

**П**оследние достижения в области системотехники, микроэлектроники и спутниковой навигации стимулировали бурное развитие гражданского сектора беспилотной авиации как за рубежом, так и в Российской Федерации. Отечественными авиационными предприятиями создан ряд совершенных образцов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), отличающихся высокими функциональными возможностями и эксплуатационными характеристиками.

Реализованные в настоящее время характеристики БПЛА определили интерес к ним со стороны топливно-энергетических компаний, деятельность которых связана с обеспечением функционирования линейных протяженных или площадных удаленных объектов (нефте- и газопроводы, линии электропередач, компрессорные станции и др.) и периодическим их осмотром с использованием пилотируемой вертолетной авиации.

С 2006 года ОАО «Газпром космические системы» проводит исследовательские и опытно-промышленные работы по вопросам использования БПЛА в интересах обеспечения функционирования объектов газотранспортной системы ОАО «Газпром».

За три последних года компанией проведены теоретические обоснования применения БПЛА различных типов и размерности, исследованы возможности применения современного целевого оборудования, установленного на БПЛА, для решения прикладных задач безопасной эксплуатации магистральных газопроводов, таких как визуальное обследование и документирование состояния инженерных сооружений, охранных зон магистральных газопроводов и прилегающих территорий, оценка непроектного положения труб, определение мест утечки газа, охрана удаленных объектов и территорий и др.

В ходе работ проведена практическая апробация использования малоразмерных низкобюджетных БПЛА самолетного и вертолетного типа, оснащаемых видео-, тепловизионной и фотографической аппаратурой, для обследования и охраны магистральных газопроводов.

В 2007 - 2008 гг. ОАО «Газпром космические системы» совместно с ОАО «Корпорация «Иркут» (г. Москва), ООО «Беспилотные системы» (г. Ижевск, филиал Концерна «Вега») и

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОРАЗМЕРНЫХ НИЗКОБЮДЖЕТНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2009 *Д.Н. Севастьянов, П.В. Корвяков, В.А. Лазутин,*  
ОАО «Газпром космические системы», г. Королёв Московской области,  
телефон: 8 (495) 504-17-78; e-mail: lazutin@gazprom-spacesystems.ru

ЗАО «Инженерный центр «Геомир» (г. Мытищи Московской обл.) проведены работы по апробации и промышленному применению БПЛА для мониторинга объектов транспортировки газа на территории Нижегородской и Тюменской областей, Удмуртской Республики и Пермского края в зонах ответственности газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».

В ходе проведенных работ решены следующие задачи:

- проведена оценка возможностей БПЛА и установленного на них целевого оборудования по обследованию объектов транспортировки газа;

- определен перечень задач беспилотного мониторинга объектов транспорта газа;

- сформированы предложения по возможности и порядку использования БПЛА в интересах служб эксплуатации и служб безопасности магистральных газопроводов;

- отработаны методики планирования применения и процедуры согласования полетов БПЛА в органах регулирования использования воздушного пространства;

- практически реализовано информационное взаимодействие полевых беспилотных авиационных комплексов с сетями связи общего пользования с использованием средств системы спутниковой связи «Ямал» и проведены сеансы передачи видеoinформации в режиме реального времени от БПЛА на средства отображения удаленных пользователей (Пермский край – Москва) от полевых объектов, расположенных на территории Пермского края.

Работы проведены с использованием нескольких типов БПЛА самолетной и

вертолетной схем. Наиболее интенсивно использовались БПЛА «Иркут-10» (взлетная масса 10 кг, дальность полета в режиме автоматического зависящего наблюдения 70 км, рис. 1) и ZALA-421-16 (15 кг и 50 км соответственно, рис. 2), запуск которых проводится с использованием переносных катапультных устройств с необорудованной территории. БПЛА оснащались видео-, тепловизионными и фотографическими средствами.

Практические полеты БПЛА проводились на реальных объектах транспортировки газа – линейно протяженных магистральных газопроводах, общей протяженностью коридоров охранных зон 1500 км и на 12 площадных объектах.

