

**Д. Ю. МИНКИН**, д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: minkin@igps.ru)

**С. Н. ТЕРЕХИН**, д-р техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: expert\_terehin@inbox.ru)

**А. П. КОРОЛЬКОВ**, канд. техн. наук, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: akorolkov@ro.ru)

**Ш. А. ОСМАНОВ**, инспектор отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: 28029005@mail.ru)

УДК 004.932.2

## КОСМИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ МОНИТОРИНГ НЕФТЕГАЗОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Обоснована необходимость применения методов и технологий космического мониторинга для оценки состояния районов нефтедобычи и трубопроводного транспорта. Рассмотрены способы реализации дистанционного космического мониторинга поверхности земли. Показано, что для космического мониторинга состояния магистральных и производственных трубопроводов перспективной является технология инфракрасного зондирования. Приведены основные характеристики тепловизионных систем, определяющие параметры систем инфракрасного мониторинга, и связь характеристик ИК-сенсора. Отмечено, что тепловизионные изображения практически всегда сопровождаются сильными шумами. Рассмотрен подход к решению проблемы коррекции геометрических шумов в системах тепловидения.

**Ключевые слова:** нефтепроводный транспорт; космический мониторинг; тепловизионный контроль; алгоритм; фильтрация шума.

**DOI:** 10.18322/PVB.2017.26.12.45-51

### Введение

Нефтегазовая отрасль является ключевой в экономике современной России. В государственном балансе запасов учтено более 2500 месторождений нефти и природного газа. Потенциальные нефтегазоносные провинции занимают огромные площади и резко отличаются по степени геологической изученности и прогнозным ресурсам. В настоящее время на территории нашей страны эксплуатируется более 1 млн. км магистральных, промысловых и распределительных нефте-, газо- и продуктопроводов. Трубопроводная система покрывает 35 % огромной территории страны, на которой проживает почти 60 % ее населения [1], поэтому транспортировка нефти и газа при соблюдении требований к обеспечению безопасности окружающей среды является актуальной задачей.

По мнению Ростехнадзора, дистанционный надзор на основе использования новейших технологий стал насущной необходимостью в решении задач повышения качества надзора, его оперативности. В связи

с этим исключительное значение приобретают вопросы разработки и внедрения в практику новых методов и средств диагностики подобных объектов, так как только на магистральных трубопроводах ежегодно происходит в среднем около 55 аварий [2]. Наиболее вероятными местами утечек взрывопожароопасных продуктов в трубопроводной системе являются фланцевые соединения, сварные стыки.

Тепловизионная система может стать одним из важнейших элементов информационного обеспечения нефтепроводного транспорта. Передача сведений об оперативной обстановке на участке, идентификация объектов поиска позволит в значительной степени повысить эффективность управления. Наличие информации о результатах разведки обеспечит высокий уровень взрывопожаробезопасности самих нефтеперерабатывающих комплексов и транспортных узлов и повысит оперативность принятия решений для предотвращения крупной аварии.

Задача тепловизионной системы, формирующей изображение, заключается в создании резкого, чис-

того изображения, свободного от шумов и искажений, однако это представляет определенные трудности. Качество тепловизионных изображений зависит как от распределения температуры по поверхности наблюдаемого объекта, так и от коэффициента излучения и ориентации визируемых элементов его поверхности и формы. Кроме того, качество тепловизионного изображения зависит от передаточных характеристик приемника. Тепловизионные системы нуждаются в существенном совершенствовании, что связано со сравнительно большой неоднородностью параметров и характеристик тепловизоров, нелинейностью их характеристик, высоким уровнем шумов и низкой контрастностью изображения. В связи с этим исследование возможности применения тепловизоров в целях космического мониторинга нефтепроводного транспорта является актуальной задачей.

