

На правах рукописи

Бородко Евгений Александрович

**Разработка методики и технологии обновления топографических  
планов на основе интегрированной аппаратуры спутникового  
определения координат и ГИС технологий**

Специальность 25.00.35 - «Геоинформатика»

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва - 2007

Работа выполнена на кафедре вычислительной техники и автоматизированной обработки аэрокосмической информации Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)

Научный руководитель: доктор технических наук  
профессор Журкин И.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
профессор Ключин Е.Б.  
кандидат технических наук  
Наумов С.В.

Ведущая организация: ФГУП «Государственный научно-внедренческий центр геоинформационных и технологий» (ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР»)

Защита диссертации состоится «20» декабря 2007 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д. 212.143.03 в Московском Государственном Университете Геодезии и Картографии по адресу: 105064, Москва, К-64, Гороховский пер., д.4, (зал заседаний Ученого Совета)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского Государственного Университета Геодезии и Картографии (МИИГАиК)

Автореферат разослан «20» ноября 2007 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Климков Ю. М.

### **Актуальность темы исследований.**

В настоящее время в Российской Федерации в связи с глобальными изменениями, происходящими на всей ее территории, создание и обновление топографических планов и карт стало актуальной задачей в области геодезии и картографии. Современное развитие информационных технологий в области геодезии, картографии и интеграция со смежными областями науки заложили новые основы в принципы получения, обработки и хранения пространственной информации. В последние годы рынок геоинформационных систем выходит на лидирующие позиции. Все ГИС системы базируются на информационных технологиях создания, обработки и комплексного анализа сложно - структурированной цифровой картографо-геодезической информации. Одним из важных вопросов в создании и обновлении топографических планов и карт (далее ТП и К) является выбор эффективной методики и технологии создания и обновления ТП и К с применением новейших интегрированных комплексов, которые привели бы к быстрому, абсолютно новому виду сбора и качества информации, снижению стоимости и сокращению сроков выполнения работ.

Традиционные технологии создания и обновления, такие как векторизация бумажных планов и карт на ЭВМ, не являются законченными решениями при создании и обновлении ТП и К. Такое многообразие подходов, способов и методов создания и обновления планов и карт не позволяет говорить о полном, исчерпывающем решении этой задачи. Для городских территорий планы масштаба 1:2000 являются основными графическими документами, на основе которых выполняются работы, связанные с землепользованием, кадастром, градостроительством, определением прав собственности и др. Чем интенсивней ведется новое строительство и реконструкция застроенных территорий, тем актуальнее становится вопрос поддержания на должном уровне содержание ТП и К и удобства их использования. Параллельно с этим были сформированы жесткие, современные требования к точности и правилам сбора, хранения и обновления пространственной информации. Переход от традиционных методов на

современные технологии с использованием методов и средств космической геодезии привело к развитию и широкому применению интегрированных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Наряду с этим, в последнее время произошли кардинальные изменения в понятиях и стоимости всей аппаратуры ГНСС по видам и классам точности. Естественно, такое положение дел требовало доработки и внедряемых новых технологий.

Содержание диссертационной работы посвящено разработке научно – обоснованной методики и технологии создания и обновления ТК и П с применением новейшей интегрированной аппаратуры спутникового определения координат (ИАСОК) и ГИС технологий с целью получения эффективного и экономически выгодного решения данной задачи. Этим и определяется актуальность темы диссертации.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является разработка эффективной технологии по созданию и обновлению топографических карт и планов с применением ИАСОК и ГИС технологий. Исследования заключается в разработке научно-обоснованных и наиболее быстрых, экономичных методов сбора пространственной информации, с учетом современных нормативно-технических требований к выполнению работ по топографической съемке с применением аппаратуры ГНСС.

Для достижения этой цели в диссертации были проведены следующие исследования.

- выполнен анализ методов проведения работ по топографической съемке, аппаратных и программно-информационных средств для создания и обновления топографических планов и карт крупных масштабов;
- предложена и исследована технология проведения топографической съемки для создания и обновления топографических планов и карт на основе интегрированной аппаратуры спутникового определения координат (ИАСОК) с использованием цифровых изображений карт и снимков;
- разработан комплекс информационно-программных средств, позволяющий использовать ГИС-технологии для обработки данных полевых

измерений;

- выполнен анализ экономической эффективности от внедрения предложенной технологии в производстве.

**Исходные материалы.** Исходными материалами для диссертационной работы служили федеральные законы и положения, относящиеся к геодезической и картографической деятельности; нормативно-технические документы в области проведения топографо- геодезических, картографических и др. работ; государственные стандарты в области навигационных систем и методик выполнения измерений, а также обширные статистические данные, полученные автором при проведении экспериментальных исследований точности работы интегрированной аппаратуры ГНСС в различных режимах и условиях.

