

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 620.179.13.05

*И. С. Мельникова, К. Н. Дайнеко*

### ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ И ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫМ МЕТОДОМ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ

UDC 620.179.13.05

*I. S. Melnikova, K. N. Daineko*

### DETECTION OF DEFECTS OF ASPHALT AND CEMENT ROAD PAVEMENTS USING THE THERMOGRAPHIC CONTROL METHOD AND AUTOMATED PROCESSING OF THE CONTROL RESULTS

#### **Аннотация**

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований по обнаружению методом тепловизионного контроля наиболее распространенных поверхностных дефектов дорожных асфальтобетонных и цементобетонных покрытий – трещин. Отдельное внимание уделяется описанию разработанного программного обеспечения для автоматизации обработки получаемых термограмм покрытия и расчета площадей дефектных областей.

#### **Ключевые слова:**

тепловизор, асфальтобетон, цементобетон, трещина, программное обеспечение, площадь дефектной области.

#### **Abstract**

The results of the research into detection of the most common asphalt and concrete road pavement defects – cracks – are presented in the article. Special attention is paid to the description of the developed software to automate the processing of pavement thermograms and the calculation of defect areas.

#### **Key words:**

thermographic camera, asphalt concrete, cement concrete, crack, software, defect area.

#### **Введение**

Контроль эксплуатационного состояния республиканских автомобильных дорог общего пользования основан на оценке степени соответствия нормативным требованиям переменных параметров и характеристик дороги на базе теории прочности и надежности конструкции. Такие параметры, как ровность, шероховатость, прочность и другие, изменяются под действием транс-

портной нагрузки и погодно-климатических факторов. Кроме того, во многом техническое состояние дорог зависит от мероприятий по их содержанию: правильности выбора необходимых мер по содержанию и своевременности их выполнения.

Ежегодно в Республике Беларусь осуществляются визуальное и инструментальное обследования сети республиканских дорог общего пользования

протяженностью свыше 15 тыс. км. Визуальное обследование включает в себя измерение геометрических параметров автомобильных дорог (ширина проезжей части, обочины, уклоны) и поверхностных дефектов дорожного покрытия и конструкции дорожной одежды. Инструментальное обследование подразумевает определение транспортно-эксплуатационных параметров дорог, таких как ровность и колеяность на покрытии (измеряется с помощью установок «Профилограф», «ЛазерПроф», ИВМП-1М), упругий прогиб дорожной одежды (с помощью дефлектометра падающего груза, например, FWD PRI 2100), коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием (с помощью установки ПКРС-2у), интенсивность движения транспортных средств (фиксируется на дорожно-измерительных станциях).

Для визуального определения площадей поверхностных дефектов дорожных покрытий РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр» использует лабораторию визуального линейного сканирования LineScan с последующей обработкой полученных фотоматериалов с помощью специального компьютерного обеспечения.

Предлагается проводить диагностику дефектов дорожной конструкции методом тепловизионного контроля. В отличие от визуально-оптического контроля, использование метода термографии гарантирует более высокий контраст между изображениями дефектной и бездефектной областей [1–2]. Также разработаны система распознавания поверхностных дефектов дорожных покрытий и соответствующее программное обеспечение.

#### **Методы дефектоскопии дорожных покрытий**

Для обнаружения поверхностных дефектов дорожных покрытий, возникающих в результате превышения допустимых механических или термических

напряжений, целесообразно применять поверхностный метод визуально-оптического контроля. Эффективность метода зависит от правильности выбора геометрических, спектральных, светотехнических, временных характеристик и условий освещения и наблюдения. Известно, что максимальный контраст дефекта необходимо обеспечивать подбором углов освещения и наблюдения спектра и интенсивности источника, а также состояния поляризации и когерентности света [3].