### Постановка задачи

Для обеспечения безопасности на объектах добычи, переработки, хранения, транспортировки и раздачи нефти, нефтепродуктов и газа, повышения эффективности функционирования предприятий нефтегазовой отрасли необходимо использовать последние достижения науки в области мониторинга объектов нефтегазового комплекса (НГК). В настоящее время наиболее эффективными по охвату территории, регулярности и оперативности обследования являются космические методы, которые тем не менее не конкурируют с существующими [2].

Актуальность и необходимость применения космических методов и технологий в нефтегазовой отрасли России обусловлены следующими обстоятельствами:

- значительными площадями нефтегазоносных территорий;
- большой протяженностью трубопроводных сетей для транспортировки углеводородов;
- труднодоступностью большей части регионов, где производится добыча и транспортировка углеводородов на суше и в прибрежных акваториях;
- суровыми погодными условиями;
- широкими и непрерывно возрастающими возможностями для решения большого числа разнородных задач, стоящих перед нефтегазовой отраслью.

В качестве элементов космической инфраструктуры могут выступать:

- спутники, оборудованные оптической аппаратурой ультрафиолетового (УФ), видимого и инфракрасного (ИК) диапазонов спектра сверхвысокого и высокого разрешения (0,4–4,0 м); много-спектральной аппаратурой среднего (5,0–90 м)

и низкого (100–1000 м) разрешения (обзорные); гиперспектральной аппаратурой;

- спутники, оборудованные радиолокаторами с синтезированной апертурой (РСА) высокого (1,0–8,0 м), среднего (12,5–25,0 м) и низкого (100–600 м) разрешения;
- спутники магнитной и гравитационной съемки;
- орбитальные станции;
- различные воздушные средства (самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты и др.), оборудованные необходимой аппаратурой.

В свою очередь наземная инфраструктура представлена различными центрами приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли [3].

Говоря о физических принципах обнаружения утечек нефти или газа из трубопроводов при аэрокосмическом мониторинге, следует отметить, что в зависимости от типа применяемой аппаратуры физический принцип изменяется следующим образом:

- при применении ИК- и радиотепловой аппаратуры утечка идентифицируется по возникновению теплового контраста в месте ее появления, обусловленного разницей температур транспортируемого продукта и окружающего трубопровод грунта;
- при применении много- или гиперспектральной аэрокосмической аппаратуры утечка идентифицируется по появлению контрастов яркости на различных участках электромагнитного спектра вследствие различия спектральных отражательных способностей;
- при применении радиолокационной (РЛ) аппаратуры утечка идентифицируется по сужению спектра РЛ-сигналов, отраженных от мест загрязнения земной поверхности, или по изменению корреляционных характеристик сигнала;
- при применении многочастотных радиолокаторов утечка идентифицируется по изменению диэлектрической проницаемости почвы в местах ее возникновения;
- при применении флуоресцентных лидаров утечка идентифицируется по изменению спектров флуоресценции в местах ее возникновения, обусловленного индивидуальностью флуоресцентных характеристик каждого углеводородного компонента.

Результаты мониторинга подвергаются различной обработке, предварительной или детальной, на основе которой формируются тематические карты и ГИС различной направленности, предназначенные для оценки текущей обстановки эксплуатации и принятия определенных решений [3, 4].

В целом, главным преимуществом методов космического мониторинга является их комплексный характер, т. е. возможность не только обнаружения

и локализации утечек нефти и газа из трубопроводов, но и диагностики нарушений технического состояния (определения мест обводнения, всплывания, выхода трубопровода на поверхность и др.); определения мест несанкционированных врезок в магистральные нефтепроводы по изображениям подповерхностных слоев района прохождения трассы магистрального трубопровода; выявления несанкционированной хозяйственной и строительной деятельности в охранных зонах магистральных трубопроводов; определения потенциально опасных участков трубопроводов в результате деформаций поверхности на участках подводных переходов трубопроводов через реки, водоемы, болота; контроля устранения выявленных нарушений.

Дистанционный космический мониторинг поверхности земли выполняется с помощью различных подходов — спектрометрического, радиометрического, радиолокационного и лазерного [4].

