

На правах рукописи

БАТРАКОВ АНДРЕЙ АНДРЕЕВИЧ



**ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
АВТОМАТИЗАЦИИ СТАНЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Специальность 25.00.35 – Геоинформатика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва - 2006

Работа выполнена на кафедре «Геодезия и Геоинформатика» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ)

Научный руководитель:

кандидат технических наук, Власов Валентин Дмитриевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, Масленников Александр Сергеевич

кандидат технических наук, Кужелев Павел Дмитриевич

Ведущая организация:

Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии им. Красовского Ф.Н. ФГУП (ЦНИИГАИК)

Защита состоится 28 декабря 2006 г. в 15 час. на заседании диссертационного совета Д 218.005.11 в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ) по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, 15, ауд. 1235.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета путей сообщения.

Автореферат разослан «28» ноября 2006 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью Вашего учреждения, просим направлять в адрес диссертационного совета.

Ученый секретарь диссертационного совета.

Доктор технических наук, профессор



Быков Ю. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Автоматизация станционных процессов является в настоящий момент одним из наиболее перспективных направлений по повышению безопасности и эффективности железнодорожных перевозок. В связи с этим ГУП ВНИИАС МПС России ведется разработка и внедрение Комплексной системы автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП). В состав КСАУ СП входит система Горочной автоматической локомотивной сигнализации (ГАЛС – Р), в которую интегрируется Система определения местоположения локомотивов (СОМЛ) на путевом развитии (ПР) станции с помощью спутниковых радионавигационных систем второго поколения (СРНС) ГЛОНАСС / GPS. Данная система позволяет определять местоположение локомотива с точностью 1 м и скорость движения локомотива с точностью 0.05 м/с. Однако координаты локомотива в местной системе координат, полученные при помощи СРНС, не могут быть применены в системах управления движением в виду того, что на железнодорожном транспорте используются одноосные системы координат, а именно номер пути и пикетаж. Иначе говоря, при отсутствии геоинформационной основы, позволяющей приводить данные о местоположении локомотива, полученные при помощи СРНС, к виду, необходимому для решения задач управления и автоматизации движения локомотивов на станции, применять СРНС в качестве средства определения местоположения локомотива – невозможно.

Для решения задачи перехода из местных систем координат объектов автоматизации в одноосные системы координат и предназначены цифровые модели путевого развития для целей автоматизации станционных процессов (ЦМПР),

методика создания которых разработана в рамках выносимой на защиту диссертационной работы.

В соответствии с распоряжением департамента Автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» от 30.03.2005 г. создание СОМЛПР СРНС с марта 2005 г. включается во все задания на проектирование комплексной реконструкции технических средств СЦБ при внедрении КСАУ СП на сортировочных станциях сети железных дорог РФ.

Внедрение системы на сети железных дорог позволяет:

1. Сократить пробег локомотивов, увеличить их ресурс и уменьшить расход дизельного топлива.
2. Определять местоположение бригад, работающих на пути, что позволяет повысить безопасность проведения путевых работ.
3. Определять длину поезда, что даст возможность повысить эффективность использования путевого развития объекта автоматизации.
4. Автоматизировать процесс роспуска, что позволяет повысить перерабатывающую способность станции.

В настоящее время в трудах С.И. Матвеева создана теория высокоточных цифровых моделей пути, ориентированных на использование службами пути для целей повышения качества содержания пути и приведения пути в проектное положение. Однако, по ряду причин, для применения в системах автоматизации станционных процессов, они использоваться не могут. В связи с этим возникла потребность в ее доработке и адаптации.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка методики создания информационного обеспечения СОМЛПР СРНС, что позволит автоматизировать некоторые станционные процессы, а также повысить безопасность и эффективность работы железнодорожных станций.

