АССОЦИАЦИЯ
«САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КАДАСТРОВЫХ ИНЖЕНЕРОВ»

СТАНДАРТ
САМОРЕГУЛИРУЕМОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 94121715.614—2016

УТВЕРЖДЕН

Решением Президиума
Ассоциации «Саморегулируемая
организация кадастровых
инженеров»
Протокол от 14 июня 2016г. № 2-А

СТАНДАРТ АССОЦИАЦИИ «САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КАДАСТРОВЫХ ИНЖЕНЕРОВ»

Определение координат характерных точек объектов недвижимости

Москва
2016

Предисловие

Настоящий стандарт саморегулируемой организации (далее «стандарт») разработан на основании Федерального закона от 01 декабря 2007 года № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях», Федерального закона от 24 июля 2007 года №221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости», Федерального закона от 30 декабря 2015 года №452-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» и статью 76 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» в части совершенствования деятельности кадастровых инженеров», Устава Ассоциации «Саморегулируемая организация кадастровых инженеров» (далее Ассоциация) и Положения о членстве в Ассоциации.

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», правила применения стандартов организаций – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Сведения о стандарте

1. РАЗРАБОТАН рабочей группой специалистов Ассоциации «Саморегулируемая организация кадастровых инженеров».
2. ПРИНЯТ Решением Президиума Ассоциации «Саморегулируемая организация кадастровых инженеров» Протокол от 14.06.2016г. № 2-А.
3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Содержание

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
Определение координат характерных точек объектов недвижимости

Дата введения – 2016 – 07 – 01

1 Область применения

Настоящий стандарт разработан для применения кадастровыми инженерами-членами А СРО «Кадастровые инженеры».

Стандарт разработан с учетом необходимости соблюдения принципа обеспечения условий для единообразного применения стандартов, установленных в Федеральном законе от 27 декабря 2002 года №184-ФЗ «О техническом регулировании», всеми членами Ассоциации на территории Российской Федерации.

2 Нормативно-правовая основа и используемая литература

Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости»;

Приказ Минэкономразвития России от 24.11.2008 № 412 «Об утверждении формы межевого плана и требований к его подготовке, примерной формы извещения о проведении собрания о согласовании местоположения границ земельных участков»;

Приказ Минэкономразвития России от 18.05.2012 № 289 «Об особенностях подготовки межевого плана в отношении земельного участка, право собственности на который считается возникшим в силу федерального закона вне зависимости от момента государственной регистрации этого права в Едином государственном реестре прав на недвижимое имущество и сделок с ним»;

Приказ Минэкономразвития России от 17.08.2012 № 518 «О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке».

Приказ Минэкономразвития от 01.09.2010 № 403 «Об утверждении формы технического плана здания и требований к его подготовке»;

Приказ Минэкономразвития от 29.11.2010 № 583 «Об утверждении формы технического плана помещения и требований к его подготовке»;

Приказ Минэкономразвития от 30.09.2011 № 531 «Об утверждении Требований к определению площади здания, помещения»;

Приказ Минэкономразвития от 23.11.2011 № 693 «Об утверждении формы технического плана сооружения и требований к его подготовке»;

Приказ Минэкономразвития от 10.02.2012 № 52 «Об утверждении формы технического плана объекта незавершенного строительства и требований к его подготовке»;

Приказ Минэкономразвития от 17.08.2012 № 518 «О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке»;

Энциклопедия кадастрового инженера. Учебное пособие / Под общ. ред. М.И.Петрушиной, А.Г.Овчинниковой. – М.: Кадастр недвижимости, 2015.

Энциклопедия кадастрового инженера/ М.И. Петрушина, В.С. Кислов, А.Д. Маляр, С.Н. Волков, Т.В. Красулина, Е.В. Швайковская – М. Кадастр недвижимости, 2007.

Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: Справ. пособие /Неумывакин Ю. К., Перский М. И. — М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1996;

Геодезия: Учеб. для вузов — 5е изд., перераб и доп. / Маслов А. В., Гордеев А. В., Батраков Ю. Г. —М.: Недра, 1993;

Геодезия: учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. — М.: Академический Проект, 2007;

Земельно-кадастровые геодезические работы /Неумывакин Ю. К., Перский М. И. — М.: КолосС, 2006;

Инженерная геодезия: учебное пособие. Часть I / Е. С. Богомолова, М. Я. Брынь, В. В. Грузинов, В. А. Коугия, В. И. Полетаев; под ред. В. А. Коугия. — СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2006;

Инженерная геодезия: учебное пособие. Часть II / Е. С. Богомолова, М. Я. Брынь, В. А. Коугия, О. Н. Малковский, В. И. Полетаев, О. П. Сергеев, Е. Г. Толстов; под ред. В. А. Коугия. — СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2008;

Кадастр недвижимости: учебно-справочное пособие / С. А. Атаманов, С. А. Григорьев. — М.: Букстрим, 2012;

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины:

Триангуляция – метод определения планового положения геодезических пунктов путем построения на местности сети треугольников, в

которых измеряют углы, а также длины некоторых сторон, называемых базисными сторонами.

Трилатерация – метод определения планового положения геодезических пунктов путем построения на местности сети треугольников, в которых измеряют длины их сторон.

Полигонометрия – метод определения планового положения геодезических пунктов путем проложения ломаной линии (полигонометрического хода) или системы связанных между собой ломаных линий (сети полигонометрии), в которых измеряют углы поворота и длины сторон.

Засечки - метод определения координат отдельной точки измерением элементов, связывающих ее положение с исходными пунктами.

4 Общие положения и основные требования по выполнению Стандарта

Кадастровая деятельность выполняется в соответствии с требованиями федеральных законов и принятым в соответствии с ними нормативными актами, правилам деловой этики.

Положения данного стандарта Ассоциации должны устранять или уменьшать конфликт интересов членов СРО, работников СРО и членов постоянно действующего коллегиального органа управления СРО.

