

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН



2015 * № 4

Электронный журнал
On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© Коллектив авторов, 2015

УДК 004.896:681.5.05

*Ю.Р. Владов¹, А.Ю. Владова¹, Д.Н. Щепинов², А.А. Бауэр², А.Е. Пятаев²,
В.В. Влацкий¹*

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ РИСКА И УЧЕТОМ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ

¹ Оренбургский научный центр УрО РАН, Отдел геоэкологии, Оренбург, Россия

² ООО «Газпром добыча Оренбург», Оренбург, Россия

Цель. Повышение эффективности функционирования газотранспортных систем за счет управления их состоянием с идентификацией риска.

Материалы и методы. Для решения проблемы управления состоянием техногенно-природных объектов (ТПО) с учетом сложности механизма его изменения и случайного характера возникновения и развития аварий в сложных условиях эксплуатации разработана соответствующая автоматизированная система управления (АСУ) с идентификацией риска.

Результаты. Применение данного подхода позволяет:

- идентифицировать величину риска аварии на газотранспортных системах (ГТС) и управлять безопасностью ТПО;
- перераспределять ресурсы и затраты адекватно и соответственно существующим техногенным опасностям;
- планировать обследования на научной основе для выявления наиболее вероятного и опасного вида износа;
- снизить вероятность аварии ГТС за счет целевого использования временных и материальных ресурсов.

Заключение. Построенная с использованием агрегированных аналитических моделей технология интеллектуального управления состоянием ТПО с идентификацией риска представляет собой комплекс взаимно увязанных процедур, на выходе которого достигается оптимальное управленческое решение, позволяющее существенно повысить эффективность функционирования газотранспортных систем.

Ключевые слова: структурный синтез, агрегированные аналитические модели, технология управления состоянием, идентификация риска, газотранспортные системы, техногенно-природные объекты.

*Y.R. Vladov¹, A.Y. Vladova¹, D.N. Schepinov², A.A. Bauer², A.E. Pyataev²,
V.V. Vlackiy¹*

MANAGEMENT TECHNOLOGY STATE OF THE GAS TRANSPORT SYSTEMS WITH RISK IDENTIFICATION

¹ Orenburg Scientific Centre UrB RAS, Department of Geoecology, Orenburg, Russia

² «Gazprom dobycha Orenburg» LTD, Orenburg, Russia

Objective. The effective functioning of gas transportation systems through the management of their condition with the risk identification.

Materials and methods. To solve the control state of technogenic and natural objects given the complexity of the mechanism of its change, and accidental nature of the occurrence and development of accidents in difficult conditions developed automated control system with identification of risk.

Results. Applying this approach has allowed:

- to identify the amount of risk of accident on gas transmission systems and to manage the safety of technogenic and natural objects;
- reallocate resources and costs adequately and, accordingly, existing man-made hazards;
- to plan the examination on the scientific basis for identifying the most likely and dangerous form of wear;
- to reduce the probability of an accident of gas transmission systems at the expense of target use of time and mA-material resources.

Conclusion. Built using aggregate analytical models of the technology of intelligent control of condition of technogenic and natural objects with the identification of risk represents a complex of mutually linked procedures, the output of which is achieved by optimal management decisions, allowing to raise efficiency of functioning of gas-transport systems.

Keywords: structural synthesis, the aggregated analytical model, technology state management, risk identification, transmission system, technogenic and natural objects.

Введение

Многообразие как независимых, так и взаимно коррелируемых факторов, действующих на газотранспортные системы (ГТС), существенно усложняет управление их техническим состоянием. Определить фактическое состояние ГТС, а также значение риска достаточно сложно из-за недостатка первичной информации для нормативного и аналитического методов и недостаточной глубины однородных выборок для статистического метода. Для решения проблемы управления состоянием ГТС с учетом сложности механизма его изменения и случайного характера возникновения и развития аварий предложена технология управления состоянием ГТС с идентификацией риска и учетом природных факторов на основе построения соответствующих агрегированных моделей, обладающих рядом эмерджентных свойств.

Структурный синтез автоматизированной системы управления (АСУ). При разработке АСУ применен метод структурного синтеза [1, 2], который позволяет найти структуру управления, обеспечивающей изменение во времени регулируемой величины согласно составленным дифференциальным уравнениям (соотношения 1 и 2). Структура управления синтезирована без конкретных значений параметров в символьном виде (рис. 1).

Учитывая, что широкий класс технологических объектов управления описывается системой линейных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\dot{x} = f(x, d, u), \quad (1)$$

представим ТПО как многомерный технологический объект управления

(МТОУ), характеризующийся вектором состояния - \bar{x} и его производной. На МТОУ действует вектор возмущений - \bar{d} , и сформированный управляющий вектор - \bar{u} .

