

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 просеккой, угловыми и ствольными 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 предпроекта]	5 мм в масштабе карты
Полуинструментальный [на стадии предпроекта]	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 допу-

стимая 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 вели-

чина 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:

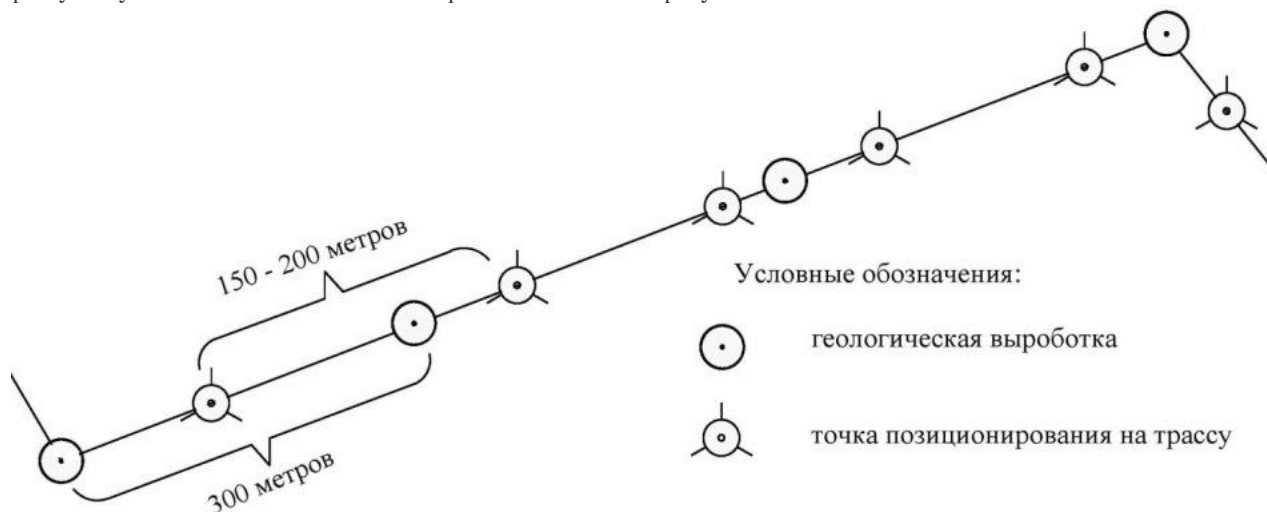


Рис. 1. Схема расположения выработок и точек КРВ на оси трассы

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:

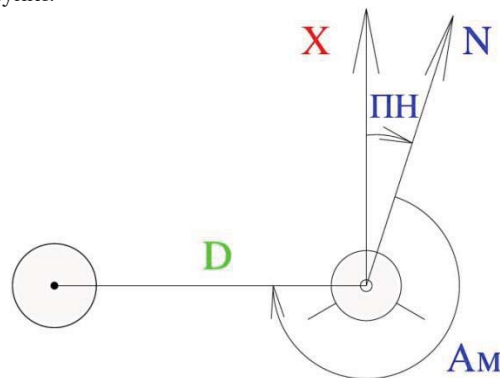


Рис. 2. Схема выноса в натуре геологической выработки на ось трассы

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 потребуется таблица магнитных азимуты, 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 азимуты с точностью до 0,5 углового градуса. На этом завершается подготовительный этап и начинается вынос выработок в натуре, 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 азимуты 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 азимуты 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-technost-pozicionirovaniia-gps-s-garmin-iz-lichnogo-opyt/> (дата обращения 02.02.2015).

Эволюция космических тел: от начала и до бесконечности

Шамаев Николай Петрович

Когда перед нами предстаёт мир во всем многообразии материальных форм и бесконечных необъяснимых проявлений невозможно даже предположить, что вся наша Вселенная, состоящая из мириад различных физических тел, начиная от мельчайших частиц и заканчивая гигантскими галактиками, со всеми ее таинственными черными дырами, сверхновыми звездами, землетрясениями, извержениями вулканов и неисчислимым множеством других феноменальных явлений, в своем развитии подчиняется одним и тем же основополагающим закономерностям.

Но как выявить эти закономерности, да и возможно ли вообще выделить их из того кажущегося хаоса, который царит в нашем бескрайнем мире?

Сделать это несложно, если начать "с начала", т. е. попытаться представить, что являла из себя Вселенная до того как преобразовалась в современное средоточие форм и явлений.

С этой целью всю осязаемую нами материю подвергнем обратному процессу: полностью "раздробим" звезды, планеты, астероиды и т.п., образуя из них однородную сплошную субстанцию. Таким образом, мы как бы виртуально вернёмся к самому "началу" мироздания, когда материя представляла собой первородную цельную среду, без каких-либо разрывов и уплотнений — своего рода «море» Дирака.

Предположим теперь, что в данной среде возникла микроскопическая точка разряжения. Подчиняясь известному в физике стремлению вещества занимать минимальные энергетические уровни, окружающие ее слои материи устремятся в образовавшееся разряжение, не только заполняя его, но и создавая небольшое уплотнение.

Казалось бы, на этом все и должно закончиться.

На самом деле, именно отсюда начнётся процесс формирования космического тела, который будет бесконечно развиваться во времени и пространстве.

В тех местах, которые покинула материя, появились новые пустоты, гораздо обширнее первоначально образовавшегося разряжения. На них станут перемещаться соседствующие массы, препятствуя распаду возникшего сгущения. Мало того, это материальное шарообразное образование под гравитационным воздействием безостановочно движущихся к нему, как по цепной реакции, все новых и новых потоков вещества,

начнет стремительно увеличиваться в объеме, одновременно наращивая массу.

Такова первая ступень эволюции материального тела - стадия образования планеты.

На этом этапе, в самом центре уплотнения возникает газообразная среда, которая затем, по мере нарастания давления и энергии будет претерпевать известные качественные изменения, превращаясь сначала в жидкое, а затем и твердое состояние.

Таким образом, классический образ любого материального тела на стадии планеты представляет собой твердое ядро, покрытое водной оболочкой и окутанное газообразной сферой. Это начальная стадия образования любой планеты (как и любого космического тела), которая, впрочем, мало чем напоминает нашу Землю, находящуюся на неизмеримо более высоком уровне своего развития. Пройдет еще немало времени, пока, наконец, в результате бесконечных преобразований на месте этого крошечного космического объекта возникнет прекрасная голубая планета - Земля.

Продолжающееся безостановочное движение материи, составляющее гравитационное поле планеты, создаст, в конце концов, внутри тела такую плотность, энергия которой уже позволит исподволь активно противодействовать давлению формирующих его материальных потоков. Со временем, под преобладающим воздействием внутренней энергии материальное тело станет развиваться как бы в обратном направлении - оно начнет распадаться.

Это будет сопровождаться следующими изменениями: в первую очередь планета лишится газовой оболочки, а затем и жидкой среды. Вслед за ними наступит очередь и плотной основы. С ее поверхности, преодолевая напор несущихся навстречу потоков вещества, сначала небольшими порциями и с малыми скоростями, а затем во всевозрастающих объемах, станут отрываться и с огромной скоростью улетать в разряженное пространство образовавшиеся из разлагающихся твердых элементов планеты энергетические сгустки, представляющие собой солнечные лучи.

Так, материальное тело, прекратив существование в фазе планеты, медленно «разгораясь», перейдет на следующую ступень своей эволюции - сначала на стадию красного гиганта, а затем — звезды..