

2
НОМЕР

БОИЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

On-line версия журнала на сайте

<http://www.elmag.uran.ru>

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН



2018

УЧРЕДИТЕЛИ

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН

ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© Коллектив авторов, 2018

УДК 004.896 : 681.5

Ю.Р. Владов, А.Ю. Владова, В.В. Влацкий

МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОМ ГРУНТЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОБЪЕКТОВ

Оренбургский научный центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

Мониторинг состояния крупномасштабных объектов, в особенности расположенных на северных территориях страны – актуальная научно-практическая проблема. В статье представлена методология мониторинга температурных отклонений в многолетнемерзлом грунте крупномасштабных объектов, построенная на уникальных данных с послойным измерением температуры в каждой термоскважине выбранного участка. Определяют слой, которому принадлежит граница оттаивания грунта, затем находят взвешенные по слоям грунта температурные модели термоскважин и соответствующую температурную модель проверяемого участка. Выясняют максимально допустимую величину температурного отклонения и сравнивают с ней найденные температурные отклонения. В случае не выполнения неравенства, каждый раз формируют информацию, в которую включают местоположение выявленных температурных отклонений и их соответствующие величины. При использовании разработанной методологии эффективность функционирования крупномасштабных объектов, расположенных в зоне многолетнемерзлого грунта, возрастает в среднем на 7,8...10,1 %.

Ключевые слова: мониторинг, температурные отклонения, многолетнемерзлый грунт, крупномасштабные объекты.

Ju.R. Vladov, A.Ju. Vladova, V.V. Vlatsky

MONITORING TEMPERATURE DEVIATIONS IN THE PERMAFROST SOIL OF LARGE-SCALE OBJECTS

Orenburg Scientific Center, UrB RAS (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

Monitoring the state of large – scale facilities, especially those located in the Northern territories of the country is an urgent scientific and practical problem. In the proposal presented methodology of monitoring the temperature deviations in the permafrost soil of large-scale projects built on a unique data layer-by-layer measurement of the temperature at each thermocline the selected area. Identify the layer that belongs to the boundary of thawing of the soil, are then weighted by soil temperature model thermoskin and the corresponding temperature model check the site. Find out the maximum permissible value of the temperature deviation and compare with it the found temperature deviations. In the case of non-fulfillment of the inequality, each time generate information, which include the location of the detected temperature deviations and their respective values. Using the developed methodology, the efficiency of large-scale objects located in the zone of permafrost soil increases by an average of 7.8...10.1%.

Key words: monitoring, temperature deviations, permafrost, large-scale objects.

Введение

Под мониторингом состояния крупномасштабных объектов (КМО) понимается система сбора, хранения и анализа относительно небольшого количества существенных признаков или параметров описания для вынесения суждения об их поведении или тенденции изменения в целом [1]. Отказы/сбои КМО приводят к расходу значительных материальных и экологических ресурсов, что выдвигает проблему мониторинга температурных отклонений в ранг самых актуальных.

Известно, что методы локального описания не отражают реальной интенсивности изменения состояния различных объектов. Обширная диагностическая информация о состоянии КМО создается при использовании современных методов разрушающего и неразрушающего контроля. Однако ее анализ затруднен из-за большой размерности задачи и невозможности использования существующих методов обработки данных в условиях необходимости их ранжирования и сохранения связи с исследуемым КМО.

Среди наиболее значимых работ, посвященных широкому кругу вопросов идентификации и управления состоянием объектов, следует отметить работы отечественных и зарубежных авторов [2-4], а также работы в области сбора данных, моделирования и идентификации, управления технологическими процессами с сосредоточенными и распределенными параметрами [5-7]. Вместе с тем особенности КМО не позволяют использовать классические методы. Применяемые методы интеллектуального анализа данных, используемые в различных областях науки и техники, предназначены для выявления закономерностей, классификации и кластеризации данных и не выходят на требуемый уровень управления состоянием КМО.