Работа измерительной лаборатории LineScan основана на применении высокоскоростной специализированной цифровой камеры совместно с системой освещения и цифровым одометром. Получение изображения поверхности дорожного покрытия осуществляется в соответствии с этапами процесса фотосъемки: камера фиксирует не саму исследуемую поверхность, а свет, отраженный от нее. Принцип работы камеры представлен на рис. 1: отраженный от исследуемого объекта свет проходит через объектив 1 камеры, попадает на зеркало 2, затем – на фокусирующую линзу 3, проходит через конденсорную линзу 4 и призму 5, становится видимым в окуляре 6, а при срабатывании затвора 7 изображение проецируется на светочувствительную матрицу 8 [4]. При съемке покрытия на скоростях до 90 км/ч каждая строка шириной 1 или 2 мм добавляется к предыдущим строкам, образуя непрерывную картину покрытия (см. рис. 1, б) [5]. Недостатком метода является в недостаточном контрасте изображения при выявлении небольших дефектов на ранней стадии их возникновения, например, поверхностных трещин шириной раскрытия 1...2 мм и так называемых «белых трещин», которые не дают достаточного контраста при съемке поверхности покрытия обычной цифровой фото- или видеокамерой. Кроме того, программное обеспечение по обработке полученных фотографий в результате автоматического фотосканирования не позволяет выявлять трещины шириной

раскрытия до 3...5 мм [1].

В Европе и Канаде широкое распространение для обнаружения поверхностных дефектов и определения структуры покрытия получили системы лазерного дорожного сканирования [6, 7]. Система сканирования основана на использовании высокоскоростных оптических камер и линейных лазерных проекторов, позволяющих получить как двухмерное, так и трехмерное изображение профиля дороги. Сканирование

может проводиться вне зависимости от времени суток и типа дорожного покрытия на скоростях до 100 км/ч при максимальной ширине захвата дорожного покрытия в 4 м. Обработка полученных данных осуществляется специальным программным обеспечением, распознающим трещины на поверхности покрытия, дорожную разметку, колею и выбоины, макротекстуру покрытия (рис. 2).

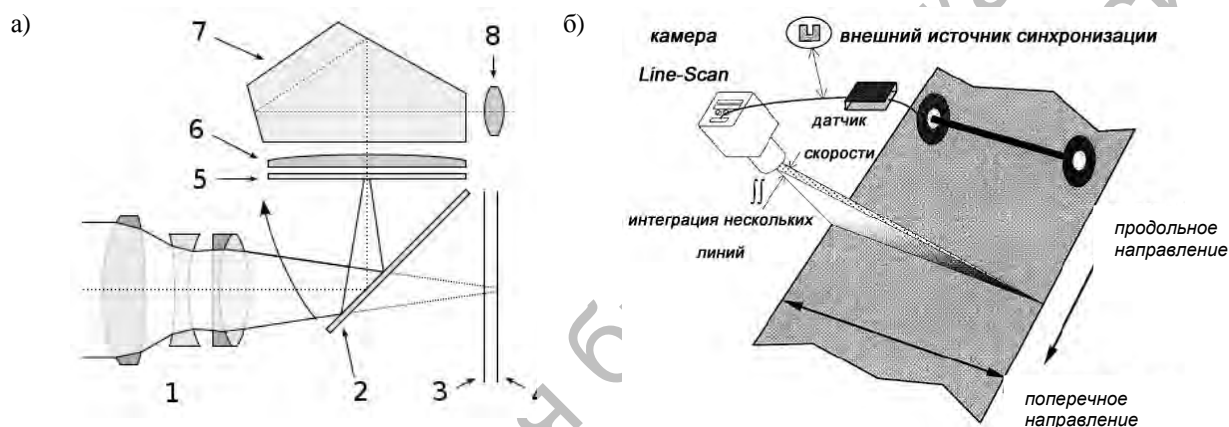


Рис. 1. Принцип работы цифровой камеры (а) и лаборатории LineScan (б): 1 – объектив камеры; 2 – зеркало; 3 – затвор; 4 – матрица; 5 – фокусирующий экран; 6 – конденсорная линза; 7 – пентапризма; 8 – окуляр



Рис. 2. Изображение поверхности покрытия, полученное с применением системы лазерного определения дефектов LCMS™ канадской компании «Пэйвметрикс» (Pavemetrics)

Проведенные исследования показали, что для выявления поверхностных повреждений дорожных покрытий целесообразно также применять метод термографии. Данный метод основан на

получении с помощью прибора (тепловизора) теплового изображения объекта контроля, которое создается не за счет фиксации отраженного от объекта света или лазерного луча, а лишь за счет

непосредственно самого теплового излучения объекта или различий в излучательной способности поверхности объекта контроля.