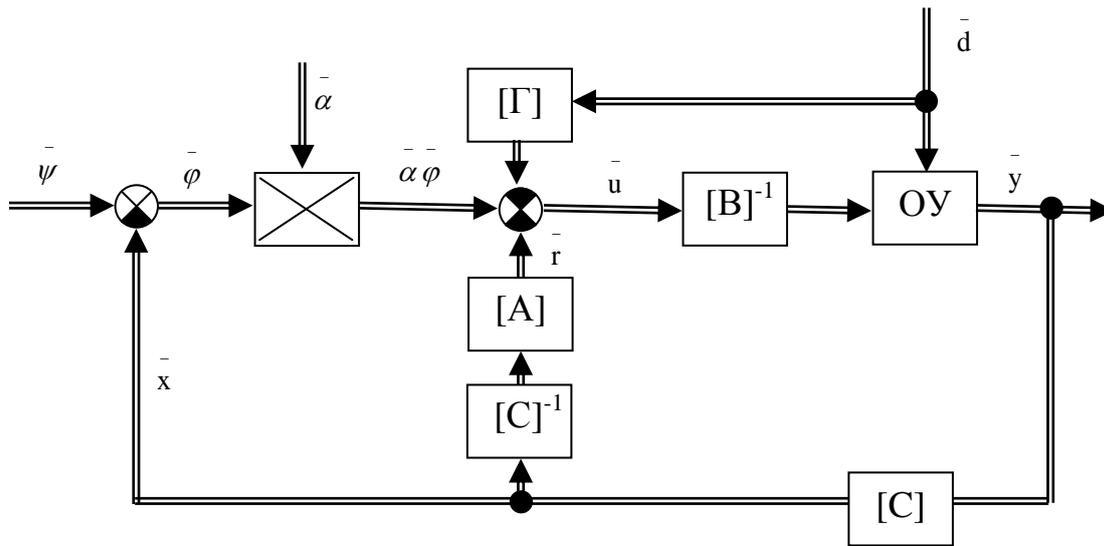


Рис. 1. Структура комбинированной автоматизированной системы управления состоянием ТПО с идентификацией риска.

При синтезе системы управления необходимо учесть, что информация о состоянии ТПО представляется в виде некоторого сигнала, поэтому заданную часть системы представляем в виде «черного ящика». Система линейных дифференциальных уравнений первого порядка имеет вид (2):

$$\begin{cases} \dot{\bar{x}} = [A]\bar{x} + [B]\bar{u} + [\Gamma]\bar{d}; \\ \bar{\varphi} = \bar{\psi} - \bar{x}, \\ \bar{x}(t_0) = \bar{x}_0, \end{cases} \quad (2)$$

где $\bar{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$ вектор фактического состояния МТОУ; $\bar{d} = \begin{bmatrix} d_1 \\ \dots \\ d_m \end{bmatrix}$ вектор

возмущений;

$\bar{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_m \end{bmatrix}$ вектор наблюдений; $\bar{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_p \end{bmatrix}$ вектор управляющих воздействий;

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} \dots a_{1n} \\ \dots \\ a_{n1} \dots a_{nn} \end{bmatrix}; \quad [B] = \begin{bmatrix} b_{11} \dots b_{1p} \\ \dots \\ b_{p1} \dots b_{pp} \end{bmatrix}; \quad [C] = \begin{bmatrix} c_{11} \dots c_{1q} \\ \dots \\ c_{q1} \dots c_{qq} \end{bmatrix}; \quad [C]^{-1} = \begin{bmatrix} c_{11} \dots c_{1q} \\ \dots \\ c_{q1} \dots c_{qq} \end{bmatrix}; \quad [\Gamma] = \begin{bmatrix} y_{11} \dots y_{1m} \\ \dots \\ y_{m1} \dots y_{mm} \end{bmatrix}$$

- матрицы соответствующих размерностей, характеризующие:

[A] - определение оптимальной агрегированной модели;

[B] - управляющее воздействие (управленческое решение);

[C] - построение агрегированных моделей;

$[C]^{-1}$ - состояния элементов объектов ГТС;

[Г] - вектор основного возмущения; вектор риска \bar{r} ; вектор весовых коэффициентов $\bar{\alpha}$; вектор ошибки системы $\bar{\varphi}$; вектор желаемого состояния ГТС $\bar{\psi}$.

Поскольку в данной постановке научной проблемы $\bar{\psi} = \text{const}$, то с учетом соотношений для вектора $\bar{\varphi}$ получаем синтезированный вектор требуемого управления \bar{u} (3):

$$\bar{u} = \left[\left(\bar{\alpha} \bar{\varphi} - [A] \cdot [C]^{-1} \bar{r} \right) - [\Gamma] \bar{d} \right] \cdot [B]^{-1}. \quad (3)$$

Размерности матриц определяем следующим образом. Проводим идентификацию опасностей ТПО с выявлением потенциально опасных участков. Составляем поэлементную схему каждого участка (матрица $[C]^{-1}$) и определяем значения основных факторов влияния для каждого элемента (матрица [Г]).