В соответствии с положениями, содержащимися в указанных в разделе 2 законодательных актах и литературе, проведение любых работ или действий, изложенных в данном стандарте должны:

- осуществляться с соблюдением интересов всех и каждого из участников кадастровых отношений;

- исключать любую деятельность или предоставление услуг, наносящую ущерб любым участникам кадастровых отношений, равно как и любым организациям, осуществляющим кадастровую деятельность в рамках выполнения настоящего стандарта;

- не допускать установление требований, препятствующих недобросовестной конкуренции, совершению действий, причиняющих моральный вред или ущерб потребителям товаров, работ или услуг и иным лицам, действий, причиняющих ущерб деловой репутации кадастрового инженера или организации, выполняющей работы, предусмотренные настоящим стандартом, либо деловой репутации Ассоциации «Саморегулируемая организация кадастровых инженеров».

Для реализации указанных требований и запретов необходимо руководствоваться следующими принципами проведения работ или иных действий, изложенные в данном стандарте:

- открытость, предполагающая доступ к результатам выполняемых работ любым заинтересованным лицам;
- коллегиальность в принятии решений, предполагающая привлечения необходимого количества специалистов для всестороннего решения технических или иных вопросов, при выполнении стандарта;
- доказательная объективность, предполагающая проведения оценки принимаемых решений по необходимому аспекту показателей;
- многовариантность, предполагающая разработку различных конкурентно способных вариантов решения поставленной задачи, либо привлечение различных исполнителей для её решения.

Положение на местности характерных точек границы земельного участка, контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке описывается их плоскими прямоугольными координатами, вычисленными в системе координат, установленной для ведения ГКН.

Выбор метода определения координат характерных точек зависит от нормативной точности определения таких координат, установленной для земельных участков определенного целевого назначения и разрешенного использования. Координаты характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства определяются с точностью определения координат характерных точек границ земельного участка, на котором они расположены.

Координаты характерных точек определяются следующими методами:

1) геодезический метод (триангуляция, полигонометрия, трилатерация, прямые, обратные или комбинированные засечки и иные геодезические методы);
2) метод спутниковых геодезических измерений (определений);
3) фотограмметрический метод;
4) картометрический метод;
5) аналитический метод.

5 Геодезический метод

5.1 Триангуляция

Положим, что в треугольнике ABP известны координаты пунктов A (x_A, y_A) и B (x_B, y_B). Это позволяет путем решения обратной геодезической задачи определить длину стороны $AB = b$ и дирекционный угол α_{AB}

направления с пункта *A* на пункт *B*. Длины двух других сторон треугольника *ABP* могут быть вычислены по теореме синусов:

$$d_1 = b \cdot \sin\beta_1 / \sin\beta_3 ; \quad d_2 = b \cdot \sin\beta_2 / \sin\beta_3 .$$

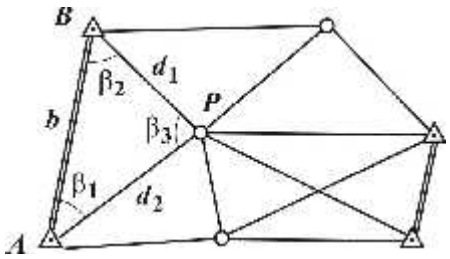


Рис. 1. Схема сети триангуляции

Продолжая подобным образом, вычисляют длины всех сторон сети. Если, кроме базиса *b* известны другие базисы (на рис. 1 базисы показаны двойной линией), то длины сторон сети можно вычислить с контролем.

Дирекционные углы сторон *AP* и *BP* треугольника *ABP* равны

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta_1 ; \quad \alpha_{BP} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ - \beta_2 .$$

Координаты пункта *P* определятся по формулам прямой геодезической задачи

$$x_P = x_A + d_2 \cos\alpha_{AP} ; \quad y_P = y_A + d_2 \sin\alpha_{AP} .$$

Аналогично вычисляют координаты всех остальных пунктов.

5.2 Трилатерация

Если в треугольнике *ABP* (рис.1) известен базис *b* и измерены стороны $BP = d_1$ и $AP = d_2$, то на основе теоремы косинусов, можно вычислить углы треугольника;

$$\cos\beta_1 = (b^2 + d_2^2 - d_1^2)/2bd_2 ;$$
$$\cos\beta_2 = (b^2 + d_1^2 - d_2^2)/2bd_1 ;$$
$$\cos\beta_3 = (d_1^2 + d_2^2 - b^2)/2d_1d_2 .$$

Так же вычисляют углы всех треугольников, а затем, как и в триангуляции, – координаты всех пунктов.

5.3 Полигонометрия

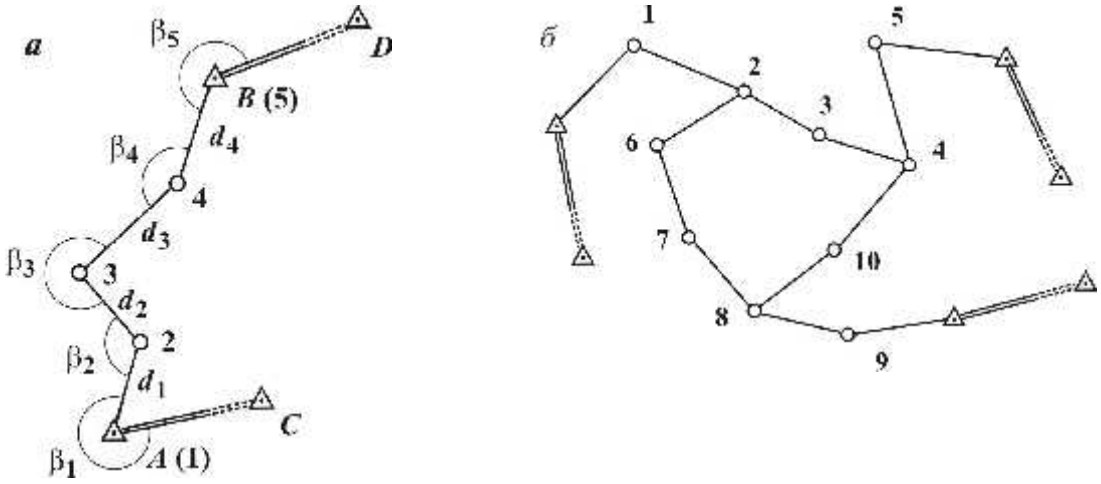


Рис. 2. Полигонометрия: *а* – полигонометрический ход; *б* – система ходов

Схема полигонометрического хода показана на рис. 2 *а*, где *A* и *B* – исходные пункты; *CA* и *BD* – исходные направления, дирекционные углы которых известны; 1, 2, 3, 4, 5 – точки (вершины) хода; β_i – измеренные горизонтальные углы; d_i – измеренные длины сторон (i = 1, 2, …).