### Сферы применения метода термографии

В термографии используется инфракрасный диапазон спектра электромагнитного излучения: условно от 0,75 до 100 мкм. При наведении на объект исследования тепловизионная камера принимает излучение от самого объек-

та, а также от окружающей среды, излучение от которой отражается поверхностью объекта. Проходя через атмосферу, обе эти компоненты излучения ослабляются, в результате чего появляется третья составляющая излучения, создаваемая атмосферой (рис. 3) [8]. При этом, проводя измерения, пренебрегают некоторыми факторами: например, рассеянием солнечного света в атмосфере или рассеянным излучением от сильных источников, находящихся вне поля зрения.

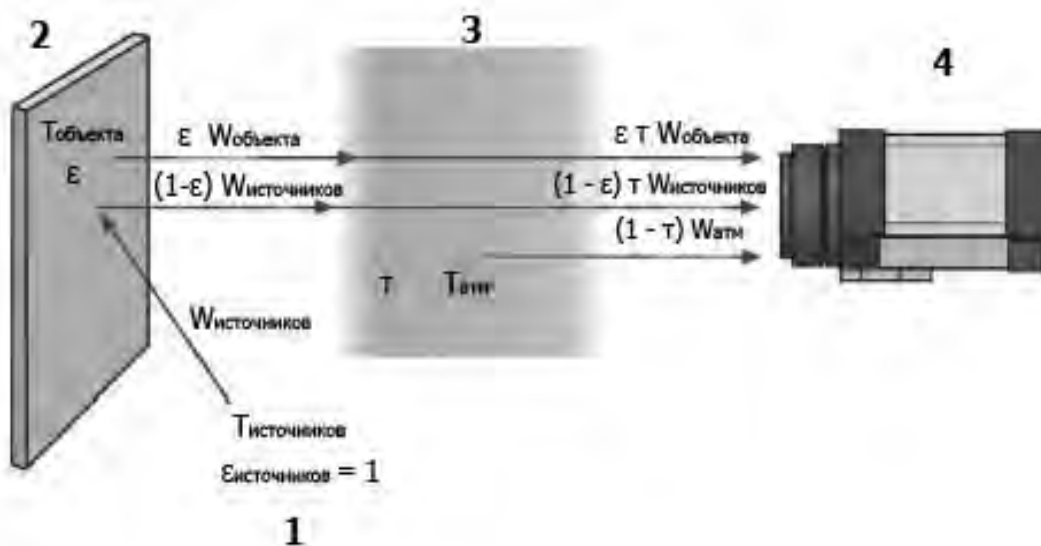


Рис. 3. Схема при общих термографических измерениях: 1 – среда; 2 – объект исследования; 3 – атмосфера; 4 – камера

Согласно схеме (см. рис. 3) можно выделить три слагаемых принимаемой тепловизионной камерой энергии излучения:

- 1) светимость объекта

$$W'_{\text{объекта}} = \varepsilon \cdot \tau \cdot W_{\text{объекта}},$$

где  $\varepsilon$  – светимость объекта (коэффициент излучения);  $\tau$  – коэффициент пропускания атмосферы;  $W_{\text{объекта}}$  – энергия излучения;

- 2) отраженное излучение окружающих источников

$$W'_{\text{источников}} = (1 - \varepsilon) \cdot \tau \cdot W_{\text{источников}},$$

где  $W_{\text{источников}}$  – энергия излучения стороннего источника;

- 3) светимость атмосферы

$$W'_{\text{атм}} = (1 - \tau) \cdot \tau \cdot W_{\text{атм}},$$

где  $(1 - \tau)$  – светимость атмосферы;  $W_{\text{атм}}$  – энергия излучения атмосферы.

Таким образом, оператор при работе с тепловизором должен учитывать излучательную способность объекта измерения, относительную влажность, температуру атмосферного воздуха, расстояние до объекта, отраженную температуру сторонних объектов. В не-

которых случаях задача точного определения некоторых параметров является для оператора трудновыполнимой, но при отсутствии сильных и крупных источников излучения эти сложности незначительные.