Всего в ходе работ выполнено более 120 полетов БПЛА в различных природно-климатических условиях, получена и обработана видео- и фотографическая информация о состоянии более 4700 км магистральных газопроводов в одностороннем исчислении. Для оперативной работы с полученной информацией создана Web-оболочка конечного пользователя.

В ходе работ проведена апробация нескольких технологий обследования магистральных газопроводов, основанных на использовании различного целевого оборудования БПЛА.

Эффективной технологией оперативного получения информации об объектах газовой инфраструктуры является их фотографирование с использованием цифровой цветной калиброванной фотокамеры. Технические характеристики фотокамеры (размерность матрицы не менее 12 Мпикс) и параметры фотографирования, реализо-



Рисунок 1. БПЛА «Иркут-10»



Рисунок 2. БПЛА ZALA-421-16

ванные в ходе полета БПЛА (высота съемки от 150 до 300 м, продольное перекрытие снимков не менее 60 %), позволяют получать высокодетальные изображения объектов и территорий с разрешением до 5 – 7 см/пикс, существенно превышающим аналогичные параметры космических снимков. Кроме того, интервал высот съемки обеспечивает независимость работ от



Рисунок 3. Участок магистрального газопровода с «провисом» трубы

состояния облачности, что является большой проблемой для космической съемки.

Высокое разрешение получаемых снимков и их автоматическое позиционирование с использованием бортовых

устройств GPS позволяют проводить их последующую обработку с целью получения фотосхем и ортофотопланов, тематический анализ для выявления и позиционирования:

- участков магистральных газопроводов, находящихся в непроектном положении с потерей устойчивости, всплывшие и оголенные участки (рис. 3);
- негативных природных факторов гидрогеологического генезиса, карстовые формы, подземные водооток (перетоки), обводненные участки трассы (рис. 4, 5);
- негативных природных факторов гидрологического генезиса (эрозионные зоны, аккумуляция и переработка берегов водоемов и водоотоков);
- опасных природных процессов, обусловленных воздействием гравитационных сил и т.п. (оползни, осыпи и др.);
- техногенных нарушений.

Тематическая обработка фотографий, полученных с БПЛА, позволяет выявлять участки магистральных газопроводов с повышенным обводнением труб (рис. 5), районировать растительность по типу в охранных зонах и прилегающих к ним территориях (рис. 6).



Рисунок 4. Участок трубы магистрального газопровода с обводнением и продольным сжатием

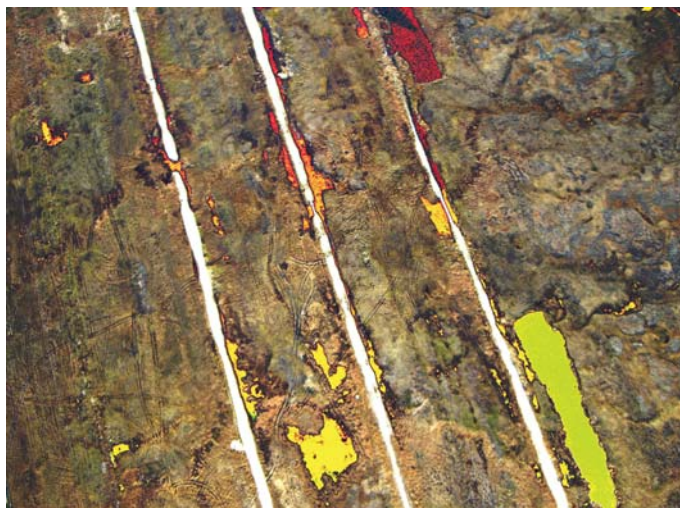


Рисунок 5. Участки магистрального газопровода с повышенным обводнением трубы

Не менее эффективной технологией является использование тепловизионной съемки в дальнем инфракрасном диапазоне (8 – 12 мкм). Тепловизионное видеоизображение формируется с использованием «ночной» видеокамеры и передается по радиоканалу от БПЛА на наземную станцию управления для регистрации и последующей тематической обработки (рис. 7). С использованием тепловизионных средств возможно определить и позиционировать места непроеKTного залегания трубы или места выхода трубы на поверхность. Особенностью использования тепловизионных средств, установленных на БПЛА, является возможность проведения полетов в ночное время в условиях максимального радиационного контраста (ночью или ранним утром) и наилучшей видимости объектов обследования. Возможность проведения ночных полетов