Основными задачами диссертационного исследования являются:

- разработка методики создания и применения цифровых моделей путевого развития в системах автоматизации станционных процессов.
- рассмотрение существующих методов определения местоположения оси железнодорожного пути с использованием различных технических средств и оценка возможности их применения для целей создания ЦМПР.
- разработка методики моделирования местоположения путевого развития станций для целей создания ЦМПР.
- разработка технологии сбора исходных данных для создания ЦМПР.
- определение критериев выбора средств измерения по сигналам СРНС, применяемых при создании ЦМПР, и оценка возможности применения аппаратуры потребителя (АП) СРНС, устанавливаемой на локомотивах и базовых пунктах СОМЛПР СРНС, для целей создания ЦМПР.
- разработка структуры данных ЦМПР, удовлетворяющей требованиям по их использованию в СОМЛПР СРНС с учетом минимизации хранимой информации.
- формулирование требований к программному обеспечению для построения ЦМПР.
- технико-экономическое обоснование применения разработанных методик создания ЦМПР.
- разработка методики расчета стоимости создания ЦМПР.

Объектом исследования является аналитическое описание местоположения путевого развития железнодорожных станций.

Предметом исследования является теория и методики создания аналитического описания местоположения путевого развития железнодорожных

станций для применения в системах определения местоположения локомотивов на путевом развитии, основанных на использовании СРНС ГЛОНАСС/GPS, для перехода от координатной формы представления данных о местоположении локомотива в пикетажную.

Методы исследования. Диссертационное исследование строилось на основе системного анализа и комплексного подхода к исследуемой проблеме с использованием прикладного анализа и технико-экономических расчетов.

Методологической и теоретической основой диссертационного исследования являются труды следующих ученых: С.И. Матвеева, С.Е. Гурина, Е.М. Шафита, Ю.Г. Батракова, В.М. Круглова, В.А. Коугия, В.И. Кафтана, Ю.А. Соловьёва и др.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в следующем:

- разработана методика создания и использования ЦМПР для целей автоматизации станционных процессов;
- разработана методика оценки точности методов интерполяции, применяемых при моделировании местоположения осей станционных путей для целей привязки местоположения локомотива к путевому развитию объекта автоматизации;
- разработана методика расчета стоимости создания ЦМПР;
- разработана технология производства инженерно-геодезических работ при занятости парков подвижным составом.

Практическая ценность диссертации. Реализация результатов диссертационной работа позволяет значительно сократить расходы на создание ЦМПР, применяемых в системах определения местоположения локомотивов на путевом развитии станции, а также сократить стоимость технического оснащение станции АП СРНС при внедрении данных систем.

Внедрение и апробации. Научные и практические результаты работы обсуждались и получили положительную оценку следующих конференциях: «Геопространственные технологии и сферы их применения» (Москва, 2006), «Безопасность движения поездов» (Москва, 2004). Результаты диссертационной работы используются в производственной деятельности следующих предприятий ОАО «РЖД»: станции «Красноярск-Восточный» Красноярской ЖД, станции «Свердловск-Пассажирский» Свердловской ЖД, что подтверждено актом о внедрении.

Диссертация обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Геодезия и геоинформатика» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТа).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 163 страницы. Работа содержит 7 таблиц, 22 рисунка. Список литературы включает 48 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, определены цели и содержание поставленных задач, указана теоретическая значимость и прикладная ценность полученных результатов, а также сообщены положения, выносившиеся на защиту.

В главе I «Цифровые модели на железнодорожном транспорте. Определение, назначение и актуальность применения» был обозначен объект исследования, даны его характеристики и критерии оценки. Описано назначение и описание ЦМПР. Также был произведен анализ существующих методов определения

