

СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Профессор, доктор техн. наук **Г.А. Уставич**¹, главный специалист **Г.Г. Китаев**²,
аспирант **А.В. Никонов**¹, аспирант **В.Г. Сальников**¹

¹*Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск*

²*ОАО «Сибтехэнерго», Новосибирск*

E-mail: sibte@bk.ru; ggkit@mail.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос создания геодезической разбивочной основы при строительстве современных электростанций на основе парогазовой технологии. Опыт создания геодезического обоснования может быть применен при геодезическом обеспечении строительства крупных промышленных объектов.

Ключевые слова: строительная сетка, разбивочная сеть, линейно-угловая сеть, обратная засечка, свайный геодезический пункт

Abstract. The article discusses the establishment of geodetic base in the construction of modern power plants based on combined cycle technology. Experience in creation of geodetic base can be applied to geodetic support the construction

Keywords: building grid, center network, linear-angular network, three-point, piles bench mark

Решение многообразных задач строительного производства на всех его этапах (изыскания, проектирование, строительные монтажные работы (СМР) возможно при их соответствующем геодезическом обеспечении, основой которого являются плановые и высотные геодезические сети. Так в строительном производстве геодезические сети принято делить на сети геодезического обоснования топографической съемки строительной площадки и на геодезические строительные (разбивочные) сети [1].

Сети геодезического обоснования создаются на стадии инженерно-геодезических изысканий и являются основой для создания топографических съемок площадки будущего строительства, а также используются для предварительной разбивки запроектированных сооружений.

Остановимся подробнее на создании гео-

дезических строительных сетей. Они создаются для выноса проектов на местность, для обеспечения СМР и контроля за возведением сооружений, а также для наблюдений за их положением в период строительства и эксплуатации [1].

В таблице указываются основные этапы создания геодезического разбивочного обоснования на территории крупного промышленного объекта, которое строится по принципу «от общего к частному», где наиболее точно определяется взаимное положение пунктов на завершающей стадии создания обоснования.

Рассмотрим этапы создания геодезической разбивочной основы на примере строительства двух энергетических объектов: Няганской и Череповецкой ГРЭС. Следует отметить, что на данных электростанциях применен комбинированный парогазовый цикл выработки электроэнергии, с компактным размещением

Этапы и методы создания геодезической разбивочной основы

Номер этапа	Этапы создания геодезического обоснования	Методы создания
1	Передача координат на территорию строительства от пунктов ГГС или местной СК	Ход полигонометрии, засечки (прямая угловая, обратная угловая и пр.), спутниковые методы
2	Развитие геодезической основы в виде строительной сетки (состоящей из квадратов или прямоугольников) или сети другой формы	Ходы полигонометрии, триангуляция, трилатерация, линейно-угловые сети, спутниковые методы
3	Сгущение геодезической основы – создание внешней разбивочной сети (при необходимости)	Полярный способ, тахеометрические ходы, засечки
4	Создание внутренней разбивочной сети	Полярный способ, метод вертикального или наклонного проектирования (для передачи координат на монтажный горизонт)

оборудования. Размеры главного корпуса в сравнении со старыми угольными станциями невелики (рис. 1). Таким образом, современные электростанции на основе парогазового цикла занимают небольшие по площади территории, что уменьшает объем работ по созданию геодезической разбивочной основы. Так площадь строительства трех блоков Няганской ГРЭС составляет более 60 га, и четвертой очереди Череповецкой ГРЭС — более 15 га.

Няганская ГРЭС — объект нового строительства, запроектированный в открытой, равнинной местности. В качестве разбивочной геодезической основы было решено построить строительную сетку со сторонами 200 м (рис. 2). Система координат строительной сетки, как правило, принимается частная, причем направление осей координат выбирают параллельно осям инженерных сооружений или красных линий застройки [2]. Данная строительная сетка выносилась на местности от двух реперов (№ 3 и № 4), координаты которых были определены спутниковыми методами в местной системе координат. Подробнее о возможных схемах использования спутниковой аппаратуры при развитии планового обоснования показано в