использоваться как перечисленные выше средства, так и цветная миниатюрная видеокамера (несколько видеокамер), установленных на БПЛА. Изображение объектов и территорий передается в режиме реального времени от БПЛА на наземную станцию управления для оценки и принятия решения по реагированию на нештатную ситуацию (рис. 8, 9). Высокодетальная фотосъемка может использоваться для позиционирования сторонних объектов (сооружений, мест сельскохозяйственных работ) относительно оси трубы газопровода с количественной оценкой выполнения требований по минимально допустимым безопасным расстояниям или для документирования несанкционированных работ в охранных зонах магистральных газопроводов (рис. 10).

В ходе работ по созданию технологий мониторинга объектов газовой инфраструктуры отработана методика совместного использования данных фотографической съемки с БПЛА и данных, получаемых с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли из космоса. Пример совмещенных космического снимка и высокодетальных снимков с БПЛА приведен на рис. 11.

В ходе работ, выполненных в 2007 – 2008 гг. отработаны технологии:

- контроля охранных зон линейно протяженных и площадных объектов средствами видеонаблюдения в дневное и ночное время;
- контроля состояния инженерных сооружений (обваловка, открытые переходы через водные преграды и др.) средствами видеонаблюдения и фотографическими средствами;
- масштабной фотосъемки и координатной привязки объектов относительно трассы магистрального газопровода, формирования фотопланов;



Рисунок 7. Стоп-кадр тепловизионного видеоряда с изображением открытого участка магистрального газопровода (внизу слева) и участков с непроеKTным залеганием (земли сельскохозяйственного назначения)

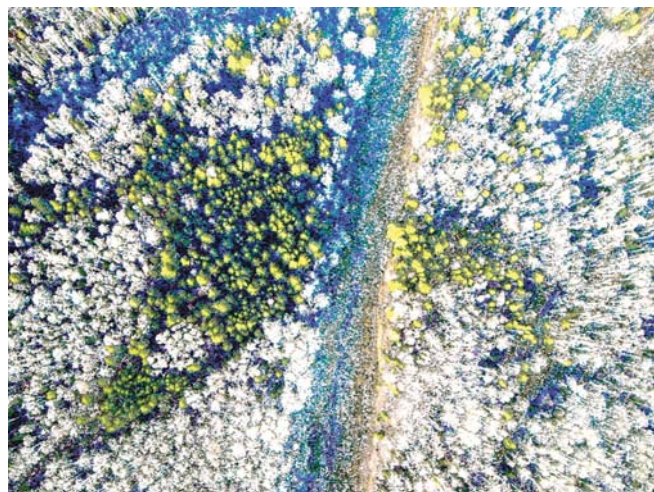


Рисунок 6. Участки с молодой хвойной растительностью на территории, прилегающей к охранной зоне магистрального газопровода



Рисунок 8. Автомобиль в охранной зоне магистрального газопровода. Стоп-кадр видеоряда цветной видеокамеры



Рисунок 9. Автомобиль в охранной зоне магистрального газопровода. Стоп-кадр видеоряда тепловизионной видеокамеры