Тепловизор, прибор для получения изображения исследуемого объекта, в общем состоит из объектива (оптической системы), приемника инфракрасного излучения с чувствительным элементом, блока обработки (усиления) для создания и отображения термограммы объекта в виде изображения для дальнейшего анализа. Тепловизоры широко применяют в промышленности, медицине, строительстве. Так, при использовании тепловизионных камер в промышленности обнаруживают проблемы перегрева электрических и механических сетей, утечки, точные места расположения механических и электрических коммуникаций, контролируют качество сварных швов, осуществляют профилактическое обслуживание производственных механизмов (двигатели, подшипники, шестерни, насосы) и проверку электрических систем, обеспечения качества производства [9]. В частности, термографию используют для контроля в высокотехнологичных отраслях промышленности (авиация, нефтехимическая отрасль); в медицине – для диагностики заболеваний, обнаружения травм и мониторинга гипертермии. При диагностике зданий с применением тепловизионной камеры оцениваются тепловые отклонения от нормы фасада и крыши внутри и снаружи здания, производится обнаружение и анализ причин утечки тепла, аномалий в электрических сетях, контролируется качество при устройстве изоляции.

В дорожном строительстве термографию используют при контроле качества укладываемой теплой или горячей асфальтобетонной смеси: оценивают температуру смеси до укладки и равномерность температуры уже уложенного слоя. Целесообразно применение мето-

да тепловизионного контроля и для определения дефектов дорожных асфальтобетонных покрытий.

### **Выявление дефектов дорожных асфальтобетонных и цементобетонных покрытий методом термографии**

Проведенные исследования математических моделей дефектных областей в слое покрытия, экспериментальные тепловизионные исследования в лабораторных условиях и на участке автомобильной дороги с асфальтобетонным покрытием показали, что повреждения в верхнем слое покрытия выявляются с помощью тепловизора с высоким контрастом [10, 11].

Была изучена возможность применения метода тепловизионного контроля для обследований цементобетонных дорожных покрытий и выполнено сравнение выявления дефектов на покрытиях обоих типов.

Согласно действующим техническим нормативно-правовым актам Беларуси различают следующие виды дефектов дорожных покрытий [12]:

1) для асфальтобетонных покрытий: трещины отдельные, трещины частые, сетка трещин, выбоины, колеи, выкрашивание и шелушение, разрушение кромок, заплаты;

2) для цементобетонных покрытий: трещины, шелушение, незаполненные швы, повреждение кромок и швов, смещение смежных элементов, заплаты, разрушение плит.

Наиболее распространенным видом дефектов являются трещины. Трещины также наиболее трудны в определении визуально-оптическим методом при их небольшой ширине раскрытия или при заполнении водой, песком или нефтепродуктами от автомобилей. Исследования показали, что при дефектоскопии методом тепловизионного контроля ни размер, ни заполнение трещин посторонними материалами не оказы-

вают влияние на получаемые термограммы [13].

Исследования на участках автомобильных дорог с асфальтобетонным и цементобетонным покрытиями были проведены в черте г. Могилева (р-н ул. Гомельское шоссе). Температура покрытий измерялась на двух участках дорог с различным покрытием в летнее время года в июле и августе дважды в день: в утренние и вечерние часы. Для измерений использовался тепловизор FLIR T440 со спектральным диапазоном от 7,5 до 13 мкм и линзой  $25 \times 19^\circ$ , позволяющий получить термограмму объекта в виде изображения разрешением  $320 \times 240$  пикселей.

По результатам измерения к 8.00 ч при температуре воздуха  $21^\circ\text{C}$  температура асфальтобетонного покрытия со-

ставляла  $24,6^\circ\text{C}$ , цементобетонного –  $25,9^\circ\text{C}$ . К 20.00 ч при дневной температуре воздуха  $30...32^\circ\text{C}$  асфальтобетон остывал до  $33,3^\circ\text{C}$ , цементобетон – до  $34,5^\circ\text{C}$ . Следовательно, цементобетонное покрытие нагревается за день и остывает к вечеру чуть медленнее асфальтобетонного, что обусловлено разницей в теплотехнических характеристиках обоих строительных материалов: теплопроводность асфальтобетона составляет  $1,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ , цементобетона –  $1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ , теплоемкость асфальтобетона –  $1680 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ , цементобетона –  $1000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ . Термограммы и образцы покрытий дорог с дефектами в виде трещин представлены на рис. 4: средняя температура асфальтобетонного покрытия составляла  $33,3^\circ\text{C}$ , цементобетонного –  $34,5^\circ\text{C}$  [14].