Существенное снижение размерности задачи достигаем за счет агрегирования исходной информации по объектам и элементам ТПО. Алгоритмическое обеспечение этапа: методика нормирования массивов исходных данных; декомпозиция массива на элементы и построение на их основе агрегированных аналитических моделей – аддитивной, мультипликативной и комбинированной (матрица [C]) – с последующим выбором оптимальной из них по критерию минимума среднего значения (матрица [A]).

Разработанная комбинированная многомерная АСУ состоянием ТПО с идентификацией риска и декомпозицией задач получает на входе информацию об основных факторах влияния на объекты ТПО, а на выходе формируется управленческая информация при различных сценариях развития ситуации с идентификацией риска рассматриваемых объектов, кроме этого проводится оценка техногенных и природных факторов, оказывающих наибольшее влияние. АСУ работает не в режиме реального времени, а периодически после проведения диагностирования и при необходимости идентификации риска объектов ТПО.

Алгоритм управления состоянием ТПО и основные блоки АСУ. Для реализации АСУ, разработан алгоритм управления состоянием ГТС [3, 4], транспортирующей сероводородсодержащие среды (рис. 2).



Рис. 2. Схема алгоритма нахождения оптимального решения для управления состоянием газотранспортных систем.

При этом идентификацию риска проводим не всей ГТС, а только потенциально опасных участков [1-4], которые определяются в результате проведения аналитической идентификации техногенно-природных опасностей.

Управление состоянием ГТС по предложенному алгоритму проводится следующим образом.

Блок 3. Определение потенциально опасных участков ГТС. Анализ особенностей эксплуатации ГТС показал, что безопасная эксплуатация обеспечивается за счет соблюдения норм и правил, отраженных в нормативных документах. В то же время на ГТС существуют проблемные участки, безопасная эксплуатация которых не регламентирована нормативными документами. За потенциально опасный участок принимаем участок ГТС на котором не проводится периодическое диагностическое обследование и/или на него действуют внешние нагрузки, не предусмотренные проектом. Например, участки с несанкционированными врезками, воздушные и подводные переходы через естественные преграды, крановые узлы, холодные врезки и др.

Блок 4. Идентификация техногенных опасностей ГТС. Идентификация источников опасности с исследованием процессов возможного воздействия на объекты является наиболее трудоемким и в то же время ответственным этапом. Некачественный анализ риска, например занижение значений его показателей, приводит к недооценке существующей опасности, а завышение значений показателей риска существенно увеличивает эксплуатационные затраты на обеспечение безопасной эксплуатации объектов.

Техногенные и природные факторы. Систематизация данных расследования причин аварий и анализ зарегистрированных отказов показывают, что на объектах, аналогичных рассматриваемым возможны аварии, сопровождающиеся взрывами, пожарами и загрязнением окружающей природной среды.

Блок 5. Оценка факторов, оказывающих наибольшее влияние на величину риска. Из статистических данных по отказам проблемных участков ГТС определяются группы факторов влияния с указанием относительного «вклада» каждой группы в суммарную статистику отказов с помощью весового коэффициента. В пределах каждой группы $Гр_i$ имеется различное количество (J_i) факторов влияния. Относительный вклад фактора F_{ij} внутри своей группы в изменение величины риска рассматриваемого участка ГТС учитывается с помощью весовых коэффициентов (доли фактора в группе) q_{ij} (табл. 1).

Таблица 1. Группы факторов влияния и относительные «вклады» каждой группы

Наименование группы факторов и их значения		Факторы
Внешние антропогенные воздействия	0,25	Глубина заложения трубопровода; уровень антропогенной активности; степень защиты наземного оборудования; состояние охранной зоны трубопровода
Природные воздействия	0,25	Наличие оползней, провисов и размывов
Качество строительно-монтажных работ	0,15	Категория участка по сложности производства работ; контроль качества строительных и сварочно-монтажных работ
Эксплуатационные факторы	0,1	Периодичность и качество диагностики и ремонта; коррозионная активность транспортируемой среды, качество связи
Качество производства труб и запорной арматуры	0,2	Технология изготовления и марка стали труб и ЗА; поставщик труб; характеристики металла
Конструктивно-технологические факторы	0,1	Толщина стенки трубы; надежность защиты от гидравлических ударов; состояние опор; наличие кожуха (пригрузов)

Группа 1 - Внешние антропогенные воздействия. Факторы учитывают категоричность участка. Она включает его назначение, диаметр, рабочее давление транспортируемой среды, вид пересечений на трассе рассматриваемых ГТС, состояние охранной зоны ГТС, возможность вмешательства посторонних лиц, частоту патрулирования.