местоположения осей железнодорожных путей на предмет их применения для создания ЦМГР. При этом были рассмотрены следующие методы и средства измерений, с помощью которых можно определять местоположение оси железнодорожного пути: СРНС ГЛОНАСС / GPS, тахеометрия, лазерное сканирование, нивелирование, путензиметельный вагон системы ЦНИИ – 4, использование существующих картографических материалов и аэрофотосъемка. Оценка того или иного метода определения местоположения производилась по следующим параметрам: точность измерений, надежность координатных данных, актуальность координатных данных, наличие ограничений при применении координатных данных по причине их секретности, стоимость применения метода определения местоположения, сроки проведения работ при применении метода определения местоположения, возможность применения метода на железнодорожных станциях в условиях интенсивной поездной работы и занятости парков подвижным составом. В результате проведенного анализа был сделан вывод, что тахеометрия с использованием современных геодезических приборов, имеющих возможность производить измерения в безотражательном режиме, является наиболее оптимальным методом определения местоположения для применения при создании ЦМГР.

В главе II «Математическое моделирование данных ЦМГР» произведен анализ существующих методов аналитического описания кривых на плоскости и в пространстве. По результатам анализа было выявлено, что представить ось железнодорожного пути в виде пространственной кривой невозможно ввиду отсутствия единого параметра, по которому можно определять координаты объекта в трехмерной системе координат. В результате было принято решение о разделении аналитического описания местоположения оси железнодорожного пути на плановую и

высотную составляющие. Далее был произведен расчет величины максимального уклона, при котором ошибка, вносимая отсутствием данных о профиле пути, не будет превышать значения предельной ошибки построения ЦМПР. Расчет производился для оценки возможности применения только плановой составляющей ЦМПР либо применения упрощенной формы данных о профиле в виде усредненного уклона всего пути для целей минимизации хранимой информации и упрощения алгоритмов вычисления местоположения локомотива на путевом развитии. В результате расчета было получено, что высотная составляющая ЦМПР необходима только на сортировочных горках и участках путевого развития, на которых уклон превышает 16 %. На остальных участках путевого развития достаточно использовать усредненный уклон пути, либо среднюю высоту элемента путевого развития.

Произведен комплексный анализ методов интерполяции на предмет их применения для построения аналитического описания местоположения оси железнодорожного пути. Разработан метод расчета точности различных методов интерполяции для определения требуемой дискретности исходных данных в зависимости от геометрии путевого развития. Для определения требуемой дискретности определения координат точек путевого развития (ТПР) на кривых, автором было проведено моделирование, позволяющее установить зависимость между радиусом кривой, дискретностью измерений и точностью модели. Для этого была взята окружность с радиусом, равным единице (рис. 1). Далее окружность была разбита на сектора с постоянным шагом, определяемым приращением угла $\Delta\alpha$, образованного двумя радиусами. Величина приращения угла определялась из условия, чтобы на кривой радиуса 350 м, длина дуги окружности составляла 50, 40, 30, 20 и 10 метров. Радиус равный 350 м выбран по причине того, что в соответствии с ПТЭ он

является наименьшим радиусом кривых, применяемых в настоящее время на сети железных дорог РФ. При этом ошибка интерполяции будет наибольшей. Далее определялись координаты точек окружности X_i и Y_i для каждого из интервалов. Для окружности радиуса, равного единице, координаты соответствующих точек можно определить по формулам

$$x_i = \sin(\alpha + \Delta\alpha \cdot (i - 1)); \quad (1)$$

$$y_i = \cos(\alpha + \Delta\alpha \cdot (i - 1)), \quad (2)$$

где α - исходный угол, $\Delta\alpha$ - приращение угла.