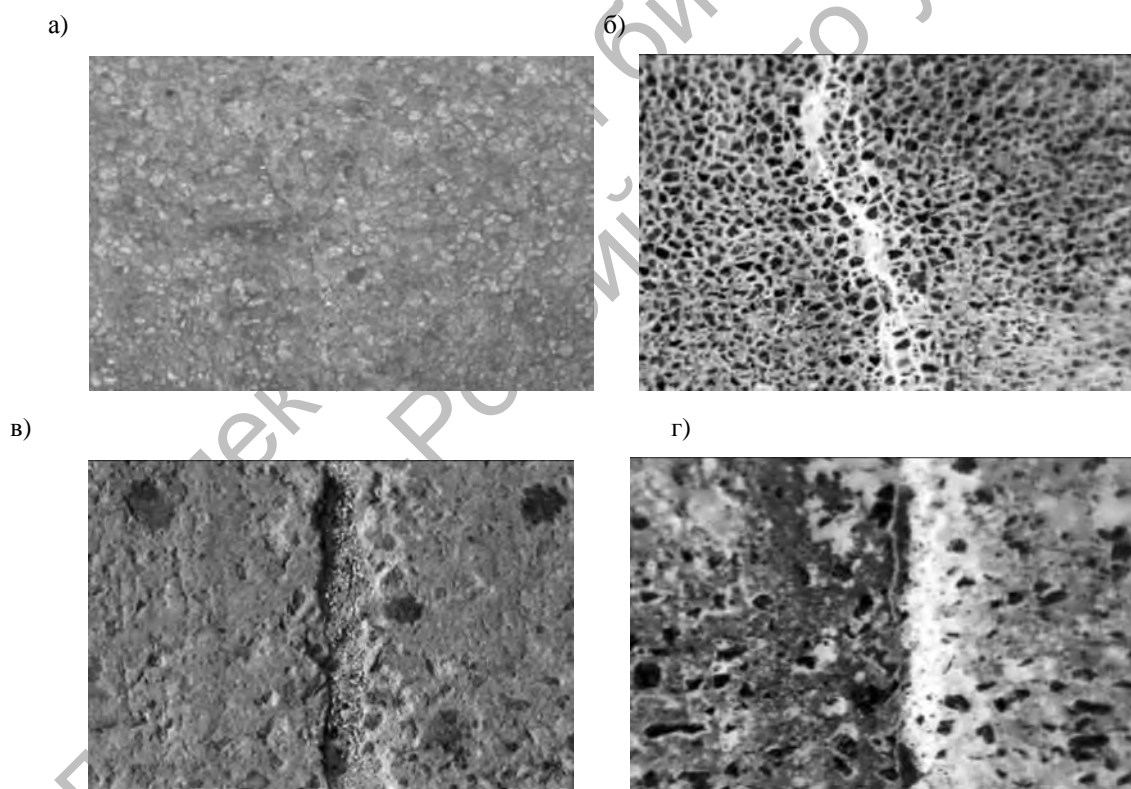


Рис. 4. Образцы и соответствующие им термограммы асфальтобетонного покрытия с трещиной (а и б) и цементобетонного покрытия с трещиной (в и г)

Таким образом, можно говорить о выявлении повреждений дорожных покрытий методом термографии с высоким

контрастом как для асфальтобетонных покрытий, так и для цементобетонных.

Важно отметить также, что для

выявления дефектов необходимо проводить диагностику в теплое время года вечером после захода солнца. В этих условиях влияние солнечного излучения исключено, поверхность покрытия уже начала охлаждаться естественным путем, а область с дефектом все еще остается хорошо прогретой. Благодаря этой разнице в температурах бездефектной и дефектной областей обеспечивается высокий контраст при получении термограммы поверхности покрытия.

### **Разработка программного обеспечения для обработки результатов измерений**

Сравнение результатов регистрации трещин с помощью тепловизора с результатами диагностики системой визуального сканирования уже показало преимущество метода термографии перед съемкой оптическими фото- и видеокамерами, т. к. тепловизионный метод дает возможность четко выявлять трещины раскрытием до 1 мм [1]. Однако стандартное программное обеспечение для обработки термограмм не

позволяет автоматизированно выявить и вычислить итоговую дефектную область на покрытии.

Разработанное авторами программное обеспечение позволяет производить анализ получаемых термограмм с целью обнаружения поверхностных дефектов покрытия. Также программа предоставляет возможность в режиме реального времени обрабатывать видеоданные и определять, есть ли дефекты на поверхности покрытия.