Группа 2 - Природные воздействия. В группе рассматриваются факторы влияния, связанные с природными воздействиями механического характера: повреждения ГТС при деформациях грунта; повреждения прямых и слабоизогнутых участков ГТС вследствие его продольно-поперечного изгиба; неравномерная осадка участков ГТС; размывы траншеи на подводном переходе.

Группа 3 - Качество строительно-монтажных работ. Зависит от многих факторов, среди которых важное место занимают сложность трассы, климатические условия, уровень квалификации строителей, контроль всех строительных операций, адекватность и качество материалов, условия их транспортирования и хранения.

Группа 4 - Эксплуатационные факторы. Для упорядочения оценки объектов требованиям промышленной безопасности и безотказной работы введена группа эксплуатационных факторов, в которой учтены основные при-

знаки безопасности объектов в целом.

Группа 5 - Качество труб и запорной арматуры (ЗА). В состав этой группы включены факторы, связанные с возможным наличием дефектов поставляемых труб и ЗА.

Группа 6 - Конструктивно-технологические факторы. Данная группа включает факторы, отражающие влияние качества основных проектных решений на вероятность отказов.

Идентификация риска.

Блок 6. Идентификация риска потенциально опасных участков по агрегированным моделям. Для выявления основных элементов, оказывающих влияние на безопасную эксплуатацию участка, составляется поэлементная структурная схема. Для каждого элемента с учетом основных факторов влияния на техническое состояние участка формируются данные для расчета количественных характеристик надежности каждого элемента и всего участка с учетом его структурной схемы. При этом формируется многомерная задача с большим количеством (*более 30 факторов влияния на одном элементе*) как зависимых, так и независимых факторов.

Для существенного снижения размерности задачи, строятся агрегированные модели – аддитивная, мультипликативная и комбинированная, и находится оптимальная. По значению оптимальной агрегированной модели определяется фактическое значение интенсивности отказа каждого элемента участка. Оптимальную модель выбираем по критерию минимального среднего значения. По полученным значениям проводим поэлементную идентификацию риска и идентификацию риска всего участка.

Нахождение технических решений.

Блок 7. Нахождение технических решений из набора информационных потоков. Планирование затрат и оптимизация финансовых средств, направляемых на обеспечение промышленной безопасности, являются наиболее важной частью технической политики предприятия. Полученные величины технического риска потенциально опасных участков и их элементов позволяют выявить те факторы, которые оказывают наибольшее влияние на величину риска.

Блок 8. Выявление оптимального технического решения по критерию эффективности. В качестве критерия эффективности отдельных мер безо-

пасности, включая различные технические аспекты обследований, предлагается показатель k_3 (4):

$$K_3 = \frac{C_i}{(Q_0 - Q_i)}, \quad (4)$$

где C_i – стоимость i -го мероприятия (обследования, ремонта и др.);

Q_0 и Q_i – вероятность отказа без i -го мероприятия и после i -го мероприятия, соответственно. Считается, что i -е мероприятие нецелесообразно, если вероятность отказа без i -го мероприятия меньше вероятности отказа после i -го мероприятия ($Q_0 < Q_i$).

Показатель K_3 служит средством назначения приоритетов для опасного производственного объекта, в соответствии с которым можно оптимизировать эксплуатационные затраты на обследование, ремонт или замену. Отслеживание эффективности мер безопасности возможно путем сравнения риска аварии для отдельных участков до и после применения мероприятий, используя разработанный программный модуль.

Функционально-информационная схема. При реализации алгоритма управления состоянием ГТС и формирования управленческой информации разработана функционально-информационная схема (рис. 3).

