

УДК 622.279:519.226

А.Т. ИСКЕНДЕРОВА

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ГАЗОСБОРНЫХ ШЛЕЙФАХ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ ЕГО ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЙ

В существующей практике диагностирование состояния гидратообразования в газосборных шлейфах, в том числе в других системах, проводится по наблюдениям переменных состояний (ПС) в реальном масштабе времени. Такое прогнозирование, как правило, носит запоздалый характер, что нередко приводит к определенным потерям. В статье для снижения таких потерь предлагается диагностирование состояния гидратообразования в газосборных шлейфах с прогнозированием ПС.

Ключевые слова: гидратообразование, шлейф, скользящий средний, прогнозирование, диагностирование

1. Введение. В [1, с.56; 2, с.9-14; 3, с.173-176] рассмотрены вопросы оптимального диагностирования состояния гидратообразования в газосборных шлейфах при достаточной и недостаточной информации с применением байесового статистического подхода по обобщенному критерию среднего риска.

В этих работах задача диагностирования решается на двух этапах, где на первом этапе решается задача оптимальной классификации и определяются разделяющие функции соседних множеств возможных состояний, а на втором этапе определяется правило принятия решений и с использованием этого правила осуществляется диагностирование гидратообразования, также как в существующей практике, по наблюдениям ПС в реальном масштабе времени. Однако для такого диагностирования характерны:

1. Запоздалость принятых решений;
2. Случайность природы оперативных наблюдений ПС.

Запоздалость принятых решений связано с получением информации из источника о ПС, ее кодированием, передачей ее по каналу связи до места принятия решений, декодированием информации, принятием решений, реализацией принятого решения и т.п. Из-за таких запаздываний принятое решение о существующем состоянии объекта диагностирования (ОД) может оказаться ошибочным. А непосредственное использование информации о ПС со случайной природой способствует снижению надежности принятого решения, следовательно, повышению ошибки такого решения.

В связи со сказанным, для качественного и своевременного принятия решения, представляется важным вопрос сглаживания и прогнозирования ПС. Ниже рассматривается такой вопрос.

2. Постановка задачи. Следует отметить, что вопросы сглаживания и прогнозирования ПС взаимосвязаны. Так что статистическое сглаживание ПС для стационарных объектов, одновременно имеет прогнозирующую ее способность. В качестве сглаживающих характеристик стационарных случайных процессов, в том числе ПС, можно использовать статистические показатели последних, чаще всего средние их значения, их регрессионные зависимости от влияющих на них показателей, дисперсии и т.д. Для стационарных объектов эти статистические показатели во времени не изменяются. В то же время статистическое прогнозирование ПС для нестационарных объектов, одновременно имеет сглаживающую способность их характеристик по времени. Существует много методов статистического прогнозирования квазистационарных и нестационарных процессов. К числу таких методов можно отнести методы скользящих средних, экспоненциального сглаживания,

авторегрессии, гармонических весов и т.п. [4, с.430-433; 5, с.42-45]. Во всех этих методах прогнозирование осуществляется на скользящем временном ряде с определенной длины числом элементов n , которая колеблется в пределах [2, 10] и $n < N$, где N – общее число дискретных интервалов периода T функционирования ОД (рис.1)

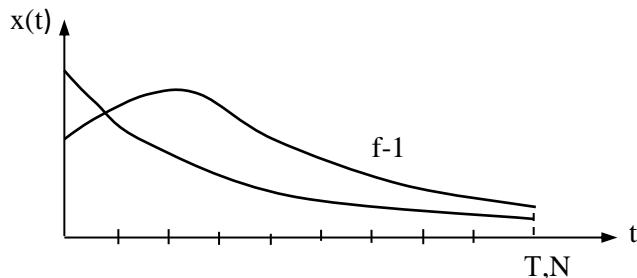


Рис.1. Скользящий временной ряд

Прогнозирование ПС для нестационарных объектов на основе скользящего временного ряда начинается с временного ряда с элементами из первых n дискретных интервалов и проводится чаще всего на один интервал в период, то есть на $n+1$ -й дискретный момент времени. Затем временной ряд на несколько дискретных интервалов сдвигается направо и прогнозирование повторяется (рис.2). На рисунке сдвиг временного ряда направо (взят один дискретный интервал).