**Методы исследований.** Монографический - аналитическое обобщение и систематизация информации по литературным и другим источникам, в частности, сети INTERNET; статистический - разработка рабочих программ проведения экспериментов и их математической обработки с привлечением методов математической статистики, теории вероятностей и соответствующего программного обеспечения (ПО); расчетный - обоснование выбора научно-обоснованных методик выполнения измерений с применением интегрированной аппаратуры ГНСС при топографической съемке.

**Научная новизна** заключается в предложенной технологии проведения топографической съемки для создания и обновления топографических карт и планов, основанной на использовании современных аппаратных, информационно-программных средствах, позволяющих достичь наиболее быстрого, автоматизированного и экономически эффективного сбора и обработки пространственной информации.

**Основные результаты, выносимые на защиту.**

1. Разработанные методика и технология выполнения топографической съемки при создании и обновлении карт и планов крупных масштабов, основанные на использовании ИАСОК.
2. Информационная технология, позволяющая осуществить обмен гео-

пространственных данных и их обработку в ГИС.

3. Разработка методики исследования ИАСОК и ГИС для обновления топографических карт и планов крупных масштабов.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что разработанная в диссертации методика создания и обновления топографических планов и карт с применением ГИС технологий и ИАСОК позволяет применить наиболее эффективную технологию выполнения соответствующих видов работ, снизить стоимость, трудозатраты и сроки их выполнения, повысить качество результатов.

#### **Апробация научных исследований.**

Результаты исследований, выполненных автором, докладывались на региональных ГИС-конференциях «Геоинформатика бассейнов великих рек» в рамках Международных научно-промышленных форумах «Великие реки» в Нижнем-Новгороде 2005 г. и 2006 г.; на региональной научно-практической конференции «Геоинформационные системы, тенденции, проблемы, решения» в рамках Международного форума «GEOFORM+.KAZAN» в Казани 2006 г.; на 11-ой Всероссийской учебно-практической конференции «Организация, технологии и опыт ведения кадастровых работ» в РАГС, Москва 2006 г.; на 2-ой региональной конференции «Создание баз пространственных данных для совместного использования в информационных и кадастровых системах регионального и муниципального уровней Юга России» («ГИС Дон-2006») в Ростове-на-Дону 2006 г.; на научно-практической конференции «ГИС для эффективного управления территориями» в Калининграде 2007 г.

#### **Публикации по теме диссертации.**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в трех научных статьях и в тезисах докладов. Реализация научных результатов осуществлена в ФГУП «ВНИИФТРИ» на государственной поверочной схеме МИ 2292-94. Наряду с этим, методика работы с ИАСОК внедрена в учебный процесс в МИИГАиК при обучении студентов Геодезического факультета на кафедрах «Астрономии и космической геодезии» и «Прикладной геодезии».

## **Структура диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы. Общий объем диссертации 156 стр., 23 рис., 12 табл., библиографировано 69 литературных источников.

## **Краткое содержание работы.**

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и задачи исследований, характеризуется научно-методическая и практическая значимость работы, описано краткое содержание работы.

В **первой главе** проведен анализ текущего состояния технологий проведения топографических съемок, существующих методик, аппаратных и программных средств для проведения работ. На первом этапе были проанализированы и рассмотрены существующие методы. В графическом виде показаны существующие технологии проведения работ по топографической съемке и современные средства необходимые для решения данных задач.

Представлены преимущества и недостатки данных методов. В настоящее время для выполнения работ применяют разные современные методы и средства. Но не все методики и оборудование, которое используется для достижения поставленных задач, всегда экономически и технически обоснованно. Применение лазерного 3D сканирования обусловлено высокой стоимостью оборудования, излишней плотностью и точностью измерений, однако является перспективным методом. Стереотопографический метод имеет недостатки при съемке с высокой плотностью застройки и густой древесной растительностью, требует определенных правил и временных рамок выполнения, квалифицированного персонала и является не рациональным с точки зрения стоимости работ и оборудования. Большое применение нашли современные методы тахеометрической и спутниковой технологии. Эти технологии динамично развиваются при интеграции с областью высоких компьютерных технологий и позволяют решать больший спектр геодезических и картографических задач. По результатам проведенного сопоставимого

анализа на первом этапе можно говорить о том, что на застроенных территориях наиболее предпочтительными является комбинированный метод съемки, при использовании тахеометрического и спутникового, как наиболее оперативный, маневренный и экономически эффективный метод крупномасштабной топографической съемки. Работы могут выполняться в любое время года, практически не зависят от времени суток и погодных условий. При использовании современных электронных тахеометров и ИАСОК практически достижима максимальная экономическая эффективность. Поэтому в дальнейшем рассмотрены технологические процессы с использованием современных приборов и аппаратно – программных средств. Данное исследование было бы не полным, если не рассмотреть хотя бы основные и наиболее распространенные аппаратно – программные средства. На сегодняшний день данные программы стали неотъемлемой частью технологического процесса при создании, хранении и обновлении ТКиП всего масштабного ряда. В течение последнего столетия непрерывно происходили изменения в состоянии технических и программных средств, используемых для выполнения полевых геодезических работ, создания и обновления картографической информации. Эти изменения связаны с развитием IT-технологий, требований автоматизации всех видов геодезических работ и внедрения в производство последних достижений в области науки и техники.