По этим точкам производилась сплайн-интерполяция. Далее находились координаты

точек, расположенных на окружности с интервалом $\frac{\Delta\alpha}{2}$:

$$X_i = \sin\left(\alpha + \frac{\Delta\alpha}{2} + \frac{\Delta\alpha}{2} \cdot (i - 1)\right); \quad (3)$$

$$Y_i = \cos\left(\alpha + \frac{\Delta\alpha}{2} + \frac{\Delta\alpha}{2} \cdot (i - 1)\right). \quad (4)$$

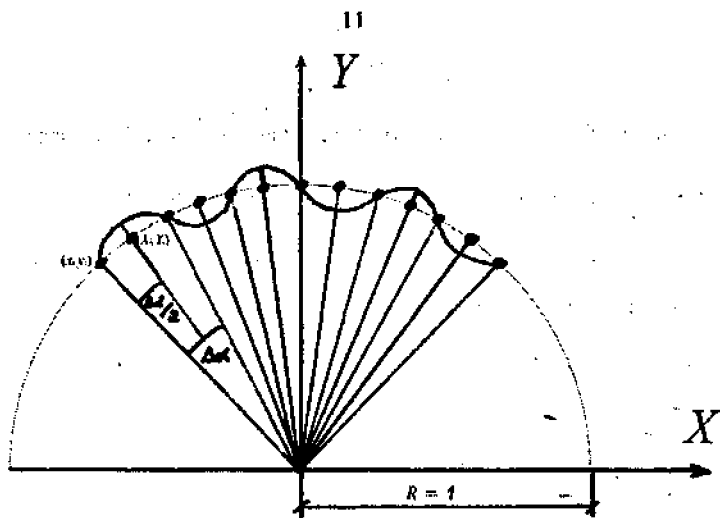


Рис. 1 «Расчет точности интерполяции»

Для точек сплайна с абсциссами $x_i^s = X_i$ находились соответствующие значения ординат $y_i^s = f(x_i^s)$. Далее определялась величина среднеквадратической ошибки интерполяции:

$$m_{\Delta y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta y_{cp} - \Delta y_i)^2}{n-1}}, \text{ где} \quad (5)$$

$$\Delta y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i^s - Y_i)}{n}. \quad (6)$$

Далее определялась величина предельной ошибки интерполяции для каждого из интервалов:

$$\Delta_{\text{инт}} = 3m_{\Delta y} \quad (7)$$

В результате было получено, что для кривой радиуса 350 метров величина предельной ошибки составила $\Delta_{\text{инт}} = 0,158$ м. По результатам проведенного расчета были даны практические рекомендации по применению тех или иных методов интерполяции в зависимости от геометрии путевого развития и дискретности исходных данных, которые в свою очередь легли в основу технологии производства инженерно-геодезических работ по созданию ЦМПР:

1. На прямых участках пути следует применять метод линейной (кусочно-линейной) интерполяции с дискретностью исходных данных 250 м;
2. На кривых участках пути следует применять метод кубической сплайн-интерполяции с дискретностью исходных данных 40 м;
3. При незначительной длине участка пути, расположенного в кривой, на нем должны определяться координаты не менее четырех точек. Это условие также позволяет обеспечить требуемую точность интерполяции при радиусах кривых элементов меньше 350 м.

Дано описание систем координат, используемых при создании ЦМПР, а также при вычислении координатного решения в процессе функционирования СОМЛПР СРНС, представлены алгоритмы пересчета координат из одной СК в другую, необходимые для контроля надежности координатных решений, получаемых в процессе функционирования СОМЛПР СРНС.

В данной главе сформулированы требования к системам координат объектов автоматизации:

1. система координат объекта автоматизации должна обеспечивать требуемую точность получения координатного решения;

2. должна позволять без искажений представлять путевое развитие объекта автоматизации;
3. не должна налагать ограничения на полученную координатную информацию по причине её секретности;
4. должна позволять реализовывать выбранные методы интерполяции.

На основании этих требований был сделан вывод о целесообразности применения плоских прямоугольных систем координат, и сформулированы требования по выбору начала координат и расположения осей координат:

1. начало координат следует выбирать таким образом, чтобы по осям абсцисс и ординат не было отрицательных значений координат объектов и устройств станционной инфраструктуры;
2. ось абсцисс должна быть параллельна усредненному направлению путевого развития станции;
3. высотные отметки задаются от условной плоскости, уровень которой выбирается таким образом, чтобы не было отрицательных значений высот для объектов и устройств станционной инфраструктуры.

