

УДК 528.93:574

Канд. техн. наук

Т.В. Дедова \*

А.Б. Исаханова \*

**СОЗДАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ НА ОСНОВЕ  
АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОБЛЕМ ПО МАГИСТРАЛЬНОМУ ГАЗОПРОВОДУ**

*МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД, АЭРОФОТОСЪЕМКА,  
ОРТОФОТОПЛАН, ВЕКТОРНАЯ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА,  
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА*

*Описана технология обработки данных аэрофотосъемки с целью создания крупномасштабных топографических планов и экологического мониторинга магистральных газопроводов. Описаны основные этапы получения и обработки аэроснимков, построения ортофотопланов и цифровой модели рельефа, создания векторных топографических планов.*

Казахстан обладает громадными запасами природных ископаемых. На его территории расположены многочисленные месторождения нефти и газа. В настоящее время очень велика перспектива развития газовой промышленности. Вместе с тем, магистральные газопроводы (МГ) являются объектом повышенной экологической опасности и имеют специфические условия эксплуатации из-за большой протяженности и удаленности от центра управления. В этой связи, на первое место в общем технологическом процессе транспортировки газа выходит использование эффективных методов и технологий диагностики и планирования ремонтных работ на магистральных газопроводах. Значительное влияние на возникновение аварийных ситуаций оказывают физико-географические условия пролегания трассы магистральных трубопроводов, которые до последнего времени практически не учитывались при планировании диагностических и ремонтных работ. В связи с этим база данных о техническом состоянии магистральных газопроводов должна быть дополнена информацией о гидрологических, геологических и других техногенных условиях пролегания трасс магистрального газопровода, полученных в результате аэрокосмического мониторинга и наземных наблюдений. Кроме

\* АО «Казгеокосмос», г. Алматы

того, подобная информация может служить основой для проектирования линейных объектов [2, 5].

АО «Казгеокосмос» имеет большой опыт проведения работ по созданию актуальных топографических и тематических карт на основе аэросъемки, предназначенных, в том числе, и для оценки экологического состояния газопровода.

### Состав и основные характеристики аэросъемочной аппаратуры

Для проведения цифровой аэросъемки производственных объектов используется двухмоторный самолет King Air 90С (Рис. 1), оборудованный широкоформатной цифровой аэрокамерой Ultra Cam X (Рис. 2), синхронизированной с бортовой и трассовыми системами GPS. Использование бортовой и трассовых систем GPS, а также инерциальной системы IMU позволяет повысить точность создаваемой топографической продукции, а также существенно сократить полевые работы по плано-высотному обоснованию.



Рис. 1. Двухмоторный самолет King Air 90С.



Рис. 2. Широкоформатная цифровая аэрокамера Ultra Cam X.

В зависимости от требуемой точности аэросъемка производственных объектов может проводиться с различной высоты. Например, для создания топографических карт масштаба 1:2000 для линейной части газопровода, высота съемки составляла 3000 м, а для создания карт масштаба 1:500 (компрессорные станции (КС), АГРС, переходы через транспортные и водные преграды и пр.) съемка производилась с высоты 800 м.

На рис. 3а, 3б приводятся аэросъемочные данные по КС «Джангала».

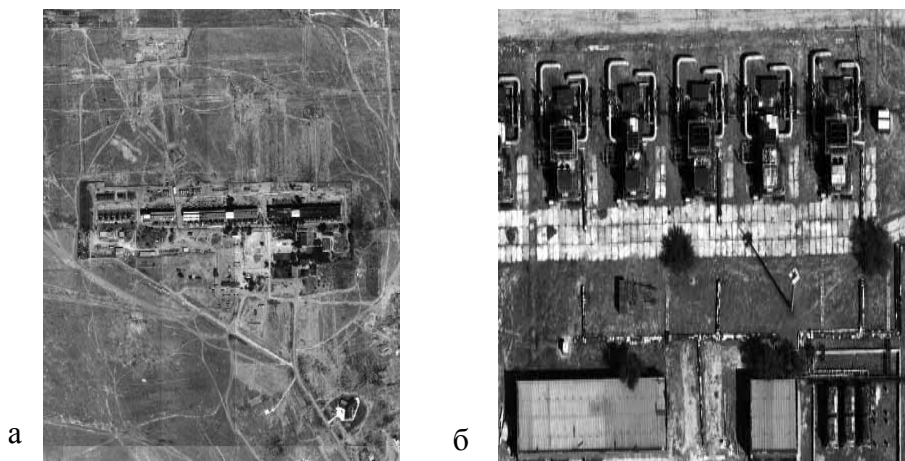


Рис. 3. а – КС «Джангала», б – цех № 5. Высота съемки 800 м.

