

УДК 681.3

Утепбергенов Ирбулат Туремуратович, д.т.н., профессор (Алматы, КазАТК)
Кенжебаева Жанат Елубаевна, соискатель (Алматы, КазНТУ)

ДИАГНОСТИКА ГАЗОВЫХ СКОПЛЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РЕЛЬЕФНОГО ТРУБОПРОВОДА

Применение современных технологий SCADA, телемеханики и АСУ при транспорте нефти и нефтепродуктов подготовило почву и поставило на повестку дня разработку систем оперативной диагностики технологических режимов нефтепроводов, которые призваны повысить оперативность принятия решений [1]. Под термином «диагностика» подразумевается система оперативной диагностики осложнений режимов эксплуатации нефтепровода исключительно по технологическим параметрам перекачки, регистрируемых штатными средствами телемеханики. Оперативная диагностика позволила бы расширить аналитические возможности служб, эксплуатирующих разветвленные сети, отслеживать тенденции развития процессов в трубопроводах. Кроме того, требуется также в ясных для пользователя понятиях интерпретировать собранные системой SCADA параметры технологического процесса перекачки и в удобной для анализа и дальнейшего принятия решения форме представлять результаты диагностирования.

Газовые скопления являются одним из пяти категорий объединенных общим термином «осложнения» технологических режимов, приводящих к снижению пропускной способности и эффективности, технологической и экологической безопасности функционирования участка нефтепровода [2]. Газовые скопления содержат как газы неорганического происхождения (N₂, CO₂, H₂S, и др.), так и легкие фракции углеводородов (CH₄, C₂H₆). Исследованию безнапорных и двухфазных потоков традиционно уделяется большое внимание. Влияние участков с расслоенным течением на пропускную способность трубопровода достаточно детально исследовалось в работах И.А.Чарного, А.К.Галлямова, А.М.Шаммазова, Г.Е.Коробкова, А.М.Нечваля, А.И. Гужова, В.Ф.Медведева, В.К.Касперовича, К.Г.Донца, В.А.Мамаева, Г.Э.Одишарии. За рубежом наиболее авторитетными и часто цитируемыми являются N. Brauner, D. Barnea, Y. Teitel, A.E. Dukler (Израиль), H. Furukawa, M. Ihara, K. Kohda (Япония), G.F. Hewitt (Великобритания).

В целях получения аналитического выражения для обобщенного критерия существования газового скопления, удобного для использования в практике эксплуатации трубопроводных систем, построена модель стационарного расслоенного потока в нисходящем цилиндрическом канале с углом наклона α в профиле местности [2]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dH}{dx} + \alpha_0 \frac{g}{g} \frac{d\vartheta}{dx} + 0,08263 \cdot \frac{\lambda}{D^5} \cdot \left(\frac{\varpi_0}{\varpi} \right)^2 \frac{D}{4R_z} \cdot Q^2; \quad (1)$$

где $\frac{4R_z}{D} = 1 - \frac{\sin \Theta}{\Theta}$ - безразмерный гидравлический радиус; $\frac{\varpi}{\varpi_0} = \frac{\Theta - \sin \Theta}{2\pi}$ -

коэффициент заполнения трубы; v, Q - скорость и расход жидкой фазы, [м/с, м³/с]; $\frac{dH}{dx}$ - градиент глубины потока жидкой фазы по длине трубопровода; Θ - центральный угол

живого сечения потока продукта по нисходящему участку трубопровода, [рад]; α_0 – коэффициент Кориолиса; λ - коэффициент гидравлических сопротивлений, методика определения которого включает зависимости Г.Е.Коробкова для безнапорного ламинарного течения и зоны гладкого трения, а также формулу Кольбрука для зон смешанного и квадратичного трения с рекомендациями М.В.Лурье для аппроксимации переходного режима «коэффициентом перемежаемости».