На рис. 2 *б* показана схема системы полигонометрических ходов. Точки 2, 4, 8, где соединяются разные ходы, называются узловыми.

5.4 Засечки

Для определения планового положения точки необходимо измерить два элемента (однократная засечка). Для контроля и повышения точности измерений, а также в целях оценки такой точности, кроме необходимых, выполняют избыточные измерения (многократная засечка). Засечки различают прямые, обратные и комбинированные. В прямой засечке измерения выполняют на исходных пунктах (рис. 3 *а*, *г*); в обратной – на определяемом пункте (рис. 3 *б*, *д*); в комбинированной – на исходных и определяемом пунктах (рис. 3 *в*). В зависимости от вида измерений засечки бывают угловые (рис. 3 *а*, *б*, *в*), линейные (рис. 3 *г*), линейно-угловые (рис. 3 *д*). Измеренные углы на рис. 3 отмечены дугами, измеренные расстояния – двумя штрихами.

Рассмотрим вычисление координат в некоторых засечках.

Прямая угловая засечка. На исходных пунктах *A* и *B* с координатами x_A, y_A, x_B, y_B. (рис. 3 *а*) измеряют углы β_1 и β_2. При обработке измерений сначала вычисляют дирекционные углы направлений *AP* и *BP*:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_1; \quad \alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_2.$$

Дирекционные углы с координатами связаны формулами обратной геодезической задачи:

$$\operatorname{tg}\alpha_{AP} = \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A}; \quad \operatorname{tg}\alpha_{BP} = \frac{y_P - y_B}{x_P - x_B}.$$

Решая эти уравнения относительно x_p и y_p, получим формулы, по которым вычисляют координаты определяемой точки P (формулы Гаусса):

$$x_P = \frac{x_A \operatorname{tg}\sim_{AP} - x_B \operatorname{tg}\sim_{BP} + y_B - y_A}{\operatorname{tg}\sim_{AP} - \operatorname{tg}\sim_{BP}};$$

$$y_P = y_A + (x_P - x_A)\operatorname{tg}\alpha_{AP}.$$

Для контроля ординату y_p вычисляют вторично по формуле:

$$y_P = y_B + (x_P - x_B)\operatorname{tg}\alpha_{BP}.$$

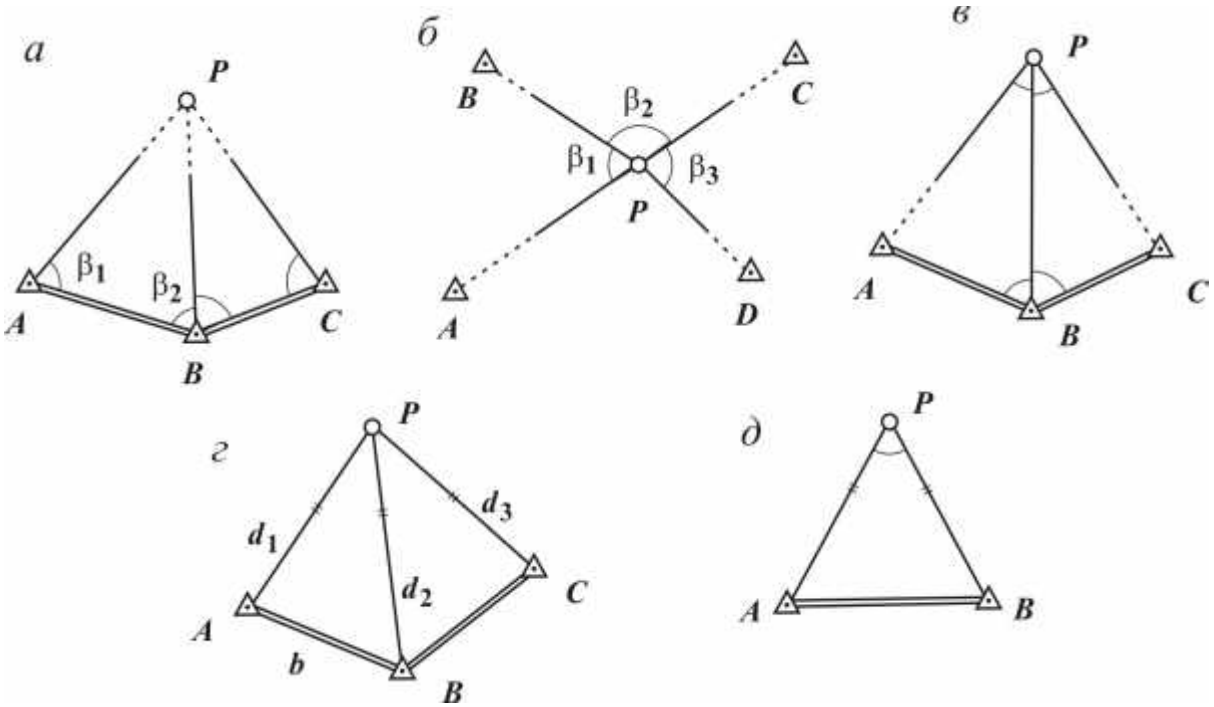


Рис. 3. Схемы засечек: *а* – прямая угловая; *б* – обратная угловая; *в* – комбинированная угловая; *г* – линейная; *д* – линейно-угловая

Если один из дирекционных углов α_{AP} или α_{BP} близок к 90° или 270°, то вычисления выполняют по формулам

$$y_P = \frac{y_A \operatorname{ctg}\alpha_{AP} - y_B \operatorname{ctg}\alpha_{BP} + x_B - x_A}{\operatorname{ctg}\alpha_{AP} - \operatorname{ctg}\alpha_{BP}};$$

$$x_P = x_A + (y_P - y_A)\operatorname{ctg}\alpha_{AP} = x_B + (y_P - y_B)\operatorname{ctg}\alpha_{BP}.$$

Для контроля аналогичные измерения и вычисления выполняют, опираясь на другую исходную сторону *BC*. За окончательные значения координат определяемой точки принимают средние.