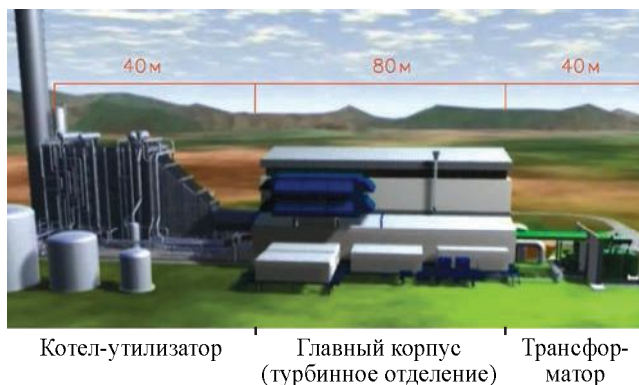


Рис. 1. Общая компоновка электростанции на базе парогазовой технологии

[3, 4] и при развитии строительных сеток в [5].

Поскольку данная сеть имеет небольшие размеры, после предварительного проложения тахеометрического хода в грунт были заложены постоянные знаки с металлической пластиной размером 15×15 см. После этого на пунктах сети были тщательно выполнены линейно-угловые измерения и произведено редуцирование. В завершение координаты пунктов сети были перевычислены из местной системы координат в строительную СК.

Для наиболее ответственных сооружений

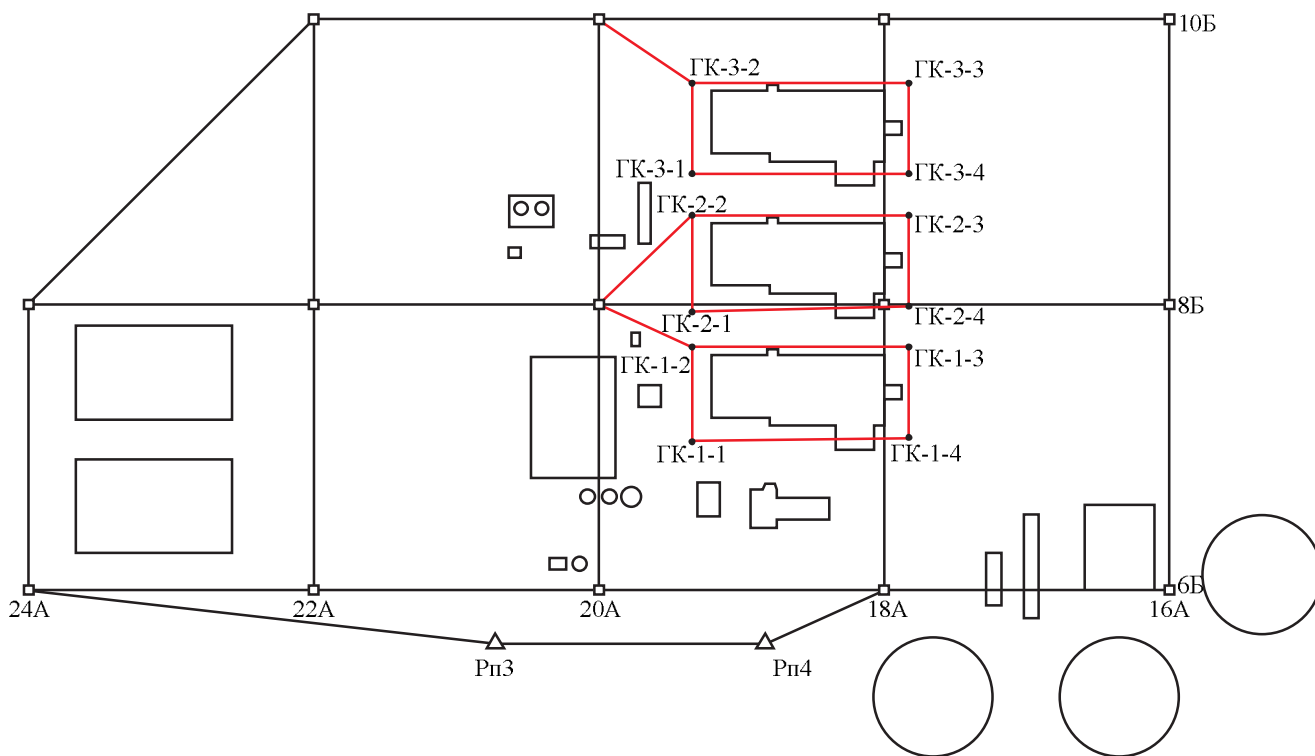


Рис. 2. Схема геодезической разбивочной основы Няганской ГРЭС:

△ — исходный пункт; □ — пункт строительной сетки; ● — пункт внешней разбивочной сетки

дополнительно создается своя внешняя разбивочная основа (см. таблицу, этап 3). В частности, вокруг каждого из главных корпусов были заложены четыре пункта ГК-1, ... ГК-4 (см. рис. 2). Так как эти пункты используются для геодезического обеспечения крупного сооружения, состоящего из сборных металлических элементов (колонны, фермы), предъявляются высокие требования к точности их взаимного положения (ошибка не более 5 мм). Поэтому координаты передаются от строительной сетки на один наиболее удобный для наблюдений пункт внешней сети сооружения, а затем по всем четырем пунктам прокладывается замкнутый тахеометрический ход. В дальнейшем от этих пунктов разбиваются главные, основные оси здания.

В процессе строительства были дополнительно заложены восемь свайных опорных геодезических пунктов (ОГП) конструкции ОАО «Сибтехэнерго» (рис. 3). Данный пункт обеспечивает принудительное центрирование прибора, а также имеет высотный репер



Рис. 3. Свайный геодезический пункт конструкции ОАО «Сибтехэнерго»

стенного типа. Использование пунктов такой конструкции значительно облегчает геодезическое обеспечение строительства и повышает точность определения координат исходных и определяемых пунктов. На рис. 4 показана схема размещения пунктов ОГП и измеренные базовые линии. Координаты ОГП определялись проложением тахеометрических ходов повышенной точности по трехштативной системе. Штативы использовались в случаях, когда расстояние между пунктами превышало 200 м. Передача координат производилась от пунктов строительной сетки.

Позднее были произведены спутниковые измерения на ОГП (использовались двухчастотные спутниковые приемники Javad Triumph в режиме быстрой статики со временем наблюдения на пункте не менее 40 мин), которые подтвердили высокую точность определения их взаимного положения (различия в расстояниях оказались не более 6,0 мм).

При строительстве крупных промышленных объектов на строительной площадке ведется одновременно большое количество работ, многие из которых требуют геодезического обеспечения. Поскольку над грунтовым знаком одновременно можно отцентрировать только один прибор, широкое распространение получил метод «свободной станции». При его реализации достаточно над пунктами строительной сетки или внешней разбивочной сети установить отражатели и определить положение станции методом обратной линейно-угловой засечки. Однако, постоянная установка над исходными пунктами отражателей отнимает много времени, вносит дополнительные ошибки в процесс измерений, а также требует наличия дополнительного оборудования (штативы, центриры, отражатели). Последовательная установка вешки с отражателем над исходными пунктами также увеличивает трудоемкость процесса засечки. В связи с этим, в геодезическом производстве широкое применение нашли пленочные отражатели (ОП) [6], которые наклеиваются на любые стабильные конструкции и координируются с точек наземной сети полярным способом (при расстоянии до ОП не более 150 – 200 м) или прямой линейно-угловой засечкой [7]. В результате этого создается система ОП на всей территории площадки,

