

УДК 528.022.61

Вынос геологических выработок на ось проектируемого линейного сооружения на примере ЛЭП в условиях леса с использованием спутникового геодезического оборудования и геодезической буссоли

Трофимов Александр Андреевич, аспирант;
Филиппова Анна Витальевна, магистрант;
Кравченко Владимир Александрович, магистрант
НИУ ИТМО «Кафедра геоинформационных систем» (г. Санкт-Петербург)

Описывается метод выноса на профиль трасс проектируемых ЛЭП геологических выработок, в основе которого лежит использование местного магнитного азимута вместо дирекционного угла местной системы координат, в условиях когда полевое трассирование на линейном объекте выполнить невозможно, к примеру, вследствие отсутствия договора аренды лесного участка на рубку визирных просек для выполнения инженерных изысканий. Дается оценка точности такого позиционирования в условиях леса. Рассматривается возможность использования непрофессиональных спутниковых навигаторов при выносе на профиль трассы проектируемой ЛЭП устьев инженерно-геологических скважин в лесных условиях.

Ключевые слова: геодезическая буссоль, инженерные изыскания, магнитное поле Земли, местный магнитный азимут, режим RTK.

Describes a method for removal of profile trails planned transmission lines geological workings, which is based on the use of local rather than magnetic azimuth azimuth local coordinate system in a field when tracing on a linear object can not be performed, for example, due to lack of lease agreement on cutting glades reticle to perform engineering surveys. The estimation accuracy of the positioning in a forest. The possibility of using non-professional satellite navigators when setting out on a path profile of the projected power line mouths geotechnical boreholes in forest conditions.

Keywords: Geodetic surveying compass, engineering survey, magnetic field of the Earth, local magnetic azimuth, mode RTK.

При выполнении инженерно-геологических изысканий на проектируемых линейных объектах, проходящих в условиях леса, на различных стадиях проектирования часто возникает задача определения местоположения устьев инженерно-геологических скважин при отсутствии закрепления проектируемой трассы визирной просекой, угловыми и стволовыми знаками, а также при отсутствии другого геодезического обоснования или ориентирных объектов местности. Такие сложности возникают тогда, когда, на момент выполнения инженерных изысканий, договор аренды лесного участка для рубки визирных направлений отсутствует, а между выполнением инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий лежит большой временной интервал (год и более) либо инженерно-геологические изыскания выполняются в зимний период года при снежном покрове, усложняющий поиск точек геодезического обоснования в условиях леса. При этом развитие геодезического обоснования непосредственно для разбивки геологических скважин по разным причинам нецелесообразно (отсутствие средств, времени, опорной геодезической сети).

В данных условиях для решения задачи выноса в натуру по проектным координатам геологических скважин на профиль трассы проектируемого линейного объекта довольно часто применяют спутниковые туристические навигаторы типа Garmin. При этом предполагается, что точность позиционирования навигатора в условиях леса составляет порядка 5-7 метров, однако практика использования навигатора дает другие значения. За последние несколько лет автором статьи и его коллегами накоплен большой статистический материал, когда навигаторы использовались как вспомогательные устройства при выполнении инженерно-геодезических работ для поиска различных точек геодезического обоснования, трасс, маршрутов в условиях леса. Практический опыт показывает, что в условиях леса навигатор дает ошибку до 30 метров относительно геодезического обоснования на объекте.

В соответствии с [1, с. 10] средние погрешности, получаемые при различных способах перенесения в натуру инженерно-геологических выработок (точек), характеризуются данными, указанными в таблице 1.

Таблица 1. Перенесения точек инженерно-геологических выработок в натуру

Способы перенесения в натуру и привязки	Средняя погрешность планового положения
Глазомерный [на стадии предпроект]	5 мм в масштабе карты
Полуинструментальный [на стадии предпроект]	2 мм в масштабе карты
Инструментальный: на стадии проекта	1,5 мм в масштабе карты
На стадиях рабочего проекта и рабочей документации	0,5 мм в масштабе плана

При выполнении инженерных изысканий на стадии выбора трассы (предпроект) используются, как правило, топографические карты масштаба 1:25000 и лесные планшеты масштаба 1:10000. На стадии проект и рабочая документация план трассы выполняется в масштабах 1:5000

или 1:2000. Таким образом, на стадии предпроект допустимая ошибка выноса составляет от 2 метров до 12,5 метров в зависимости от масштаба топоосновы. На стадии проекта или рабочей документации соответственно от 1 метра до 7,5 метра.

Если предположить, что ошибка навигатора в условиях леса носит случайный характер, а ее максимальная величина 30 метров, и разбить интервалы точности навигатора

через два метра, то в вероятностном выражении ошибка будет принимать следующие значения:

Таблица 2. Вероятность нахождения значения в диапазоне ошибки

Диапазон ошибок, м	Вероятность значения в диапазоне ошибок, %	Диапазон ошибок, м	Вероятность нахождения значения в диапазоне ошибок, %
0-2	0.1	14-16	6.7
2-4	1.3	16-18	7.6
4-6	2.2	18-20	8.4
6-8	3.1	20-22	9.3
8-10	4.0	22-24	10.2
10-12	4.9	24-26	11.1
12-14	5.8	26-28	12.0
14-16	6.7	28-30	12.9

На основании данной таблицы видно, что вероятность нахождения ошибки навигатора в диапазоне от 0 до 12,5 метров составляет порядка 16%.