Наряду с названными подходами к диагностике состояния магистральных трубопроводов, перспективным является подход с использованием методов тепловизионного контроля. Это обусловлено не только их преимуществами, но и уникальностью, которая заключается в выявлении прежде всего таких повреждений трубопроводов, как свищи и трещины. В случае аварийной ситуации выброс газа будет происходить с высокой скоростью и большим расходом, что может привести к каскадному развитию аварии. Повреждения такого рода не влияют на режим перекачки и не могут быть обнаружены параметрическими методами или внутритручными мониторинговыми системами.

Основными характеристиками тепловизионных систем, определяющими параметры систем инфракрасного мониторинга, являются спектральный диапазон  $\Delta\lambda$ , температурная чувствительность  $\Delta T$ , угловое разрешение  $\delta_\phi$  и угловая ширина полосы захвата  $\Omega$  [4]. Связь основных характеристик ИК-сенсора можно представить в виде:

$$\Lambda = \frac{\Delta T \delta_\phi \Delta \lambda}{\sqrt{\Omega}} = \frac{4c_2 \sqrt{v/r}}{c_1 k_{\text{ОМТ}}} \frac{1}{\beta} \left( \frac{F}{D_A} \right) \times \frac{1}{D^* \sqrt{N_t N_n}} \frac{\lambda^3}{q_A(\lambda) \varepsilon(\lambda)} \Psi \left( \frac{c_2}{\lambda T} \right);$$

$$\Psi(x) = e^x \left[ \frac{1 - e^{-x}}{x} \right]^2,$$

где  $c$  — скорость света в вакууме;

$$c_1 = 2\pi c^2 h; \quad c_2 = ch/k;$$

$$k — \text{постоянная Больцмана}; \quad k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К};$$

$$h — \text{постоянная Планка}; \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с};$$

$$v — \text{скорость космического аппарата (КА)};$$

$$v \approx 8 \text{ км/с};$$

$$r — \text{дальность зондирования};$$

$k_{\text{ОМТ}}$  — коэффициент ослабления при распространении излучения в оптико-механическом тракте оптико-электронной системы (ОЭС);

$\beta$  — коэффициент, принимающий значения от 1,22 (в случае дифракционного разрешения) до 2...3;

$D_A, F$  — диаметр апертуры и фокусное расстояние ОЭС;

$D^*$  — обнаружительная способность материала приемника;

$N_t, N_n$  — число строк и столбцов матричного приемного устройства;

$q_A(\lambda)$  — коэффициент ослабления излучения в атмосфере;

$\varepsilon(\lambda)$  — степень черноты участка земной поверхности;

$\lambda$  — длина волны;

$T$  — температура объекта.

При больших длинах волн значение  $\Psi(c_2/(\lambda T))$  близко к единице. Тогда приближенно можно записать:

$$\Lambda = \frac{4c_2 \sqrt{v/r}}{c_1 k_{\text{ОМТ}}} \frac{1}{\beta} \left( \frac{F}{D_A} \right) \frac{1}{D^* \sqrt{N_t N_n}} \frac{\lambda^3}{q_A(\lambda) \varepsilon(\lambda)}.$$

Проведенный анализ позволяет определить целесообразный облик тепловизоров космического базирования, с длинами волн ИК-диапазона, ориентированных на мониторинг объектов НГК. Во-первых, такая система должна работать в спектральном диапазоне 8...12 мкм, что обеспечивает высокую чувствительность системы к собственному излучению объектов, расположенных на земной поверхности, при достаточно хорошем угловом разрешении. Во-вторых, для обеспечения высокого пространственного разрешения целесообразно использовать систему с диаметром апертуры около 1 м. При этом реализуемое угловое разрешение составит около 12 мкрад, что при высоте орбиты КА 500 км будет соответствовать пространственному разрешению 6 м. В-третьих, при мониторинге объектов НГК отсутствует необходимость больших полос обзора космического ИК-сенсора, так как положение указанных объектов на земной поверхности известно достаточно точно. Например, при использовании матричного приемного устройства, имеющего двумерное цифровое изображение 256×256 пикселей, при разрешении 12 мкрад размеры кадра на земной поверхности составят 1,5×1,5 км<sup>2</sup>, что вполне приемлемо для решения большинства задач диагностики объектов НГК. При обработке данных мониторинга перспективно использовать математические модели диагностируемых объектов, что при идентификации модели с полученным изображением позволяет получить оценки ее параметров, в том числе геометрических, с ошибками, существенно меньшими физического разрешения системы [5–7].