### **Ортофотоплан участка магистрального газопровода**

Следующим этапом после аэрофотосъемки идет построение ортофотоплана, который является исходной моделью для цифровых топографических данных, содержащий модель рельефа и, по сути, являющийся растровым аналогом топографической карты.

Цифровая технология создания ортофотоплана на линейную часть МГ включает следующие этапы:

- ***Планово-высотное обоснование аэрофотосъемки;***

Для построения трехмерной модели местности достаточно знать взаимное положение снимков, какое было в момент съемки. Но в этом случае модель занимает произвольное положение, т.е. модель строится не в геодезической, а в фотограмметрической системе координат, которая задается произвольно.

Чтобы построенная модель имела геодезические координаты, осуществляется ее регистрация (привязка к опорным точкам). В качестве точек привязки служат опорные точки, которые имеют известные (измеренные) геодезические координаты и высоты и опознаются на снимке. Полученные в результате полевых измерений координаты точек загружаются в проект.

- ***Уравнивание фотограмметрической модели местности;***

Уравнивание сети фототриангуляции является необходимым процессом для точного позиционирования аэрофотоснимков в пространстве. В рамках процесса уравнивания производится вычисление тригонометрических функций, позволяющих минимизировать ошибку, связанную с неточностью определения координат полевыми методами.

- ***Построение цифровой модели рельефа местности.***

Основным элементом (функциональным слоем) цифровой топографической карты является цифровая модель рельефа DEM (Digital Elevation Model) или ЦМР. Цифровая обработка данных стереоскопической аэросъемки, с целью создания цифровой модели рельефа, проводится с использованием фотограмметрического программного комплекса Photomod на современных цифровых фотограмметрических станциях (ЦФС) «PLANAR».

Фотограмметрические работы на ЦФС «PLANAR» включали следующие этапы: построение блока аэрофотоснимков и их внутреннее ориентирование; создание фотограмметрической сети и ее уравнивание; сгущение фотограмметрической сети до плотности соответствующим требованиям конечной продукции, автоматизированное построение горизонталей и создание ортофотоплана. На рис. 4 показаны результаты накладки монтажа аэрофотоснимков (справа – весь маршрут: граница с Узбекистаном – Бейнеуский ЛПУ – Опорненский ЛПУ – юг Ульсаринского ЛПУ; слева – увеличенные фрагменты КС Бейнеу) и на рис. 5 – этапы построения TIN, линий рельефа в ПО Photomod на территорию КС Бейнеу. На рис. 6 приведены этапы создания цифровой модели рельефа (аэроснимок – TIN – ЦМР) на примере перехода через водную преграду.

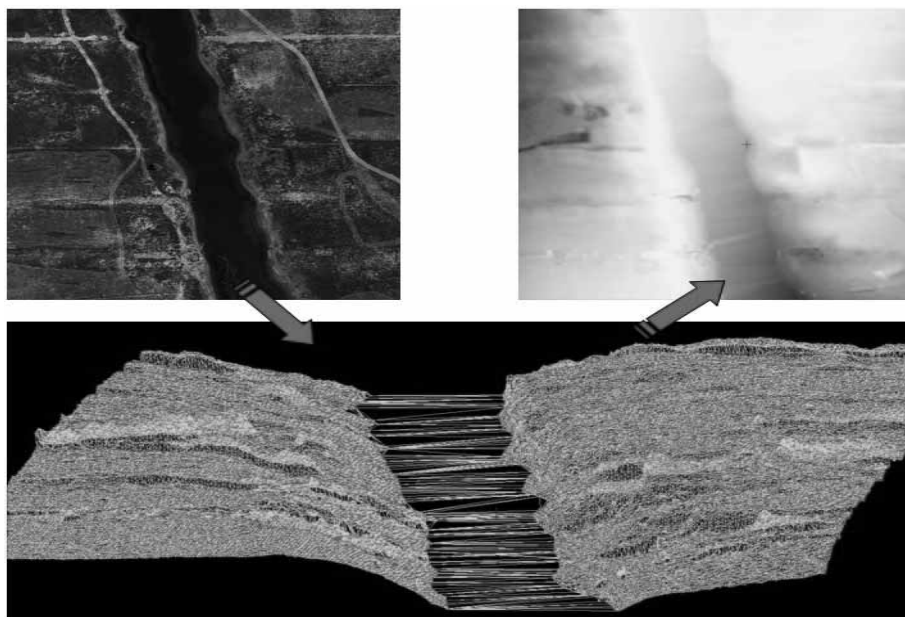
В результате фотограмметрической обработки материалов стереосъемки создается цифровая модель рельефа и ортонормированный (без геометрических искажений) цветной ортофотоплан.