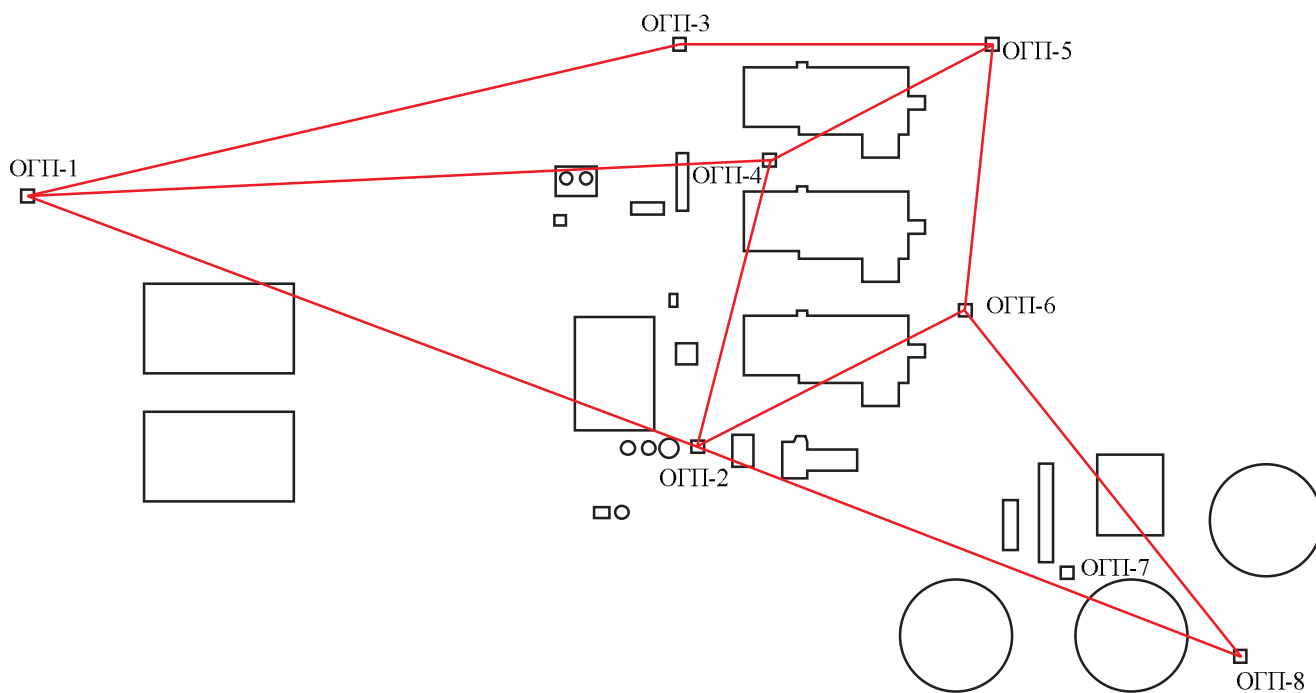


Рис. 4. Схема ГНСС-наблюдений сети свайных опорных геодезических пунктов:

□ — свайный опорный геодезический пункт; — базовая линия

благодаря которой одновременно ведется геодезическое обеспечение различных строительно-монтажных работ на высоком уровне точности.

Из [8] следует, что при определении координат пленочных отражателей способом полярных координат или прямой угловой засечкой их ошибка не превысит 2 мм ($m_p = 1''$; $m_s = 2$ мм; $D < 200$ м). В любом случае при определении координат ОП необходимо произвести несколько наведений и за окончательные значения координат принимать среднее значение. Если определяемая ОП находится в более, чем 200 м от грунтовых пунктов, то допускается определять ее координаты с одного «висячего» штатива, в противном случае прокладывается замкнутый тахеометрический ход по трехштанговой системе. Ошибка измерения расстояний тахеометром в безотражательном режиме зависит от угла падения лазерного луча на отражающую поверхность. Для наиболее распространенных строительных и отделочных материалов ошибка не превышает заявленной точности при угле падения луча в пределах от 0 до 40° [9]. Для ОП выявлена следующая зависимость: чем больше расстояние от тахеометра до ОП, тем предельный угол падения луча

ближе к 0°. Так для расстояния 100 м предельный угол падения составляет ~30° для пленки с размером стороны 50 мм [6]. Данный фактор необходимо учитывать при планировании мест закрепления ОП.

В некоторых случаях целесообразно свести к минимуму количество закрепляемых в земле геодезических центров и пользоваться системой отражательных пластин. Если в открытой местности на начальном этапе строительства практически нет надежных конструкций для закрепления ОП (для этих целей могут использоваться свайные репера, см. рис. 3), то в застроенной местности возможно закрепление отражательных пленок на зданиях и сооружениях старой постройки. Так, на территории строительства четвертой очереди Череповецкой ГРЭС был проложен ход полигонометрии 1 разряда, с точек которого были закоординированы отражательные пленки (ОП), закрепленные на зданиях старой части электростанции. После возведения первых сооружений четвертой очереди было произведено сгущение первоначальной системы ОП уже на территории нового строительства. От создания строительной сетки и грунтовых центров внешней разбивочной основы главного корпу-

са на данном объекте отказались.