Таким образом, использование навигатора для выноса выработок в условиях леса еще может быть обосновано на стадии предпроект, но на стадии проекта или рабочей документации его использование неприемлемо. Тогда возникает другой производственный вопрос: «как же выполнить разбивку выработок в плане в условиях леса, когда полевое трассирование на объекте не выполнено, а возможности на развитие планового геодезического обоснования нет?» Техническим решением данной проблемы может стать геодезическое спутниковое оборудование в режиме кинематики в реальном времени (КРВ), но и тут возникает сложность. Дело в том, что в условиях леса инициализация такого оборудования происходит не по всей проектируемой трассе, а только в некоторых отдельных точках, что определяется более лучшими внешними условиями по отношению ко всей трассе (наличие опушек, редколесья, широких просек, малых крон деревьев). Таким образом, гарантированно с использованием только режима КРВ не возможен вынос всех выработок. Однако практика показывает, что в режиме КРВ сантиметровое позиционирование на проектируемую линию в условиях леса возможно в среднем

Таким образом, в среднем, при расстоянии между положением выработок равном 300 метров, между ними на трассу могут быть вынесены с сантиметровой точностью

через 150-200 метров по линии. Это дает основание для разработки метода выноса. Суть метода приводиться ниже.

В соответствии с [2, с. 42] расстояние между выработками по профилю трассы линейных объектов принимают в соответствии с таблицей:

Таблица 3. Виды линий

Вид линейных объектов	Расстояние между скважинами по трассе, м
Железная дорога	350-500
Автомобильная дорога	350-500
Магистральный трубопровод	300-500
Воздушная линия связи и электропередачи	500-1000

точки в режиме КРВ с произвольным шагом в среднем через 150-200 метров. Схематично это представлено на рисунке ниже:

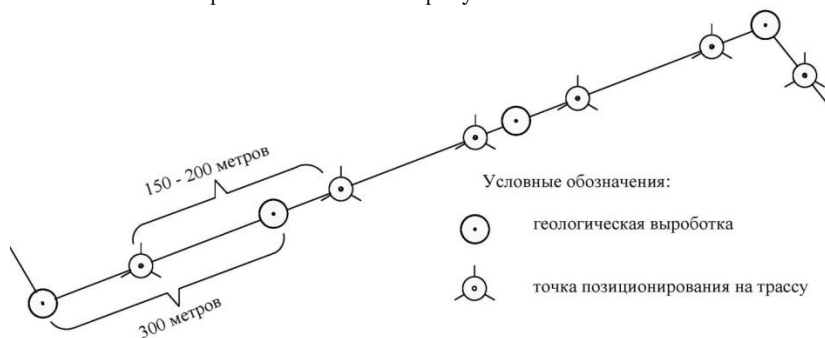


Рис. 1. Схема расположения выработок и точек КРВ на оси трассы

Дальнейшая задача выноса сводится к трассированию от точки позиционирования на трассу до ближайшей выработки. Для осуществления данного трассирования используется геодезическая буссоль [5] и нитяной дальномер [6]. Суть такого трассирования показана на рисунке:

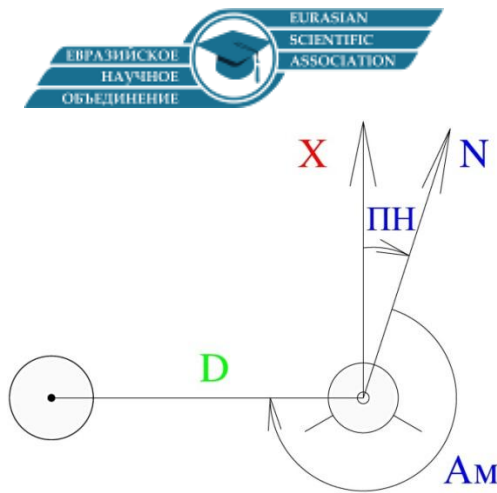


Рис. 2. Схема выноса в натуру геологической выработки на ось трассы

Для определения направления проектируемой трассы на местности используется вычисленный магнитный азимут и геодезическая буссоль вместо вычисленного дирекционного угла и оптического геодезического оборудования. Для позиционирования на линию применяется спутниковое геодезическое оборудование. Перед началом работ необходимо определить или получить параметры перехода местной системы координат, в случае невозможности производится калибровка района работ для возможности работы спутниковым геодезическим оборудованием. Далее в районе работ на открытых участках, примерно через 20 км по трассе, закрепляются пункты геодезической сети с тремя-четырьмя ориентирными пунктами, и определяются их координаты в местной системе и вычисляются дирекционные углы (α) данных трех-четырех направлений, при этом расстояние между точкой и ориентирными пунктами должны быть порядка трехсот метров. После чего с пункта при помощи геодезической буссоли с точностью не хуже $1/3$ углового градуса определяются магнитные азимуты (A_m) в прямом и обратном направлении на ориентирные пункты. Для выноса 100 метровой линии буссолью с ошибкой не более 0,5 метра потребуются таблицы магнитных азимутов, определенных с ошибкой не более 0,5 углового градуса. Отсюда следует, что для вычисления такой таблицы также можно использовать буссоль Suunto KB-14. Далее на основании формулы (1) определяется поправка направления ПН.