### **Проведение работ по полевому дешифрированию**

Полевое дешифрирование является следующим этапом при создании топографических карт и включает:

- сбор информации о расположении (координатах) и маркировке агрегатов технологической инфраструктуры МГ, на основе технологической документации и консультаций со специалистами различных производственных подразделений,





*Рис. 6. Этапы создания цифровой модели рельефа.*

- фотографирование объектов производственной инфраструктуры,
- координирование отдельных элементов инфраструктуры не подлежащих дешифрированию по аэрофотоснимкам с применением GPS,
- документирование собранного материала,
- сортировка и предварительная обработка собранного материала.

В результате выполнения полевых работ создаются упрощенные карты технологических объектов МГ с точной картографической регистрацией.

### **Векторизация данных аэросъемки**

На основе ортофотоплана и данных полевого дешифрирования (в том числе подземных коммуникаций) создаются топографические карты различного масштаба. Векторизация аэросъемочных данных проводится в программном комплексе ArcGIS и AutoCAD.

Векторные картографические данные состоят из следующих тематических слоев:

#### **Общие векторные данные**

- километровые пикеты (тип геометрии: точечный);
- вдоль трассовые ЛЭП (тип геометрии: линейный);
- опоры ЛЭП (тип геометрии: точечный);
- знаки на земле – запрещающие, предупреждающие, информационные

- (тип геометрии: точечный);
- подземные силовые линии, линии связи (тип геометрии: линейный);
- переходы (тип геометрии: линейный);
- мосты (тип геометрии: точечный, линейный);
- дороги, железные дороги (тип геометрии: линейный);
- гидрография (тип геометрии: линейный, площадной);
- населенные пункты (тип геометрии: площадной);
- прочая ситуация – грунты, растительность, рельеф (тип геометрии: точечный, линейный, площадной);
- закладываемые реперы (тип геометрии: точечный);

#### **Индустриальные векторные данные:**

- магистральный газопровод, др. трубопроводы (тип геометрии: линейный);
- линейная запорная арматура (тип геометрии: точечный);
- устройства ЭХЗ магистрального газопровода, выходящие на поверхность земли – КИП, анодные заземлители (тип геометрии: точечный);
- установки катодной защиты (УКЗ) (тип геометрии: точечный);
- линии технологической связи (тип геометрии: линейный);
- оборудование связи (мачты, НУП, башни УКВ, спутниковые антенны) (тип геометрии: точечный);
- охранный зона (тип геометрии: площадной);
- ограждения (тип геометрии: линейный).

На рис. 7-9 приведен пример процесса векторизации топографической карты для компрессорной станции «Джангала».

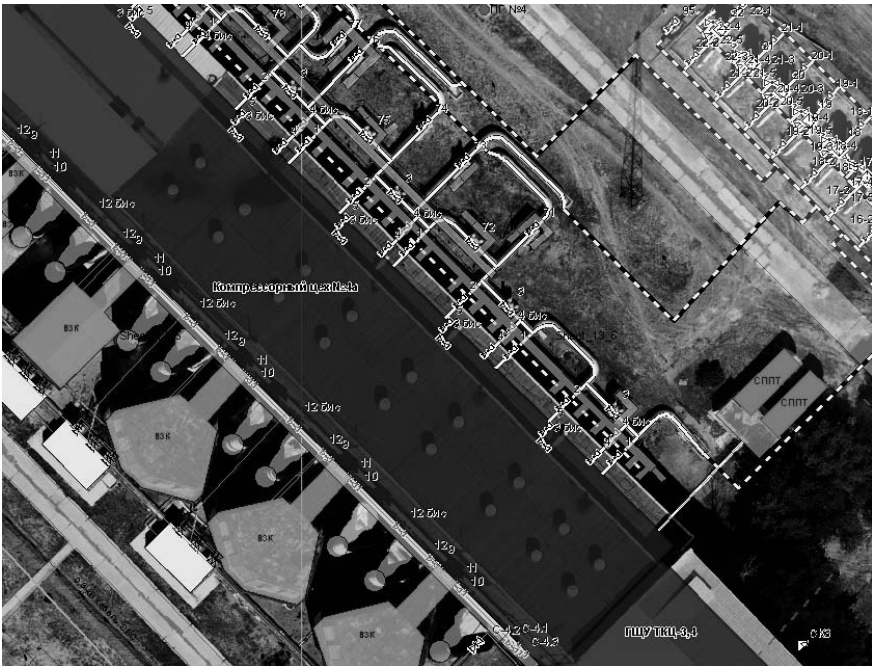
#### **Картограмма продольного профиля МГ**