Поскольку настоящее исследование посвящено мониторингу температурных отклонений в многолетнемерзлом грунте (ММГ) линейно-протяженных объектов, как типичному представителю класса КМО, то его целью является существенное повышение эффективности их функционирования, а также значительное повышение вероятности выявления опасных перемещений при его оттаивании/замерзании.

Задачи исследования: охарактеризовать актуальность проблемы; разработать пооперационную схему процесса мониторинга; на примере реализации мониторинга подтвердить справедливость основных положений разработанной методологии; провести технико-экономическую оценку разработан-

ного технического решения.

Анализ актуальности проблемы.

Актуальность проблемы подтверждена ростом числа патентов в данной области, полученных за последнее время. Из них отобраны технические решения с достаточным для принятия за аналоги потенциалом.

Известен способ температурной стабилизации многолетнемерзлых грунтов, относящийся к основаниям, возводимым на ММГ [8]. Способ направлен на температурную стабилизацию многолетнемерзлых грунтов при строительстве оснований и сооружений, и с его помощью нельзя осуществить мониторинг температурных аномалий.

Известен способ дистанционного контроля состояния трубопровода в зоне вечной мерзлоты [9], по которому дистанционное зондирование трассы пролегания трубопровода осуществляют путем проведения радиолокационной интерферометрической съемки с повторяющихся орбит космических аппаратов. При этом для каждого из элементов радиолокационных изображений, полученных в разные моменты времени, определяют, исходя из модели рельефа и геометрии съемки, вычисляют топографическую разность фаз и по разности указанных фаз за время между съемками определяют динамическую разность. Увеличение интервала времени между наблюдениями в интерферометрических методах радиолокационной съемки при использовании схемы наблюдений с повторяющихся орбит приводит к возрастанию временной декорреляции отражений вплоть до полной потери сигнала. Кроме того, известный способ не позволяет проводить мониторинг температурных аномалий в ММГ.

Более близким является способ определения размеров и конфигурации зоны оттаивания вокруг скважины, оборудованной колонной насосно-компрессорных труб [10]. Способ предназначен для использования при эксплуатации месторождений углеводородов, расположенных в зоне многолетнемерзлых пород. Способ включает проведение стандартных теплофизических исследований свойств грунта, параметров теплообмена за счет математического моделирования процессов с учетом теплофизических параметров грунта вокруг скважины, среднемесячной температуры воздуха, толщины снега, коэффициента теплообмена поверхности земли с воздухом, дебита скважины, обводненности, глубины, температуры пласта на уровне отбора, радиуса эксплуатационной колонны и колонны насосно-компрессорных труб,

мощности и температуры мерзлоты. Затем определяют динамику размера и конфигурации зоны оттаивания вокруг скважины и падение температуры нефти по стволу скважины, устьевую температуру на основе численных расчетов системы из трех интегро-дифференциальных уравнений в цилиндрической системе координат. Способ направлен на повышение точности прогнозирования теплового состояния мерзлых пород при эксплуатации скважин, но не позволяет определить температурные аномалии в ММГ трассы линейного объекта, что является основным его недостатком.

Функциональная схема и описание процесса мониторинга

Процесс мониторинга температурных отклонений в многолетнемерзлом грунте трассы крупномасштабного объекта отображен функциональной схемой (рис. 1).

