

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ КЫРГЫЗСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ ВЫСОКОТОЧНЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ВЫСОТ****MODERN PROBLEMS OF PROVIDING TERRITORIES OF THE KYRGYZ  
REPUBLIC BY HIGH-PRECISION LEVELING VALUES**

*Бул макалада геометриялык, тригонометриялык, жандоочтор менен жана аралашыкмалар менен нивелирлөө ыкмалары аркылуу Кыргыз Республикасынын территорияларындагы бийиктиктерди жогорку тактыктагы маанилер менен камсыз кылууда келип чыккан азыркы проблемалар каралды.*

*Ачык сөздөр: нивелирлөө, геодезия, тригонометрия, ыкма.*

*В статье рассмотрены современные проблемы обеспечения территорий Кыргызской Республики высокоточными значениями высот методами геометрического, тригонометрического, спутникового и комбинированного нивелирования.*

*Ключевые слова: нивелирование, геодезия, тригонометрия, методика.*

*The contemporary problems of providing territories of the Kyrgyz Republic with high-precision of height values by methods of the geometrical, trigonometrical, satellite and combined leveling are considered in this article.*

*Keywords: leveling, surveying, trigonometry, methods.*

Наиболее трудоемким процессом геодезического обеспечения территорий высокоточными данными на современном этапе развития техники и технологии является создание и поддержание в рабочем состоянии высокоточных высотных сетей.

**Геометрическое нивелирование**

В массовом производстве в достаточном количестве имеются электронные нивелиры, однако, отсутствуют нормативные документы, определяющие порядок работы с этим типом инструментов. Традиционные методики, описанные в нормативных документах

( в инструкциях, руководствах и т.п.), создавались, исходя из предпосылки превалирование действий случайных ошибок измерения, основным источником которых являлись процессы, связанные с личными ошибками исполнителей. Использование электронных нивелиров практически полностью исключает влияние этого источника ошибок. Однако действие всех источников систематических ошибок сохраняется, мало того, появляются дополнительные источники, обусловленные именно конструкцией электронных нивелиров.

В качестве примера приведем ряд наиболее острых, на наш взгляд, нерешенных проблем.

- отсутствие методик калибровки реек и обработки результатов измерений с учетом калибровочных поправок;
- наличие разных методик, описанных только в общих чертах и реализованных в программных средствах, обеспечивающих соблюдение главного условия нивелира ( контроль стабильности визирного луча), включая вычисления угла  $i$ ;

- наличие в электронных нивелирах, по сути, двух оптических трактов, которые можно использовать как отдельно, так и совместно, что при неодинаковой освещенности разных реек приводит к дополнительным погрешностям;

-отсутствие методик наблюдений на станциях нивелирования, учитывающих автоматизацию регистрации получаемой информации.

Кроме того методики измерений, описанные в действующих инструкциях, ориентированы на меры борьбы с ошибками, большинство из которых отсутствует в цифровых нивелирах, но не предусматривают возникновения систематических ошибок. На производстве получают невязки, формально допустимые, но с превалированием одного знака.

В связи с этим методика нивелирования с применением цифровых нивелиров должна реализовывать иной подход гарантирующий повышение точности измерений.

Необходимо разработать нормативный документ, дополняющую действующую инструкцию на случай применения электронных нивелиров. В нем должны найти отражение следующие разделы:

1. Требование к приборам, допускаемым к проведению высокоточных работ.
2. Методика метрологической аттестации нивелиров и реек. Регламент метрологической аттестации.
3. Методика проверок нивелиров и реек, выполняемых исполнителем в процессе производственных работ. Регламент этих проверок.
4. Рекогносцировка. Выбор и подготовка трассы для нивелирования.
5. Особенности методики работы на станции в зависимости от класса точности.
6. Допуски при работе на станции и их учет. Контрольные записи в журнале.
7. Передача протокола измерений в память компьютера.
8. Предварительная оценка результатов измерений. Определение участков, на которых необходимо повторить полевые измерения.
9. Порядок передачи и приема результатов полевых измерений для их камеральной обработки.
10. Процедура введения метрологических поправок.
11. Методика уравнивания результатов геодезических измерений с привлекающим влиянием систематических источников ошибок.
12. Особенности методики полевых и камеральных работ при выполнении повторных циклов измерений, например, при геодинамических исследованиях.

По всем перечисленным направлениям авторами проделаны определенные работы. Необходимо признать, что полученные результаты и разработанные фрагменты методик носят несогласованный и отрывочный характер, так как ограниченное финансирование не предусматривало системных исследований и, тем более, проведения достаточно обширных экспериментально-производственных работ.