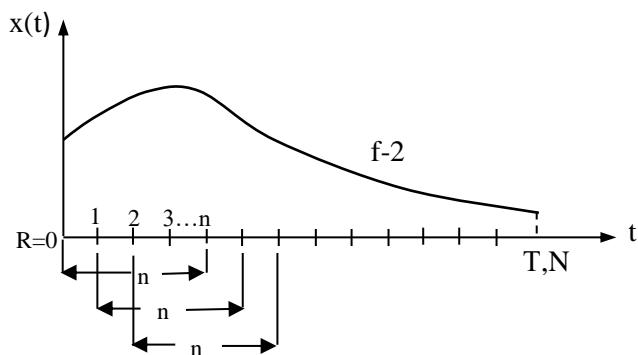


Рис.2. Сдвиг временного ряда направо

При таком прогнозировании длина (число элементов) временного ряда не изменяется и в каждом шаге прогнозирования прогнозное значение $PC-x(n+1)$ используется для диагностирования состояния рассматриваемого объекта.

ПС гидратообразования, какими являются температура и давление сырого газа в конце шлейфа, которые, как правило, нестационарные как в течение суток, так и в течение зимнего сезона при соответствующих масштабах времени их измерения. Это связано с нестационарностью погодных условий в соответствующих периодах. В качестве масштаба измерения ПС в течение суток можно взять 1-2 часа, а в течение зимнего сезона сутки и может быть декаду. Поэтому для диагностирования состояния гидратообразования в газосборных шлейфах успешно можно использовать один из вышеуказанных методов. Среди этих методов наиболее простыми и в прикладном аспекте удобными являются методы скользящих средних и авторегрессии. Однако в простом варианте скользящих средних первого порядка и в методе авторегрессии вообще в используемых временных рядах старение информации не учитывается. В то же время как в методах экспоненциального сглаживания и гармонических весов во временных рядах старение информации учитывается. Однако метод экспоненциального сглаживания чувствителен к выбору начальных значений скользящих средних, составляющих основу данного метода, а в методе гармонических весов

прогнозирующая функция строится на скользящих временных интервалах методом наименьших квадратов по достаточно ограниченному числу экспериментов (по двум или трем измерениям ПС) и поэтому оценка коэффициентов этой функции имеют низкие надежности. В связи со сказанным в работе для прогнозирования ПС гидратообразования используется метод скользящих средних первого порядка.

3. Решение задачи. Классический метод скользящих средних (скользящих средних первого порядка) в различных вариантах разработан Е.Е. Слуцким, Е. Юлом и Н.Г. Кендалом.

В методе скользящих средних на основе скользящего временного ряда в темпе его скольжения последовательно вычисляется среднее значение ПС x и принимается возможность использования этого значения x , как его прогнозное значение на некоторое число дискретных интервалов l ($l=1,2,3,..$) в период. Разумеется, что с увеличением l ошибка прогнозирования будет расти.

В методе скользящих средних [3, с.173-176; 4, с.430-433] на каждом шаге после определения скользящих средних временной ряд на γ интервалов сдвигается направо, т.е. из n элементов временного ряда слева γ первых (старых) элементов исключается из рассмотрения и столько же новых элементов добавляется к нему справа. Таким образом, число элементов временного ряда от шага к шагу не изменяется, зато частично обновляется.

В классическом методе скользящих средних число интервалов скольжения временного ряда γ берется равным одному дискретному интервалу.

В методе скользящих средних среднее значение x при нечетном числе элементов $k, k = \overline{0, n}$ соответствует к моменту времени $k^* = \frac{n}{2} + 1$ и определяется следующим образом [4, с.431; 5, с.43]:

$$\bar{x}_{k^*} = \frac{1}{2\beta+1} (x_{k^*-\beta} + x_{k^*-\beta+1} + \dots + x_{k^*} + x_{k^*+1} + \dots + x_{k^*+\beta}) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n x_k ,$$

а при четном числе элементов $k, k = \overline{0, n}$ среднее значение x определяется следующим образом [4, с.431; 5, с.44]:

$$\bar{x}_{k^*} = \frac{1}{2\beta} \left(\frac{1}{2} x_0 + x_{k^*-\beta} + x_{k^*-\beta+1} + \dots + x_{k^*} + x_{k^*+1} + \dots + x_{k^*+\beta} + \frac{1}{2} x_N \right) = \frac{1}{n} \left(\sum_{k=1}^{n-1} x_k + \frac{1}{2} (x_0 + x_N) \right)$$

где β – число дискретных точек, взятых налево и направо от средней точки $x_{??*}$. Для первого выражения $\beta = \frac{n}{2}$, а для второго – $\beta = \frac{n-1}{2}$.