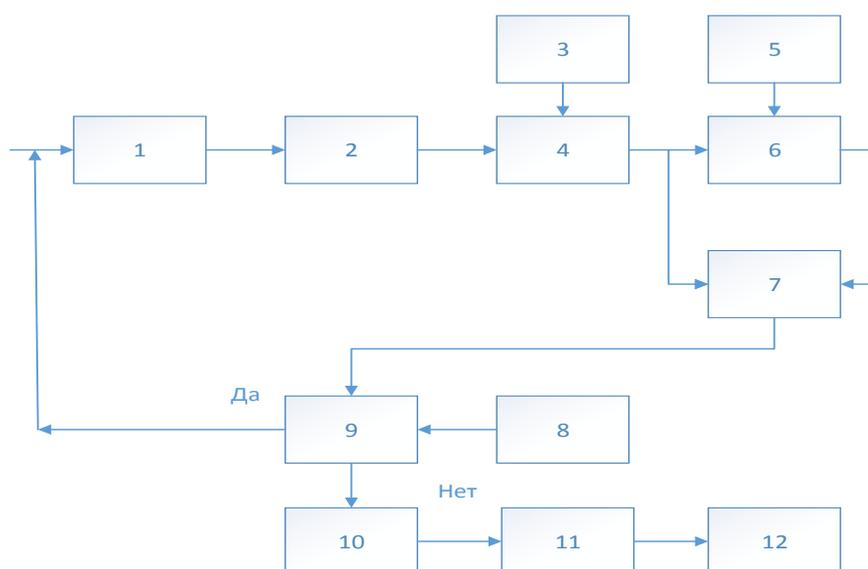


Рис. 1. Функциональная схема процесса мониторинга температурных отклонений в многолетнемерзлом грунте трассы крупномасштабного объекта.

Она включает в себя следующие основные операции: 1 – послойное измерение температуры грунта в каждой термоскважине выбранного участка, содержащего представительное количество термоскважин и расположенного вдоль трассы крупномасштабного объекта; 2 – определение по сигналам от датчиков температуры в каждой термоскважине слой, которому принадлежит граница оттаивания грунта; 3 – вычисление весовых коэффициентов α_i для каждого слоя грунта с учетом его влияния на формирование границы оттаивания грунта (причем соблюдают обязательное условие нормировки для ве-

совых коэффициентов взятых слоев грунта $\sum_{i=1}^k a_i = 1$); 4 – нахождение взвешенной температурной модели для вышерасположенных слоев грунта относительно границы оттаивания для каждой термоскважины выбранного участка по соотношению (1):

$$Q_j = \sum_{i=1}^k a_i \cdot T_i, \quad (1)$$

где Q_j – взвешенная температурная модель для вышерасположенных слоев относительно границы оттаивания грунта j -той термоскважины; $\sum_{i=1}^k$ – знак алгебраической суммы от найденного слоя, включающего границу оттаивания грунта ($i=1$) до поверхностного слоя k ; a_i – весовой коэффициент для i -того слоя грунта, нормированная величина которого характеризует вклад соответствующего слоя во взвешенную температурную модель Q_j j -ой термоскважины; T_i – температура i -того слоя грунта в j -той термоскважине; 5 – определение с учетом места расположения и условия нормировки весовых коэффициентов b_j для термоскважин, вошедших в выбранный участок трассы крупномасштабного объекта; 6 – нахождение взвешенной температурной модели $Q_{\text{ук}}$ для выбранного участка трассы крупномасштабного объекта по соотношению (2):

$$Q_{\text{ук}} = \sum_{j=1}^n b_j \cdot Q_j, \quad (2)$$

где n – количество учитываемых термоскважин на выбранном участке; b_j – весовой коэффициент для j -ой термоскважины на выбранном участке трассы линейного объекта для учета вклада каждой термоскважины во взвешенную температурную модель участка; 7 – поиск отклонения d_j между взвешенными температурными моделями отдельных термоскважин Q_j и общей взвешенной температурной моделью участка $Q_{\text{ук}}$ по соотношению (3):

$$d_j = Q_j - Q_{\text{ук}}; \quad (3)$$

8 – выяснение в соответствии с априорными данными максимально-допустимого отклонения $d_{\text{ма}}$ на выбранном участке трассы крупномасштабного объекта; 9 – сравнение d_j с $d_{\text{ма}}$ по соотношению (4):

$$d_j \leq d_{ma} ; \quad (4)$$

в случае выполнения соотношения (4) для каждой термоскважины участка трассы крупномасштабного объекта информация поступает по выходу «Да» и ожидают поступления следующей порции температурных данных, а в случае не выполнения соотношения (4) информация поступает по выходу «Нет»; 10 – формирование в последнем случае информации, в которую включают местоположение выявленных температурных отклонений и их соответствующие величины; 11 – выбор следующего участка трассы крупномасштабного объекта; 12 - переход к мониторингу температурных отклонений в ММГ следующего участка.