Существуют и иные формулы решения прямой угловой засечки, например, формулы котангенсов углов треугольника (формулы Юнга):

$$x_P = \frac{x_A \operatorname{ctg}\beta_2 + x_B \operatorname{ctg}\beta_1 + y_B - y_A}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2}; \quad y_P = \frac{y_A \operatorname{ctg}\beta_2 + y_B \operatorname{ctg}\beta_1 + x_A - x_B}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2}.$$

Обратная угловая засечка. На определяемой точке *P* (рис. 3 *б*) измеряют углы β_1 и β_2 между направлениями на исходные пункты *A*, *B* и *C*. При этом исходные пункты выбирают такие, чтобы они с точкой *P* не оказались на одной окружности или вблизи нее. Координаты точки *P* вычисляют по формулам Гаусса, предварительно вычислив дирекционные углы:

$$\operatorname{tg}\alpha_{BP} = \frac{y_A \operatorname{ctg}\beta_1 - y_B(\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2) + y_C \operatorname{ctg}\beta_2 + x_A - x_C}{x_A \operatorname{ctg}\beta_1 - x_B(\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2) + x_C \operatorname{ctg}\beta_2 - y_A + y_C}; \quad \alpha_{AP} = \alpha_{BP} - \beta_1.$$

Для контроля измеряют избыточный угол β_3 и вычисляют координаты, используя другую пару измеренных углов.

Линейная засечка. Для определения координат точки *P* (рис. 3 *г*) измеряют расстояния d_1, d_2. По формуле косинусов находят углы треугольника *APB*. Вычисляют дирекционный угол $\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \angle A$, а затем по формулам прямой геодезической задачи – искомые координаты

$$x_P = x_A + d_1 \cos\alpha_{AP}; \quad y_P = y_A + d_1 \sin\alpha_{AP}.$$

Для контроля измеряют избыточное расстояние d_3 и вычисляют координаты из другого треугольника *BPC*.

Комбинированная засечка. Комбинированная засечка представляет собой сочетание элементов прямой и обратной геодезических засечек. Она применяется в случае, когда с определяемой точки *P* имеется видимость только на три исходных пункта *A*, *B*, *C* (рис. 4); при этом один или два исходных пункта (например, *B и C*) могут быть недоступными для установки на них прибора.

На определяемой точке *P* измеряют углы β_1, β_2 между направлениями на исходные пункты, что позволяет определить ее координаты решением обратной засечки. Для обеспечения контроля на одном из исходных пунктов (например, *A*) измеряют угол β_3. В результате этого в треугольнике *ABP* известны координаты двух пунктов и два угла, что позволяет рассчитать координаты точки *P* по формулам прямой засечки.

Задача решается в следующем порядке:

1. Используя значения измеренных углов β_1, β_2 при определяемой точке *P* и зная координаты исходных пунктов *A*, *B*, *C*, решением обратной засечки находят координаты точки *P*.

2. По известным координатам исходных пунктов *A* и *B* решением обратной геодезической задачи определяют дирекционный угол исходной стороны $\alpha_{AB.}$

3. По дирекционному углу α_{AB} и измеренным углам β_1, β_2, и β_3 вычисляют дирекционные углы направлений с исходных пунктов на определяемую точку *P*:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta_3$$
$$\alpha_{BP} = \alpha_{AP} + \beta_1$$
$$\alpha_{CP} = \alpha_{AP} + \beta_2$$

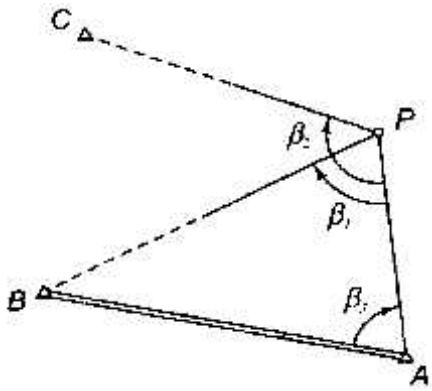


Рис. 4. Комбинированная геодезическая засечка

4. По формулам тангенсов или котангенсов дирекционных углов (формулам Гаусса) вычисляют координаты точки *P*, используя три возможные комбинации исходных пунктов (*A* и *B*, *B* и *C*, *C* и *A*).

5. Сходимость результатов независимых определений координат точки *P* служит контролем качества измерений и вычислений.

Полярная засечка.

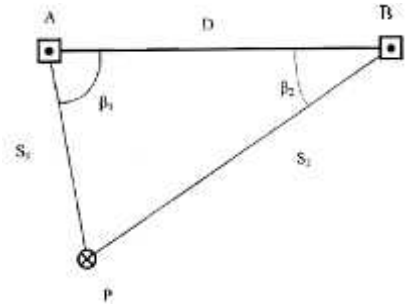


Рис. 5. Схема полярной засечки

Для определения координат точки *P* на пункте А измеряют угол β_1 и расстояние S_1. Координаты точки *P* вычисляют по формулам:

$$x_P = x_A + S_1\cos\alpha_{AP}; \quad y_P = y_A + S_1\sin\alpha_{AP},$$

где дирекционный угол $\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta_1$

Измерения на пункте *B* выполняют для контроля.

5.5 Точность определения местоположения характерной точки

Исходными пунктами для определения плоских прямоугольных координат характерных точек геодезическим методом являются пункты государственной геодезической сети и геодезических сетей специального назначения (опорные межевые сети).

