

УДК 625.72:528.486

Паудяль Сурья Пракаш, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, suprapa@mail.ru

Мохсени Вахидулла, магистрант,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, waheedmohseny@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ РАЗБИВКИ ПИКЕТАЖА И ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ В ХОДЕ ТРАССИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Аннотация. В статье отмечаются некоторые недостатки классической технологии разбивки пикетажа и выполнения геометрического нивелирования технического класса трассы автомобильной дороги по пикетам в качестве связующих точек. Предложена методика оптимизации размещения и закрепления связующих точек по перегибам линии поверхности Земли с учетом рельефа и оптической возможности нивелиров, даны рекомендации определения высот пикетов на продольном профиле без их нивелирования на местности. Представлен упрощенный способ определения положения точек начала и конца горизонтальной круговой кривой на местности.

Ключевые слова: трасса, геометрическое нивелирование, продольный профиль, пикеты, плюсовые и связующие точки, точки перегиба рельефа.

Paudyal Surya Prakash, Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, suprapa@mail.ru

Mohseny Waheedulla, undergraduate,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, waheedmohseny@mail.ru

OPTIMIZATION OF THE METHOD OF CHOOSING AND FIXING THE LEVELING POINTS WHILE PERFORMING THE GEOMETRIC LEVELING OF ROAD ALIGNMENT

Abstract. The article points out some drawbacks of the classical technology of laying out the leveling points and performing a technical grade geometric leveling of road routes taking the pickets as tie points. Is proposed a method of optimization for placing and fastening the tie points at the kinks of line on the Earth's surface taking into account the topography and optical capacities of technical levels, are given recommendations for determining the heights of picket points on the longitudinal profiles without leveling them on the ground. Is described a simple way for determining the position of the start and end points of a horizontal curve on the ground.

Key words: road alignment, geometric leveling, longitudinal profile, pickets, plus and tie points, kink points.

Введение

Для получения продольного профиля линейных сооружений (автомобильной и железной дороги, магистрального трубопровода, водоканала и т.п.), соответствующего нормативным требованиям, необходимо определить высоты характерных рельефных точек линии поверхности Земли геометрическим нивелированием с заданной точностью с одновременным определением их пикетажных положений.

В превалирующей технологии трассирования автомобильных дорог в ходе производства полевых изыскательских работ в комплексе решают следующие основные задачи:

- 1) измерение горизонтальных углов поворота трассы;
- 2) вешение линий, измерение расстояний и разбивка пикетажа;
- 3) определение элементов кривых и их разбивка;
- 4) планово-высотная привязка трассы к пунктам геодезической основы, закрепление трассы;
- 5) съёмка притрассовой полосы;
- 6) геометрическое нивелирование трассы.

Наиболее распространённым и точным видом нивелирования является геометрическое нивелирование [1, 3, 4, 6]. Наиболее производительным способом геометрического нивелирования является классический способ «из середины», какие бы нивелиры ни применялись – оптические или цифровые.

Основные принципы геометрического нивелирования

Рекомендуемой и широко практикуемой для продольного нивелирования трассы является методика её разбивки на пикеты (рис. 1). Кроме пикетных точек также закрепляют и некоторые плюсовые точки, например, на крутых склонах в качестве связующих используются плюсовые точки. Кроме этого, требуется также закрепить точки в местах разбивки

поперечников, на пересечениях трассы с существующими сооружениями (с дорогами, ЛЭП, различными линиями коммуникаций) и т.д.

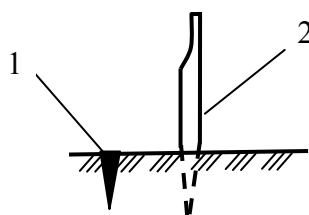


Рис. 1. Закрепление точки на местности:
1 – кольшек; 2 – сторожок

Традиционное геометрическое нивелирование выполняют с установкой нивелира в середине между соседними, надлежащим образом закреплёнными пикетами (рис. 2), принимая их как связующие точки [6]. Необходимо отметить, что в этом случае не в полной мере используется оптическая возможность наблюдения техническими нивелирами (с плечами более 100 метров) до рек для получения отсчёта с заданной точностью, так как плечи наблюдения при этом находятся в пределах лишь до 50 метров. Очевидно, такой приём вызывает увеличение количества закреплённых связующих точек и, как следствие, увеличение материалов и времени для закрепления лишних точек и их нивелирования (забивка кольшков, установка прибора, взятие отсчётов, выполнение записи и т.п.).