Если метод скользящих средних заново использовать для вычисленных вышеуказанным способом скользящих средних x , то можно получить скользящие средние второго порядка [4, с.433]. Для $n=2$ дискретных интервалов скользящие средние второго порядка \bar{x} определяются следующим образом:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{3} (\bar{x}_{k^*-1} + \bar{x}_{k^*} + \bar{x}_{k^*+1}) = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{3} (x_{k^*-2} + x_{k^*-1} + x_{k^*}) + \frac{1}{3} (x_{k^*-1} + x_{k^*} + x_{k^*+1}) + \frac{1}{3} (x_{k^*} + x_{k^*+1} + x_{k^*+2}) \right) = \frac{1}{9} x_{k^*-2} + \frac{2}{9} x_{k^*-1} + \frac{3}{9} x_{k^*} + \frac{2}{9} x_{k^*+1} + \frac{1}{9} x_{k^*+2}$$

Как видно, в скользящих средних второго порядка, в отличие от скользящих средних первого порядка, слагаемые имеют различные весовые коэффициенты и эти коэффициенты симметрично убывают с удалением от x_{k^*} в обе стороны.

Как можно заметить из выражений скользящих средних первого порядка, элементами ряда являются непосредственно последовательно измеряемые значения ПС и все эти элементы имеют одинаковую степень информированности. А в выражении скользящих

средних второго порядка элементы имеют симметрично-убывающие коэффициенты с удалением от центра. Однако эти коэффициенты никак не отражают старение информации и получается из математических процедур, выполняемых при выводе данного выражения. А в реальности каждое измеренное значение некоторой случайной величины имеет определенную информативную ценность. Для нестационарных величин их последовательно-измеренные значения выражают изменение статистических характеристик этих величин во времени. Если такая информация используется для интерполяции или экстраполяции за весь период изменения рассматриваемой величины как функции времени, то нельзя говорить о старении информации. А если же такая информация используется для последовательной аппроксимации величин на небольших интервалах времени упрощенными функциями, то можно говорить о старении информации. Такая ситуация имеет место в последовательном прогнозировании ПС объектов, в частности ПС гидратообразования по скользящему временному ряду с ограниченным числом элементов.