Для оценки точности определения координат характерных точек геодезическим методом рассчитывается средняя квадратическая погрешность по следующей формуле (далее – базовая формула):

$$M_t = \sqrt{m_0^2 + m_1^2},$$

где:

M_t - средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки относительно ближайшего пункта опорной межевой сети;

m_0 - средняя квадратическая погрешность местоположения точки съемочного обоснования относительно ближайшего пункта опорной межевой сети;

m_1 - средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки относительно точки съемочного обоснования, с которой производилось ее определение.

Вычисление средней квадратической погрешности местоположения характерных точек производится с использованием программного обеспечения, посредством которого ведется обработка полевых измерений, в соответствии с применяемыми способами (триангуляция, трилатерация, полигонометрия, засечки и т.д.).

При обработке полевых материалов без применения программного обеспечения для определения средней квадратической погрешности местоположения характерной точки используется базовая формула, а также формулы, соответствующие способам определения координат характерных точек:

Прямая угловая засечка. Среднюю квадратическую погрешность определения положения точки прямой угловой засечкой вычисляют по формуле (рис. 6а):

$$m_P = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin\gamma}\sqrt{d_1^2 + d_2^2},$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения угла, выраженная в секундах, и ρ = 206265″ – число секунд в одном радиане.

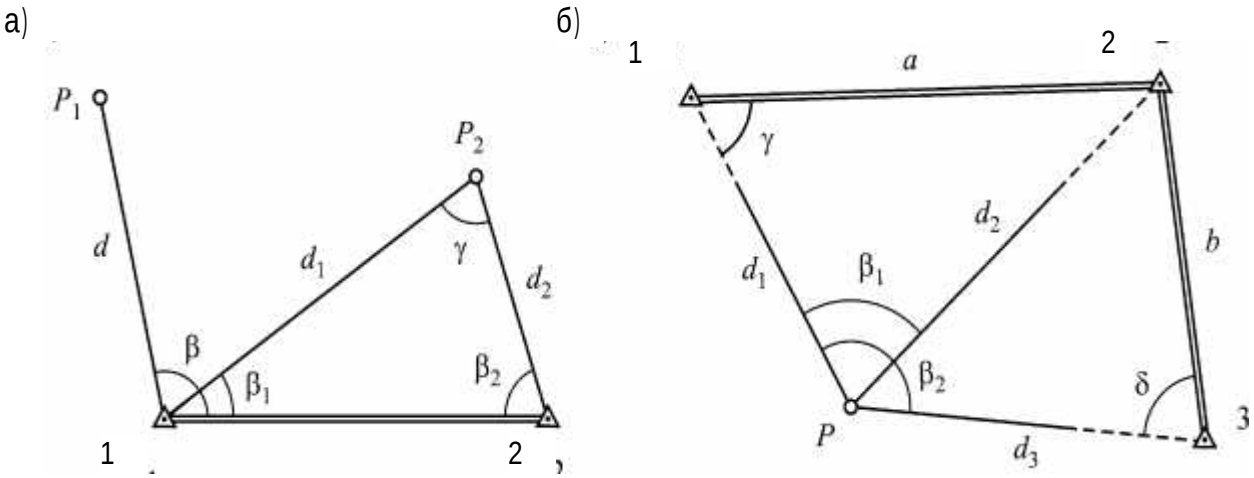


Рис. 6. Определение координат точек засечками:
***а* – прямая угловая и полярная засечки; *б* – обратная угловая засечка**

Полярная засечка. Точность определения положения полярной засечкой оценивают средней квадратической погрешностью, вычисляемой по формуле (рис. 6а):

$$m_{P_1} = \sqrt{m_d^2 + m_\beta^2 d^2 / \rho^2},$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения угла, выраженная в секундах;

m_d – средняя квадратическая погрешность измерения расстояния d;

ρ = 206265″ – число секунд в одном радиане.

Обратная угловая засечка. Среднюю квадратическую погрешность определения положения точки обратной угловой засечкой вычисляют по формуле (рис. 6б):

$$m_P = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin(\gamma + \delta)} \sqrt{\left(\frac{d_1 \cdot d_2}{a}\right)^2 + \left(\frac{d_2 \cdot d_3}{b}\right)^2}.$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения угла, выраженная в секундах;

m_d– средняя квадратическая погрешность измерения расстояния d;

ρ = 206265″ – число секунд в одном радиане.

Комбинированная геодезическая засечка. Анализ точности полученных результатов комбинированной геодезической засечки выполняют по аналогии с прямой и обратной засечками.

Линейная засечка.

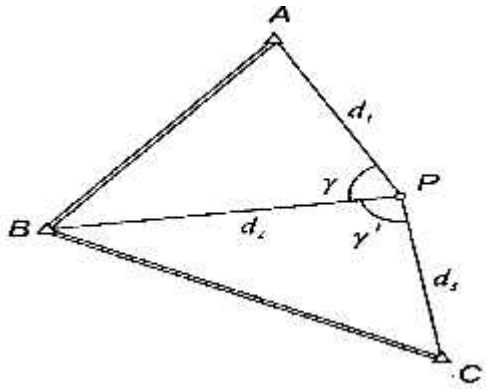


Рис. 7. Линейная засечка

Средние квадратические погрешности положения точки P, полученного по решениям первого треугольника (*APB)* и, соответственно, второго (*BPC*) определяются по следующим формулам:

$$m_1 = \frac{\sqrt{m_{d1}^2 + m_{d2}^2}}{\sin\gamma} \quad ; \quad m_2 = \frac{\sqrt{m_{d2}^2 + m_{d3}^2}}{\sin\gamma'}$$

где m_d– средняя квадратическая погрешность измерения расстояния d.

Погрешность определения точки P из двух решений:

$$m_P = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}.$$

6 Метод спутниковых геодезических измерений

Определение координат точек земной поверхности с помощью спутников основано на радиодальномерных измерениях дальностей от спутников до приемника, установленного на определяемой точке. Если измерить дальности R_1, R_2 и R_3 до трех спутников (рис. 8), координаты которых на данный момент времени известны, то методом линейной пространственной засечки можно определить координаты точки стояния приемника P. Из-за несинхронности хода часов на спутнике и в приемнике определенные до спутников расстояния будут отличаться от истинных. Такие ошибочные расстояния получили название «псевдодальностей». Для исключения этих погрешностей определение координат точек с достаточной точностью возможно при одновременном наблюдении не менее 4 спутников.