В качестве критерия сравнения предложен режим течения жидкости с полным сечением Q_f под действием только гравитационных сил, когда гидравлический уклон равен тангенсу угла наклона оси к горизонту, а давление по длине участка остается постоянным:

$$Q_f = \sqrt{\frac{tg\alpha \cdot D^5}{0,08263 \cdot \lambda_f}}, \quad (2)$$

где Q_f – коэффициент гидравлических сопротивлений по классическим методикам гидравлики.

Адекватность данной модели была проверена сравнением с результатами семи независимых экспериментальных исследований, представленными на рисунке 1.

Анализ технологических режимов перекачки нефти в широком спектре изменения реологических и эксплуатационных характеристик продукта и труб выявил максимально возможные значения производительности нисходящего участка трубопровода в расслоенном режиме течения:

$$Q_{\max} = 1,069...1,161 \cdot Q_f. \quad (3)$$

Таким образом, условием включения газовых скоплений в перечень осложнений, идентифицируемых на участке трубопровода между двумя последовательно расположенными замерными пунктами по трассе, является необходимое условие существования, которое означает, что, если, хотя бы один сегмент линии аппроксимации трассы трубопровода в рельефе местности отвечает условию:

$$Q < Q_{\max} \quad (4)$$

скопления газов на данном участке возможны. В противном случае, ген А в соответствующем геноме должен обнуляться перед вычислением значений функции пригодности.

Алгоритмы оперативного диагностирования построены на физических феноменах, измеряемые параметры которых определяются преимущественно типом осложнения. Для диагностики газовых скоплений предложены алгоритмы конкурирующих независимых оценок по времени прохождения импульса давления; по изменению объемов газовых скоплений в соответствии с законом состояния газа; по изменению длины газовых скоплений в зависимости от производительности.