В главе III «Применение спутниковых радионавигационных систем при создании и использовании цифровых моделей путевого развития в системе управления движением поездов на станциях» описаны критерии выбора и требования к АП СРНС ГЛОНАСС / GPS, применяемой при создании ЦМПР. Произведена оценка возможности применения АП СРНС ГЛОНАСС / GPS, устанавливаемой на опорных пунктах СОМЛПР СРНС и локомотивах при создании ЦМПР, что позволяет значительно снизить стоимость технического оснащения объекта автоматизации. Для этого был произведен расчет ошибок, вносимых ионосферной и тропосферной

рефракцией в измерение псевдодлины в виду того, что ионосферная и тропосферная рефракция являются одними из основных источников ошибок измерений по сигналам СРНС ГЛОНАСС/GPS. Расчет производился с использованием существующих моделей ионосферы и тропосферы с учетом условий применения СОМЛПР СРНС. Расчет производился для двух антенных устройств ПРНС, разнесенных на расстояние 10 км, сопоставимое с длиной станции, и минимального используемого при вычислении координатного решения угла возвышения навигационного искусственного спутника земли (НИСЗ), равного 15° . В результате проведенного расчета было получено, что величина ошибки, вносимой ионосферной рефракцией в измерение базовой линии, при реализации относительных методов определения местоположения по сигналам СРНС не превышает 4 мм, а величина ошибки, вносимой тропосферной рефракцией в измерение базовой линии при реализации относительных методов определения местоположения по сигналам СРНС, не превышает 1 мм. Результаты расчета подтверждают возможность применения АП СРНС, устанавливаемой на опорных пунктах СОМЛПР СРНС при создании ЦМПР.

Рассмотрена возможность проведения контроля точности производимых измерений сигналов СРНС за счет сравнения с измерениями, выполненными геодезическими методами. В результате была доказана возможность проверки соответствия АП СРНС требованиям точности и надежности в процессе работ по созданию ЦМПР путем сравнения расстояний, измеренных как геодезическими методами с использованием электронных тахеометров, так и спутниковыми методами космической геодезии.

Для оценки влияния свойств антенных устройств ПРНС на точность производимых измерений был рассмотрен вопрос о стабильности положения «фазового центра» антенны. В процессе работы над диссертацией было выявлено несоответствие значений данного термина в геодезии и радиоэлектронике. Было рассмотрено множество работ по определению влияния характеристик антенных устройств на точность выполняемых измерений. На основе этого была разработана методика проведения экспертной оценки по определению соответствия различных антенных устройств как отечественных, так и зарубежных производителей, применяемых для определения местоположения по сигналам СРНС, требованиям точности, предъявляемым к техническим средствам СОМЛПР СРНС. Методика основывается на сравнении длин сторон треугольника, образованного тремя антенными устройствами ПРНС, полученных в результате обработки измерений по сигналам СРНС (с использованием относительных методов с измерением на фазе несущей частоты), с их известными значениями при различной ориентации антенных устройств одного типа. При расчете длин базовых линий, образующих стороны треугольника использовались различные созвездия НИСЗ для исключения возможности использования НИСЗ, ухудшающих точность координатного решения.

В главе IV «Создание ЦМПР» представлена разработанная автором технология производства инженерно-геодезических работ на железнодорожных станциях при занятости путей подвижным составом с учетом требований точности создания ЦМПР. Необходимость в разработке данной технологии возникла по причине того, что железнодорожные станции являются сложными технологическими объектами и вероятность освобождения парков от подвижного состава достаточно низка. Разработанная технология позволяет производить инженерно-геодезические работы

по определению координат точек путевого развития без нарушения режима работы объекта автоматизации.