Применяя более целесообразную методику разбивки пикетажа, определения положения нивелируемых точек и выполнения геометрического нивелирования, эту завышенную потребность в материалах и времени на закрепление связующих точек и выполнение геометрического нивелирования можно существенно сократить. Для этого необходимо разработать методику, предусматривающую оптимизацию размещения связующих точек и станций нивелирного хода с одновременным учётом характера рельефа местности и оптической возможности технических нивелиров касательно допустимого расстояния наблюдения до рек, заметно сокращая этим количество затрат времени и

материальных средств. Для разработки такой оптимальной методики принимаем во внимание следующие обстоятельства:

1) основной целью разбивки пикетажа и выполнения геометрического нивелирования трассы должно стать не закрепление излишнего количества пикетных и других характерных точек и их нивелирование ради повышения точности и надёжности [2, 4], а получение продольного профиля трассы требуемой точности, при минимальном и достаточном количестве связующих точек для нивелирования;

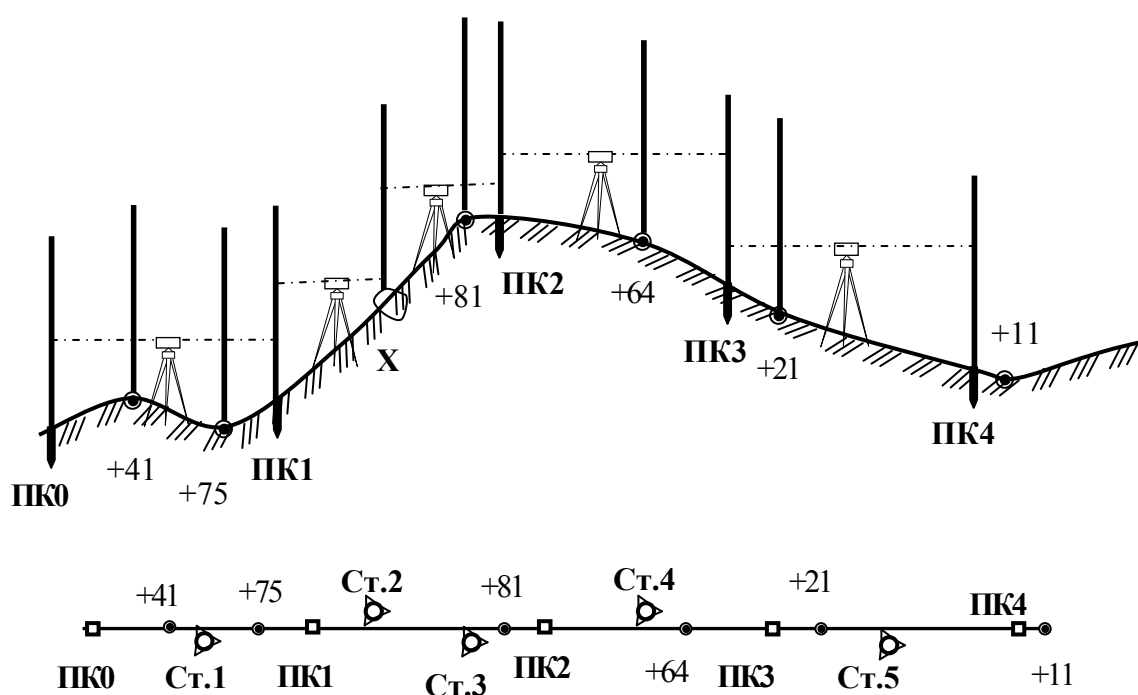


Рис. 2. Основная схема геометрического нивелирования трассы:
 ■ – пикеты (5 закреплённых точек); ● – плюсовые (характерные) точки;
 ▷ – станции (5 станций)

2) пикеты, как правило, не оказываются в точках перегибов поверхности местности по трассе. С другой стороны, если известны высоты и пикетажные значения двух точек на соседних перегибах заданной линии поверхности Земли (ПК1+81, ПК2+64, ПК3+21 и ПК4+17 на рис. 2), то высоты пикетов, расположенных на участках односкатного склона между этими точками (см. ПК2, ПК3 и ПК4 на рис. 2), можно определить на продольном профиле без каких-либо затруднений (рис. 3);

3) используемые на практике оптические и цифровые нивелиры имеют допустимую длину луча до наблюдаемой точки 100 м и более (при увеличении зрительной трубы 30х – до 150 м) [3, 4, 5]. Это значит, при нивелировании способом «из середины» с плечами, близкими к допустимой длине визирного луча, можно заметно увеличить расстояние между связующими точками каждой станции, т.е. не обязательно закрепление всех пикетных точек на местности. Достаточно иметь надлежащим образом закреплённые пикетные, плюсовые и иные контрольные точки [2], используемые в качестве связующих;

4) кроме связующих точек на прямых участках трассы необходимо также закрепить и нивелировать главные точки кривых (НК, СК, КК), пикеты, вынесенные на кривые и, по необходимости, другие характерные точки (например, точки на кривых с заметным изменением рельефа в поперечном направлении, особенно при больших радиусах кривых).