Системы спутникового позиционирования работают в гринвичской пространственной прямоугольной системе координат с началом, совпадающим с центром масс Земли. При этом система GPS использует координаты мировой геодезической системы WGS-84 (World Geodetic System, 1984 г.), а ГЛОНАСС — систему координат ПЗ-90 (Параметры Земли, 1990 г.). Обе координатные системы установлены независимо друг от друга по результатам высокоточных геодезических и астрономических наблюдений. Поскольку эти координатные системы основаны на разных эллипсоидах и ориентированы на разные территории, геодезические и прямоугольные координаты одних и тех же точек земной поверхности в этих системах не совпадают. Большинство современных приемников работают со спутниками GPS, поэтому координаты измеренных точек получают чаще всего в системе WGS-84. Для перехода к государственной или местной системе координат используют предусмотренную программами обработки функцию трансформирования.

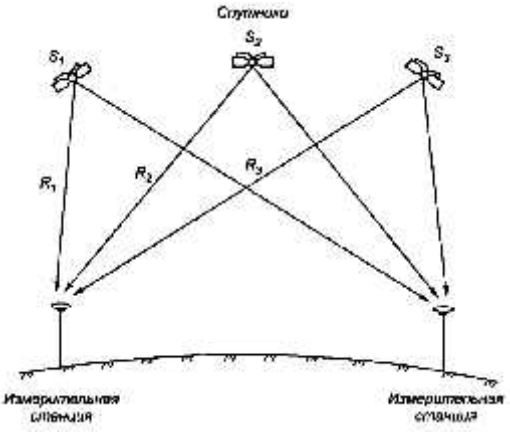


Рис. 8. Принципиальная схема спутниковой системы позиционирования

Как отмечалось ранее, определение расстояний от спутникового приемника до спутника есть не что иное, как радиодальномерные измерения: приемник принимает электромагнитные колебания со спутника, сравнивает их со своими, выработанными собственным генератором и в результате определяет дальность до космического аппарата. Дальности измеряют двумя способами - кодовым и фазовым. В первом случае сравнивают коды полученного со спутника сигнала и генерированного в самом приемнике, а во втором - фазы. Наиболее точным являются фазовые изменения. В GPS все спутники работают на одних и тех же частотах, но каждый имеет свой код. В ГЛОНАСС, наоборот, каждый спутник имеет свою частоту, но коды у всех одинаковые.

Перенос от спутника к приемнику всей информации осуществляется с помощью так называемых несущих электромагнитных колебаний, излучаемых на двух частотах L1 и L2. В соответствии с этим на практике используют как одночастотные приемники, работающие только с частотой L1, так и двухчастотные, использующие обе частоты. Двухчастотные приемники дают более высокую точность определения координат.

Способы позиционирования можно разделить на две группы - абсолютные определения координат кодовым методом (различают автономный и дифференциальный методы) и относительные фазовые измерения (методы «статика» и «кинематика»).

При выполнении **абсолютных** измерений определяются полные координаты точек земной поверхности. Наблюдения, выполняемые на одном пункте независимо от измерений на других станциях, называются **автономными**. Автономные наблюдения очень чувствительны ко всем источникам погрешностей, обеспечивают точность определения координат от нескольких метров и используются для нахождения приближенных координат.

Для повышения точности абсолютные измерения можно выполнять одновременно на двух пунктах: базовой станции P_1, расположенной на точке с известными координатами (обычно пункте государственной геодезической сети), и подвижной станции P_2, установленной над определяемой точкой (рис. 9). На базовой станции измеренные расстояния до спутников сравнивают с вычисленными по координатам и определяют их разности. Эти разности называют *дифференциальными поправками*, а способ измерения - **дифференциальным**. Дифференциальные поправки учитываются в ходе вычислений координат подвижной станции после измерений либо при использовании радиомодемов уже в процессе измерений. Дифференциальный способ основан на том соображении, что при относительно небольших расстояниях между станциями P_1 и P_2 (обычно не более 10 км) погрешности измерений на них практически одинаковы. При увеличении расстояния между станциями точность надает. Для повышения точности измерений увеличивают время наблюдений, которое может колебаться от нескольких минут до нескольких часов.

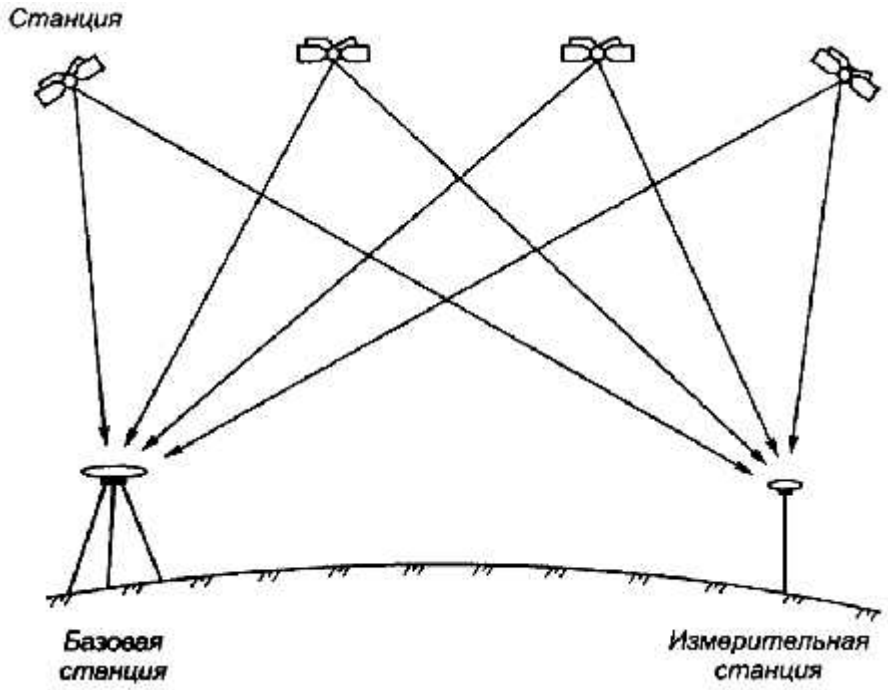


Рис. 9. Сущность дифференциального способа позиционирования

Для решения геодезических задач, когда необходимо получать координаты точек с высокой точностью, используют относительные измерения, при которых дальности до спутников определяют фазовым методом, и по ним

вычисляют приращения координат или вектора между станциями, на которых установлены спутниковые приемники.