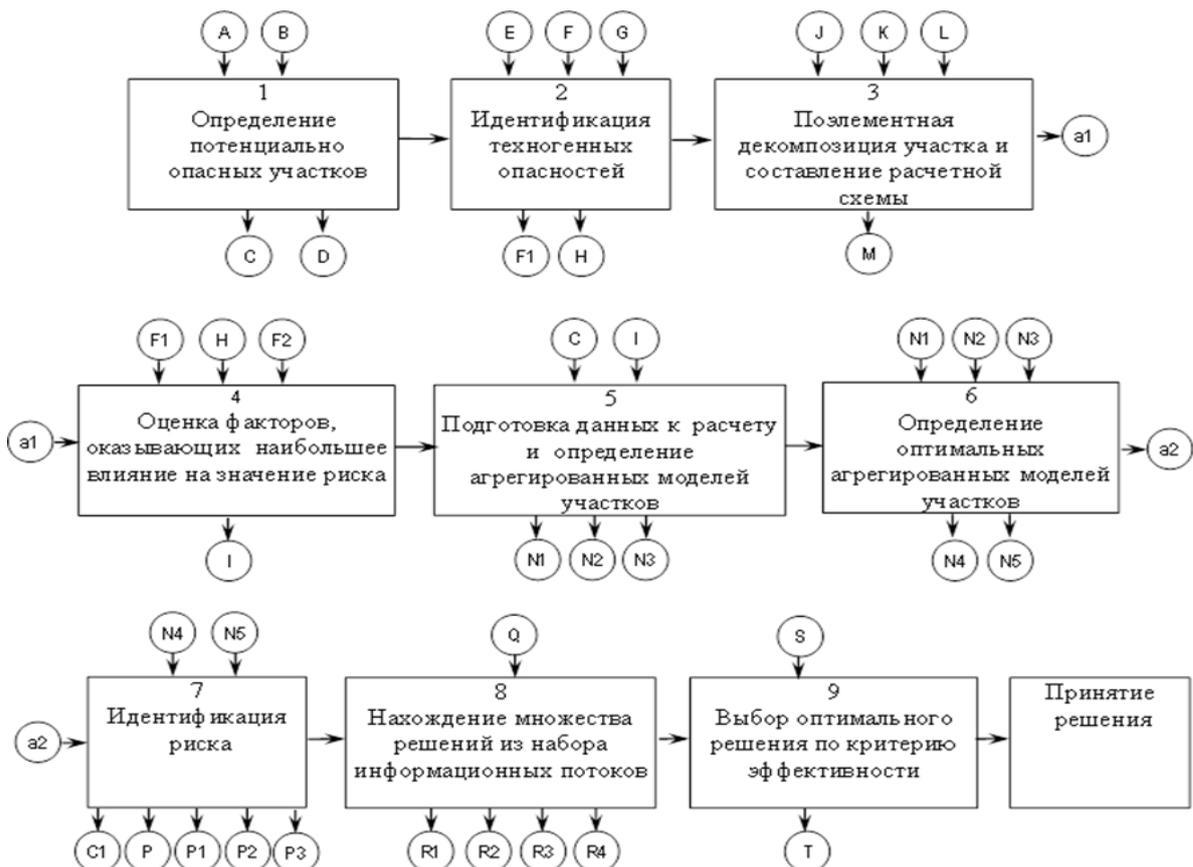


Рис. 3. Функционально-информационная схема управления состоянием ГТС.

Она включает в себя перечень из 9 основных операций с указанием входных и выходных информационных потоков (табл. 2).

Таблица 2. Информационные потоки в схеме управления состоянием ГТС

№ пп	Наименование операции	Входные информационные потоки	Выходные информационные потоки
1	Определение потенциально опасных участков	A - характеристика объекта; B - местоположение участка	C- количество участков; D – причины, возникновения аварии и факторы, способствующие возникновению и развитию аварий
2	Идентификация техногенных опасностей	E - информация об отказах и повреждениях; F - основные опасности; G - причины возникновения аварии и факторы, способствующие ее развитию	F1 - группы факторов влияния; H - последствия
3	Поэлементная декомпозиция участка и составление расчетной схемы	J - определение элементов участка; K - схема участка; L- характеристика элементов	M - расчетная схема участка
4	Оценка факторов, оказывающих наибольшее влияние на риск	F1 - группы факторов влияния; H - возможные последствия; F2 - значения долей в группе факторов	I - бальные оценки факторов влияния для элементов
5	Подготовка данных к расчету и определение агрегированных моделей участков	C - количество участков; I - бальные оценки факторов влияния для элементов	N1- аддитивные модели; N2- мультипликативные модели; N3- комбинированные модели
6	Определение оптимальных агрегированных моделей участков	N1 - аддитивные модели N2 - мультипликативные модели N3 - комбинированные модели	N4- оптимальная агрегированная модель для всего участка; N5- оптимальные агрегированные модели для каждого элемента
7	Идентификация риска	N4 - оптимальные агрегированные модели для всего участка; N5 - оптимальные агрегированные модели для каждого элемента	C1- № потенциально опасного участка; P- значение риска каждого участка; P1- значение риска для каждого элемента. P2- диапазон изменений риска; P3- допустимый риск
8	Нахождение множества решений из набора информационных потоков	Q - набор информационных потоков для принятия научно обоснованных решений	R - экономические; R1 - технологические; R2 - технические; R3 – организационные
9	Выбор оптимального решения по критерию эффективности	S - критерий эффективности отдельных мер безопасности	T - оптимальное управленческое решение по снижению или поддержанию уровня риска

При выборе оптимального решения для управления риском, в зависимости от уровня риска аварии предусмотрены оптимальные мероприятия – экономические, технологические, технические и организационные.

Пример технологии управления состоянием ГТС в виде одного из технологических газопроводов (ГП).

1. *Определение потенциально опасного участка.* Для идентификации риска определены потенциально опасные участки ГП. К таким участкам в первую очередь отнесены те, на которых сложно или не в полной мере проведены диагностические обследования. Например, это крановые узлы.