Пример реализации мониторинга

Примером реализации служит мониторинг температурных отклонений в ММГ участка надземной прокладки магистрального нефтепровода (МНП) «Заполярье – Пурпе» с 11 термоскважинами и датой измерения 15.06.2016 г. На рисунке 2 слои ММГ, в которых измеряется температура, отображены по оси X и составляют: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 и 11 метров.

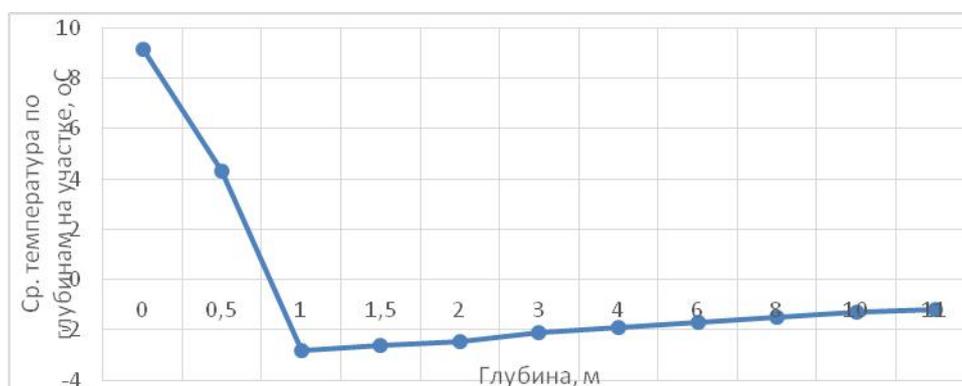


Рис. 2. График усредненных по слоям температур в многолетнемерзлом грунте для термоскважин участка трассы магистрального нефтепровода.

Послойно измеряют (1) температуру грунта в каждой термоскважине выбранного участка. Усредненные по слоям температуры ММГ для всех 11 термоскважин выбранного участка отображены на рис. 2. По сигналам от датчиков температуры в каждой термоскважине определяют слой, которому принадлежит граница оттаивания ММГ (2). Из рисунка 2 видно, что граница оттаивания ММГ для всех ТС принадлежит слою в 1 м. Методом ранжирования находят (3) весовые коэффициенты a_i для каждого слоя грунта. Они со-

ставили: для слоя с границей оттаивания ММГ – 0,5; далее 0,33 и для поверхностного слоя 0,17.

Находят (4) взвешенную температурную модель Q_j для вышерасположенных слоев грунта относительно границы оттаивания для каждой термоскважины выбранного участка по соотношению (1). В этом соотношении для данного случая: $k=3$; $j = 1, 2, \dots, 11$; $i = 1, 2, \dots, 11$.

На рисунке 3 отображены величины взвешенных температурных моделей термоскважин выбранного участка трассы магистрального нефтепровода.

Диапазон изменения взвешенных температурных моделей для термоскважин (ТС) выбранного участка составил: от 0,14 для ТС735 до 2,91 для ТС433; определяют (5) с учетом величин взвешенных температурных моделей отдельных термоскважин их весовые коэффициенты β_j . Диапазон изменения весовых коэффициентов b_j составил: от 0,02 для ТС433 до 0,17 для ТС735.



Рис. 3. График с величинами взвешенных температурных моделей термоскважин на участке трассы магистрального нефтепровода.

$$\sum_{j=1}^{n=11} b_j = 1$$

Проверяем выполнение условия нормировки: $\sum_{j=1}^{n=11} b_j = 1$; находят (6) взвешенную температурную модель выбранного участка $Q_{\text{ук}}$ трассы магистрального нефтепровода по соотношению (2). Величина взвешенной температурной модели выбранного участка $Q_{\text{ук}}$ трассы магистрального трубопровода составила 1,17; находят (7) температурные отклонения d_j между взвешенными температурными моделями Q_j отдельных термоскважин участка и взвешенной температурной моделью участка $Q_{\text{ук}}$ по соотношению (3). Диапазон изменения температурных отклонений d_j составил: от -0,39 для ТС734 до 1,74 для ТС433; в соответствии с априорными данными выясняют (8) мак-