Актуальные задачи, решаемые в настоящее время геодезистами, требуют применения новых технологий и высоко технологичной техники, применения интегрированных приборов и программных средств, позволяющих решать их в кратчайшие сроки с максимальной экономической эффективностью. В настоящее время на рынке геодезического оборудования существуют интегрированные геодезические приборы нового поколения, позволяющие оперативно решать задачи геодезии и картографии в автоматизированном режиме с абсолютно новым принципом сбора пространственной информации о местности. Такие измерительные приборы снабжены встроенными вычислительными средствами, полноцветными экранами и запоминающими



устройствами, создающими возможность регистрации и хранения результатов измерений для дальнейшего их использования в технологическом процессе. При камеральной обработке результатов полевых работ необходимо высокопроизводительное и многофункциональное программное обеспечение, для перевода растровой информации в цифровой вид и формирования собственно цифровой карты. Работа с векторной информацией. При топографическом картографировании на компьютере могут использоваться цифровые фотограмметрические станции (ЦФС), геоинформационные системы (ГИС) и издательские пакеты. Поэтому программы для работы с графическими данными в топографии, а именно различные системы автоматизированного проектирования (САПР) и ГИС, крайне важны в процессе создания (оформления) и обновления цифровой модели местности. На данный момент современный рынок спутниковой аппаратуры представлен большим выбором спутниковых ГНСС приемников. Крупные фирмы производители оценили возможность применения интегрированных спутниковых технологий для производства различных топографо-геодезических и картографических работ.

Также большое значение имеет перспективность данного направления для геодезии, картографии и ГИС. Поэтому при выборе ИАСОК, в первую очередь, сначала необходимо определить для каких целей необходимо данное оборудование, тип выполняемых задач, требуемая точность позиционирования, изученность района, где будут производиться работы и т.д. Только после этого можно приступить к выбору необходимого оборудования, так как цены на спутниковые приемники колеблются в больших пределах, и не стоит переплачивать за недоработанные, ненужные опции и возможности. Для этого проанализированы существующие интегрированные спутниковые приемники, наиболее известных фирм производителей, их технические характеристики и программное обеспечение позволяющие решать большой спектр задач. Обработка результатов полевых измерений, как правило, производится с помощью специального программного обеспечения. Подробно рассматривать эти программы в рамках данного исследования не имеет смысла, поскольку

каждый производитель для обработки результатов измерений, полученных соответствующими приборами, предлагает свое программное решение. Поэтому при изложении материала данного раздела рассматриваются ГИС, ориентированные на работу с ИАСОК и совместного использования растровых и векторных материалов (фотопланов, карт, цифровых моделей местности), которые обеспечивают: перекодировку и преобразование массива «сырых» данных; перевод исходных материалов в векторный вид; привязку к векторным объектам баз данных семантической информации; организацию взаимосвязей между объектами; обладающих обширными функциями по анализу совместно и отдельно метрической и семантической информации. Программные средства могут обрабатывать значительные объемы данных. Некоторое предпочтение, простота в обучении и использование при специфике работы в РФ выдвигают на передний план «Панорама» и «MapInfo». Об этом свидетельствует опыт использования этих программ в Министерстве обороны РФ, Роскартографии и др. Однако создание геоинформационных систем и их интеграция с аппаратурой ГНСС при создании и обновлении топографической информации, баз данных, в том числе в On-Line и режиме пост-обработки, оставляют большое количество вопросов относительно использования данных видов программных продуктов. Многолетнее применение и мировой опыт создания ГИС с использованием технологий ArcGIS в странах с высоким уровнем информатизации позволяют говорить о его преимуществах над другими.

Подтверждением высоких качеств этой программы служит тот факт, что многочисленные эксперименты автора также позволяют говорить о более совершенной и современной системе ArcGIS в области создания, обновления и хранения ЦТК и П с использованием ГИС-технологий и ИАСОК. Подводя итог анализа данного этапа можно сделать следующий вывод: основным критерием для выбора приборного и аппаратного средства становится возможность работы с большим количеством информации, простота использования и совместимости с ГИС пакетами. В результате, очевидно, что существующие технологии и методы не позволяют говорить о внедрении новой техники в

производство. По результатам проведенного анализа при существующих приборах, аппаратно-программных средств необходимо разработать универсальную методику и технологию для совместного использования, применения современных методов съемки, современных технических средств и ГИС. Данная тенденция диктуется требованиями к срокам выполнения работ и является актуальной задачей в области геодезии и картографии. Крайне важно, с точки зрения экономической эффективности, использование современного комбинированного метода для процесса создания, обработки, хранения распространения и обновления цифровых ТКиП.

Во **второй главе** проведено проектирование универсальной технологии создания и обновления ТКиП с применением ИАСОК и ГИС технологий, отвечающих принципам и требованиям ее построения, выявленных по итогам анализа предметной области в первой главе.