2. *Идентификация техногенных опасностей ГП.* Рассмотрим крановый узел (КУ) (рис. 4) со следующими параметрами эксплуатации: крановый узел находится вблизи населенного пункта; стояки замера давления не обследованы методами неразрушающего контроля, линейный краны Ду 700, Ру 8,0 МПа фирм "Грове" Италия, находится в эксплуатации более 25 лет. ЗА на стояках Ду 50, Ру 8,0 МПа фирм "Грове" Италии, завод «Энергия» Россия, находятся в эксплуатации более 20 лет. Стояки врезаны в линейную часть методом холодной врезки. Надземные сварные стыки обследованы методами неразрушающего контроля. Объезд крановых узлов осуществляется ежедневно.

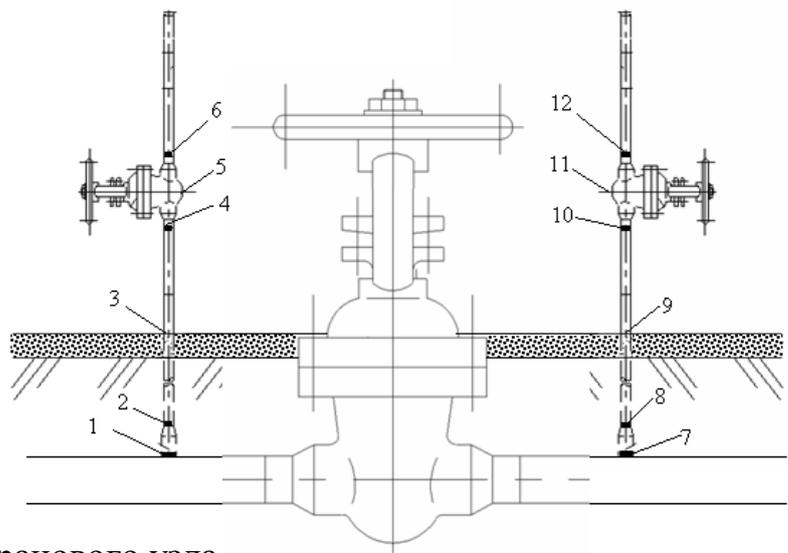


Рис. 4. Вид и схема кранового узла.

Обозначения: сварной стык стояк-труба – 2 шт. (позиция 1, 7); сварной стык перехода стояка – 2 шт. (позиция 2,8); переход стояка земля-воздух – 2 шт. шт. (позиция 3,9); первый сварной стык ЗА стояка – 2 шт. (позиция 4,10); ЗА стояка – 2 шт. шт. (позиция 5,11); второй стык ЗА стояка – 2 шт. (позиция 6,12); линейная ЗА 1 шт. (позиция 13).

Согласно статистическим данным, на крановых узлах зафиксированы следующие отказы: утечки по сварным соединениям штуцера; утечки по

стояку вследствие коррозии; не герметичность запорной аппаратуры (ЗА) на стояках; неисправность линейной ЗА.

На крановом узле (КУ) аварии могут быть:

- с незначительными последствиями: свищ на стояке в области земля-воздух на КУ в поле;
- с ощутимыми последствиями: свищ на стояке в области земля-воздух на КУ в пойме; не герметичность линейной ЗА;
- с существенными последствиями: свищ на стояке в области земля-воздух на КУ в районе населенного пункта; не герметичность линейной ЗА;
- с катастрофическими последствиями: разрушение сварного стыка стояка в районе населенного пункта; не герметичность линейной ЗА при разгерметизации участка ГТС вблизи населенного пункта.

3. *Поэлементная декомпозиция участка и составление структурной схемы потенциально опасного участка.* Расчетная схема кранового узла имеет следующий вид (рис. 5). В соответствии с расчетной схемой, крановый узел состоит из элементов, соединенных параллельно-последовательно.

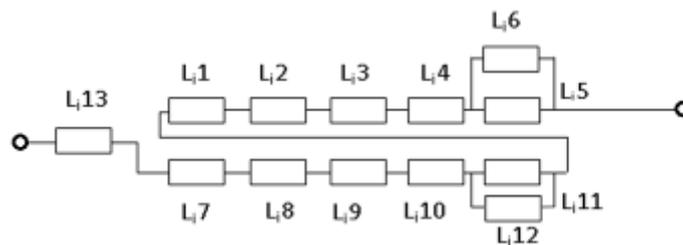


Рис. 5. Структурная схема потенциально опасного участка.

4. *Оценка факторов, оказывающих наибольшее влияние на риск.*

По результатам анализа статистических данных по отказам введена классификация и группировка факторов влияния в соответствии с общими причинами отказов (табл. 1).