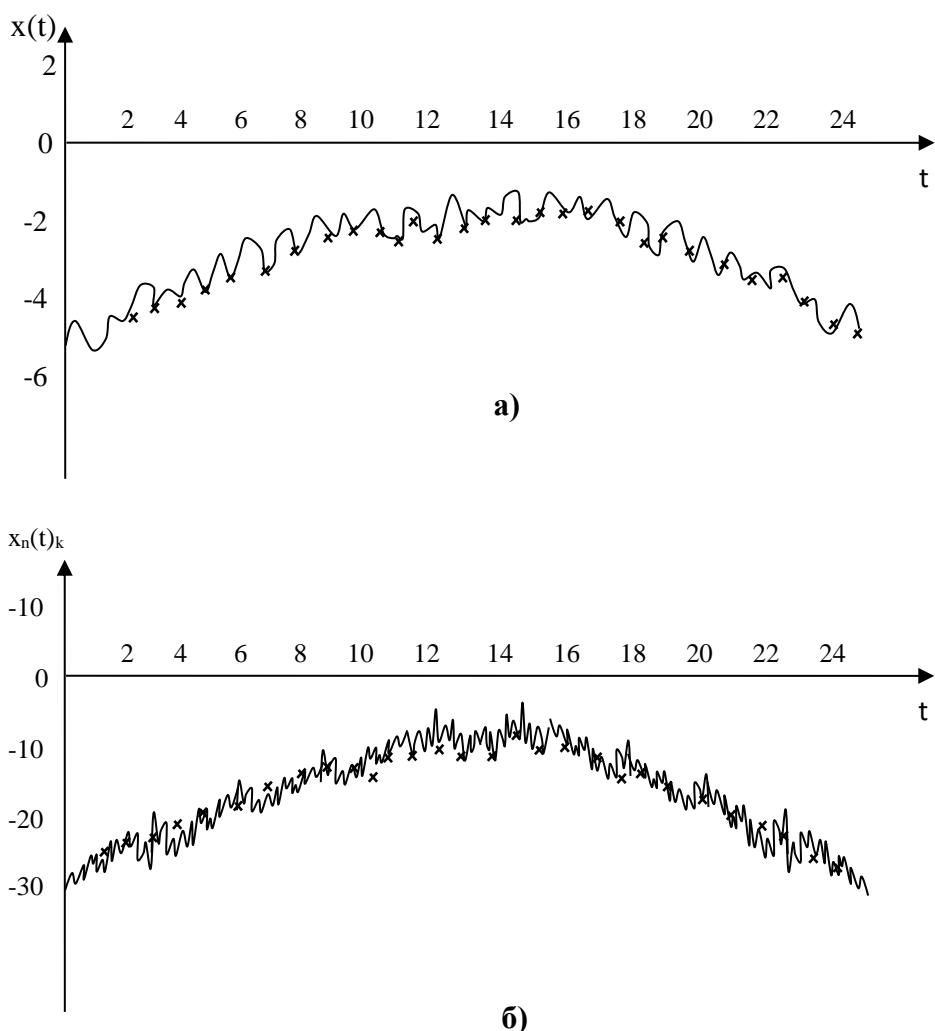


Рис.3. Фрагмент изменения температуры сырого газа в конце шлейфа (а); погоды (б)

На рис.3 а и б представлены фрагменты изменения температур в конце шлейфа (рис.3, а) и погоды (рис.3, б) в течение 24-х часов и проведено их прогнозирование на один дискретный интервал (час) вперед с применением метода скользящих средних. При этом в качестве скользящего временного ряда использованы значения температур в трех

последовательных дискретных точках. На рисунках прогнозные значения температур указаны крестиками. Как можно заметить из рисунка, прогнозирование ПС методом скользящего среднего способствовало существенной фильтрации ее от высокочастотных случайных колебаний.

4. Заключение. Предложено диагностирование состояния гидратообразования в газосборных шлейфах в нестационарных условиях путем прогнозирования его ПС, которое способствует повышению его качества. Прогнозирование ПС осуществляется с применением метода скользящих средних по скользящему временному ряду.

Литература

1. Iskenderova A.T. Diagnosing hydrate formation in gas craft loops. The 1st international conference on control and optimization with industrial applications. Baku, 2005, p.56.
2. Искендерова А.Т. Байесова-адаптивно-параметрическое диагностирование гидратообразования в газосборных шлейфах при недостаточной информации. ИЗВ в НАНА, серия физико-технических и математических наук. 2011, №6, с.9-14.
3. Искендерова А.Т. Адаптивная классификация множеств состояний гидратообразования в газосборных шлейфах. Изв. НАНА, серия физико-технических и математических наук. 2013, №6. с.173-176.
4. Rzayev T.H. Диагностирование технических систем. Bakı, elm və təhsil, 2016, 635s.
5. Френкель А.А. Математические методы анализа динамики и прогнозирование производительности труда. М.: Экономика, 1972.

UOT 622.279:519.226

A.T. İsgəndərova

Qaztoplayıcı şleyflərdə hidratın əmələgəlməsinin vəziyyət dəyişənlərinin proqnozlaşdırılması yolu ilə diaqnozlaşdırılması

Qaztoplayıcı şleyflərdə hidratın əmələgəlməsinin qeyri-stasionar şəraitdə vəziyyət dəyişənlərinin (VD) proqnozlaşdırılması yolu ilə diaqnozlaşdırılması təklif olunmuşdur. Belə diaqnozlaşdırma onun keyfiyyətinin artmasına səbəb olur. Vəziyyət dəyişənlərinin proqnozlaşdırılması sürüşən zaman sırası sürüşən orta qiymətlər üsulundan istifadə etməklə yerinə yetirilir.

Açar sözlər : hidratın əmələgəlməsi, şleyf, sürüşən orta, proqnozlaşdırma, diaqnozlaşdırma

A.T. Iskenderova

Diagnostics of hydrate formation in gas gathering line in non-stationary conditions with prediction of state variables

The diagnostics of the state of hydrate formation in gas-gathering plumes under non-stationary conditions is suggested by predicting the state variables (SV), which contributes to the improvement of its quality. The prediction of SV is carried out using the moving average method on a sliding time series.

Keywords: hydrate formation, trail, moving average, forecasting, diagnosis