### Решение задачи

Тепловизионные изображения практически всегда сопровождаются сильными шумами. Принимаемое космическим тепловизором ИК-излучение включает как собственное излучение земной поверхности и объектов, расположенных на ней и в почве, так и отраженное земной поверхностью солнечное излучение, а также собственное излучение атмосферы и отражаемое ею солнечное излучение. Собственное излучение атмосферы включает тепловое излучение и свечение. Свечение атмосферы определяется разнообразными физическими и химическими процессами, имеющими место при взаимодействии солнечного излучения с атмосферными газами.

Создаваемые разнообразными физическими и химическими процессами шумы бывают разных видов:

- белый шум — сигнал, отсчеты которого не коррелируют друг другом, и его разновидность — гауссовский шум, который возникает, в частности, при плохих условиях приема сигнала и описывается гауссовской функцией плотности распределения амплитуд;
- импульсный шум — случайные изолированные точки на изображении, значение каждой из которых значительно отличается от значений окружающих точек (обычно возникает при передаче по аналоговым каналам);
- цветные пятна, характерные для аналогового сигнала.

Кроме того, тепловизионные системы сами нуждаются в существенном совершенствовании, что связано со сравнительно большой неоднородностью параметров и характеристик тепловизоров, нелинейностью их характеристик, высоким уровнем шумов и низкой контрастностью изображения. В связи с этим исследование возможности применения тепловизоров в целях космического мониторинга нефтепроводного транспорта является актуальной задачей.

Алгоритмы фильтрации шумов обычно специализируются на подавлении какого-то конкретного вида шума. Не существует пока универсальных фильтров, детектирующих и подавляющих все виды шумов. Однако многие виды шумов могут быть довольно хорошо приближены в виде модели к белому гауссовскому шуму, поэтому большинство алгоритмов ориентировано на фильтрацию именно этой разновидности шума. Кроме того, к этим шумам добавляется шум усилителя приемника. Следовательно, целью этого этапа обработки является уменьшение шума с помощью соответствующих методов фильтрации. Это очень важный этап, поскольку здесь формируются характеристики изображения (особенно отношение сигнала к шуму), определяющие возможность применения более традиционных ме-

тодов для обработки изображений в видимой области [8, 9].

Множество подходов к улучшению изображений распадается на две большие категории: методы обработки в пространственной области и методы обработки в частотной области.

Однако алгоритмы обработки как в частотной, так и в пространственной области имеют большую вычислительную сложность, которая ограничивает их использование для обработки изображений в масштабе реального времени. Другой подход к обработке изображений в целях улучшения их визуального качества состоит в непосредственном использовании разных фильтров, функционирующих в основном в частотной области и реже — в пространственной. Для этого используют разные методы синтеза фильтров, как одномерных, так и двумерных, что обеспечивает реализацию заданных частотных характеристик [6, 10].

Качество тепловизионных изображений зависит от распределения температуры по поверхности наблюдаемого объекта, а также от характеристик и параметров самих тепловизоров. Неоднородность характеристик фоточувствительных элементов матричных фотоприемных устройств в тепловизионных приборах ведет к появлению так называемых геометрических шумов, что является одним из аспектов проблемы визуализации тепловых полей. Коррекция этих шумов в системах тепловидения — одна из основных задач [7, 11]. Рассмотрим подход к решению этой задачи.

