

Бирюков Сергей Вячеславович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: birser@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 89287642928.

Birukov Sergey Vyacheslavovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: birser@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 89287642928.

УДК 550.34.016

А.Е. Родионова

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧЕ ТЕПЛООВОГО МОНИТОРИНГА И КАРТИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ

Доклад посвящен задачам теплового (инфракрасного) мониторинга и картирования местности. Дан обзор типичных приложений, в которых возникают подобные задачи, рассмотрены характерные для данных задач трудности. Рассказано о программно-аппаратном комплексе, разработанном с участием сотрудников ИПУ РАН, и приведены примеры обработки системой реальных съемочных данных.

Аэросъемка; тепловое инфракрасное изображение; инерциальная система ориентации.

A.E. Rodionova

INFORMATION DATA PROCESSING IN THE TASK OF THERMAL MONITORING AND MAPPING

The report is dedicated to the tasks of monitoring and mapping in the thermal (infrared) spectral band. A review is given for the typical applications including difficulties faced while solving the relative tasks. Software together with the hardware created by, ICS RAS employees participation these tasks solution are introduced. Examples of the survey data processing are also given.

Airborne survey; thermal infrared image; inertial attitude system.

Введение. Усиливающееся негативное воздействие человека на все компоненты природной среды требует применения новых более эффективных средств и методов контроля. Поэтому в последнее время все более актуальной становится реализация систем мониторинга при оценке состояния природных и техногенных объектов. Задача, определившая направление данной работы, состояла в получении тепловых снимков по результатам инфракрасной (ИК) аэросъемки.

1. Области применения теплового мониторинга. ИК-съемка используется в ряде актуальных задач.

1. Определение местоположения и диагностика состояния продуктопроводов, в частности, подземных тепловых сетей, с выделением предаварийных и аварийных участков. Характерной чертой современного города является развитая система тепло- и водоснабжения. Нарушения в работе этой системы могут иметь самые разнообразные последствия – от изменения состава и температуры грунтовых вод,

до появления подземных полостей, заполненных горячей (70–150 градусов) водой и опасных как для ремонтной техники, так и для людей. Своевременное обнаружение небольших трещин (свищей) в трубопроводах, незаметных для стандартных систем контроля, позволяет ликвидировать место потенциального прорыва трубы до возникновения аварийной ситуации (рис. 1) [3–5].



*Рис. 1. Городская теплотрасса (Смоленская область, 2006 г):
1 – аварийный участок, 2 – участок с повышенным тепловыделением*

2. Выявление участков подземного самовозгорания на торфяниках, полигонах по захоронению отходов (свалках), в лесных массивах. В периоды летней жары в лесных массивах и на торфяниках могут возникать самопроизвольные или спровоцированные человеком возгорания, перерастающие в огромные лесные пожары. Особенную сложность при ликвидации очагов возгорания представляет торф, так как его нижние слои способны гореть в течение большого времени и при этом пожар никак не обнаруживается визуально. Получить истинную картину возгорания и соответственно скоординировать усилия пожарной техники можно используя тепловую аэросъемку – высокопроизводительный и дистанционный метод обнаружения даже подземных очагов возгорания [3, 4].

3. Выявление участков сбросов коммунальных и промышленных вод в реки и водоемы, картирование загрязнения нефтепродуктами. Большинство крупных городов расположены вблизи от рек или водоемов, которыми промышленные предприятия пользуются для сброса отходов производства. Организация таких сбросов должна контролироваться службами СЭС и Комитетом по охране природы. Однако многие предприятия практикуют несанкционированные выбросы или нарушают предельно допустимую концентрацию токсичных отходов или их температуру. Тепловая аэросъемка позволяет надежно обнаружить практически любые сбросы в водоем (так как благодаря турбулентности сбрасываемого потока всегда возникают аномалии теплового поля) и локализовать места для последующих гидрохимических проб (рис. 2) [3, 4].

4. Контроль состояния шоссейных и железных дорог, а также дорожных покрытий взлетно-посадочных полос аэропортов с выявлением участков повышенной трещиноватости и обводнения. Различные трассы и железные дороги часто прокладываются по пересеченной местности с меняющимся рельефом. При этом в возвышенности дорога «врезается», а в низинах делается насыпь, неоднородная по составу и состоящая, как правило, из суглинистых и гравийно-песчаных слоев. В

случае затрудненного стока в нижних песчано-гравийных слоях могут образовываться (за счет грунтовых и талых вод или осадков) полости воды, что в свою очередь приводит к разрушению насыпи при изменении температурно-атмосферных условий. Тепловая ИК-съемка может быть использована для обнаружения таких полостей и обозначения зон дороги, требующих наиболее срочного ремонта.[3,4].