Рисунок 10. Заготовка леса в охранной зоне магистрального газопровода

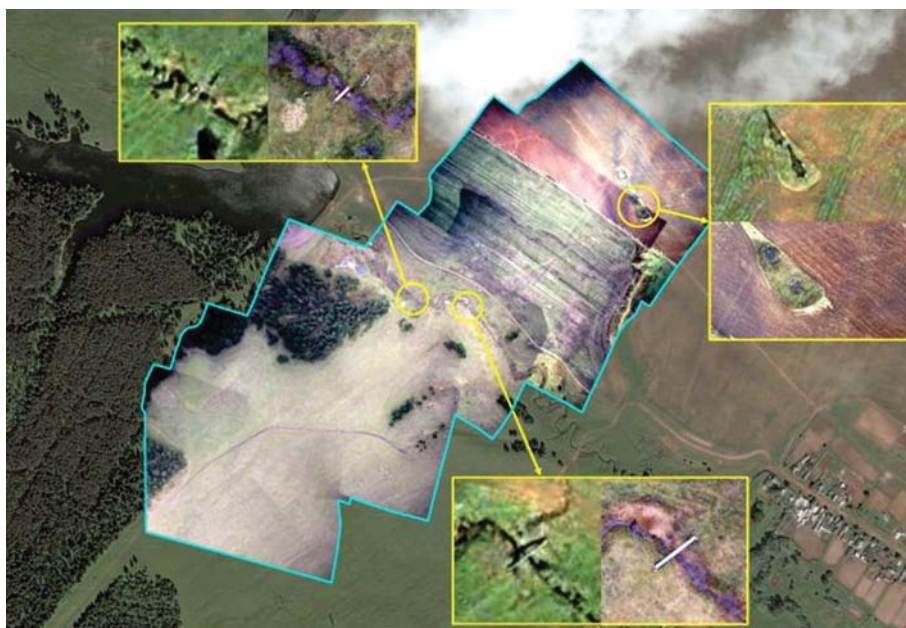


Рисунок 11. Совмещение фотоснимков, полученных с БПЛА и космического аппарата дистанционного зондирования Земли

- поиска участков с непроектной глубиной залегания трубопроводов с использованием тепловизионной аппаратуры;
- поиска и сопровождения объектов-нарушителей охранных зон;
- полетов БПЛА в автоматизированном режиме по трассе с точностью, необходимой для фотографирования объектов и их координатной привязки;
- планирования зон радиодоступности и устойчивого радиуправления БПЛА при сложном рельефе местности;

- экстренной нештатной посадки БПЛА в произвольном районе и его поиска по полетным данным;
  - передачи целевой видеоинформации в реальном масштабе времени от БПЛА по спутниковому каналу связи на удаленные устройства отображения, размещенные в помещениях пользователей.
- В ходе опытно-экспериментальных работ по использованию БПЛА в интересах обследования объектов газовой инфраструктуры предпочтение было

отдано так называемым малоразмерным низкобюджетным беспилотным летательным аппаратам, для эксплуатации которых не требуется использовать специализированную аэродромную инфраструктуру. Такие БПЛА доставляются в зону авиационной доступности объектов мониторинга произвольным транспортом или эксплуатируются в составе специализированного беспилотного авиационного комплекса на базе автомобиля повышенной проходимости (рис. 12).

В состав комплекса входят: БПЛА (2 комплекта), средства планирования полетов и экспресс-обработки получаемой целевой информации, средства радиосвязи для связи в районе проведения работ и средства спутниковой связи для оперативной доставки получаемой целевой информации потребителю, средства электроснабжения и жизнеобеспечения.

Для запуска и посадки БПЛА требуется площадка, размером 50x50 м. Эксплуатация комплекса обеспечивается экипажем в составе 2 – 3 человек.

Результаты работ, проведенных ОАО «Газпром космические системы» в 2007 – 2008 гг., показали, что по своим эксплуатационно-техническим и технико-экономическим характеристикам БПЛА могут эффективно использоваться для мониторинга линейных протяженных, удаленных точечных и площадных объектов газовой инфраструктуры. Экономические расчеты применения БПЛА для решения задач обследования магистральных газопроводов показывают, что удельная стоимость работ, приведенная к протяженности линейных объектов, на порядок ниже стоимости аналогичных работ, выполняемых с использованием средств пилотируемой авиации. □



Рисунок 12. Беспилотный авиационный комплекс на базе автомобиля повышенной проходимости со средствами спутниковой связи и жизнеобеспечения