В случае размещения тахеометра на свайном репере (ОП) объекта Няганская ГРЭС и при закрытой видимости на соседние реперы из-за возведенных зданий пленочные отражатели использовались в качестве ориентирных пунктов. Некоторые сооружения, на которые наклеиваются пленочные отражатели, могут претерпевать изменения своего местоположения в пространстве или менять свою геометрическую форму вследствие осадок, сезонных изменений температуры или неравномерного нагрева солнцем. Поэтому периодически необходимо проводить контроль системы ОП с надежных грунтовых центров (см. рис. 3), от которых нельзя полностью отказываться.

Завершающим этапом 4 (см. табл.) создания геодезической основы для обеспечения СМР является развитие внутренней (цеховой) разбивочной сети. Она создается для обеспечения более точной взаимной технологической и монтажной увязки комплексов агрегатов [10], размещаемых внутри здания. Относительные ошибки взаимного положения пунктов такой основы не должны превышать 1:15 000–1:25 000 и точнее [11]. Для максимального расстояния между пунктами в главном корпусе ГРЭС (~100 м) предельная ошибка взаимного положения пунктов не должна быть более 4 мм.

Наиболее удобно закреплять пункты данной сети уже упомянутыми пленочными отражателями. Например, для здания главного корпуса целесообразно размещать ОП на каждой

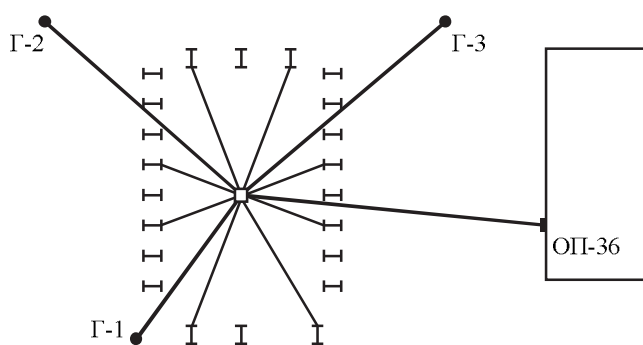


Рис. 5. Схема создания внутренней разбивочной сети:

● — пункты внешней разбивочной сети здания; □ — место установки тахеометра; ■ — отражательная пленка (геодезический пункт); I — торцевые колонны корпуса; I— — колонны корпуса

колонне каркаса здания и определять их координаты после окончательного монтажа ферм, балок и связей, но до монтажа ограждающих конструкций.

Порядок работ по созданию цеховой геодезической сети следующий. Тахеометр устанавливается внутри каркаса здания так, чтобы было видно не менее трех пунктов внешней разбивочной сети. Координаты и ориентировка станции определяются способом обратной линейно-угловой засечки (рис. 5). Далее координируются ОП, закрепленные на торцевых колоннах, а также на тех колоннах, которые имеют с визирным лучом угол, позволяющий выполнение качественных линейных измерений ($< 40^\circ$). Затем тахеометр устанавливается в других частях цеха с таким расчетом, чтобы можно было получить координаты ОП на оставшихся колоннах. При этом координаты места стояния тахеометра и ориентировка определяются из обратной засечки от ОП на торцевых колоннах, угол падения луча лазера на которые при работе в цехе практически всегда меньше 40° , а также и от ОП с уже известными координатами на остальных колоннах. После определения координат всех ОП производят контрольные измерения.

В дальнейшем, при геодезическом обеспечении строительства здания, монтажа оборудования, тахеометр устанавливается в удобном месте и определяются его координаты и ориентировка от не менее, чем трех ОП на колоннах. Возможно использование и двух ОП в качестве исходных [12], но это не всегда может обеспечивать требуемую точность. Передача осей на монтажный горизонт в некоторых случаях также может обеспечиваться обратной засечкой от системы ОП, если с монтажного горизонта открывается на них видимость.

В общем, при качественных исходных данных и оптимальной геометрии (исключающей острые углы засечки), ошибка определения координат станции способом обратной линейно-угловой засечки не превышает 2–5 мм на улице (при расстоянии до ОП не более 200 м), и в помещении составляет 1–3 мм.

Следует обратить внимание, что отражательные пленки являются не только носителями плановых координат, но и высоты. Поэтому работы по передаче отметки на дно котлована

или монтажный горизонт, а также все высотные исполнительные съемки могут выполняться тахеометром, с использованием способа тригонометрического нивелирования [13].

