

Информационные технологии

УДК 681.5.015:621.64

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ С АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ МНОЖЕСТВА КОРРОЗИОННЫХ СОСТОЯНИЙ

А.Ю. Владова

*Оренбургский государственный университет
460018, г. Оренбург, ГСП, пр. Победы, 13*

На основе новой градации «степень повреждения» выявлены конечные множества коррозионных состояний технологических трубопроводов и отображены графовыми моделями с соответствующими вероятностями пребывания объектов. На примере конденсатопровода с четырьмя степенями повреждений построена графовая модель, определена эффективность функционирования и найдено распределенное управляющее воздействие по переводу объекта на уровень с меньшими степенями повреждений.

Ключевые слова: аналитическая идентификация, графовые модели, марковские потоки повреждений и восстановлений, коррозионные состояния трубопроводов, эффективность функционирования трубопроводов.

Введение

Важную роль в структуре газоперерабатывающих заводов играют стареющие технологические трубопроводы (ТПП), наработка которых приближается к нормативному ресурсу. Например, средняя наработка ТПП Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) близка к 22 годам. Значительная наработка приводит к необходимости выполнения больших объемов диагностических и ремонтных работ по поддержанию ТПП в работоспособном состоянии. Увеличивающаяся продолжительность их эксплуатации, износ оборудования выдвигают вопросы повышения эффективности функционирования технологических трубопроводов на этапе длительной эксплуатации в число наиболее важных научных проблем. В общем случае эффективность функционирования $W(t)$ ТПП находится в виде аддитивной модели, представляющей сумму произведений коэффициентов весомости a_i и соответствующих частных характеристик X_i надежности функционирования, стоимости эксплуатации и производительности. В качестве четвертой компоненты вводится поврежденность как функция со значениями, определяющимися уровнем, на котором находятся коррозионные состояния (КС) конкретного ТПП. Поэтому значимым выступает разработанный метод аналитической идентификации, способный выявить множество КС, построить графовые модели, записать и решить системы дифференциальных и алгебраических уравнений относительно вероятностей [1].

Владова Алла Юрьевна - к.т.н., доцент.

Аналитическая идентификация множества коррозионных состояний технологических трубопроводов на графовых моделях

Повреждения и восстановления металла ТТП представлены случайными событиями и организованы в марковские потоки, отвечающие требованиям стационарности, отсутствия последействия и ординарности. Введена новая градация - степень повреждения, представляющая собой ограниченное количество диапазонов геометрических характеристик наиболее вероятных коррозионных повреждений металла и получаемых обработкой диагностической информации по остаточным толщинам стенок ТТП [2]. Например, для одного из конденсаторопроводов ОНГКМ с диаметром 377, сталь 20, длиной 214 км по результатам последней инспекции 2004 г. по 5%-ному барьеру выделены 4 степени повреждений с существенными диапазонами остаточной толщины стенки: S_0 [18,8; 19,8], S_1 [17,8; 18,8] мм, S_2 [16,8; 17,8] мм, S_3 [15,8; 16,8] мм. Созданное представление принципиально отображается графовой моделью с иерархически упорядоченными КС (рис. 1): исходное на момент диагностирования S_0 , основные $S_1 \dots S_3$ и композиционные $S_4 \dots S_{10}$, взаимные интенсивности повреждений λ_{mn} , и восстановлений μ_{nm} металла (где индексы m, n определяют номера соединяемых дугой КС и изменяются от 0 до 10) и математический аппарат марковских потоков случайных событий [3] в виде систем дифференциальных или алгебраических уравнений относительно временных $p_i(t)$ или стационарных P_i , вероятностей КС (где $i = 0..10$ - номер КС).