Рис. 2. Сброс промышленных отходов (Смоленская область, 2006 г.):
1 – точка сброса, 2 – лесной массив и последствия сброса

5. Контроль численности животных. Многолетний опыт применения авиаучета лосей показал его достаточно высокую эффективность [6]. Представляется весьма заманчивым использовать для этих целей методы дистанционного зондирования, которые при одновременной оптимизации авиаучета могут исключить многие ошибки аэровизуального подсчета лосей (прежде всего недоучет лосей, в плохо просматриваемых угодах, неправильную фиксацию ширины полосы наблюдения и т.д.). На фоне лесного ландшафта крупные животные обнаруживаются плохо. В то же время тепловое излучение тела животного позволяет надежно обнаружить его среди деревьев в зимнем лесу (рис. 3).

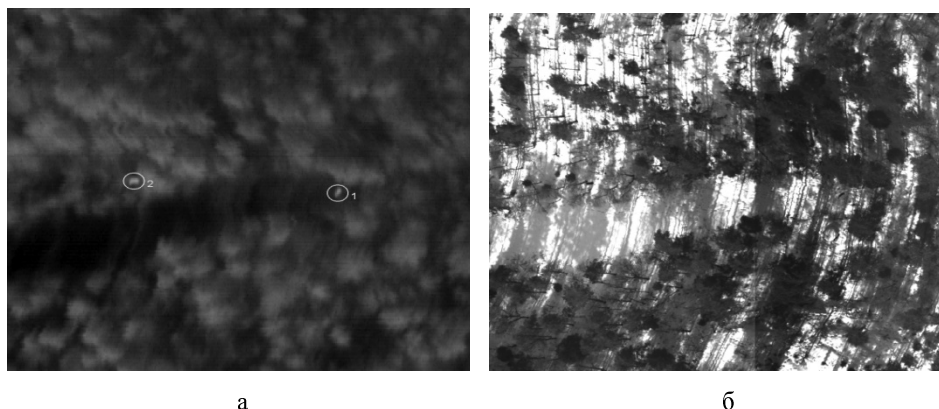


Рис. 3. Общий вид обнаруженной группы лосей: а – фрагмент теплового снимка;
б – фрагмент видеоснимка

Следует отметить, что при планировании съемочных работ и интерпретации полученных результатов необходимо учитывать специфику конкретной задачи

[1,4]. Так, например, для решения задачи обнаружения участков обводнения дорожного покрытия или железнодорожной насыпи (задача 4) требуется проводить съемку в наиболее сухое время года. При этом для полета желательно выбрать ночное время перед самым наступлением тепловой инверсии (3-5 часов утра), когда участки обводнения на полученном изображении выглядят максимально контрастно на фоне быстро остывающих сухих грунтовых участков.

В свою очередь, при съемках водоемов желателен максимальный контраст температуры водоема с температурой сбросов, поэтому такие работы обычно проводятся весной или осенью, и всегда в ночное время. Аналогичная ситуация возникает при съемке городских теплотрасс – идеальным временем для начала работ являются первые заморозки до выпадения снега, когда контраст между остывшей почвой и горячими трубами максимален.

Летние лесные пожары и самовозгорающиеся торфяники требуют оперативной съемки и срочной обработки данных. При наличии соответствующего технического оборудования особо важную информацию об очагах возгорания можно передавать непосредственно с борта летательного аппарата.

Поиск животных нужно выполнять зимой, когда деревья сбросили листву. Кроме того, следы животных на снегу также хорошо проявляются в тепловом поле.

2. Оборудование для тепловизионного мониторинга. Для решения вышеперечисленных задач нами был разработан ряд тепловизоров Скан-Т, VIS05, ИКАР002. Они могут быть использованы для картирования излучения поверхности земли с борта летательного аппарата. Их отличительными характеристиками являются высокая чувствительность (0,05°C при температуре фона 20°C), небольшой вес (35 кг) и низкое энергопотребление (7 А при 27 В), что позволяет использовать его при работах на легких вертолетах и небольших самолетах. Например, система может быть установлена на Ми-2 и на Cessna-172D, при условии монтажа чувствительного элемента снаружи фюзеляжа.