симально-допустимую величину отклонения d_{ma} на выбранном участке трассы МНП, которая составила 1,6; сравнивают (9) d_j с d_{ma} по соотношению (4). Поскольку соотношение (4) в данном случае не выполняется для ТС433, то задействован выход «Нет», при этом формируют (10) информацию, в которую включают местоположение выявленных температурных отклонений и их соответствующие величины. Соответственно в сформированной информации будет указано местоположение температурной аномалии - ТС433, величина температурного отклонения – 1,74 и превышение выбранной максимально-допустимой величины на 0,14. Если априорную максимально-допустимую величину отклонения d_{ma} на выбранном участке трассы линейного объекта выставить 1,9, то соотношение (4) выполняется для каждой термоскважины выбранного участка. Информация в этом случае проходит по выходу «Да» и ожидают поступления следующей порции температурных данных. Затем выбирают (11) следующий участок трассы МНП и переходят (12) к его мониторингу.

Технико-экономическая оценка разработанного мониторинга температурных аномалий в ММГ крупномасштабного объекта выполнена по известной методике [11], согласно которой эффективность функционирования $W(t)$ находится в виде аддитивной модели, представляющей сумму произведений коэффициентов весомости и соответствующих безразмерных частных характеристик эффективности. Из частных характеристик выделим три: надежность функционирования, стоимость эксплуатации и поставка продукта. Для каждой выделенной характеристики рассматриваем две модели: обычное функционирование и функционирование с учетом мониторинга температурных отклонений в ММГ трассы.

Вероятность нормального функционирования $P_f(t)$ – более полная характеристика надежности объекта длительного использования, учитывающая его начальное состояние, безотказность и восстанавливаемость. $P_f(t)$ находится по формуле полной вероятности сложного события. Предполагая потоки отказов и восстановлений простейшими и пренебрегая членами высших порядков малости, получаем (5):

$$P_f(t) = P(0)P(t) + [1 - P(0)]V(\tau)P(t - \tau), \quad (5)$$

где $P(0)$ – вероятность исправного состояния объекта в начальный момент времени, характеризуемая коэффициентами готовности или использования;

$1-P(0)$ – вероятность неисправного состояния объекта к начальному моменту времени его применения; $P(t)$ – вероятность безотказной работы; $P(t - \tau)$ – вероятность безотказной работы объекта за оставшееся время $(t - \tau)$, достаточное для его восстановления.

Выявлена закономерность: на этапе длительной эксплуатации магистрального нефтепровода, проложенного в зоне ММГ с возможным появлением температурных отклонений, надежность функционирования снижается, но с использованием результатов мониторинга по предложенному способу она снижается существенно меньше за счет своевременного и оперативного воздействия на участки с возникшими температурными отклонениями.

Вторая модель надежности функционирования $P_{fs}(t)$ получается путем умножения (5) на выявленную функцию $f_1(U)$, учитывающую влияние своевременного, оперативного и более объективного воздействия на участки с возникшими температурными отклонениями.

Следующая частная характеристика – стоимость эксплуатации магистрального нефтепровода, проложенного в зоне ММГ, находится как сумма основных расходов в течение года (6). Выразим ее в долях общей стоимости объекта:

$$C_e(t) = \frac{1}{C_0} [C_{kz}(t) + C_{rem}(t) \cdot f(t) + C_{zp}(t) + C_{pr}(t)] t, \quad (6)$$

где $C_{kz}(t)$ – годовые расходы на защиту от коррозии; $C_{rem}(t)$ – годовая стоимость ремонта; $C_{zp}(t)$ – зарплата обслуживающего персонала в течение года; $C_{pr}(t)$ – прочие годовые расходы на эксплуатацию; C_0 – проектная стоимость трубопровода, проложенного в зоне ММГ; $f(t)$ – функция, учитывающая повышение расходов на ремонт в процессе длительной эксплуатации.