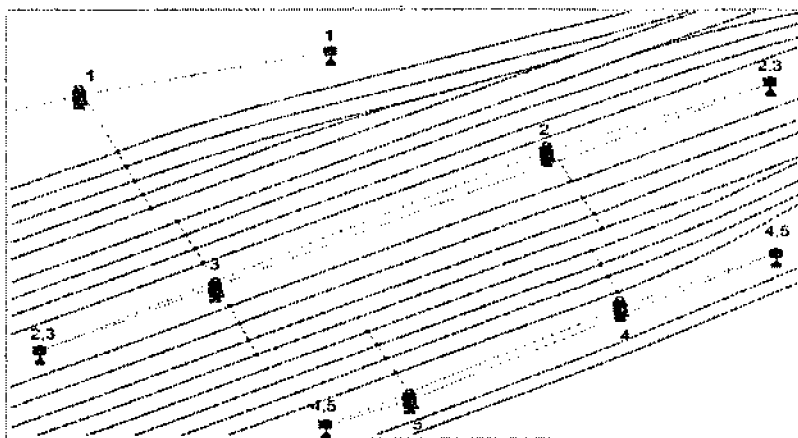


Рис. 2. «Технология проведения измерений при занятости парков подвижным составом»

Технология реализуется следующим образом. На противоположных концах парка, в створе широкого междупутья (Рис. 2) устраиваются пункты съемочного обоснования, координаты которых определяются при создании сети съемочного обоснования. На них устанавливаются геодезические марки на штативах. Геодезический прибор (электронных тахеометр) перемещается от начала к концу парка с требуемой дискретностью. На каждой станции определяется местоположение прибора методом свободного стационарирования относительно пунктов съемочного обоснования, расположенных на противоположных концах парка. Измерения точек путевого развития производятся с применением безотражательного режима измерения расстояний электронного тахеометра. При этом для определения координат оси пути производятся измерения до головок обоих рельсов, расстояние до оси пути определяется как среднее арифметическое из измеренных расстояний до головок

рельсов. Существует также возможность проведения измерений и с использованием угольковых отражателей, однако их применение в четыре раза увеличивает срок производства работ ввиду необходимости в обходе подвижного состава или поиска тормозной площадки.

Сформулированы требования, предъявляемые к точности определения местоположения пунктов и геометрии опорных геодезических сетей и сетей съёмочного обоснования, создаваемых при построении ЦМПР. Для этого был произведен расчет требуемой точности построения опорных геодезических сетей и сетей съёмочного обоснования для обеспечения требуемой точности определения координат точек путевого развития. Формулы для расчета представлены далее. Величина среднеквадратической ошибки положения среднего пункта по направлению хода определяется по формуле:

$$m_{ср\text{кв}}^{\text{прод}} = \frac{1}{2} \cdot m_S \sqrt{n - \frac{1}{n}} \quad \text{при } n \text{ нечетном;} \quad (8)$$

$$m_{ср\text{кв}}^{\text{прод}} = \frac{1}{2} \cdot m_S \sqrt{n} \quad \text{при } n \text{ четном;} \quad (9)$$

$$m_S = m_S^{\text{инстр}} + \Delta m_S^{\text{инстр}} \cdot S, \quad (10)$$

где

m_S - средняя квадратическая ошибка измерения расстояния прибором,

S - измеряемое расстояние.

Далее определим величину среднеквадратической ошибки положения среднего пункта перпендикулярно направлению хода:

$$m_{ср\kappa}^{попереч} = L \cdot \frac{m_{\alpha}}{\rho} \sqrt{\frac{(n^2 - 1) \cdot (n + 3) \cdot (n^2 + 2n + 3)}{192n^3 \cdot (n + 2)}} \quad \text{при } n \quad (11)$$

нечетном;

$$m_{ср\kappa}^{попереч} = L \cdot \frac{m_{\alpha}}{\rho} \sqrt{\frac{(n + 2) \cdot (n^2 + 2n + 4)}{192n^3 \cdot (n + 1)}} \quad \text{при } n \text{ четном,} \quad (12)$$