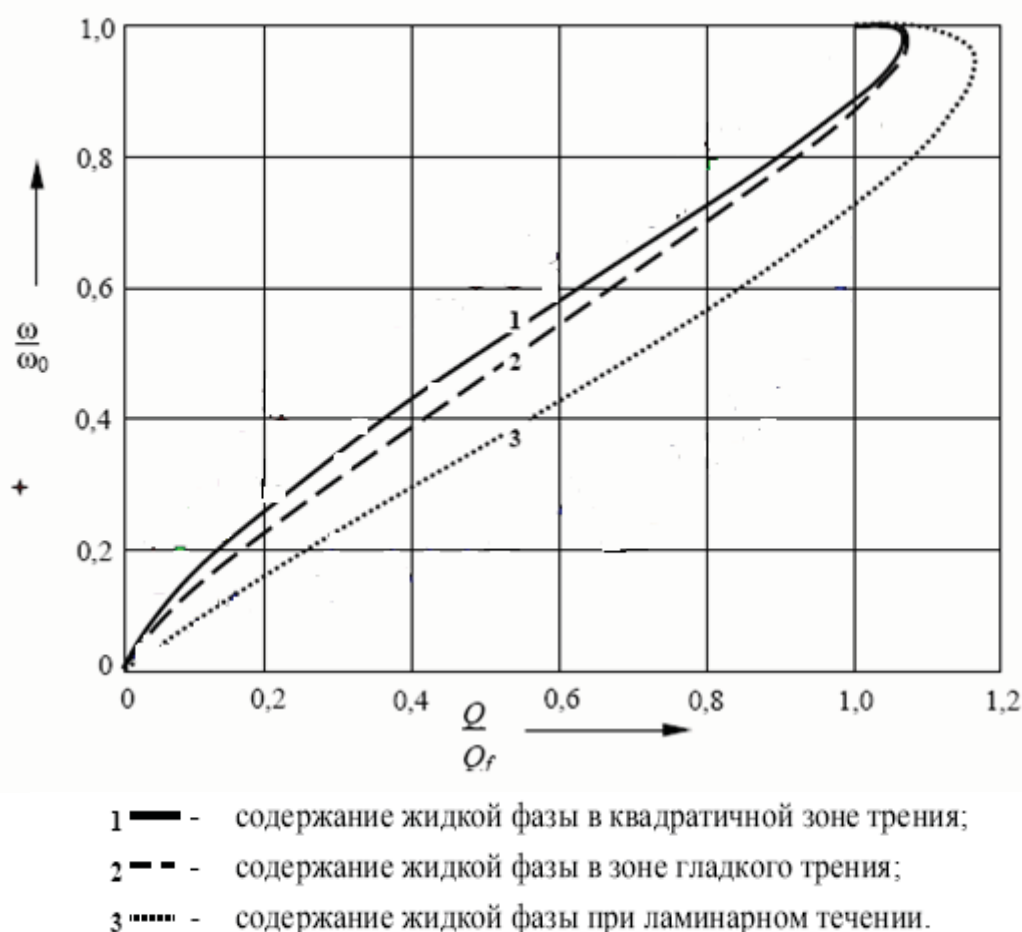


Рисунок 3.3 – Сводный график сопоставления расчётных зависимостей по модели (1) с экспериментальными данными истинного содержания жидкой фазы в нисходящем участке трубопровода

Для обоснования наиболее информационного диагностического признака газовых скоплений была разработана модель распространения возмущений на самотечном участке трубопровода, которая основана на законах неразрывности и сохранения момента количества движения, принимая изменение живого сечения потока за счет деформации только газового скопления в трубе, так как упругость газов при эксплуатационных давлениях на несколько порядков ниже упругости жидкостей и металла. Получена зависимость скорости распространения волны возмущений от заполнения самотечного участка:

$$C_1 = \sqrt{\frac{g \cdot D}{8} \cdot \frac{(\Theta - \sin \Theta)}{\sin \frac{\Theta}{2}}}. \quad (5)$$

Эффективность метода диагностики газовых скоплений, основанного на разнице в скоростях распространения импульса давления, очень высокая, так как скорость звука в напорном участке трубопровода $C_0 = 1000 - 1425$ м/с; в то время как в самотечном участке – $C_1 = 0 - 3$ м/с.

Алгоритм оперативной диагностики заключается в измерении времени прохождения импульса давления по участку трубопровода по и против течения продукта,

что исключает влияние скорости движения самого продукта на результат измерения. Общая длина газоздушных скоплений $L_{\text{диаг}}$ на диагностируемом участке L_{Σ} определяется временем прохождения импульса давления:

$$L_{\text{диаг}} = \frac{0,5 \cdot \tau \cdot C_0 - L_{\Sigma}}{\frac{C_0}{C_1} - 1}, \quad (6)$$

где τ - время возвращения импульса давления к генератору, [с].

Данный алгоритм по времени прохождения импульса давления имеет глобальный характер, т.е. идентифицирует длину скоплений во всём нефтепроводе, поэтому компоненту газовых скоплений функции пригодности правомерно отнести к нечёткому множеству интегральных оценок осложнений технологических режимов нефтепровода в целом Ξ , формальное представление которого имеет вид:

$$\Xi_A = 1 - \left(\frac{L_{\Sigma}}{L_{\text{диаг}}} - \frac{L_{\text{диаг}}}{L_{\Sigma}} \right) \cdot (1 \pm \zeta_A), \quad (7)$$

где $L_{\text{диаг}}$, L_{Σ} – оценки длины газовых скоплений, полученные в результате применения алгоритма диагностирования (6) и дефаззификации кодов параллели генов $\{A_j\}$; ζ_A – ошибка расчётов и дефаззификации в алгоритме диагностирования.