Пусть каждый из  $N \times N$  элементов матричного фотоприемного устройства имеет линейные отклики в заданном диапазоне температур:

$$U_{ij} = a_{ij} T_{ij} + b_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где  $U_{ij}$  — электрический отклик;

$a_{ij}, b_{ij}$  — коэффициенты матрицы, характеризующие разброс фоточувствительных элементов по чувствительности;

$T_{ij}$  — наблюдаемое температурное поле.

Вследствие наличия геометрических шумов электрический отклик может существенно отличаться от наблюдаемого температурного поля.

Перспективным подходом к коррекции геометрических шумов является использование двух неаттестованных тепловых полей. Суть предлагаемой коррекции состоит в том, чтобы за счет случайного сканирования тепловых сцен получить эффективные квазиоднородные температурные поля  $T_{1\text{эфф}}$  и  $T_{2\text{эфф}}$  и далее проводить двухточечную коррекцию [12].

Направив на фотоприемное устройство поток от первого неаттестованного температурного поля (“холодная сцена”) и проведя случайное сканирование этой сцены, накапливаем и усредняем отсчеты. В ре-



зультате будем иметь отклик фотоприемного устройства:

$$U_{1ij} = a_{ij}T_{1эфф} + b_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, N. \quad (2)$$

Проведя аналогичное сканирование и усреднение второго неаттестованного температурного поля (“теплая сцена”), получим другой отклик фотоприемного устройства:

$$U_{2ij} = a_{ij}T_{2эфф} + b_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, N. \quad (3)$$

Далее, осуществляя обработку сигналов  $U_{ij}$ ,  $U_{1ij}$ ,  $U_{2ij}$  по алгоритму

$$V_{ij} = k_1 \frac{U_{ij} - U_{2ij}}{U_{1ij} - U_{2ij}} + k_2, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (4)$$

получим скорректированное тепловое изображение (где  $k_1$ ,  $k_2$  — произвольные постоянные, подбираемые из изображений максимальной видимости теплового изображения).

## Вывод

Тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта является перспективным направлением, базирующимся на детальном изучении особенностей и закономерностей развития аварийных ситуаций с учетом совокупности факторов, влияющих на возникновение и развитие пожара.

Для улучшения визуального качества изображений необходимо использовать разные методы синтеза фильтров, как одномерных, так и двумерных, что обеспечит реализацию заданных частотных характеристик.

Для повышения качества изображения, коррекции тепловизионного изображения в реальном масштабе времени, т. е. непосредственно в процессе работы тепловизионного прибора, может быть использован рассмотренный в статье метод коррекции геометрических шумов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.08.2003 № 1234-р (ред. от 15.06.2009). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_87926/67a85f9e2b4e8015de2c5b72ee1c71c37a562946/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_87926/67a85f9e2b4e8015de2c5b72ee1c71c37a562946/) (дата обращения: 20.05.2017).
2. Мухамедяров Р. Д. Аэрокосмические технологии мониторинга состояния нефтегазопроводов, хранилищ и экологии окружающей среды // VIII Международная деловая встреча “Диагностика–98” (апрель 1998 г., г. Сочи) : сб. докладов. — М. : ИРЦ Газпром, 1998. — Т. 2. — С. 85–97.
3. Кутуков С. Е., Бадиков Ф. И., Самигуллин Г. Х. Использование интеллектуальных систем в мониторинге режимов эксплуатации нефтепроводов // Нефтегазовое дело : электронный научный журнал. — 2001. — № 2. — 14 с. URL: <http://ogbus.ru/authors/Kutukov/kut2.pdf> (дата обращения: 20.05.2017).
4. Нефедов В. И., Пугачев О. И., Егорова Е. В., Герасимов А. В. Применение цифровой обработки для фильтрации шума в звуковых сигналах // Нелинейный мир. — 2009. — Т. 7, № 11. — С. 869–871.
5. Бехтин Ю. С., Брянцев А. А., Баранцев А. А. Применение пространственно-ориентированных деревьев вейвлет-преобразования для комплексирования зашумленных мультиспектральных изображений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2012. — № 1. — С. 19–25.
6. Якименко И. В., Жендарев М. В. Пространственная фильтрация тепловых объектов на коррелированном атмосферном фоне // Журнал радиоэлектроники. — 2009. — № 2. URL: <http://jre.cplire.ru/win/feb09/1/text.html> (дата обращения: 20.05.2017).
7. Ллойд Дж. Системы тепловидения / Пер. с англ. — М. : Мир, 1978. — 414 с.
8. Краснящих А. В. Обработка оптических изображений : учебное пособие. — СПб. : НИУ ИТМО, 2012. — 129 с.
9. Непобедимый С. П., Балтер Б. М., Егоров В. В., Калинин А. П., Родионов И. Д., Родионова И. П., Стальная М. В. Имитационное моделирование данных гиперспектрального зондирования Земли // Доклады Академии наук. — 2008. — Т. 420, № 5. — С. 623–627.
10. Beier K., Gemperlein H. Simulation of infrared detection range at fog conditions for Enhanced Vision Systems in civil aviation // Aerospace Science and Technology. — 2004. — Vol. 8, Issue 1. — P. 63–71. DOI: 10.1016/j.ast.2003.09.002.
11. Saito H., Hagihara T., Hatanaka K., Sawai T. Development of pedestrian detection system using far-infrared ray camera // SEI Technical Review. — April 2008. — No. 66. — 6 p. URL: <http://global-sei.com/technology/tr/bn66/pdf/66-15.pdf> (дата обращения: 20.05.2017).