Архитектура системы нацелена на решение следующих задач:

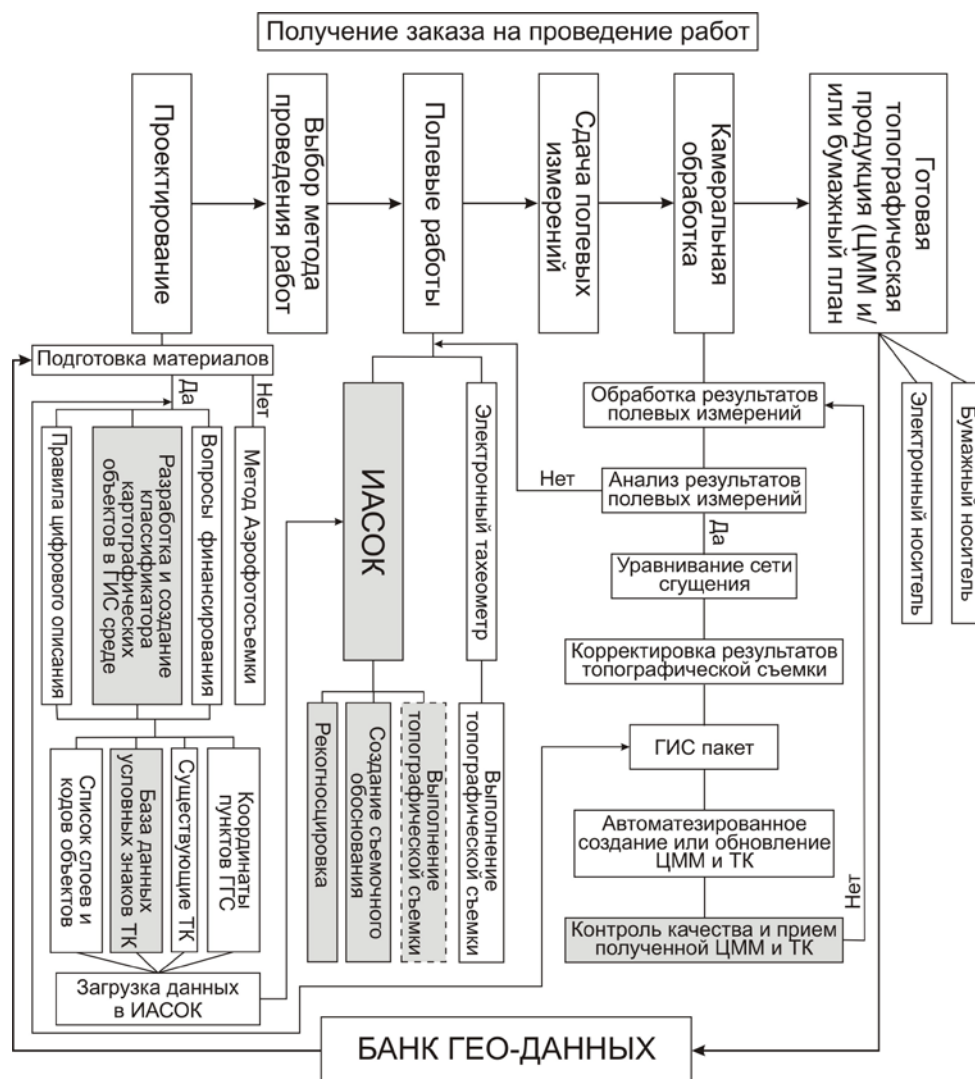
- Оперативного мониторинга и обновления топографических карт и планов;
- Универсальность и простота использования всей гео- пространственной информации;
- Максимальная автоматизация проведения все процессов;
- Минимизация расходов и трудозатрат;
- Совместимость форматов и конвертация информации;
- Исключения грубых ошибок и контроль качества готовой продукции.

Данная универсальная технологическая схема предполагает использование современных методов топографической съемки и аппаратно- программных средств. Разработанная технологическая схема показана на (рис. 1).

Технологический процесс включает в себя четыре основных этапа:

1. Подготовительный;
2. Полевой;
3. Камеральный;
4. Контроль качества и прием готовой продукции.

По сути технологическая схема реализует навигационную парадигму поиска решения, когда по результатам анализа исходной информации принимается решение по вопросу выбора метода съемки.



**Рис. 1. Технология проведения топографической съемки с применением ИАСОК и ГИС технологий**

На первом этапе из существующего банка гео- пространственных данных собирается вся имеющаяся информация о местности, в которой предполагается вести работы. После изучения или анализа существующей информации принимается решение о необходимости привлечения дополнительных данных, полученных от министерств и ведомств, администрации, или других органов самоуправления. В процессе необходимо с максимальной вероятностью установить произошедшие изменения для выбора метода съемки. Если данная информация отсутствует или полностью устарела, принимается решение о выборе экономически эффективного метода первоначального создания карт и

планов аэрофотосъемки. Если данная информация устарела частично, принимается решение о выборе комбинированного метода для оперативного обновления. После выбора метода решается вопрос финансирования. Разрабатывается или используется имеющийся классификатор объектов, пункты с известными координатами. Все собранные данные загружаются в приборы.