$$\pm \text{ПН} = \alpha - A_m \quad (1)$$

Для устранения ошибок при определении величины и знака поправки направления, нужно пользоваться схемой взаимного расположения направлений магнитного меридиана и вертикальной линии координатной сетки. Далее на каждом пункте вычисляется среднее значение ПН. Полученные значения ПН на каждом пункте будут различны, но их последовательное отличие будет величины порядка одного углового градуса, а их изменение будет линейно по долготе. На основании каталога вершин углов поворота проектируемых осей, вычисляются дирекционные углы всех направлений, после чего вычисляются магнитные азимуты по формуле (2)

$$A_m = \alpha - (\pm \text{ПН}) \quad (2)$$

При этом значения ПН по трассе интерполируются. Составляется ведомость магнитных азимутов с точностью до 0,5 углового градуса. На этом завершается подготовительный этап и начинается вынос выработок в натуру, в ходе которого при помощи спутникового геодезического оборудования в режиме кинематики в реальном времени

выполняется сантиметровое позиционирование на проектируемую линию. После чего с использованием геодезической буссоли и таблицы магнитных азимутов выполняется трассирование от точек позиционирования до ближайших выработок, при этом расстояние по створу от предыдущей точки позиционирования измеряется с использованием нитяного дальномера.

Что касается точности выноса выработок таким методом, то можно сделать ее оценку. Ошибка выноса отдельных точек по створу в режиме RTK относительно пунктов государственной геодезической сети сантиметровая, поэтому ей можно пренебречь. Геодезическая буссоль Suunto KB-14, используемая автором статьи, имеет точность определения магнитного азимута $1/3$ углового градуса [5]. При длине линии в 100 метров, ошибка выноса с ее использованием составит не более 0,5 метра. С учетом ошибки определения магнитных азимутов равной 0,5 углового градуса ошибка выноса составит 1 метр, при этом ошибка будет направлена перпендикулярно створу трассы. Нитяной дальномер Haglof Walktax имеет инструментальную относительную ошибку определения длины, равную 0,2 % или $1/500$ [6]. Таким образом, при длине линии в 100 метров, инструментальная ошибка ее численного определения составит 0,2 метра. При среднем уклоне рельефа местности 8-10% ошибка определения расстояния по створу увеличится до 1 метра при длине линии в 100 метров, при этом ошибка будет направлена вдоль створа трассы. Таким образом, результирующая абсолютная ошибка выноса выработки на профиль при данных условиях составит величину порядка 1 метра, что соответствует требуемой точности выноса на стадии проект, рабочий проект и рабочая документация.

На основании изложенного можно сделать вывод, что использование данного комбинированного метода, включающего использование спутникового геодезического оборудования, геодезической буссоли и нитяного дальномера, может быть хорошим решением задачи выноса геологических выработок на профиль трассы проектируемых ЛЭП, а также других линейных объектов в условиях отсутствия визирной просеки по створу трассы и другого геодезического обоснования. При этом, при соблюдении методики, точность такого выноса может составить величины порядка 1 метра, что допустимо для использования на всех стадиях разработки проектной документации порядка 1 метра, что допустимо для использования на всех стадиях разработки проектной документации.

Литература:

1. РСН 73-88. Инженерные изыскания для строительства. М.: Госстрой РСФСР, 1989. 28 с.



2. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: 2013. 130 с
3. Николаев А.С. Военная топография. М. : Воениздат, 1977. 332 с.
4. Калинин Н. Ф. М. Л. Казанцев Изыскания трасс воздушных линий электропередачи. М. : Госэнергоиздат, 1961. 247 с.
5. Официальный веб-сайт [Электронный ресурс] фирм Suunto: www.suunto.com. 2000. URL: <http://www.suunto.com/ru-RU/Products/compasses/Suunto-KB-14/Suunto-KB-14360R-G/> (дата обращения 16.01.2015).
6. Официальный веб-сайт [Электронный ресурс] фирмы Haglof: www.haglof.ru. 2002. URL:<http://www.haglof.ru/products/distance/walktax> (дата обращения 15.01.2015).
7. Официальный веб-сайт [Электронный ресурс] www.relikvia.ru. 2005 URL:<http://forum.relicvia.ru/topic/48937-tochnost-pozicionirovaniia-gps-s-garmin-iz-lichnogo-opyt/> (дата обращения 02.02.2015).