Имеющиеся данные, на наш взгляд, недостаточны для подготовки всеобъемлющих рекомендаций с их передачей в производство.

Конечной целью разработок по этому направлению должно стать предоставление экспериментальных методик для их практической апробации с последующим выпуском нормативного документа.

### **Тригонометрическое нивелирование**

Технически нет строгих требований к выполнению высокоточного тригонометрического нивелирования, а также инструкций и теоретически обоснованной методики, позволяющей оценить возможности тригонометрического нивелирования. Несмотря на это, применение электронных тахеометров в производстве для решения различных задач в инженерной геодезии только возрастает. Современное состояние дел в области строительства и инженерных изысканий неминуемо сводится к процессу

автоматизации геодезических работ, поэтому повсеместно внедрение оптико-электронных приборов вполне обосновано.

Существуют научные исследования в области высокоточного тригонометрического нивелирования. Они относятся, в основном, к использованию оптика - механических приборов, а именно теодолитов, однако данные исследования не нашли массового применения в производстве. Методики, направленные на применение оптико-механических приборов, явно требуют существенной доработки, частичной переработки и переосмысления и не могут быть полностью перенесены без должных исследований на оптико-электронные приборы.

Необходимо разработать нормативный документ, который дополнит существующие научные исследования современными результатами. В него должны войти оценка области применения метода, требования к качеству выполнения работ, а также следующие разделы:

1. Классы работ, требующие использования высокоточного тригонометрического нивелирования.
2. Требования к средствам измерения и их аттестации.
3. Методика полевой поверки и юстировки приборов.
4. Методика работы на станции, позволяющая ослабить влияние ряда приборных ошибок.
5. Методика контроля на всех этапах работ.
6. Требования к повторным наблюдениям.
7. Методика уравнивания результатов измерений с учетом влияния различных источников систематических ошибок в зависимости от типов задач.
8. Требования к отчетной документации.

В настоящее время у авторов имеются различные наработки в данной области исследования. Однако необходимо признать, что полученные результаты имеют лишь теоретический фундамент и практически не были опробованы в полевых условиях на производственных объектах из-за ограниченного финансирования.

На наш взгляд, при измерениях с помощью высокоточных электронных тахеометров можно достичь точности высокоточного геометрического нивелирование, используя метод тригонометрического нивелирования короткими лучами (до 150м).

Наибольший эффект от применения этого метода можно ожидать на территориях городов и участках местности с большими уклонами, например при работе на дамбах гидротехнических сооружений.

Необходимо признать что не смотря на наличие всех разработок, полноценное внедрение их в массовое производство не может быть проведено на данном этапе.

Конечная цель разработок в этом вопросе сводится к доведению методик до уровня, пригодного для их передачи на экспериментально-производственный уровень проверки, и в последствие к подготовке полноценного нормативного документа для внедрения в массовое производство.

### **Спутниковое нивелирование**

В последнее время тема спутникового нивелирования (определения высот точек местности методами космической геодезии) широко освещается в геодезической литературе. Но нет нормативного документа, регламентирующего порядок проведения данного вида работ, хотя концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года предусматривает применение этого метода определения высот. Тем острее встает вопрос о необходимости создания нормативных документов, регулирующих это направление.

При обработке результатов спутникового нивелирования инженер сталкивается с рядом задач, требующих его высокой квалификации, теоретических знаний из различных областей геодезии (сфероидическая геодезия, прикладная геодезия, физическая геодезия,

радиогодезия), а также умения применять специализированное программное обеспечение.

Отсутствие этих знаний ведет к получению результатов, не сопоставимых с геометрическим нивелированием, и как следствие, невозможности их интерпретации.

Следует отметить, что в зарубежной литературе под спутниковым нивелированием понимается определение ортометрических высот.

Необходимо создать методический, а потом и нормативный документ, дающий четкие инструкции по проведению и обработке результатов спутникового нивелирования. В него должны войти следующие разделы:

1. Требования к приборам.
2. Методик метрологической аттестации спутникового оборудования.
3. Рекогносцировка точек для спутникового нивелирования с учетом особенностей условий прохождения сигнала.
4. Методика работы на станции в зависимости от требуемой точности и класса прибора.
5. Методика обработки измерений, включающая вопросы:
  - совместной обработки измерений, выполненных при использовании приборов разных производителей и типов;
  - конвертирования данных в разные форматы;
  - введения поправок за влияние ионосферы, тропосферы, а также слоев воздуха вблизи поверхности Земли;
  - определения положения фазового центра антенны.

Разногласия по последнему вопросу и различные реализации частных решений на практике могут привести к результатам, отличающимся по точности в несколько сантиметров.