На основании замеренной глубины залегания газопровода может быть построена картограмма продольного профиля. Для этого замеры осуществляются не реже чем 1 замер на 50 м (на прямолинейных участках) трассоискателем.

Картограмма продольного профиля строится средствами AutoCad – Civil-3D. Программный комплекс AutoCad – Civil-3D позволяет создавать продольный профиль глубины залегания магистрального газопровода, топологически связанного с топографической картой. Такая топологическая связь позволяет оперативно получать информацию о глубине залегания трубы на любом выделенном участке магистрального газопровода.



*Рис. 7. Аэроснимок участка КС «Джангала».*



*Рис. 8. Аэроснимок с наложенной векторной картой.*





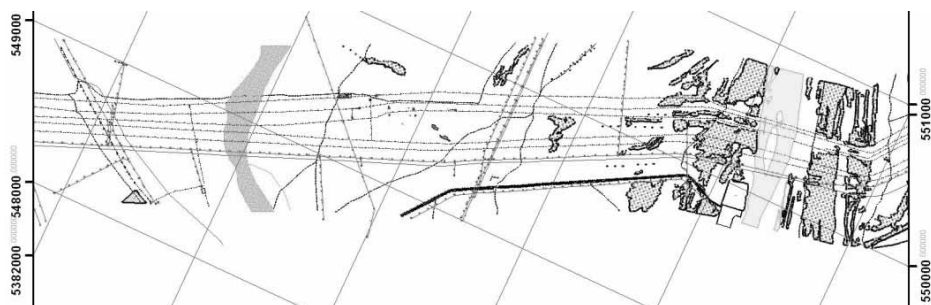
Рис. 9. Векторная карта М 1:500 участка КС «Джангала».

В нижней части картограммы продольного профиля содержатся данные трассировки с глубиной залегания трубопровода относительно рельефа топографической карты.

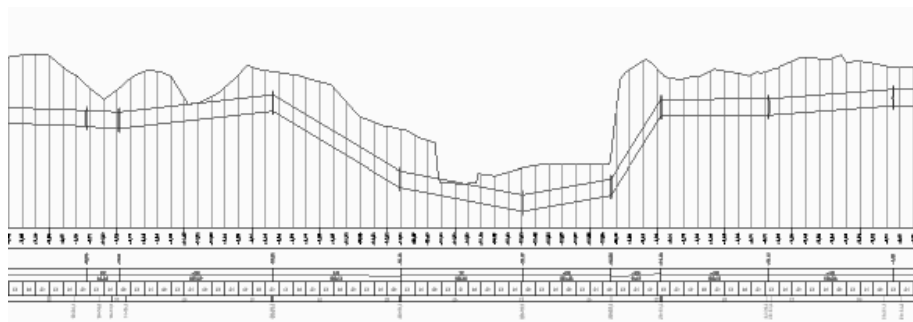
Процесс создания картограммы продольного профиля состоит из четырех этапов:

- импортирование картографических данных из ПО ArcGIS в ПО AutoCAD; настройка стилей и символов;
- создание трехмерной модели нитки трубопровода путем сложения 2D карты нитки трубопровода на 3D модель рельефа, используя ПО AutoCAD Civil 3D 2008;
- определение глубины залегания трубопровода в каждой точке, с помощью специальной программы (написанной на C++ и интегрированной в AutoCAD Civil 3D 2008);
- настройка шаблона картограммы продольного профиля. Создание подписей, зарамочного оформления, стилей. Создание таблицы соответствия между профилем и картой. Диаграмма продольного профиля создана в ПО AutoCAD Civil 3D 2008.