На втором этапе выполняется работа в поле. При спутниково-тахеометрическом методе бригада может состоять из двух человек, что значительно сокращает расходы на заработную плату. В поле производится обследование исходных реперов, определяются произошедшие изменения со времени последнего обновления плана или карты. Следующий шаг - создание съемочной основы. Для этой цели традиционно прокладываются тахеометрические ходы. Однако с появлением спутниковых методов создание съемочного обоснования стало более простым и быстрым. Проблема существующая у тахеометров- необходимость в видимости. В спутниковых методах не требуется видимость между пунктами и возможность работы одночастотной аппаратуры до 25 км с заявленной точностью фирмы изготовителя. Новый уровень геодезического оборудования позволяет произвести максимальную интеграцию с используемой ГИС. Помимо геодезических измерений приемник позволяет в поле собирать семантическую информация, которая кодируется при помощи выбранного и загруженного классификатора. При проведении полевых работ дополнительно собираются различные фото- и видеоматериалы, которые также можно привязать к объекту и разместить в банке данных. Кроме того, к любой пикетной точке можно записать информацию в текстовом или аудио формате, используя прибор как диктофон. Для проведения полевых работ с высокой точностью необходимо минимум два устройства: одно (базовая станция) работает на пункте с точно известными координатами, другое (ровер) - в точке, подлежащей съемке. Надо отметить, что при базовой линии в 10 км время стояния на пункте в среднем составляет 20 мин. Большинство статических наблюдений может быть

выполнено в автоматизированном режиме, так что оператор не требуется. Однако полезно выполнять проверку данных в течение сессии, и любые отклонения необходимо отмечать в полевом протоколе. Обработка и рисование объектов обычно автоматизированы, так что работы в поле не займут много времени. Запись новых ГИС-данных начинается после выбора классификатора и создания проекта съемки. При данном виде съемки возможен контроль создания и обновления ЦММ непосредственно в поле (в реальном масштабе и времени), в том числе обнаружение ошибок, несоответствий и недостатков (соединение линейных условных знаков, добавление информации о материале, состоянии и других параметров и т.п.). После данные должны быть перемещены на ПК для их последующего анализа, обработки уравнивания и корректировки существующей ЦММ.

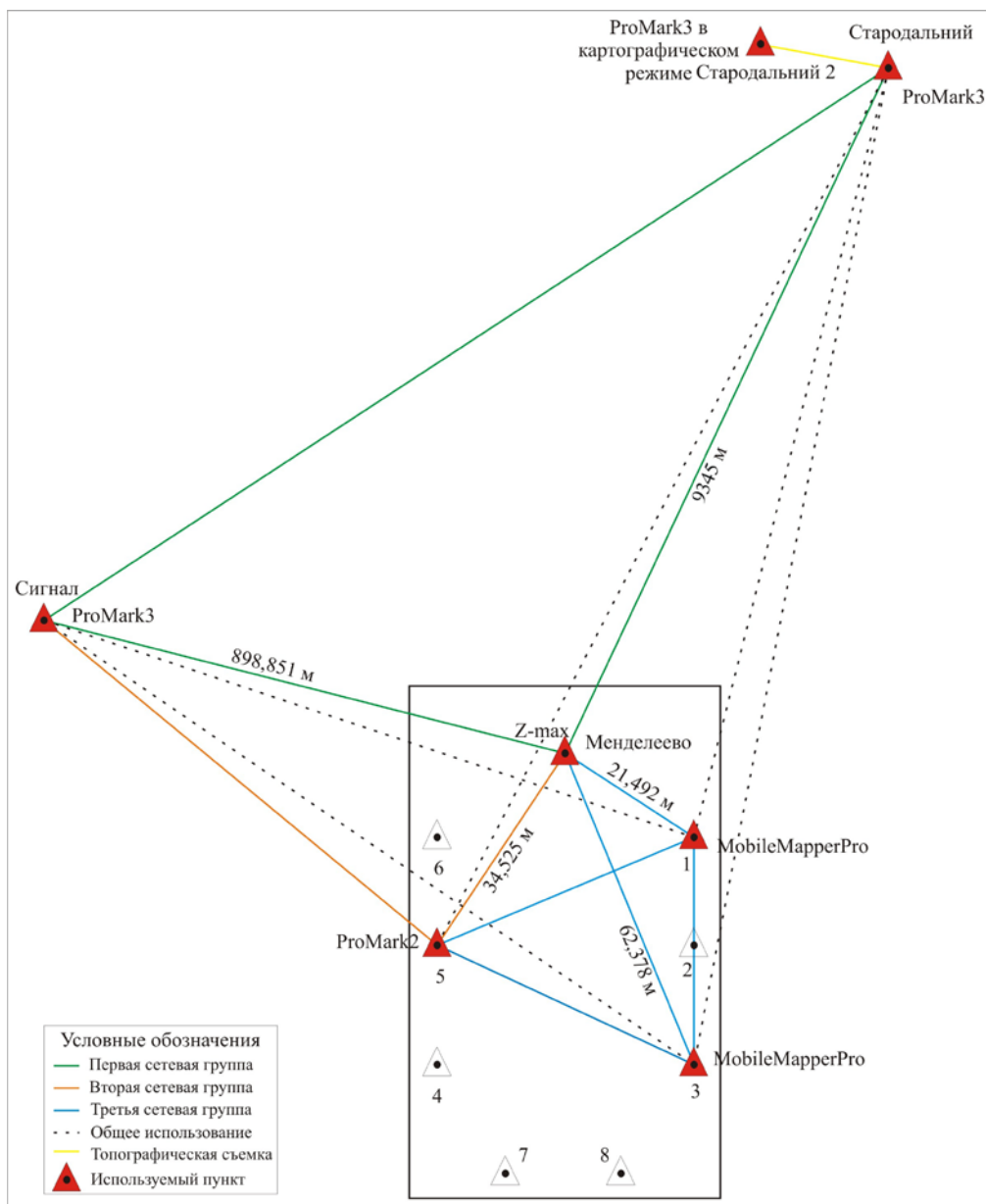
На третьем этапе проводится анализ и обработка полевых измерений и их конвертация в ГИС среду для: создания, наполнения, хранения, обновления и распространения ЦТК и ЦММ; подготовки карт к печати.