Выявленная закономерность показывает, что на этапе длительной эксплуатации с увеличением наработки стоимость эксплуатации повышается, но с использованием результатов мониторинга температурных отклонений в ММГ трассы она повышается существенно меньше за счет увеличения межремонтного цикла и уменьшения расходов на ремонт. Эта закономерность справедлива даже с учетом некоторого возрастания стоимости за счет расходов на формирование базы данных и разработки соответствующего программного комплекса. Поэтому, вторая модель стоимости эксплуатации $C_{es}(t)$ магистрального нефтепровода, проложенного в зоне ММГ, получается путем умножения (6) на выявленную функцию $f_2(U)$, учитывающую увеличение

межремонтного цикла и уменьшение расходов на ремонт за счет использования результатов мониторинга температурных отклонений в ММГ.

Третья по важности частная характеристика эффективности функционирования – суммарный объем поставки продукта за время функционирования объекта определяется соотношением (7):

$$R(t) = \frac{Q}{Q_{nom} T_{norm}} t, \quad (7)$$

где Q и Q_{nom} – фактическая и номинальная объемные производительности ($\text{м}^3/\text{с}$), определяемые из соотношений: $Q = PFV$; $Q_{nom} = P_{nom} F_{nom} V_{nom}$. В соотношениях P , P_{nom} – рабочее и номинальное давление, МПа; F , F_{nom} – фактическая и номинальная площадь сечения, м^2 ; V , V_{nom} – фактическая и номинальная скорость транспортировки продукта, $\text{м}/\text{ч}$; T_{norm} – нормированный срок службы объекта.

Вторая модель объема поставки продукта $R_s(t)$ получается путем умножения (7) на выявленную функцию $f_3(U)$, учитывающую повышенные возможности соблюдения эксплуатационных режимов и сохранения проектных параметров, а также уменьшение времени простоя в ремонтный период и сокращение продолжительности ремонтов.

С учетом найденных значений частных характеристик по двум моделям: надежности функционирования, стоимости эксплуатации и поставки продукта, - оценим эффективность функционирования $W(t)$ участка магистрального нефтепровода, проложенного в зоне ММГ, также по двум соотношениям (8 и 9):

$$W(t) = a_1 P_f(t) - a_2 C_e(t) + a_3 R(t); \quad (8)$$

$$W_s(t) = a_1 P_{f_s}(t) - a_2 C_{e_s}(t) + a_3 R_s(t), \quad (9)$$

где a_1 , a_2 и a_3 – коэффициенты влияния частных характеристик на эффективность функционирования участка магистрального нефтепровода, проложенного в зоне ММГ, значения которых определены экспертной оценкой, проведенной среди соответствующих специалистов. Результаты расчета эффективности функционирования магистрального нефтепровода для двух вариантов приведены на рисунке 4.

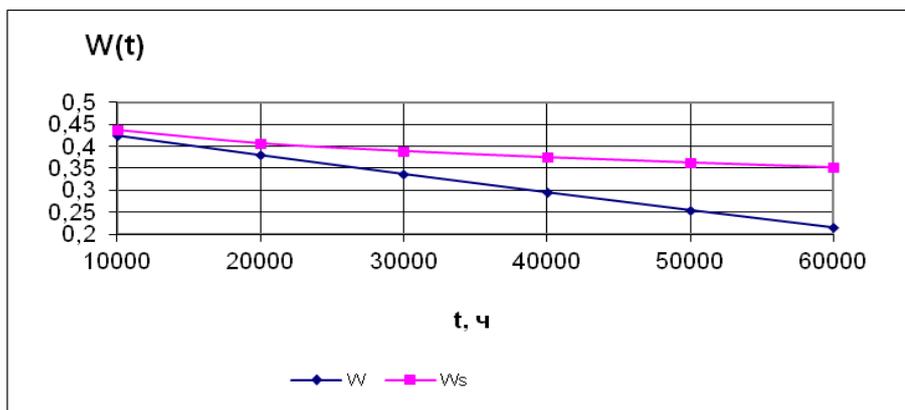


Рис. 4. Изменение эффективности функционирования выбранного участка трассы магистрального нефтепровода без (W) и с мониторингом температурных отклонений (W_s).