12. Родионов А. И., Ким В. Ф. Об одном методе коррекции тепловизионного изображения в реальном масштабе времени // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2007. — Т. 4, № 2. — С. 207–210. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-metode-korreksii-teplovizornogo-izobrazheniya-v-realnom-mashtabe-vremeni> (дата обращения: 24.05.2017).

*Материал поступил в редакцию 17 июня 2017 г.*

**Для цитирования:** Минкин Д. Ю., Терехин С. Н., Корольков А. П., Османов Ш. А. Космический тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 45–51. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.45-51.

English

## SPACE THERMOVISION MONITORING OF OIL AND GAS TRANSPORTATION

**MINKIN D. Yu.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Suppression Systems, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: [minkin@igps.ru](mailto:minkin@igps.ru))

**TEREKHIN S. N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Suppression Systems, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: [expert\\_terehin@inbox.ru](mailto:expert_terehin@inbox.ru))

**KOROLKOV A. P.**, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of System Analysis and Anti-Crisis Management, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: [akorolkov@ro.ru](mailto:akorolkov@ro.ru))

**OSMANOV Sh. A.**, Inspector of Informational Support of the Population and Information Support Technology of the Emergency Control and Fire Safety Department, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: [28029005@mail.ru](mailto:28029005@mail.ru))

### ABSTRACT

Oil and gas pipelines require systematic supervision and control in order to ensure their safe exploitation, even more so during spring/autumn/summer thawing, freezing and flooding seasons when soil deformation is at its highest. In the article, several ways of Earth's surface space monitoring are considered. It's pointed out that infrared sounding appears to be the most promising method of space monitoring the condition of main and production pipelines. It's due to infrared sounding's unique capability to detect pipeline's construction flaws and breaches. However, thermal imaging systems are still in need of significant development, due to high noise and low image contrast levels. As of present time, there are no universally applicable filters, capable of detecting and suppressing all types and levels of noise. Further development in this sphere requires broadening of the arsenal of algorithmic processing facilities, which remains insufficient. The quality of thermal imaging depends on temperature distribution on the surface of the examined object as well as characteristics and parameters of thermal imaging systems themselves. The variety of parameters in photosensitive elements of photodetective device's matrix leads to the appearance of so-called geometric noises in thermal imaging devices. Correction of geometrical noises in thermal imaging systems is one of the key problems. The approach to the solution of this problem is considered in the article.