По окончании полевых работ с приборов необходимо скачать информацию на ПК. В ходе камеральной обработки применяют интегрированно-автоматизированную обработку данных. Эффективность автоматизации и интеграции заключается в увеличении производительности работ по анализу и обработке за счет увеличения скорости их выполнения и во много раз сократит вероятность появления всякого рода ошибок, связанных с полевыми и камеральными геодезическими и картографическими работами. Так же при автоматизации повышается производительность труда и уменьшаются расходы за счёт более быстрого выполнения сотрудниками своих задач, исключения дублирования информации. После загрузки проводится ручной первичный анализ. Просматриваются данные по перекрытию временных интервалов, правильности загрузки, введенных значений, параметров антенны и качества приема сигнала со спутников по коэффициентам: отношения сигнал/шум; высота спутников; фаза несущей. Кроме того, предварительный анализ помогает выявить и разрешить типичные проблемы, например, проверка ID

места, параметров высоты антенны и информации о контрольной точке. Если информация о точке регистрировалась в полевых условиях с помощью переносного устройства или приемника с интегрированным интерфейсом пользователя и было подтверждено, что ID места, время наблюдения и высоты антенны правильны, то, вероятно, редактировать данные не придется. Далее необходимо провести определения дифференциальных отношений между точками, наблюдаемыми в процессе сбора данных. Для этого исходная информация, полученная приемником, должна быть обработана в автоматическом режиме. Результатом обработки исходных GPS-данных является вектор, определяющий эти отношения. В вычислении таких векторов и состоит роль модуля обработки данных. Фактически весь процесс обработки данных сводится к простому нажатию кнопки «Обработать», и можно быть уверенным, что итогом этого действия будет получение наилучшего результата. Когда исходные данные обработаны и получены удовлетворительные результаты обработки, не содержащие необъяснимых ошибок, проводится уравнивание. После полученные результаты необходимо конвертировать в понятный формат ГИС среды для их дальнейшего использования. Поэтому при данной технологии разработан конвертор импорта и экспорта цифровых данных. В частности, преобразования координат полностью соответствуют стандарту OpenGIS. Для решения указанной двудеиной задачи при разработке программных средств импортирования и экспортирования данных от геодезических приборов учитывались объективные и субъективные факторы данного вопроса. Объективным фактором является широкое разнообразие цифровых геодезических приборов и, как следствие, большое количество форматов хранения данных. К субъективным факторам можно отнести правила ведения съемки, или вернее их отсутствие, при выполнении полевых измерений многими геодезистами. Функции экспорта и импорта данных призваны обеспечить взаимодействие ГИС с другими информационными системами. Для подтверждения разработанной методики и технологии в дальнейшем на основании экспериментальных исследований будут приведены обоснованные

результаты по выявлению точностных характеристик спутниковых измерений на примере комплексного исследования нескольких классов спутниковой аппаратуры.

В первой части **третьей главы** проведены комплексные и отдельные испытания работы ГНСС аппаратуры (рис.2).