Термограмма для последующей автоматизированной обработки программой прежде всего преобразуется в массив данных, состоящий из значений измеренных температур поверхности покрытия. Каждый пиксель имеет определенное значение температуры в относительных либо абсолютных единицах. Далее массив обрабатывается программой для выявления дефектных областей.

Вид окна программы, появляющегося при ее запуске, представлен на рис. 5. Язык программирования – Visual FoxPro 9.0 [15].

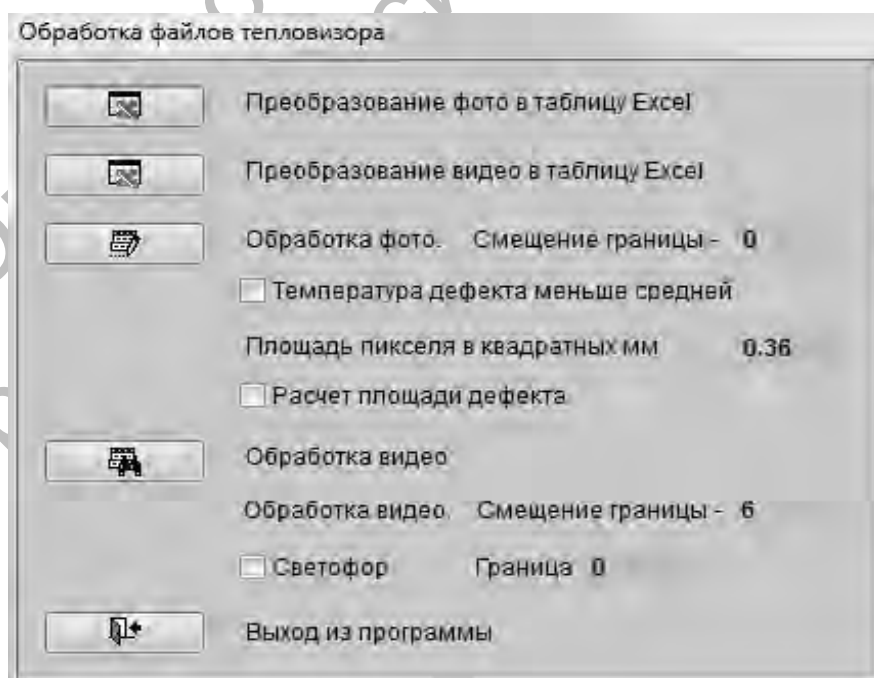


Рис. 5. Окно программы для обработки термограмм

Рассмотрим функции, которые выполняет программное обеспечение.

Функция «Преобразование фото в таблицу Excel» предназначена для получения изображения распределения температур на поверхности покрытия дороги. При ее работе в среде Excel формируется массив данных со значениями температур, присвоенных каждому пикселю термограммы. Последующая визуализация массива осуществляется построением диаграммы «Поверхность».

Функция «Преобразовать видео в таблицу Excel» предназначена для получения изображения распределения температур на поверхности покрытия дороги и анализа полученных с помощью тепловизора кадров видеозаписи. После запуска функции из файла выделяется двухмерный массив значений измеренных температур и ведется последующая его обработка.

Функция «Обработка фото» предназначена для автоматического анализа полученного массива данных с температурами с целью определения наличия дефектных областей и расчета площади дефектов на поверхности покрытия. Сначала программа выполняет анализ исходного массива данных с температурами: строится таблица с двумя столбцами – с измеренными тепловизором значениями (столбец 1) и количеством таких значений в массиве (столбец 2). Затем определяются максимальное значение в столбце 2 и соответствующее ему значение в столбце 1, рассчитываются статистические характеристики распределения. Далее измеренные значения в массиве заменяются на 0 для бездефектной области и на 1 для области дефектов, подсчитывается количество элементов массива в дефектной области. В зависимости от условий проведения исследования в форме программы предварительно устанавливается «галочка» напротив поля «Температура дефекта меньше средней» в случае, если температура в зоне дефекта ниже

температуры бездефектной области; в противном случае «галочку» не ставят. Для расчета площади дефектов на исследуемой поверхности дорожного покрытия в форме программы устанавливаются «галочку» в поле «Расчет площади дефекта» и задают площадь одного пикселя. Данная функция позволяет определить площадь дефектов путем умножения количества пикселей, которые относятся к дефектам, на площадь одного пикселя. Площадь пикселя зависит от расстояния между камерой и контролируемой поверхностью и ее находят в каждом случае экспериментально.