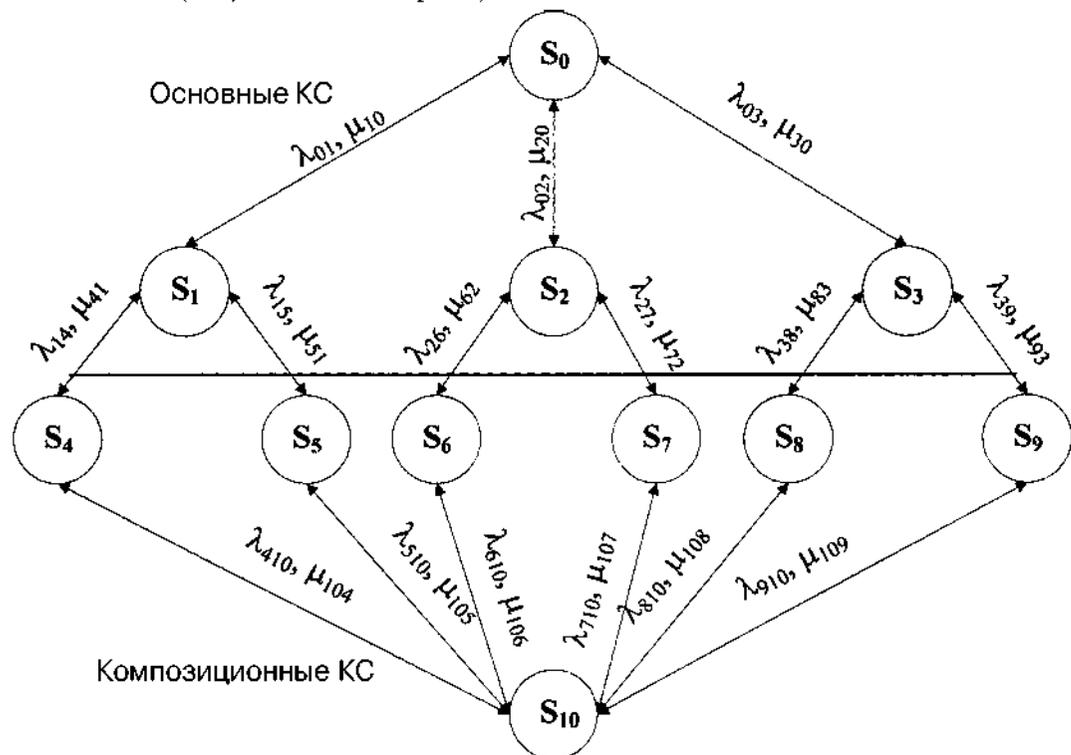


Рис. 1. Графовая модель ТТП с четырьмя типами повреждений

Аналитическое решение системы дифференциальных уравнений, составленное по графовой модели, выглядит следующим образом:

$$P_0(t) = P_0(0) + (P_1(t) - P_0(0))e^{-\lambda_1 t} + P_2(0)e^{-\lambda_2 t} + P_3(0)e^{-\lambda_3 t} + P_4(0)e^{-\lambda_4 t} + \dots + P_n(0)e^{-\lambda_n t} + V^2 + V^3 + \dots + V^n;$$

$$P_{\text{ж}}(t) = P_0(t) + (p_1(t) - P_0(t))L_1 + (p_2(t) - P_0(t))L_2 + (p_3(t) - P_0(t))L_3 + \dots + (p_n(t) - P_0(t))L_n,$$

где L_i - коэффициенты полиномов, выраженные через интенсивности потоков повреждений и восстановлений и начальные условия $\{p_0(0), \dots, p_n(0)\}$;

n - старшая степень разложения в ряд.

Поврежденность ТТП $D(t)$ оценили по аддитивной модели как сумму произведений функций вероятностей пребывания $p_i(t)$ в i -том КС на нормированные коэффициенты r_i (сумма которых равна 100 ед.), определяющиеся номером основных КС графовой модели:

где k - количество основных КС графовой модели.

Результаты аналитической идентификации коррозионных состояний

Для рассматриваемого конденсаторпровода получены отношения количеств дефектов в восстановленных основных КС к наработке, представляющие собой взаимные интенсивности потоков восстановлений: $\lambda_{10} = 0.002053 \text{ год}^{-1}$; $\lambda_{20} = 0.002399 \text{ год}^{-1}$; $\lambda_{30} = 0.003142 \text{ год}^{-1}$. Найдены вероятностные функции при равновероятных начальных условиях для основных КС графовой модели с четырьмя степенями повреждений:

$$\begin{aligned} p_0(t) &= 0.25 - 0.00386 t + 0.00002 t^2 + 0.130E-6 t^3 \\ p_1(t) &= 0.25 - 0.00626 t + 0.00010 t^2 - 0.142E-5 t^3 \\ p_2(t) &= 0.25 - 0.00635 t + 0.00010 t^2 - 0.155E-5 t^3 \\ p_3(t) &= 0.25 - 0.00653 t + 0.00012 t^2 + 0.183E-5 t^3 \end{aligned} \quad (2)$$