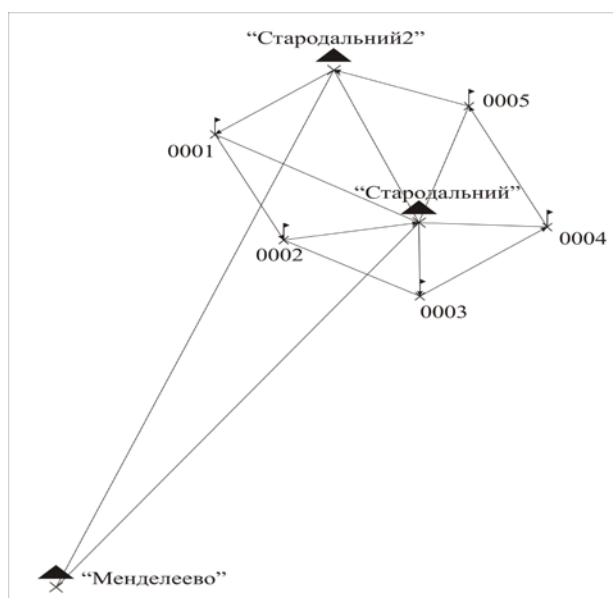


**Рис. 2. Схема проведения испытаний**

При выполнении данного экспериментального исследования ставилась цель: на основе анализа существующих методов и научных исследований, разработанной методики и технологии, посвященной обновлению карт, провести испытания как в целом, так и отдельных процессов, работы по топографической съемке с применением ИАСОК и ГИС технологий по



оптимальной технологической схеме, включающей наиболее рациональные разработки на разных этапах технологического цикла. В первой части данной главы были проведены комплексные и отдельные испытания работы ГНСС аппаратуры. Для этого проводились работы по выявлению точностных характеристик аппаратуры на различных расстояниях. А также комбинация с различными типами и классами ГНСС аппаратуры.



**Рис. 3. Схема проведения испытаний при топографической съемке**

На втором этапе экспериментальных исследований проведены испытания, необходимые для проведения самой съемки с применением ИАСОК и различных методов измерений с применением ГНСС аппаратуры (рис. 3).

**Табл. 1. Результаты испытаний при геодезическом режиме**

Вектор	Длина вектора, м	Длительность съемки	СКО, М
MEND – 005	34.705	6:19:02.00	0.002
MEND – STAR	9344.724	4:25:50.00	0.045
MEND – SIGN	898.892	4:41:06.00	0.004
SIGN – STAR	10187.372	4:25:50.00	0.049
005 – SIGN	865.819	4:41:06.00	0.004
005 – STAR	9379.119	4:25:50.00	0.045

С целью получения данных, на основании анализа которых можно было бы сделать выводы о точностных характеристиках интегрированной спутниковой аппаратуры, автором были выполнены экспериментальные измерения. Измерения во ВНИИФТРИ проводились в несколько этапов, при

этом удаление подвижных приемников от базового было на расстояниях порядка 10000 м., 1000 м. и 35 м. В результате были получены данные, представленные в (табл. 1).

Также передвижной приёмник ProMark3 использовался для целей подтверждения точностных характеристик при топографической съемке и ГИС/картографирования (рис. 3). Были получены следующие результаты. В (табл. 2) приведены СКО определения координат с внутренней антенной при работе в картографическом режиме.

**Табл. 2. Данные при использовании ГИС/картографирования с внутренней антенной**

Базис	Время стояния, секунды				
	30	60	90	120	300
30-100м	0,472	0,410	0,407	0,376	0,306
10км	0,926	0,826	0,757	0,567	0,469

Аналогичные данные при работе с внешней антенной приведены в (табл.3). Было проведено сравнение полученных экспериментальных результатов с требованиями, предъявляемыми для нанесения контуров при топографической съемке различных масштабов.

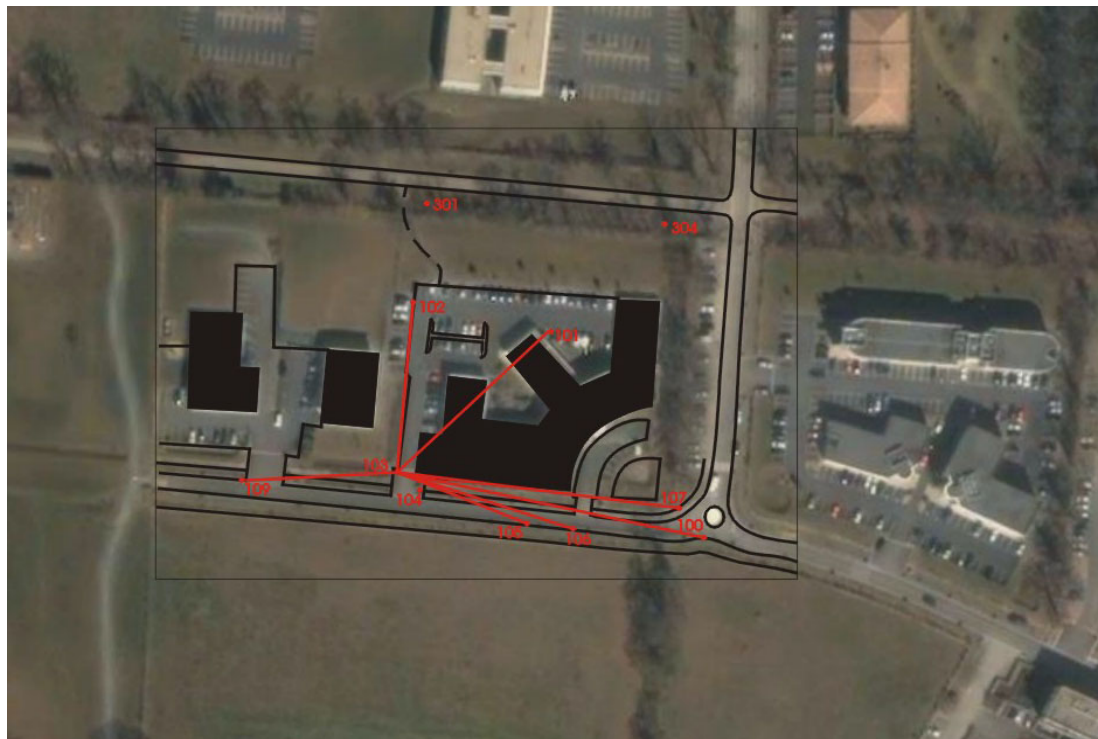
**Табл. 3. Данные при использовании ГИС/картографирования с внешней антенной**