Конкурирующий алгоритм локальной оценки \mathfrak{R}_{A_i} , основанный на сопоставлении изменений объемов газовых скоплений на участке нефтепровода между смежными i и $i+1$ замерными пунктами, при изменении давления в технологическом цикле эксплуатации трубопровода даёт следующее формальное правило. Суммированием количества газа по длине участка между замерными пунктами получен операнд в функции принадлежности нечёткому множеству локальных диагностических оценок объема газовых скоплений \mathfrak{R}_{A_i} :

$$\mathfrak{R}_{A_i} = 1 - \left(\frac{\sum_j \mu_j^{\tau}}{\sum_j \mu_j^{\tau-1}} - \frac{\sum_j \mu_j^{\tau-1}}{\sum_j \mu_j^{\tau}} \right) \cdot (1 \pm \zeta_A), \quad (8)$$

где $\sum \mu_j = \frac{P_j \cdot V_j}{R \cdot T_j} = \frac{P_j}{R \cdot T_j} \cdot \frac{\pi D_{\xi}^2}{4} \sum_n \left(1 - \frac{\varpi_n}{\varpi_0} \right) \cdot L_{i,j}^n$ - количество молей газа по длине участка между замерными пунктами; $\tau - 1, \tau$ - индекс предыдущего и рассматриваемого цикла диагностирования; L^n - длина n -ого звена в нисходящей плети.

База решающих правил базы знаний для идентификации газовых скоплений в рамках методологии функциональной диагностики технологических режимов может быть расширена за счёт элементов, учитывающих специфику каждого участка нефтепродуктопровода.

Выводы:

1. Для диагностики газовых скоплений предложены алгоритмы конкурирующих независимых оценок: по времени прохождения импульса давления; по изменению объемов газовых скоплений в соответствии с законом состояния газа; по изменению длины газовых скоплений, в зависимости от производительности.

2. Для обоснования наиболее информационного диагностического признака газовых скоплений была разработана модель распространения возмущений на самотечном участке трубопровода

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутуков С.Е. SCADA системы в магистральном транспорте нефти /Методы систем. анализа и автомат. проектирования инвест. и орг. - техн. процессов в стр-ве: Науч.-техн. сб. Рос. инж. акад. 2000, №3, с. 63 - 66.

2. Кутуков С.Е. Диагностика и управление технологическими режимами нефтепродуктопроводов /Методы систем. анализа и автомат. проектирования инвестиц. и орг.-техн. процессов в стр-ве. Науч.-техн. сб. Рос. инж. акад. 2000, № 3, с. 61 - 63.

УДК 51:330.115

Ташев Азат Арипович - д.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)

Доштаев Кунтуган Жубанышович - к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Во многих работах рассматривается случаи, когда продолжительность работ является фиксированной или меняется в определенных пределах, в зависимости от используемых ресурсов. Однако, в реальной жизни часто встречаются задачи определения критического пути, когда продолжительность выполняемых работ является случайной величиной с некоторой функцией распределения. Такими распределениями могут быть биномиальный, нормальный, экспоненциальный законы и т.д.

Рассмотрим методику оценки критического пути и построения для него доверительного интервала, когда комплекс работ задан в виде сетевого графа $G = \langle V, U \rangle$, причем продолжительность работ (дуги) подчиняется некоторому закону $F_i(t)$ с математическим ожиданием m_i и дисперсией σ_i^2 , $i = \overline{1, n}$ (n – число работ – дуг графа).

Введем случайные величины ξ^i , $i = \overline{1, n}$, имеющие функцию распределения вероятности $F_i(t)$, математическое ожидание m_i и дисперсию σ_i^2 , $i = \overline{1, n}$. Имитирование этих случайных величин можно проводить на компьютере, так как во всех инструментальных средствах программирования имеется генератор случайных чисел равномерного распределения на отрезке $(0, 1)$ - например, на Паскале функция $\eta = random$.

Используя значение этой с.в., мы можем получить значение с.в. ξ^i , с функцией распределения $F_i(t)$ по формуле:

$$\xi^i = F_i^{-1}(\eta),$$

где $F_i^{-1}(\eta)$ обратная функция к функции $F_i(t)$.

Теперь, зная характеристику времени выполнения работ сетевого графика, мы можем оценить критический путь следующим образом:

1. Сначала номер имитации j положим равным 1 .

2. Воспроизведем случайные числа для j -ой имитации для всех работ сетевого графика по формуле $\xi^{ij} = F_i^{-1}(\eta)$, $i = \overline{1, n}$.