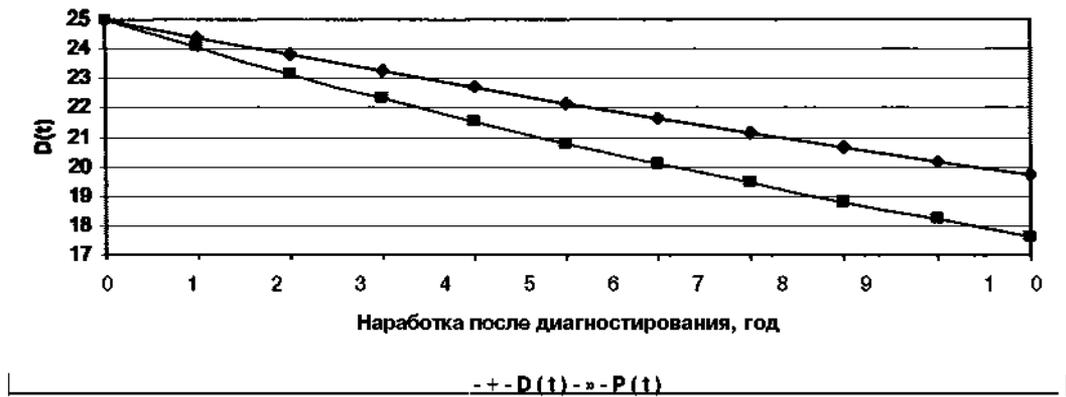
В соответствии с выражением (1) получена функция поврежденности $D(t)$ (рис. 2) при $P_0 = 10$, $P_1 = 20$, $P_2 = 30$, $P_3 = 40$. Результаты показывают, что время пребывания в каждом коррозионном состоянии различно, и возможно добиться перевода объекта в исходное на момент диагностирования коррозионное состояние S_0 за счет изменения интенсивностей восстановлений λ_{nm} основных КС. В частности, после переопределения интенсивностей восстановлений до величин: $\lambda_{10} = 0.02053 \text{ год}^{-1}$; $\lambda_{20} = 0.02399 \text{ год}^{-1}$; $\lambda_{30} = 0.03142 \text{ год}^{-1}$ получили следующие вероятности КС с большим временем пребывания ТТП в исходном коррозионном состоянии S_0 :

$$\begin{aligned} p_0(t) &= 0.25 + 0.01323 t - 0.00062 t^2 + 0.155E-4 t^3; \\ p_1(t) &= 0.25 - 0.01088 t + 0.00033 t^2 + 0.719E-5 t^3 \\ p_2(t) &= 0.25 - 0.01175 t + 0.00038 t^2 - 0.906E-5 t^3; \\ p_3(t) &= 0.25 - 0.01360 t + 0.00052 t^2 - 0.137E-4 t^3 \end{aligned} \quad (3)$$

На рис. 2 приведены графики функций поврежденности конденсаторпровода без и с найденными величинами распределенного управляющего воздействия.

В качестве меры сравнения результатов поврежденности объекта принят нормированный интегральный критерий вида