При фазовых измерениях точные геодезические измерения выполняют на несущих частотах L1 и L2 (в одночастотных приемниках – только на частоте L1). При этом измеряют разности фаз между колебаниями, принятыми от спутника, и колебаниями такой же частоты, выработанными в приемнике.

При **статическом позиционировании**, как и при дифференциальных измерениях, приемники работают одновременно на двух станциях - базовой с известными координатами и определяемой. После окончания измерений выполняется совместная обработка информации, собранной двумя приемниками. Точность способа зависит от продолжительности измерений, которая выбирается в соответствии с расстоянием между точками. Современные приемники позволяют достичь точности определения плановых координат (5 - 10 мм) + 1 - 2 мм/км, высотных - в 2 - 3 раза ниже.

Как уже указывалось, практическая реализация статистического способа заключается в одновременном приеме в течении некоторого времени (около 1 ч) сигналов одних и тех же спутников двумя неподвижными спутниковыми приемниками, установленными на концах базовой линии.

Способы быстрой статистики и реоккупации являются модификациями статистического способа, но в отличие от него менее точные. При использовании режима **быстрой статики** резко снижается продолжительность сеанса наблюдений. Например, при одновременно «видимых» в местах установки обоих приемниками пяти спутников сеанс наблюдений длится не более 15…20 мин, а при шести - не более 10 мин.

Режим **реоккупации** предусматривает выполнение непрерывных в течение всего сеанса спутниковых наблюдений на одном пункте с известными координатами – базовой станции. Второй приемник сначала устанавливают на другом исходном пункте с известными координатами, на котором выполняют спутниковые наблюдения в течение примерно 10 мин. Затем этот спутниковый приемник переносят на другие определяемые точки. По истечении 1 часа приемник возвращают на соответствующий исходный пункт и продолжают на нем спутниковые наблюдения. Таким образом, непрерывность измерений на базовой станции сохраняется, а на подвижном приемнике (ровере) они фиксируются только в начале и в конце часового интервала.

Для определения относительного (взаимного) положения точек земной поверхности, кроме способа статистика, также используют кинематические способы спутниковых наблюдений: непрерывный; «стой и иди», реального времени.

Непрерывный кинематический режим предусматривает установку на базовой станции (пункте с известными координатами) неподвижного в данном

сеансе наблюдений одного приемника спутниковых сигналов. В то же самое время второй приемник, называемый ровером, непрерывно перемещается (не прерывая прием сигналов не менее четырех сигналов спутников) по маршруту, включающему определяемые точки.

В отличие от непрерывного кинематического способа, в режиме «**стой и иди**» делается кратковременная (на несколько минут) остановка на определяемом пункте для спутниковых наблюдений.

При кадастровых геодезических работах эффективен кинематический способ GPS-съемки объектов **в режиме реального времени- RTK** (Real Time Kinematics).

Комплект оборудования для RTK-съемки, как правило, состоит из двухчастотного приемника сигналов навигационных искусственных спутников Земли с антенной, выполняющей роль ровера и полевого контроллера. Другой приемник устанавливают на базовом пункте с известными координатами. Для получения координат в режиме реального времени в состав каждого приемника включают радиомодемы (приемопередающие устройства). В процессе съемки ровер переносят по определяемым точкам. Одновременно он принимает радиосигналы, передаваемые с базовой станции, и включает в себя соответствующую служебную, в том числе координаты станции, и измерительную информацию (результаты спутниковых наблюдений на базовой станции). Используя измерительную информацию, а также результаты спутниковых наблюдений ровера, с помощью контролера вычисляет геодезические координаты точки установки ровера. В дальнейшем измеренные геодезические координаты места установки ровера могут быть перевычислены в местную систему координат.

Вычисление средней квадратической погрешности местоположения характерных точек, полученного методом спутниковых геодезических измерений, производится с использованием программного обеспечения, посредством которого выполняется обработка материалов спутниковых наблюдений, а также по базовой формуле.

Определение средней квадратической погрешности при данном методе можно также осуществить по следующей формуле:

$$m_p = a + bD,$$

где D – расстояние между базовым и подвижным приемниками, км.

Значения параметров a и b приведены в таблице:

Таблица 1

Параметры, характеризующие точность определения положения

Режим измерений	*Аппаратура*			
	двухчастотная		*одночастотная*	
	a, мм	*b, мм√км*	*a, мм*	*b, мм√км*
Статика	5	1	10	2
Быстрая статика	5…10	1	10	2
Реоккупация	10…20	1	10…20	2
Кинематика	10…20	1	20…30	2
Стой–иди	5…10	1	10…20	2

7 Фотограмметрический метод

Фотограмметрический метод заключается в определении координат межевых знаков по снимкам, полученным в результате дистанционного зондирования Земли (более подробная информация о фотограмметрии изложена в специализированной рубрике энциклопедии).

При определении местоположения характерных точек, совмещенных с контурами географических объектов, изображенных на аэрофотоснимке, среднюю квадратическую погрешность местоположения характерных точек при проведении кадастровых работ принять считать равной:

$$m_p = KxM,$$

где M – знаменатель масштаба аэроснимка (космоснимка);
K – коэффициент, равный 0,0005 м.

8 Картометрический метод

Картометрический метод заключается в определении координат межевых знаков по картографическому материалу. Выбор масштаба картографического материала зависит от требуемой точности. Как правило, используются карты крупного масштаба: 1:100 - 1:5000.