5. *Подготовка данных к расчету и определение агрегированных моделей участков.*

Для построения агрегированных моделей, значения исходной матрицы факторов влияния приведены к безразмерным величинам (5):

$$X_i = X_n / X_{\max} . \tag{5}$$

Модели для построения имеют вид (6-8):

$$\text{аддитивная модель} - \sum_{i=1}^n a_i \cdot \bar{X}_i ; \tag{6}$$

$$\text{мультипликативная модель} - \prod_{i=1}^n \bar{X}_i^{a_i}; \quad (7)$$

$$\text{комбинированная модель} - 0,6 \sum_{i=1}^n a_i \cdot \bar{X}_i + 0,4 \prod_{i=1}^n \bar{X}_i^{a_i}. \quad (8)$$

6. *Определение оптимальной агрегированной модели участка.* После построения агрегированных моделей определяем оптимальную по критерию минимального среднего значения (9):

$$\text{Min} \begin{cases} |M_{\text{ср.1}} - M_{\text{ген.ср}}|; \\ |M_{\text{ср.2}} - M_{\text{ген.ср}}|; \\ |M_{\text{ср.3}} - M_{\text{ген.ср}}|, \end{cases} \quad (9)$$

где $M_{\text{ген.с}}$ - среднее генеральное значение;

$M_{\text{ср1}}$; $M_{\text{ср2}}$; $M_{\text{ср3}}$ – среднее значение соответственно – аддитивной, мультипликативной и комбинированной моделей.

7. *Идентификация риска.* По среднему значению оптимальной агрегированной модели определяем фактическую интенсивность отказа λ каждого элемента на участке с длительным периодом эксплуатации (10):

$$\lambda = -\frac{\ln(1 - Q(t))}{t}, \quad (10)$$

где $Q(t)$ – вероятность отказа в момент эксплуатации t .

При этом считаем, что элемент может эксплуатироваться без ограничений, если его значение λ меньше допустимого значения интенсивности отказа, принятого в нефтегазовой отрасли.

Тогда, фактическая вероятность отказа потенциально опасного участка определена по соотношению (11):

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (11)$$

Для кранового узла вероятность безотказной работы (ВБР) определена по соотношению $P(t) = 2,71 \cdot 10^{-06 \cdot t}$. При t равном 20 лет, ВБР составит 0,99998.

В соответствии с полученными значениями вероятности отказа элементов, участка в целом и возможными вариантами сценариев проводим идентификацию риска (табл. 3).

8. *Нахождение множества решений из набора информационных потоков.* Относительно невысокий уровень риска. Крановый узел находится вблизи населенного пункта с населением более 1000 человек. В случае отказа одного из элементов тяжесть последствий может быть катастрофической. Ре-

комендуются дополнительные меры безопасности. Сценарий 1. Провести внеочередное наружное обследование стояков и запорной арматуры. Сценарий 2. Увеличить частоту объездов и осмотров.

Таблица 3. Идентификация технического риска

Риск аварии	Тяжесть последствий аварии			
	Катастрофический смерть людей, существенный материальный и экологический ущерб	Существенный угроза жизни лю- дей, существен- ный материальный и экологический ущерб	Ощутимый нет угрозы жизни людей, не приводит к существенному материальному и экологическому ущербу	Незначительный пренебрежимо малые последствия
Исключительно высо- кий уровень риска $\geq 10^{-3}$	A	A	B	B
Высокий уровень риска $10^{-4} \div 10^{-3}$	A	B	B	C
Относительно невысокий уровень риска $10^{-5} \div 10^{-4}$	C	C	D	D
Пренебрежительно малый $\leq 10^{-5}$	D	D	D	D

Здесь А – требуются особые меры безопасности; В - требуются дополнительные меры безопасности; С – рекомендуются дополнительные меры безопасности; D - не требуются дополнительные меры безопасности.

9. Выбор оптимального решения по критерию эффективности. В общем случае критерий эффективности принятых мер безопасности оценивается с помощью соотношения (4).

При расчете эффективности мер безопасности путем сравнения значений риска аварии для отдельных участков до и после применения мероприятий, используем нормированные с учетом нормативных базовых показателей значения (табл. 4).

Таблица 4. Нормирование с учетом нормативных базовых показателей

№ пп.	Меры безопасности	
1	Увеличение частоты объездов и осмотров крановых площадок.	0,03
2	Обследование стояков, выборочная диагностика ЗА	0,01
3	Замена стояков	0,1
4	Снижение технологических параметров	0,3
5	Ремонт кранового узла	0,5
6	Проведение ВТД, диагностика с полным вскрытием участка ГТС	0,8
7	Реконструкция участка ГТС	1,0

Технические мероприятия для сценария 1. При проведении внеочередного наружного обследования стояков и запорной арматуры относительно невысокий уровень риска переходит в область пренебрежительно малого риска, и дополнительных мероприятий не требуется. При этом критерий оптимизации составляет $k_3 = 1,7$.

Организационные мероприятия для сценария 1. При увеличении частоты объездов и осмотров уровень риска существенно не изменится, его значение останется в области относительно невысокого уровня, а критерий оптимизации составит $k_3 = 1,0$. Учитывая, что эффективность первого решения выше, то принимаем мероприятие – обследование стояков, выборочная диагностика запорной арматуры.