Отдельная глава должна быть посвящена вопросам, связанным с системами высот, в частности, таким как:

- методика получения нормальной высоты из геодезических (эллипсоидальных) высот;
- методика распространения нормальных высот на основе спутникового нивелирования.

В настоящее время у специалистов, выполняющих геодезические работы, и у разработчиков оборудования, существует путаница в этих вопросах, причем не только из-за разногласия в терминологии, но и из-за российских требований к соблюдению режимных ограничений.

Перечисленные проблемы имеют решения, но говорить об их широком применении еще преждевременно.

Должны быть рассмотрены вопросы, связанные с созданием единой программы обработки результатов спутникового нивелирования.

Выполненные авторами эксперименты по оценке возможной точности получения превышений, т.е. разности геодезических высот, позволяют надеяться на достижение средней квадратической погрешности порядка 4-6 мм при расстояниях 5-25 км. Однако эти эксперименты необходимо повторить.

### **Комбинированные методы**

Наиболее эффективным путем решения описанных выше проблем, на наш взгляд, является организация работ с применением комбинированной методики работ. То есть на одной и той же территории совместно используется геометрическое, тригонометрическое и спутниковое нивелирование, причем имеются точки, отметки которых определены как из совместных измерений, так и, только одним из методов. Например, при выполнении работ на закрытой и открытой территории, в помещениях ил под землей целесообразно создавать отдельные сети, которые объединяются в одно целое через совместные точки и перекрывающиеся участки.

Описание работ такого типа в технической литературе и тем более, в нормативных документах, отсутствует полностью.

### **Заключение**

Результаты проведенных работ на территории Кыргызской республики позволяют надеяться и утверждать, что совместное использование геометрического (электронные и оптические нивелиры), тригонометрического (электронные тахеометры) и спутникового нивелирования способно обеспечить всю территорию нормальными высотами. При этом предельная погрешность нормальных высот может составлять порядка 3-4 см ( в первом приближении ) и 10 мм ( во втором приближении ).

Превышение между двумя реперами, удаленными не менее чем на 3 км, целесообразно получать с точностью нивелирования 3 класса.

Экономическая выгода от использования такой технологии очевидно. Но для ее практического применения необходимо проделать большой объем как теоретических, так и экспериментальных работ, включая в последние и экспериментально-производственные работы.

### **Список литературы**

1. Багратуни Г.В. Инженерная геодезия [Текст]/ Г.В. Багратуни, В.Н. Ганышин, Б.Б. Данилевич, М.И.Киселев. -М.: Недра, 1984.- 344 с.
2. Левчук Г.П. Прикладная геодезия [Текст]/ Г.П. Левчук, В.Е. Новак, Н.Н. Лебедев. - М.: Недра, 1983.- 400 с.
3. Булгаков Н.П. Прикладная геодезия [Текст]/ Н.П. Булгаков, Е.М. Рывина, Г.А. Федотов.- М.: Недра, 1990.- 415 с.
4. Яковлев Н.В. Высшая геодезия [Текст]/ Н.В. Яковлев. -М.: Недра, 1989.- 445 с.
5. Бойко Е.Г. Высшая геодезия [Текст]/ Е.Г. Бойко. -М.: Картгеоцентр-геодезиздат, 2003.- 144 с.
6. Огородова Л.В. Высшая геодезия [Текст]/ Л.В. Огородова. - М.: Геодезкартиздат, 2006.- 384 с.
7. Баранов В.Н. Космическая геодезия [Текст]/ В.Н. Баранов, Е.Г. Бойко, И.И.Краснокрылов.- М.: Недра, 1986.
8. Крылов В.И. Космическая геодезия [Текст]/ В.И. Крылов. -М.: УПП «Репрография», МИИГАиК, 2002.- 168 с.
9. Материалы Международной ГИС конференции Центральной Азии «Взаимосвязанные регионы: сообщества, хозяйства и окружающая среда»[Текст] / 2-3 мая 2013г.-Алматы: КазНУ, 2013. -с. 78-84.
10. Чымыров А.У. Использование геоинформационных систем (ГИС) в территориальном планировании [Текст]/ А.У.Чымыров, А.К.Бектуров // Вестник КГУСТА. – 2013 - № 2 (40) -с. 124-129.
11. Материалы Международной конференции «Дистанционные и наземные исследования Земли в Центральной Азии», посвященной 10-летию ЦАИИЗ, [Текст]/ 8-9 сентября 2014г.-Бишкек:2014. - с. 375-382.
12. Материалы Международной ГИС конференции Центральной Азии «Шелковый путь в пространстве и времени: узел в Урумчи»[Текст]/ 28-30 мая 2014г. –Урумчи:Синцзянский институт экологии и географии Академии Наук Китая, 2014. - с. 72-80.