Выдаваемое системой изображение состоит из отдельных линий, полученных сканером с вращающимся зеркалом [2]. Частота выдачи данных – 230 линий в секунду. Сканирование производится угловой апертурой 2,4', угол обзора которого составляет 90°–120°. Тепловизор Скан-Т использует охлаждаемый азотом датчик с высокой разрешающей способностью (CdHgTe), измеряющий излучение в диапазоне 8–14 мкм (дальний ИК диапазон) [2].

Для монтажа из накопленных за полет строк целостного изображения требуется учесть изменение положения и ориентации летательного аппарата в пространстве. Для этого необходимо знание географических координат, высоты над рельефом, а также углов курса, крена и тангажа сканера в каждый момент полета. В целях измерения этих параметров используется бесплатформенная система ориентации SIAS-2, которая интегрирована в комплекс тепловой съемки [3].

Инерциальная система SIAS-2 состоит из трех волоконно-оптических гироскопов фирмы «Физоптика» и трех акселерометров серии ADXL фирмы Analog Devices Inc. Кроме того, для получения координат и сигналов времени используется GPS-приемник. Сигналы всех датчиков проходят через высокоточный АЦП и передаются в цифровой сигнальный процессор.

3. Обработка информации. Для управления процессом съемки используется многофункциональное программное обеспечение, позволяющее планировать вылеты, контролировать качество поступающих данных и взаимодействовать с пилотом через пилотский индикатор типа «стрелка». Данные со сканера поступают в программу по протоколу TCP/IP и автоматически синхронизируются с данными гироскопов, акселерометров, GPS-приемника и радиовысотомера. Программа работает в графической оболочке X-Window System операционной системы Linux.

Для обработки данных SIAS-2 был разработан алгоритм и написано соответствующее программное обеспечение, получающее на вход сигналы датчиков и рассчитывающее высокоточное ориентационное и навигационное решение.

В модели, положенной в основу этого алгоритма, движение приборного трехгранника относительно модельного описывается уравнением Пуассона – $dA/dt = \Omega A$, где A – матрица текущей ориентации, Ω – кососимметричная матрица, умножение на которую задает векторное произведение с вектором угловой скорости. Требуемая для построения карт масштаба 1:10 000 точность определения углов должна составлять величину порядка одного градуса, однако, при переходе от строки к строке требуется точность $< 0,001$ радиан. Примененный алгоритм коррекции углов и координат использует метод фильтрации Калмана. Для качественного монтажа теплового изображения используется получаемое сглаженное навигационное решение, избавленное от скачков навигационного решения GPS-приемника (рис. 4).