Заключение

Анализ опубликованных сведений по мониторингу состояния природно-техногенных крупномасштабных объектов, сбору данных, моделированию и идентификации, управлению технологическими процессами с сосредоточенными и распределенными параметрами, Data Mining, Big Data, а также проведенный патентно-технический анализ позволяет констатировать значительную актуальность проблемы.

Процесс мониторинга температурных отклонений в многолетнемерзлом грунте трассы магистральных нефтепроводов отображен функциональной схемой, включающей в себя ограниченный ряд основных операций, выполнение которых позволяет с достаточно высокой эффективностью выявить температурные отклонения в ММГ. Кроме того, достигается повышенная вероятность выявления опасных перемещений грунта при его оттаивании или замерзании.

Результаты технико-экономического обоснования свидетельствуют, что вероятность нормального функционирования магистрального нефтепровода в исследуемом интервале времени монотонно убывает, поставка продукта растет, а относительная стоимость эксплуатации увеличивается. Проведение мониторинга температурных отклонений проложенного в ММГ магистрального нефтепровода повышает надежность функционирования в среднем на 5,6%, стоимость эксплуатации уменьшается на 4,2%, поставка продукта возрастает на 7,4%, а эффективность функционирования возрастает в среднем на 7,8...10,1% [13].

Данное исследование является важной составляющей обустроенного

современного научного направления «Технологии интеллектуального управления состоянием природных и техногенных объектов» [12], поддержанного в 2012-2013 гг. грантами Российского фонда фундаментальных исследований, а в 2015 г. грантом правительства Оренбургской области. Методология также апробирована на мониторинге геодинамической активности недр эксплуатируемых месторождений углеводородов [14, 15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Влацкий В.В. Мониторинг состояния природно-техногенных объектов с замкнутой автоматизированной системой. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2016. 4 (52): 22-31.
2. Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунев Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. М.: Физматлит, 2000. 352с.
3. Эйкхофф П. Оценивание параметров и состояния / Под ред. Н. С. Райбмана. М.: Мир, 1975. 683 с.
4. Райбман Н.С., Чадеев В.М.. Построение моделей процессов производства. М.: Энергия, 1975. 376 с.
5. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами. М: Высш. шк., 2003. 299с.
6. Растринин Л. А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Сов. радио, 1980. 232с.
7. Рей У. Методы управления технологическими процессами. М.: Мир, 1983. 368с.
8. Березняков А.И., Михайлов Н.В., Попов А.П. и др. Конструкция насыпного охлаждаемого основания сооружений и способ температурной стабилизации многолетнемерзлых грунтов. Патент РФ 2157872. Бюл. 2008. № 29/5.
9. Захаров А.И., Хренов Н.Н. Способ дистанционного контроля состояния трубопровода в зоне вечной мерзлоты. Патент РФ 2260742. Бюл. 2005. № 26/6.
10. Шевелева Д.В. Способ определения температуры многолетнемерзлых пород вокруг скважины и температуры флюида в скважине. Патент РФ 2588076. Бюл. 2016. № 18/12.
11. Владов Ю.Р. Аналитическая идентификация технического состояния и эффективность функционирования промышленных объектов. Автоматизация в промышленности. 2005. 4: 9-12.
12. Владов Ю.Р., Владова А.Ю. Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов. Оренбург: ООО ИПК "Университет", 2013. 243с.
13. Владов Ю.Р., Владова А.Ю. Мониторинг температурных аномалий в многолетнемерзлом грунте линейно-протяженных объектов. Вестник СамГТУ. Серия Технические науки. 2017. 3(55): 32-42.
14. Нестеренко М.Ю., Цвяк А.В., Владов Ю.Р. Влияние переотраженного сигнала на точность глобальных навигационных систем в области мониторинга деформаций земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов. Успехи современного естествознания 2016. 9: 143-147.
15. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Владов Ю.Р., Владова А.Ю. Способ определения геодинамической активности недр разрабатываемого месторождения углеводородов. Патент РФ 2575469Бюл. 2016. № 5/14.

