрат (рисунок 9).

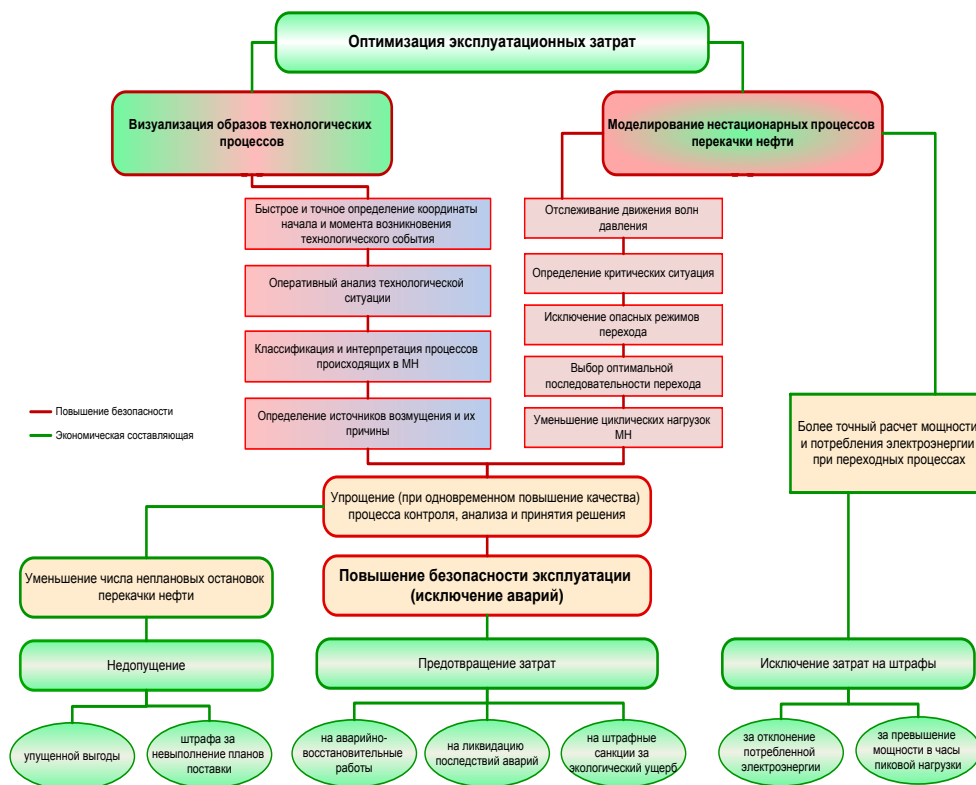


Рис.9. Блок-схема процесса оптимизация эксплуатационных затрат

Выводы: С внедрением рассмотренного подхода и принципов классификации технологических событий обеспечиваются возможности: быстро и достаточно точно локализовать координаты начала и моменты возникновения плановых и unplanned технологических событий; оперативно проводить анализ ситуации с помощью графических образов; классифицировать и интерпретировать процессы, происходящие в МН; определять источники возмущений в МН и причины их вызывающие; контролировать и прогнозировать развитие переходного процесса в МН; отслеживать движение волн давления во время переходов; исключать опасные режимы перехода; повышать безопасность эксплуатации МН; снижать вероятность unplanned остановок перекачки нефти; упрощать процесс контроля, анализа и принятия решения оперативным персоналом, улучшать условия труда на рабочем месте.

Список литературы

1. Мызников М.О., Унгер Д.П., Синельников С.В. Идентификация технологических событий на участках магистральных нефтепроводов на основе графических образов изменения полей давления // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. №2. С.104-109.
2. Пушкарев А.П., Мызников М.О., Шмурыгин М.В. Визуальные средства оперативного контроля за соблюдением технологических режимов перекачки нефти по МН // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. №2. С.30-34.
3. Некрасов И.В. Определение требуемой точности математической модели при построении системы диспетчерского контроля и управления магистральным нефтепроводом // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2012. №2. С.38-43.
4. Отображение информации в АСУ реального времени / Бондаренко В.П. [и др.]. Томск : Изд-во Томского ун-та, 1993.4.Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. – М.: Наука, 1971. – 552 с