**Keywords:** oil pipeline transport; space monitoring; thermal imaging control; algorithm; noise filtering.

## REFERENCES

1. *Energy Strategy of Russia for the period until 2020*. Order of the Government of the Russian Federation on 28.08.2003 No. 1234-r (ed. on 15.06.2009) (in Russian). Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW+87926/67a85f9e2b4e8015de2c5b72ee1c71c37a562946/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW+87926/67a85f9e2b4e8015de2c5b72ee1c71c37a562946/) (Accessed 20 May 2017).
2. Mukhamedyarov R. D. Aerospace technologies monitoring the state of oil and gas pipelines, storage facilities and the environment. In: *Diagnostika–98* [Diagnostics–98]. Proceedings of VIII International Business Meeting (April 1998, Sochi). Moscow, IRTs Gazprom Publ., 1998, vol. 2, pp. 85–97 (in Russian).
3. Kutukov S. E., Badikov F. I., Samigullin G. H. The use of intelligent systems in monitoring the operating modes of oil pipelines. *Neftegazovoye delo. Elektronnyy nauchnyy zhurnal / Oil and Gas Business. The electronic scientific journal*, 2001, no. 2. 14 p. (in Russian). Available at: <http://ogbus.ru/authors/Kutukov/kut2.pdf> (Accessed 20 May 2017).
4. Nefedov V. I., Pugachev O. I., Egorova E. V., Gerasimov A. V. Application of digital processing for a noise filtration in sound signals. *Nelineinyi mir / Nonlinear World*, 2009, vol. 7, no. 11, pp. 869–871 (in Russian).
5. Bekhtin Yu. S., Bryantsev A. A., Barantsev A. A. Wavelet-based fusion of noisy multispectral images using structure-oriented trees. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoye priborostroyeniye / Proceedings of the South-West State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2012, no. 1, pp. 19–25 (in Russian).
6. Yakimenko I. V., Zhendarev M. V. Spatial filtering of thermal objects on an correlated atmospheric background. *Zhurnal radioelektroniki / Journal of Radioelectronics*, 2009, no. 2. Available at: <http://jre.cplire.ru/win/feb09/1/text.html> (Accessed 20 May 2017).
7. Lloyd J. M. *Thermal imaging systems*. New York, Plenum Press, 1975 (Russ. ed.: Lloyd J. Sistemy teplovideniya. Moscow, Mir Publ., 1978. 414 p.).
8. Krasnyashchikh A. V. *Obrabotka opticheskikh izobrazheniy* [Processing of optical images]. Saint Petersburg, NIU ITMO Publ., 2012. 129 p. (in Russian).
9. Nepobedimyy S. P., Balter B. M., Yegorov V. V., Kalinin A. P., Rodionov I. D., Rodionova I. P., Stalnaya M. V. Simulation data of hyperspectral sensing of the earth. *Doklady Akademii nauk / Proceedings of the Russian Academy of Sciences*, 2008, vol. 420, no. 5, pp. 623–627 (in Russian).
10. Beier K., Gemperlein H. Simulation of infrared detection range at fog conditions for Enhanced Vision Systems in civil aviation. *Aerospace Science and Technology*, 2004, vol. 8, issue 1, pp. 63–71. DOI: 10.1016/j.ast.2003.09.002.
11. Saito H., Hagihara T., Hatanaka K., Sawai T. Development of pedestrian detection system using far-infrared ray camera. *SEI Technical Review*, April 2008, no. 66. 6 p. Available at: <http://global-sei.com/technology/tr/bn66/pdf/66-15.pdf> (Accessed 20 May 2017).
12. Rodionov A. I., Kim V. F. About one method of correcting the thermal imaging image in real time. *Interespo Geo-Sibir / Interexpo Geo-Siberia*, 2007, vol. 4, no. 2, pp. 207–210 (in Russian). Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-metode-korreksii-teplovizornogo-izobrazheniya-v-real-nom-masshtabe-vremeni> (Accessed 24 May 2017).

**For citation:** Minkin D. Yu., Terekhin S. N., Korolkov A. P., Osmanov Sh. A. Space thermovision monitoring of oil and gas transportation. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 45–51 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.45-51.