Заключение

Таким образом, технология управления состоянием ТПО с использованием предложенных агрегированных аналитических моделей, идентификацией риска и выявлением на интеллектуальной основе оптимального управленческого воздействия представляет собой комплекс взаимно связанных через информационные потоки процедур. Такие технологии вырабатывают качественные и обоснованные управленческие решения при различных сценариях развития ситуации.

В целом, реализация управления состоянием позволяет:

- учитывать наиболее существенные техногенные и природные факторы;
- идентифицировать риск аварии, а значит управлять безопасностью техногенно-природных объектов;
- перераспределять ресурсы и затраты адекватно и соответственно существующим и возникающим техногенным и природным факторам;
- планировать обследования на научной основе для выявления наиболее вероятного и опасного вида износа;
- снизить вероятность аварии за счет целевого использования различных ресурсов и затрат;
- существенно повысить эффективность функционирования техногенно-природных объектов, к которым, в первую очередь, относятся газотранспортные системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владов Ю.Р., Владова А.Ю. Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: монография. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. 243 с.
2. Бауэр А.А., Кушнаренко В.М., Пятаев А.Е., Чирков Ю.А., Щепинов Д.Н. Надежность трубопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие нефтегазовые среды: монография. Оренбург: «ОренПечать», 2015. 506 с.
3. Владова А.Ю., Владов Ю.Р. Проектирование базы данных системы интеллектуального управления состоянием техногенных объектов. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. 11: 27-34.

4. Vladova Alla, Vladov Jury, Kushnarenko Vladimir, Bakhtadze Natalia. Methodology and Results of Analytical Identification of Technical Condition of Technogenic Facilities. Proceedings of the 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, 2012. Bucharest, Romania, May 23-25. IFAC Proceedings Volumes. Series Title: Information Control Problems in Manufacturing, Vol. 14. Part 1: 929-933.
5. Владова А.Ю., Владов Ю.Р. База знаний о повреждениях и агрегированных моделях состояний техногенных объектов. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2012621184, зарег. в реестре баз данных 16.11.2012.
6. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Владов Ю.Р., Владова А.Ю. Способ определения геодинамической активности недр разрабатываемого месторождения углеводородов. Решение о выдаче патента на изобретение от 05.11.2015 по заявке на изобретение № 2014145515.

Поступила 7.12.2015

(Контактная информация: Владов Юрий Рафаилович – д.т.н., профессор, заведующий лабораторией технологий управления природопользованием Отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН; адрес: 460014, г. Оренбург, ул. Набережная, 29; тел. 8 (3532) 77-56-70, факс 8 (3532) 77-06-60; e-mail: geoecol-onc@mail.ru).

LITERATURA

1. Vladov Ju.R., Vladova A.Ju. Postroenie i modelirovanie sistem intellektual'nogo upravlenija sostojaniem tehnogennyh ob#ektov: monografija. Orenburg: ООО ИПК «Universitet», 2013. 243 s.
2. Baujer A.A., Kushnarenko V.M., Pjataev A.E., Chirkov Ju.A., Shhepinov D.N. Nadezhnost' truboprovodov, transportirujushhieh serovodorodsoderzhashhie neftegazovye sredy: monografija. Orenburg: «OrenPechat'», 2015. 506 s.
3. Vladova A.Ju., Vladov Ju.R. Proektirovanie bazy dannyh sistemy intellektual'nogo upravlenija sostojaniem tehnogennyh ob#ektov. Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij. 2013. 11: 27-34.
4. Vladova Alla, Vladov Jury, Kushnarenko Vladimir, Bakhtadze Natalia. Methodology and Results of Analytical Identification of Technical Condition of Technogenic Facilities. Proceedings of the 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, 2012. Bucharest, Romania, May 23-25. IFAC Proceedings Volumes. Series Title: Information Control Problems in Manufacturing, Vol. 14. Part 1: 929-933.
5. Vladova A.Ju., Vladov Ju.R. Baza znaniy o povrezhdenijah i agregirovannyh modeljah sostojanij tehnogennyh ob#ektov. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2012621184, zareg. v reestre baz dannyh 16.11.2012.
6. Nesterenko M.Ju., Nesterenko Ju.M., Vladov Ju.R., Vladova A.Ju. Sposob opredelenija geodinamicheskoy aktivnosti neдр razrabatyvaemogo mestorozhdenija uglevodorodov. Reshenie o vydache patenta na izobretenie ot 05.11.2015 po zajavke na izobretenie № 2014145515.

Образец ссылки на статью:

Владов Ю.Р., Владова А.Ю., Щепинов Д.Н., Бауэр А.А., Пятаев А.Е., Влацкий В.В. Технология управления состоянием газотранспортных систем с идентификацией риска и учетом природных факторов. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2015. 4: 1-16 [Электронный ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-4/Articles/VYR-et-al-2015-4.pdf>).