где

m_{α} - средняя квадратическая ошибка измерения угла;

Рассчитаем СКО определения местоположения среднего пункта хода:

$$M_{ср} = \sqrt{(m_{ср\kappa}^{попереч})^2 + (m_{ср\kappa}^{прод})^2} \quad (13)$$

СКО определения местоположения среднего пункта хода с учетом ошибки исходных данных определяется по формуле (14). В качестве ошибки исходных данных примем

СКО определения местоположения пунктов ОГС

$$M_{ср}^{исх} = \sqrt{M_{ср}^2 + M_{СРГС}^2} \quad (14)$$

СКО определения местоположения пункта лучевым способом:

$$M_{ср}^{луч} = \frac{1}{2} \sqrt{M_1^2 + M_2^2} \quad (15)$$

СКО определения местоположения ТПР определим из следующего выражения:

$$M_m^{тпр} = \sqrt{(M_{ср}^{исх})^2 + (m_s^{max})^2 + (M_{ср}^{луч})^2 + (L_{max\kappa}^{max} \cdot \frac{m_{\alpha}}{\rho})^2} \quad (16)$$

По формуле (17) определяется величину предельной ошибки определения ТПР, значение которой не должно превышать 14.2 см:

$$\Delta_{ТПР} = 2M_m^{np} \quad (17)$$

В результате расчета, выполненного по формулам (8 – 17) было получено, что опорная геодезическая сеть должна соответствовать 4 классу точности. Сеть съемочного обоснования должна состоять из замкнутых полигонометрических ходов. Длина стороны хода не должна превышать 800 м в соответствии с требованиями ВСН 208-89. Сеть съемочного обоснования должна соответствовать I разряду точности.

Представлен сравнительный анализ стоимости создания ЦМПР для малых, средних, крупных и внеклассных станций с учетом и без учета применения разработанных автором методик, представленный на рис. 3.

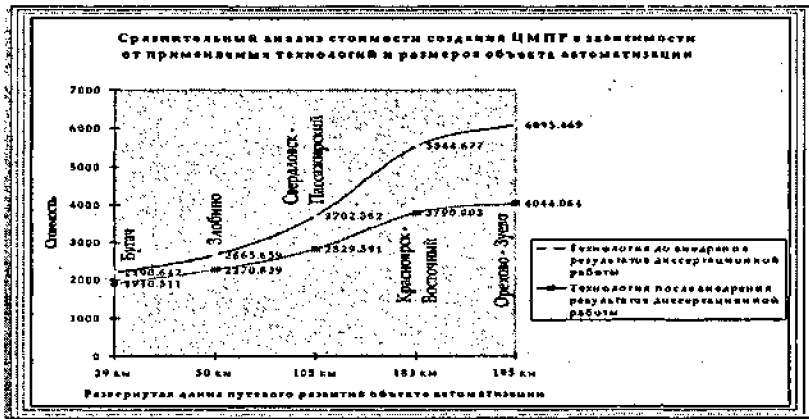


Рис. 3 «Сравнительный анализ стоимости создания ЦМПР в зависимости от применяемых технологий и размеров объекта автоматизации»



Рис. 4. «Сравнительный анализ стоимости технического оснащения объекта автоматизации в зависимости от его размеров и технических средств, применяемых при создании ЦМПР»

Представлен сравнительный анализ стоимости технического оснащения объектов автоматизации в зависимости от их размеров и технических средств, применяемых при создании ЦМПР (рис.4). При этом рассчитывалась стоимость технического оснащения СОМЛПР СРНС для малых, средних, крупных и внеклассных станций с учетом и без учета применения специализированных ПРНС при создании ЦМПР.