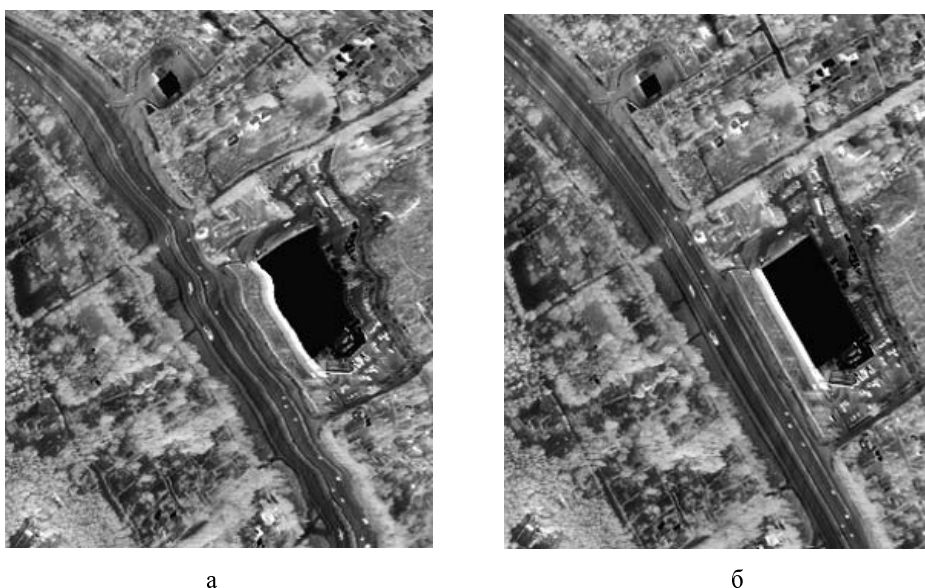


Рис. 4. Участок плана ИК-съемки: а – до коррекции системой SIAS-2; б – после

Результаты испытаний системы в реальных съемочных полетах показали, что погрешность измерения угла рыскания не превышает 2° и точность измерения углов крена и тангажа лучше 1° . Угловая чувствительность системы составляет $0,1^\circ$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антыпко А.И. Основы дистанционного теплового мониторинга геологической среды городских агломераций. – М.: Недра, 1992. – 152 с.
2. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. – М.: Сов. радио, 1978. – 400 с.
3. Бугаенко И.О., Каршаков Е.В., Макаров В.В. Цифровая инфракрасная аэросъемка инженерных сооружений и земной поверхности. Геопрофи, № 6. – 2006. – С. 47-49
4. Волковицкий А.К., Скловский С.А. Как и зачем мы делаем тепловую инфракрасную аэросъемку. Минеральные ресурсы России, экономика и управление. Спец. выпуск Аэрогеофизика. – 1997. – С. 26-33
5. Пирева Т.Г., Скловский С.А. Дистанционный тепловой мониторинг городских территорий и природных объектов. Разведка и охрана недр, № 5. – 2006. – С. 46-53
6. Приклонский С. Учёт численности охотничьих животных. Охота и охотничье хозяйство, 1977. – № 12.

Родионова Анастасия Евгеньевна
ИПУ РАН.
E-mail: ex-trano@mail.ru.
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65.
Тел.: 84953347168.

Rodionova Anastasia Evgenevna
ICS RAS.
E-mail: ex-trano@mail.ru.
65, Profsouznaya street, Moscow, 117997, Russia.
Phone: 84953347168.

УДК 629.113

М.А. Береснев

**АЛГОРИТМ РАСЧЕТА УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ
ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ЦИЛИНДРЕ
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В ЦЕЛЕВОМ ДИАПАЗОНЕ**

В работе представлен новый алгоритм расчета угла опережения зажигания для двигателя внутреннего сгорания, который позволяет улучшить индикаторные характеристики двигателя за счет выбора момента поджога топливно-воздушной смеси, обеспечивающего достижение максимального давления в цилиндре в целевом диапазоне поворота коленчатого вала. Приводятся результаты экспериментов, подтверждающих корректность процедуры расчетов и преимущества предлагаемого алгоритма.

Угол опережения зажигания; двигатель внутреннего сгорания.

M.A. Beresnev

**IGNITION ADVANCE CALCULATION ALGORITHM FOR ACHIEVEMENT
OF MAXIMUM PRESSURE IN CYLINDER OF INTERNAL COMBUSTION
ENGINE IN DESIRED RANGE**

Article presents new ignition advance angle calculation algorithm for internal combustion engine control systems that allows to improve main engine characteristics due to choice of fuel-air mixture burning moment providing achievement of maximum pressure in cylinder in special range of crankshaft turning angle. Besides theoretical description, work contains results of experiments, proving calculation procedure correctness and advantages of the proposed algorithm.

Ignition advance angle; internal combustion engine.

Введение. В связи с постоянно ужесточающимися требованиями к охране окружающей среды, в настоящее время остро стоит проблема разработки автомобилей, наносящих минимальный вред экологии на всех этапах его жизненного цикла. На этапе эксплуатации одним из основных факторов ущерба являются выхлопные газы [1]. Известно, что чем полнее сжигается топливо в двигателе, тем меньше токсичных продуктов сгорания будет выброшено в атмосферу. Однако при этом смеси не могут быть очень бедными, поскольку это приводит к росту температуры и образованию окислов азота. Полнота сгорания топлива, в свою очередь, определяется поддержанием стехиометрического состава топливно-воздушной смеси и моментом ее поджога, который влияет не только на экологичность, но и на развиваемую двигателем мощность. Этот момент характеризуется углом опережения зажигания (УОЗ), т.е. углом поворота кривошипа от момента, при котором на свечу зажигания начинает подаваться напряжения для пробыа ис-