Произведем теоретический предрасчет точности определения высоты оси вращения зрительной трубы при производстве обратной линейно-угловой засечки. Определение высоты вращения трубы от одной ОП будет характеризоваться ошибкой [14]:

$$m_h^2 = m_D^2 \sin^2 \alpha + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} D^2 \cos^2 \alpha, \quad (1)$$

где m_α — СКО измерения вертикального угла (2"); m_D — СКО измерения расстояния (2 мм); α — угол наклона; D — расстояние до цели в мм; $\rho = 206265''$.

Если принять $\alpha = 20^\circ$, $D = 150$ м, то $m_h = 1,5$ мм.

При засечке от трех пунктов $m_h = \frac{1,5}{\sqrt{3}} = 0,88$ мм,

этого достаточно для геодезического обеспечения всех видов работ на строительной площадке.

Итак, при строительстве крупных промышленных объектов целесообразно отказаться от развития геодезического обоснования в виде строительной сетки. В районах с большой глубиной промерзания грунтов и неблагоприятными геологическими условиями надежное закрепление пунктов сети может потребовать применения геодезических центров глубокого заложения [15]. Строительная сетка подразумевает заложение значительного количества таких пунктов, притом, что большая их часть будет уничтожена еще на этапе строительства. Поэтому оптимально создавать геодезическую основу на промплощадке в виде линейно-угловых или спутниковых сетей. При использовании методов ГНСС возможно объединить первый и второй этап создания геодезического обоснования, запроектировав в спутниковой сети дополнительно наблюдения на исходных пунктах (ГГС или МСК).

Пункты сетей геодезической основы строительства должны устанавливаться в местах, обеспечивающих их сохранность, а применяемая конструкция — обеспечивать долговременную стабильность высотного и планового положения. Для этих целей оптимально закладывать глубинные геодезические пункты (например, свайные ОП конструкции ОАО

«Сибтехэнерго») и объединять их с высотными реперами. Так, упомянутые ОП успешно используются в качестве высотной основы при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений на территории упомянутой выше станции, при этом их стоимость ниже, чем стоимость глубинных реперов с металлической штангой. На застроенной территории возможно отказаться от закрепления пунктов внешней разбивочной сети здания (см. таблицу) грунтовыми знаками, заменив их отражательными пленками.

Проектирование разбивочной основы крупных промышленных предприятий в общем случае должно производиться с учетом следующих факторов: размеров промплощадки; требований, предъявляемых к точности геодезической основы; геологических условий площадки; продолжительности строительства и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Интуилов И.П.* Инженерная геодезия в строительном производстве: учеб. пособие для вузов. — Воронеж: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2004. — 329 с.
2. *Карлсон А.А.* Инженерно-геодезические работы для проектирования и строительства энергетических объектов: учебник для техникумов / А.А. Карлсон, Л.И. Пик, О.А. Пономарев, В.И. Сердюков. — М.: Недра, 1986. — 349 с.
3. *Определение координат* пунктов сети базовых станций Новосибирской области в общеземной системе координат / А.П. Карпик, А.П. Решетов, А.А. Струков, К.А. Карпик // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). — Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. — С. 3–8.
4. *Скритников В.А., Скритникова М.А.* Совершенствование схем планового обоснования для определения горизонтальных смещений гидротехнических сооружений // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). — Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. — С. 97–99.
5. *Скритников В.А.* Построение плановой разбивочной сети с применением спутниковых геодезических приемников (СПП) // Вестник СГГА. — 2001. — Вып. 6. — С. 41–44.
6. *Афонин Д.А.* Оптимизационная модель выбора схемы плановой геодезической разбивочной сети на застроенной территории // Геодезия и картография. — 2011. — № 9. — С. 16–22.
7. *Лукин А.С., Портнов А.М.* Геодезические засечки и их точность при производстве кадастровых работ // Вестник СГГА. — 2011. — Вып. 16(3). — С. 53–59.
8. *Методика высокоточной бесконтактной исполнительной съемки навесных фасадных систем с воздушными зазорами при возведении высотных зданий.* МДС 11-20.2009. — М., 2009.
9. *Назаров И.А.* Исследование влияния угла падения лазерного луча и отражающих свойств поверхности на точность измерения расстояний безотражательным электронным тахеометром [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. — 2011. — Вып. 2(16). — Режим доступа: URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&artid=548>
10. *Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Фролов И.С.*

Геодезический мониторинг и выверка металлургического оборудования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15-26 апреля 2013 г.). –Новосибирск: СГТА, 2013. Т. 1. –С. 132–143.