Базис	Время стояния, секунды				
	30	60	90	120	300
30-100м	0,187	0,175	0,152	0,143	0,133
10км	0,852	0,670	0,637	0,506	0,350

При сравнении точностей, полученных в результате испытаний, с точностями предъявляемыми требованиями для нанесения контуров при топографической съемке, можно сделать вывод, что точностные характеристики системы ProMark3 позволяют производить работы по обновлению и созданию всего масштабного ряда топографических карт, решать широкий спектр задач по инвентаризации объектов недвижимости и оперативного мониторинга территорий со снижением себестоимости проводимых работ.

На основе выполненных полевых испытаний получен обновленный

цифровой план местности (рис. 4), и доказано по точности и возможностям использование ИАСОК для топографических съемок всего масштабного ряда.



**Рис. 4. Обновленный цифровой план местности**

Во второй части данной главы приведены сравнительные результаты применения ИАСОК и традиционных методов съемки. Основными результатами данного этапа исследований являются доказательства преимущества технологического процесса с применением ИАСОК и ГИС технологий над наиболее популярным и традиционным методом тахеометрической съемки, обоснование оптимального совместного использования и преимущества при отдельной работе в технологическом процессе. Критерии выбора технологии, основы на выполнении работы с максимальной экономической эффективностью.

Фактически от экономической эффективности зависит конечный выбор и результат производства. Для этого в третьей части проведен расчет экономической эффективности от внедрения предложенной технологии обновления ТКиП с применением ИАСОК и ГИС технологий.

Расчёты показали, что рентабельность использования ИАСОК ниже, чем при использовании традиционного набора геодезических приборов, хотя при внедрении новой техники и происходит значительное снижение трудоёмкости

полевых работ. Это объясняется тем, что резкое увеличение фондоёмкости работ, из-за высокой стоимости импортного оборудования, роста курса ЕВРО не компенсируется достаточным снижением расходов на заработную плату. Этот частный пример иллюстрирует общую для российской переходной экономики тенденцию увеличения разрыва в соотношении стоимости двух факторов производства - труда (дешёвая отечественная рабочая сила) и капитала (дорогие кредиты и реальный капитал). Несмотря на более низкую рентабельность современного оборудования, при проведении полевых геодезических работ смысл внедрения новой техники заключается в повышении качества и сокращении срока выполнения работ, что является немаловажным фактором оперативности предоставления информации, сохранении и увеличении объёма работ, за счёт повышения качества предоставляемых заказчикам услуг.

По результатам данной главы можно сделать следующие выводы:

1. Скорость выполнения полевых работ в 2-5 раз выше, чем при использовании традиционных методов.
2. Точность и надежность измерений позволяет обновлять практически весь ряд топографических карт.
3. Повышается рентабельность и снижаются трудозатраты.

В **заключении** подведены итоги проделанной работы, показывающие возможность проведения работ по топографической съемке, сформулированы основные результаты исследований точностных характеристик и применение ИАСОК и ГИС технологий для крупномасштабной съемки.

#### **Список опубликованных работ по теме диссертации.**

1. Побединский Г. Г., Тимкина О.В., Бородко Е.А. Оперативное обновление топографических карт с линейными объектами большой протяженности// Геодезия и картография, 2005, №10, С. 41-45.
2. Бровко Е.А., Ефимов С.А., Бородко Е.А., Струнников А.В. Особенности использования спутниковых навигационных технологий в системе КТМ для актуализации цифровых дежурных топографических основ. //Геодезия и

картография, 2007, №4, С. 13 – 19.

**3.** Куприянов А.О., Бородко Е.А. Комплексные испытания интегрированной картографо-геодезической спутниковой аппаратуры нового поколения// Геодезия и картография, 2006, №10, С. 41-45.