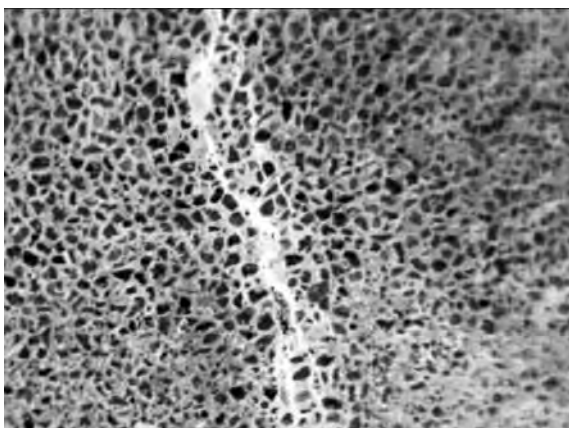
Функция «Обработка видео» предназначена для автоматического анализа видеокadres термограмм поверхности дорожного покрытия. Она работает аналогично «Обработке фото»: из видеомассива выделяются отдельные массивы данных температур, соответствующие одному кадру, затем каждый отдельный кадр (массив) обрабатывается. Для оперативной оценки результатов анализа включается команда «Светофор», которая позволяет в реальном времени выводить сигналы о наличии дефектов на кадре (включается красный сигнал) или их отсутствии (включается зеленый сигнал). Для управления сигналом светофора в форме предварительно устанавливается граничное значение площади дефектов, превышение которого означает наличие недопустимых дефектов.

В результате автоматизированной обработки массива данных с температурами поверхности покрытия имеем трехмерное изображение, на котором четко видны дефектные и бездефектные области (рис. 6).

Работа программы основана на подтвержденной теоретически и экспериментально гипотезе о том, что при измерении температур поверхности покрытия в теплое время года после захода солнца области с дефектами имеют более высокую температуру, чем поверхность покрытия, что и выявляется после выполнения функций программы.



а)



б)

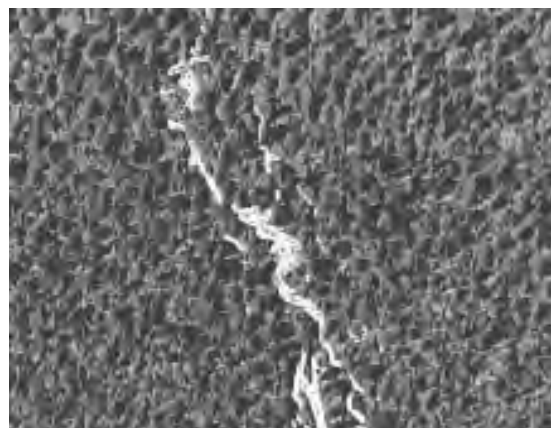


Рис. 6. Результат автоматизированной обработки массива данных с температурами: а – термограмма асфальтобетонного покрытия с трещиной; б – результат обработки термограммы

### Выводы

Таким образом, было рассмотрено применение визуально-оптического метода и метода лазерного сканирования для дефектоскопии дорожных покрытий, показана целесообразность тепловизионного метода контроля для обнаружения поверхностных повреждений асфальтобетонных и цементобетонных покрытий. Метод тепловизионного контроля за счет учета излучения самого исследуемого объекта, а не фиксации отраженного от объекта света, позволяет в определенных условиях с высоким контрастом выявлять трещины на ранней стадии их возникновения шириной раскрытия 1...2 мм, которые не видны или очень слабо различимы при использовании других методов контроля. Метод применим как для асфальтобетонного дорожного покрытия, так и для цементобетонного.

Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать обработку термограмм и выявлять дефектные области, рассчитывать площади дефектов. Принцип работы программы заключается в представлении термо-

граммы в виде массива данных с температурами, т. е. температуры каждого пикселя формируют массив данных. Так как температура дефектной области выше или ниже температуры поверхности покрытия, то последующая автоматизированная обработка данных позволяет выделить области с дефектами, отличные по температурам. Дефектная область представляется графически аналогично программам по обработке результатов визуально-оптического контроля и лазерного сканирования. Преимущество разработанного программного обеспечения заключается в том, что оно дает возможность автоматизированно определять наличие поверхностных дефектов на ранней стадии их возникновения, выполнять расчет площадей дефектов, обрабатывать видеoinформацию, снятую тепловизором, с автоматическим представлением ее в виде отдельных кадров. Программное обеспечение может применяться в дорожной отрасли для диагностики поверхностных дефектов асфальтобетонных и цементобетонных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мельникова, И. С.** Выявление поверхностных повреждений дорожных покрытий методом тепловизионного контроля / И. С. Мельникова, В. И. Борисов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 4 (45). – С. 117–128.
2. **Ермолов, И. Н.** Методы и средства неразрушающего контроля / И. Н. Ермолов, Ю. Я. Останин. – М. : Высш. шк., 1988. – 368 с.
3. Методы неразрушающего контроля : учеб. пособие / Н. И. Кашубский [и др.]. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – Ч. 1. – 108 с.
4. Цифрозеркальная камера : основные сведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : 101tema.ru/content/urok-3-1-tsifrozernalnaya-kamera-osnovnyye-svedeniya-chast-1](http://101tema.ru/content/urok-3-1-tsifrozernalnaya-kamera-osnovnyye-svedeniya-chast-1). – Дата доступа : 20.04.2016.
5. **Wang, K.** Automated survey and visual database development for airport and local highway pavement / K. Wang // Final Report of Mack-Blackwell Transportation Center. – USA : University of Arkansas, 2007.
6. Laser Scanning on Road Pavements. A New Approach for Characterizing Surface Texture / G. Bitelli [et al.] // Sensors (Basel) [Electronic resource]. – 2012. – № 12. – Mode of access : [http : // www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3444093](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3444093). – Date of access : 30.07.2015.
7. LCMS™ – Laser Crack Measurement System [Electronic resource] / Pavemetrics. – Quebec, 2015. – Mode of access : [http : // pavemetrics.com/en/lcms.html](http://pavemetrics.com/en/lcms.html). – Date of access: 17.08.2015.
8. Тепловизоры для инспекции зданий [Электронный ресурс] / FLIR Systems. – Режим доступа : [http : // www.flir.ru/instruments/building/display/?id=47239](http://www.flir.ru/instruments/building/display/?id=47239). – Дата доступа : 20.04.2016.
9. Термография и строительство – наземная термография [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : // teplovizo.ru/termografiya-sfery-primeneniya.htm](http://teplovizo.ru/termografiya-sfery-primeneniya.htm). – Дата доступа : 20.04.2016.
10. **Мельникова, И. С.** Применение метода тепловизионного контроля для обнаружения дефектов дорожных покрытий / И. С. Мельникова, В. И. Борисов // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов : материалы 5-й Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2014. – С. 60–62.
11. Система неразрушающего контроля. Виды (методы) и технология неразрушающего контроля. Термины и определения : справ. пособие / П. П. Бирюкова [и др.]. – М. : Науч.-техн. центр по безопасности в промышленности Ростехнадзора России, 2003. – 392 с.
12. **ТКП 140-2015.** Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики. – Минск : БелдорНИИ, 2015. – 68 с.
13. **Борисов, В. И.** Влияние внешних условий на выявление дефектов дорожных покрытий методом термографии / В. И. Борисов, И. С. Мельникова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2015. – С. 282.
14. **Мельникова, И. С.** Исследование температурного режима дорожных покрытий различных типов методом термографии / И. С. Мельникова, Ю. В. Ковалев, К. Н. Дайнеко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2015. – С. 134.
15. **Борисов, В. И.** Компьютерная программа для обработки термограмм дорожных покрытий с поверхностными дефектами / В. И. Борисов, И. С. Мельникова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2015. – С. 283.

*Статья сдана в редакцию 25 апреля 2016 года*

**Ирина Сергеевна Мельникова**, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.  
E-mail: Rin\_m@mail.ru.

**Константин Николаевич Дайнеко**, студент, Белорусско-Российский университет.  
E-mail: Mercedeshome@mail.ru.

**Irina Sergeevna Melnikova**, senior lecturer, Belarusian-Russian University. E-mail: Rin\_m@mail.ru.

**Konstantin Nikolayevich Daineko**, student, Belarusian-Russian University. E-mail: Mercedeshome@mail.ru.