На картографическом материале, как правило, отображается квадратная координатная сетка зональной системы плоских прямоугольных координат. Стороны квадратов этой сетки обычно выражаются целым числом километров, поэтому ее называют километровой сеткой. Линии километровой сетки, проведенные с севера на юг параллельны осевому меридиану зоны (ось X), а линии, проведенные с запада на восток - параллельны экватору (ось Y).

Для определения плоских прямоугольных координат точки на карте находят квадрат километровой сетки в котором она находится, а затем опускают из точки перпендикуляры к сторонам квадрата. С помощью масштаба картографического материала определяют длины перпендикуляров. Зная значение координат линий квадрата километровой сетки вычисляют искомые значения координат точки.

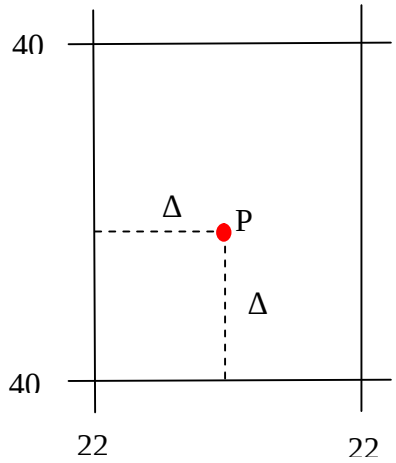


Рис. 10. Картометрический метод определения координат

Вычисление средней квадратической погрешности местоположения характерной точки зависит от картографического материала, используемого при определении координат:

1) Использование топографических планов и карт на бумажном носителе.

При определении местоположения характерных точек, совмещенных с контурами географических объектов, изображенных на карте (плане), средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки при проведении кадастровых работ принять считать равной:

$$m_p = KxM,$$

где M – знаменатель масштаба карты (плана);

K – коэффициент, равный 0,0005 м.

2) Использование растрового изображения.

По растровому изображению определяют координаты четырех перекрестий координатной сетки и сравнивают их с истинными координатами. Фактически определяется качество сканирования топографической карты или плана:

$$dX1 = Xr_1 - X_1; \quad dY1 = Yr_1 - Y_1$$
$$dX2 = Xr_2 - X_2; \quad dY2 = Yr_2 - Y_2$$
$$dX3 = Xr_3 - X_3; \quad dY3 = Yr_3 - Y_3$$
$$dX4 = Xr_4 - X_4; \quad dY4 = Yr_4 - Y_4$$

$$m_x = \sqrt{\frac{\sum(dX_i)^2}{4}}$$

$$m_y = \sqrt{\frac{\sum(dY_i)^2}{4}}$$

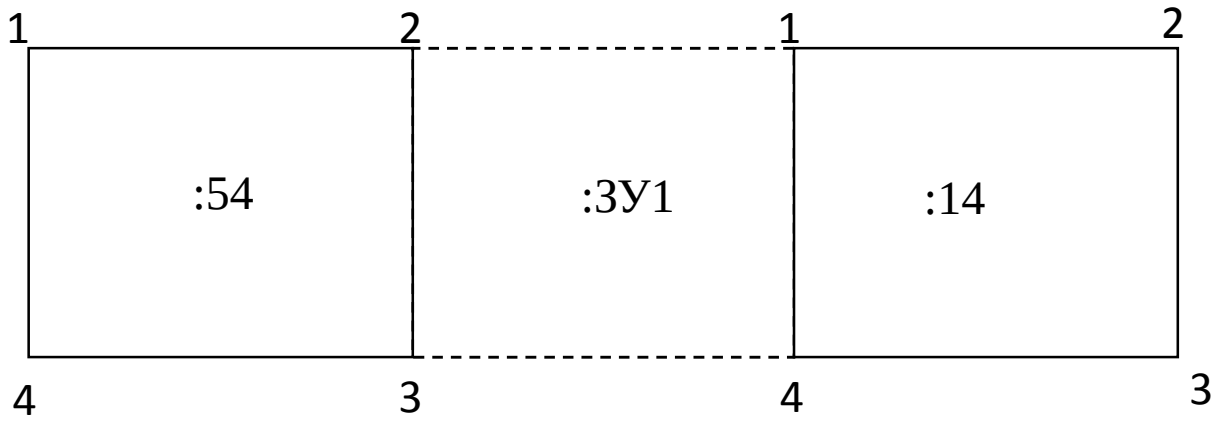
$$m_p = \sqrt{\frac{\sum(dX_i)^2 + \sum(dY_i)^2}{4}}$$

9 Аналитический метод

Под аналитическим методом определения координат понимается определение координат характерных точек в результате расчетов или посредством геоинформационных систем (например, определение координат образуемых в результате раздела новых земельных участков, границы которых определены методом проектирования в камеральных условиях).

Также данный метод распространяется на случаи, когда характерные точки вновь образуемого объекта недвижимости принимаются равными точкам (совпадают с точками), сведения о которых содержатся в ГКН (например, определение координат нового земельного участка, полученного путем объединения внесенных в ГКН смежных участков).

Величина средней квадратической погрешности местоположения характерных точек при аналитическом методе принимается равной величине средней квадратической погрешности местоположения характерных точек, используемых для вычислений.



Условные обозначения:

—— - граница земельного участка по сведениям ГКН;

- - - - - граница образуемого земельного участка;

1 - обозначение характерной точки по сведениям ГКН;

:54 - обозначение земельного участка, сведения о котором содержатся в ГКН;

:ЗУ1 - обозначение образуемого земельного участка.

Рис. 11. Аналитический метод определения координат образуемого земельного участка

ОКС 01.110

Ключевые слова: кадастровые работы, геодезический метод, Метод спутниковых геодезических измерений, фотограмметрический метод, картометрический метод, аналитический метод.

Ассоциация «Саморегулируемая организация кадастровых инженеров»

Генеральный директор
Ассоциации «Саморегулируемая
организация кадастровых инженеров» _____ М.И.Петрушина