Представлена разработанная автором методика расчета стоимости создания ЦМПР. Данная методика включает в себя методику расчета стоимости инженерно-геодезических работ, методику расчета стоимости построения аналитического описания местоположения путевого развития и методику расчета стоимости отчетно-технической документации. Расчет стоимости инженерно-геодезических работ производится на основе данных о путевом развитии объекта автоматизации с использованием справочника базовых цен на инженерно-геодезические изыскания

автомобильных и железных дорог и разработанной автором методики определения объемов инженерно-геодезических работ по данным о путевом развитии объекта автоматизации. Расчет стоимости построения аналитического описания местоположения путевого развития производится на основе данных об объемах инженерно-геодезических работ с использованием методики определения стоимости (цены) научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) № ЦтехД-1/7 и разработанной автором методики определения трудоемкости работ по построению аналитического описания путевого развития объекта автоматизации. Стоимость отчетно-технической документации определяется на основе данных о СОМЛПР СРНС объекта автоматизации с использованием справочника базовых цен на разработку технической документации на автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), утвержденный Министерством промышленности Российской Федерации.

Сформулированы требования к программному обеспечению для построения ЦМПР, хранения и обновления данных о местоположении осей станционных путей, как в координатной так и аналитической форме.

Представлена структура данных ЦМПР, разработанная и адаптированная автором для применения в СОМЛПР СРНС. Структура данных ЦМПР представляет собой иерархическую базу данных, позволяющую производить адресный доступ к данным, что дает возможность более оперативно получать необходимую для вычисления местоположения локомотива информацию и повышает быстродействие системы в целом.

Представлен разработанный автором механизм доступа к данным ЦМПР при вычислении местоположения локомотива в процессе функционирования СОМЛПР СРНС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных результатов исследования сформулированы следующие выводы и предложения.

1. Местоположение путевого развития станций при решении задач автоматизации станционных процессов наиболее целесообразно описывать с использованием аналитических функций, с применением методов линейной и кубической сплайн-интерполяции.
2. При создании ЦМПР координаты точек путевого развития наиболее целесообразно определять методом электронной тахеометрии.
3. Применение разработанной автором технологии производства инженерно-геодезических по созданию ЦМПР является экономически эффективным.
4. Требования к дискретности определения координат точек путевого развития, регламентированные нормативно-технической документацией, используемой в настоящее время, – избыточны и существенно повышают стоимость работ по созданию ЦМПР.
5. Применение технических средств СОМЛПР СРНС при создании ЦМПР является возможным и экономически эффективным.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Батраков А. А. Съёмка станционных путей // Путь и путевое хозяйство №9, 2004 г.

2. Батраков А. А., Интеграция лазерных и спутниковых систем как средство сбора пространственной информации // Пятая научно практическая конференция «Безопасность движения поездов» МИИТ, 2004 г.
3. Савенков Е. Н., Еремушкин А. А., Матвеев С. И., Ниязгулов У. Д., Железнов М. М., Манойло Д. С., Матвеев А. С., Батраков А. А., Тихонов А. Д. Эксперимент по созданию цифровой модели пути экспериментального кольца ВНИИДЖТа // Применение геоинформационных и спутниковых радионавигационных систем на железнодорожном транспорте: Сборник научных трудов кафедры «Геодезия и геоинформатика» вып № 1001. МИИТ, 2005 г.
4. Батраков А. А., Гурин С. Е., Ковтуненко К. А. Система определения местоположения локомотивов на путевом развитии станции с помощью СРНС ГЛОНАСС/GPS и цифровых моделей путевого развития. // 2-я Международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения» М.:2006.

Батраков Андрей Андреевич

**ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
АВТОМАТИЗАЦИИ СТАНЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Специальность 25.00.35 – Геоинформатика

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Подписано в печать – *24.11.06.*

Формат 60x84/16

Печать: множит. Техн. Бумага для множ. Техн.

Усл. Печ. л. 1,5

Тираж 80 экз. Заказ № *523.*

Типография МИИТа, 127994, г. Москва, ул. Образцова, 15