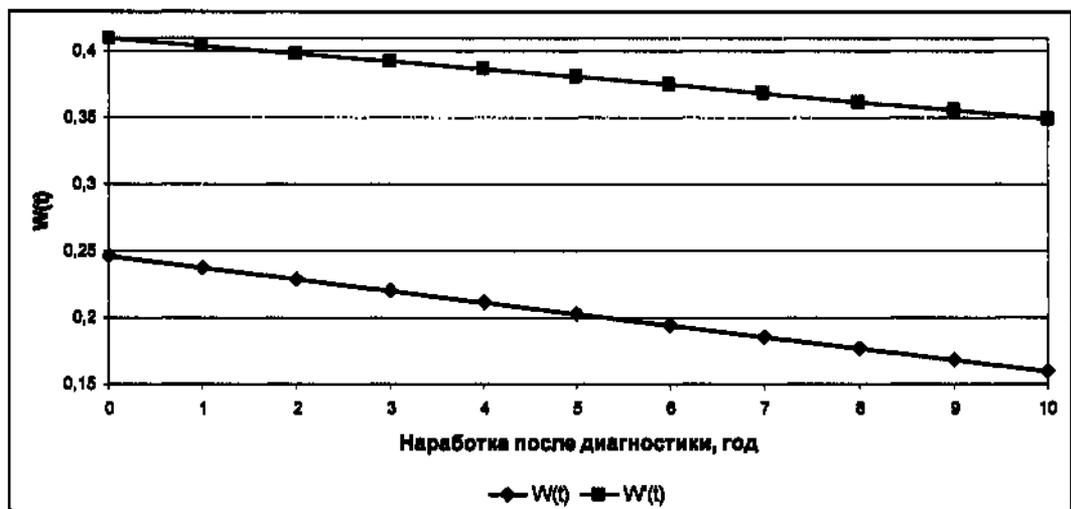
$$J_D = \int_0^t (D(t) - D(t)) dt. \quad (4)$$



Р и с. 2. Влияние величины распределенного управляющего воздействия на поврежденность конденсатопровода

Его величина при переводе объекта в исходное коррозионное состояние S_0 со-
 ставила $J_D = \frac{1}{0} |(0.36640/-0.02242/2 + 0.00066/3) L = 12.49800$.

Установлено, что с ростом наработки на этапе длительной эксплуатации надежность функционирования ТТП монотонно убывает, поставка газа растет, а относительная стоимость эксплуатации увеличивается. Результаты расчета эффективности функционирования трубопроводов по аддитивной модели без учета поврежденное™ $W(t)$ и с ее учетом $\bar{W}(t)$ для конденсатопровода с 4-мя степенями повреждений приведены на рис. 3.



Р и с. 3. Эффективности функционирования конденсатопровода до и после проведения аналитической идентификации

Обсуждение результатов

Графики эффективности функционирования конденсатопровода с проведением и без аналитической идентификации уменьшаются с увеличением наработки, но

функция $W(t)$, учитывающая величину распределенного управляющего воздействия, неизменно сохраняет большее по сравнению с исходной абсолютное значение.

Выводы

Впервые предложены графовые и соответствующие марковские модели нахождения конечного множества разных по степени повреждения КС ТТП как сложного объекта управления.

Впервые предложена возможность адресных приложений распределенного управляющего воздействия на интенсивности восстановлений основных КС, с помощью которых объект управления переводится на исходное на момент диагностики коррозионное состояние.

Для определения эффективности функционирования технологических трубопроводов разработана методика, включающая кроме традиционных частных характеристик важную компоненту - поврежденность, определяющуюся по результатам аналитической идентификации. Результаты исследований показывают, что эффективность функционирования ТТП в этом случае возрастает в среднем на 5.7...9.6 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения. - М.: Наука, 1988. - 480 с.
2. *Владова, А.Ю.* Аналитическое прогнозирование коррозионных состояний длительно эксплуатирующихся трубопроводов по эквивалентным вероятностным функциям // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2008. - №6. - С. 36-39.
3. *Владова А.Ю., Владов Ю.Р.* Марковская идентификация коррозионных состояний трубопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2009. - №7. - С. 40-48.

Статья поступила в редакцию 26 августа 2009 г.

UDC 681.5.015:621.64

EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL PIPELINES FUNCTIONING WITH ANALYTICAL IDENTIFICATION OF A CORROSION CONDITIONS SET

A.Y. Vladova

Orenburg state university,
13 Pobedy avenue GSP, 460018, Orenburg

On a basis of a new gradation "damage rate", a limited sets of technological pipelines corrosion conditions are revealed and displayed with graph models and probability functions. An example of a condensate pipe with three damage rates gives a process of graph model building, a functioning efficiency and control influences of transferring an object to a better level defining.

Keywords: analytical identification, graph models, marcovian streams of damages and recovers, corrosion conditions of pipelines, an efficiency of pipelines functioning.