На рис. 10, 11 показаны примеры созданной карты в ПО AutoCAD и соответствующего продольного профиля нитки магистрального газопровода (участок Индерского ЛПУ, переход через р.Урал (Жайык)). Изолинии рельефа на карте соответствуют перепаду высот 16 м, на построенном графике профиля также фиксируется перепад – 16 м [3].



*Рис. 10. Карта линейной части МГ в формате AutoCAD.*



*Рис. 11. Картограмма продольного профиля нитки МГ.*

### **Использование топографических данных для оценки экологической ситуации**

Практика эксплуатации магистральных трубопроводов показывает, что значительное влияние на возникновение аварийных ситуаций играет воздействие природных факторов. Одним из наиболее эффективных индикаторов, характеризующих степень влияния природных факторов на возникновение аварийных ситуаций, является наличие «рисковых зон», т.е. участков магистрального газопровода, подверженных ускоренному развитию деформационных и коррозионных процессов. Возникновение и развитие таких участков на магистральных трубопроводах, как правило, обусловлено происходящими эндогенными и экзогенными геологическими процессами (геодинамических подвижек, пучения грунтов, появления карста и др.), а также геоморфологическими и ландшафтными особенностями изучаемого региона.

К «рисковым зонам» следует в первую очередь отнести участки магистрального газопровода, характеризующиеся наличием активных геодинамических зон, агрессивных почв, грунтовых вод, солончаков, водных преград, др. Значительное влияние на возможность возникновения аварийных ситу-

аций оказывает антропогенный фактор, который на участке магистрального газопровода играет определяющую роль.

При пространственном совмещении активных геодинамических зон по трассе трубопровода и повышенных значений градиента температуры или давления на топографическую карту можно прогнозировать катастрофическое развитие процессов деформации на том или ином участке магистрального газопровода. В дальнейшем необходимо формировать комплексные параметры, учитывающие влияние внешней среды на техническое состояние магистрального газопровода [1, 4]. Так как топографическая карта строится в векторном виде, то построение зон риска и зон поражающих факторов можно автоматизировать на основе использования геоинформационной системы (ГИС). Применение ГИС обеспечивает автоматизированное построение тематических карт различного содержания за сравнительно короткий промежуток времени.

Таким образом, использование современных методов построения топографических карт даёт большие перспективы в оперативной оценке экологической ситуации МГ, автоматического нахождения рискованных зон, а также при планировании ремонтных и диагностических мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малютин Е.А. Защита трубопроводов от коррозии, коррозионные свойства грунтов и методы их определения. [Электрон. ресурс] – 2000 URL: <http://yanviktor.narod.ru/index.htm> (дата обращения: 24.01.2012).
2. Мухамедгалиев А.Ф., Мухамедгалиев А.А. Геоинформационные технологии в задачах и обновления цифровых картографических данных // Математические методы распознавания образов: Тезисы докладов 11-й Всероссийской конференции ВЦРАН, Россия. – М.: 2003. – С. 376-378.
3. Отчет по договору №352-01-09R от 14.12.2009 г. «Создание единой цифровой топографической карты производственных объектов АО «Интергаз Центральная Азия» (2-ой участок)» Алматы: 2009. – С. 5-7, 14-17, 48-56.
4. Назарбаев Н.А. Долгосрочная стратегия развития Казахстана «Казахстан–2030» [Электрон. ресурс] – 1997 г. – URL: [http://mod.gov.kz/mod-ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=187&Itemid=149](http://mod.gov.kz/mod-ru/index.php?option=com_content&view=article&id=187&Itemid=149) (дата обращения: 22.01.2012).

Поступила 15.12.2011

Техн. ғылымд. канд. Т.В. Дедова  
А.Б. Исаханова

**МАГИСТРАЛДІ ГАЗ ҚҰБЫРЫ БОЙЫНША ЭКОЛОГИЯЛЫҚ  
МӘСЕЛЕЛЕРДІ БАРЛАУЫ ҮШІН АЭРОФОТОТҮСІРУ НЕГІЗІНДЕ  
ТОПОГРАФИЯЛЫҚ КАРТАЛАРДЫ ЖАСАУ**

*Үлкен масштабтағы топографиялық пландар және магистралді газ құбырларының экологиялық мониторингін жасау мақсатпен аэрофототүсіру деректерін өңдеу технологиясы сипатталған. Суреттерді түсіру және өңдеудің, ортофотоплан мен жер бедерінің сандық сұлбасын жасаудың, векторлық топографиялық пландарды сызудың негізгі кезеңдері баяндалған.*