Поступила 25.04.2018

(Контактная информация: Владов Юрий Рафаилович - д.т.н., профессор, заведующий лабораторией технологий управления природопользованием Отдела геоэкологии

LITERATURE

1. Vladov Yu.R., Nesterenko M.Yu., Vlackij V.V. Monitoring sostoyaniya prirodno-tehnogennyh obektov s zamknutoj avtomatizirovannoj sistemoj. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Seriya: Tehničeskie nauki. 2016. 4 (52): 22-31.
2. Vasilev S.N., Zherlov A.K., Fedosov E.A., Fedunov B.E. Intellektualnoe upravlenie dinamicheskimi sistemami. M.: Fizmatlit, 2000. 352s.
3. Ejkhoff P. Ocenivanie parametrov i sostoyaniya / Pod red. N. S. Rajbmana. M.: Mir, 1975. 683 s.
4. Rajbman N.S., Chadeev V.M.. Postroenie modelej processov proizvodstva. M.: Energiya, 1975. 376 s.
5. Rapoport E.Ya. Strukturnoe modelirovanie obektov i sistem upravleniya s raspredelennymi parametrami. M: Vyssh. shk., 2003. 299s.
6. Rastrigin L. A. Sovremennye principy upravleniya slozhnymi obektami. M.: Sov. radio, 1980. 232s.
7. Rej U. Metody upravleniya tehnologicheskimi processami. M.: Mir, 1983. 368s.
8. Bereznyakov A.I., Mihajlov N.V., Popov A.P. i dr. Konstrukciya nasypnogo ohlazhdaemogo osnovaniya sooruzhenij i sposob temperaturnoj stabilizacii mnogoletne-merzlyh gruntov. Patent RF 2157872. Byul. 2008. № 29/5.
9. Zaharov A.I., Hrenov N.N. Sposob distancionnogo kontrolya sostoyaniya truboprovoda v zone vечноj merzloty. Patent RF 2260742. Byul. 2005. № 26/6.
10. Sheveleva D.V. Sposob opredeleniya temperatury mnogoletnemerzlyh porod vokrug skvazhiny i temperatury flyuida v skvazhine. Patent RF 2588076. Byul. 2016. № 18/12.
11. Vladov Yu.R. Analiticheskaya identifikaciya tehničeskogo sostoyaniya i effektivnost funkcionirovaniya promyshlennyh obektov. Avtomatizaciya v promyshlennosti. 2005. 4: 9-12.
12. Vladov Yu.R., Vladova A.Yu. Postroenie i modelirovanie sistem intellektualnogo upravleniya sostoyaniem tehnogennyh obektov. Orenburg: ООО ИПК "Университет", 2013. 243s.
13. Vladov Yu.R., Vladova A.Yu. Monitoring temperaturnyh anomalij v mnogoletnemerz-lom grunte linejno-protyazhennyh obektov. Vestnik SamGTU. Seriya Tehničeskie nauki. 2017. 3(55): 32-42.
14. Nesterenko M.Yu., Cvyak A.V., Vladov Yu.R. Vliyanie pereotrazhennogo signala na tochnost globalnyh navigacionnyh sistem v oblasti monitoringa deformacij zemnoj poverhnosti na razrabatyvaemyh mestorozhdeniyah uglevodorodov. Uspehi sovremennogo estestvoznaniya 2016. 9: 143-147.
15. Nesterenko M.Yu., Nesterenko Yu.M., Vladov Yu.R., Vladova A.Yu. Sposob opredeleniya geodinamicheskoy aktivnosti nedr razrabatyvaemogo mestorozhdeniya uglevodorodov. Patent RF 2575469Byul. 2016. № 5/14.

Образец ссылки на статью:

Владов Ю.Р., Владова А.Ю., Влацкий В.В. Мониторинг температурных отклонений в многолетнемерзлом грунте крупномасштабных объектов. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 2. 12с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-2/Articles/VIR-2018-2.pdf>) DOI: **10.24411/2304-9081-2018-12009**.