11. *Сундаков Я.А.* Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий. – М.: Недра, 1980. – 343 с.

12. *Никонов А.В.* К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15-26 апреля 2013 г.). –Новосибирск: СГТА, 2013. Т. 1. –С. 93–100.

13. *Разработка* и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом / Г.А. Уставич, М.Е. Рахымбердина, А.В. Никонов, С.А. Бабасов // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. –С. 17–22.

14. *Беспалов Ю.И., Мирошниченко С.Г.* Исследование точности измерения превышений электронными тахеометрами // Геодезия и картография. – 2009. – № 3. – С. 12–13.

15. *Олейник А.М.* Выбор мест закладки грунтовых реперов с учетом прогнозного изменения геокриологической обстановки от техногенной деятельности // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГТА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 37–40.

Поступила 27 июня 2013 г.

Рекомендована кафедрой инженерной геодезии и информационных систем СГТА

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ДАННЫМ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Профессор, доктор физ.-мат. наук **В.И. Кузин**¹, инженер НИС **Р.А. Попов**², кандидат техн. наук **М.А. Алтынцев**², кандидат техн. наук **С.А. Арбузов**²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

²Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск

E-mail: kuzin@sscc.ru; romalex_profi@mail.ru; mnbcv@mail.ru; Stan_i_slav84@mail.ru

Аннотация. Приведено исследование влияния различных факторов (плотность точек лазерных отражений, дисперсия и тип RPC-моделей, соответствие RPC-моделей породному составу) на достоверность определения лесотаксационных характеристик. Исследования проведены по тестовому участку с известным породным составом и количеством деревьев. По результатам исследования составлены рекомендации для достижения оптимального результата определения лесотаксационных характеристик по данным воздушного лазерного сканирования.

Ключевые слова: точки лазерных отражений, дисперсия, RPC-модель, плотность точек лазерных отражений, достоверность

Abstract. In the article research of various factor influence such as density of laser points, dispersion and type of RPC models, correspondence of RPC models to breed structure on reliability of definition offoresttaxation characteristics is given. Researches are carried out for a test area with known breed structure and quantity of trees. On the basis of research results recommendations for achievement the best result of definition offoresttaxation characteristics according to airborne laser scanning data are given.

Keywords: laser points, dispersion, RPC model, density of laser points, reliability

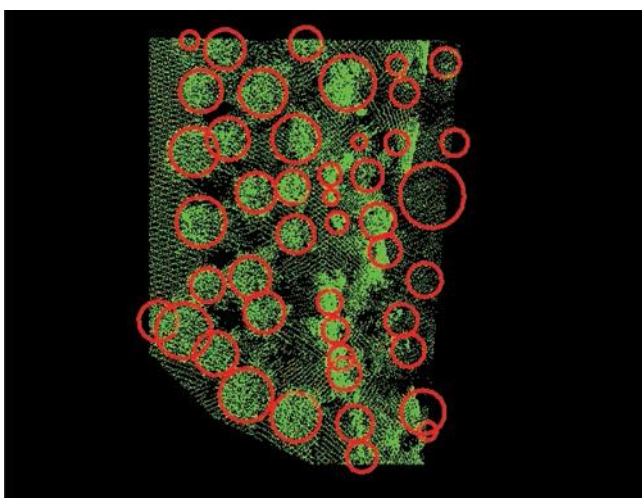


Рис. 1. Идентифицированные деревья

Лесные массивы, как и любой природный объект, обладают сложной структурой и большим разнообразием. В лесном хозяйстве одной из первоочередных задач является определение лесотаксационных характеристик древесной растительности. При изучении и определении таксационных характеристик леса широко применяются различные методы дешифрирования аэрофотоснимков и других данных дистанционного зондирования. Основным недостатком камеральных методов дешифрирования является существенная субъективность получаемых результатов, сопровождаемых незначительным количеством