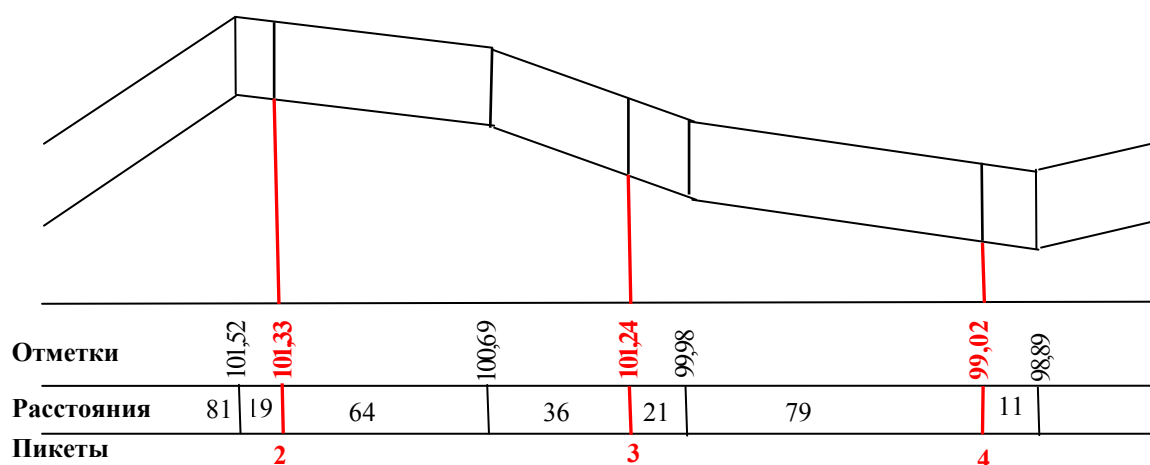


Рис. 3. Принципиальная схема продольного профиля

Оптимизация методики разбивки пикетажа и геометрического нивелирования трассы

Рассмотрим представленные выше обстоятельства более подробно. По классической методике разбивки пикетажа на местности принято закреплять точки через каждые 100 м колышками и сторожками.

Нивелирование выполняют способом «из середины», устанавливая нивелир в середине между соседними пикетами. Количество связующих точек и станций при этом получается значительно больше по сравнению со случаем, когда расстояние между соседними связующими точками принимается до 200 и более метров (с учётом допустимой длины визирного луча). В последнем случае в равнинных местностях количество связующих точек и станций сокращается до полутора раза. К примеру, по практикуемой методике, устанавливая станции нивелирного хода между соседними пикетами (см. ПК0...ПК4 на рис. 2), получаем 5 станций. Однако при учёте однородности уклона ската (постоянства уклона) между соседними перегибами линии (см. на рис. 2 точки ПК1+81, ПК2+64, ПК3+21 и ПК4+17) и использовании длины визирного луча нивелира, близкой к допустимой длине (около 100 м), заметно сокращается количество нивелируемых точек. А высоты точек ПК2, ПК3 и ПК4 легко определяются на продольном профиле в камеральных условиях (рис. 3) по известным высотам соседних перегибов линии. Следовательно, **для получения аналога профиля местности по заданной линии с требуемой точностью необходимо и достаточно определить высоты характерных точек на перегибах рельефа.** Нивелирование таких точек можно выполнять как в качестве закрепленных на местности связующих, так и в качестве промежуточных точек станций без закрепления. При обеспечении видимости точек в пределах допустимой длины визирного луча нивелира с плечами около 100 метров достаточно закрепить только связующие точки через примерно 200 метров, а нивелируемые промежуточные точки между ними нет необходимости закреплять. Следовательно, при благоприятных условиях рельефа достаточно закрепить в среднем в пределах 200 метров лишь две точки, которые могут, как правило, быть только плюсовыми (т.е. необязательно пикетными). Такая схема разбивки пикетажа позволяет существенно сократить количество закрепленных точек при больших нивелирных

ходах. Данный приём позволяет выполнить геометрическое нивелирование с увеличением плеч на каждой станции в пределах допустимых величин, обеспечивая существенное сокращение материалов и времени для закрепления и нивелирования необходимых точек.

С учётом изложенного, схему нивелирного хода, представленную на рис. 2, можно оптимизировать существенным уменьшением количества нивелирных станций и закреплённых связующих точек одновременно. Например, в результате оптимизации схемы на рис. 4 количество связующих (закреплённых) точек, представленных на рис. 3, становится 4 против 6, а количество станций – 3 против 5. Высоты пикетов ПК2, ПК3 и ПК4 легко находить на продольном профиле в камеральных условиях (см. рис. 3) без их нивелирования на местности. Пикеты и другие необходимые точки можно вынести в натуру на стадии строительства, опираясь на надёжно закреплённые ранее связующие точки.

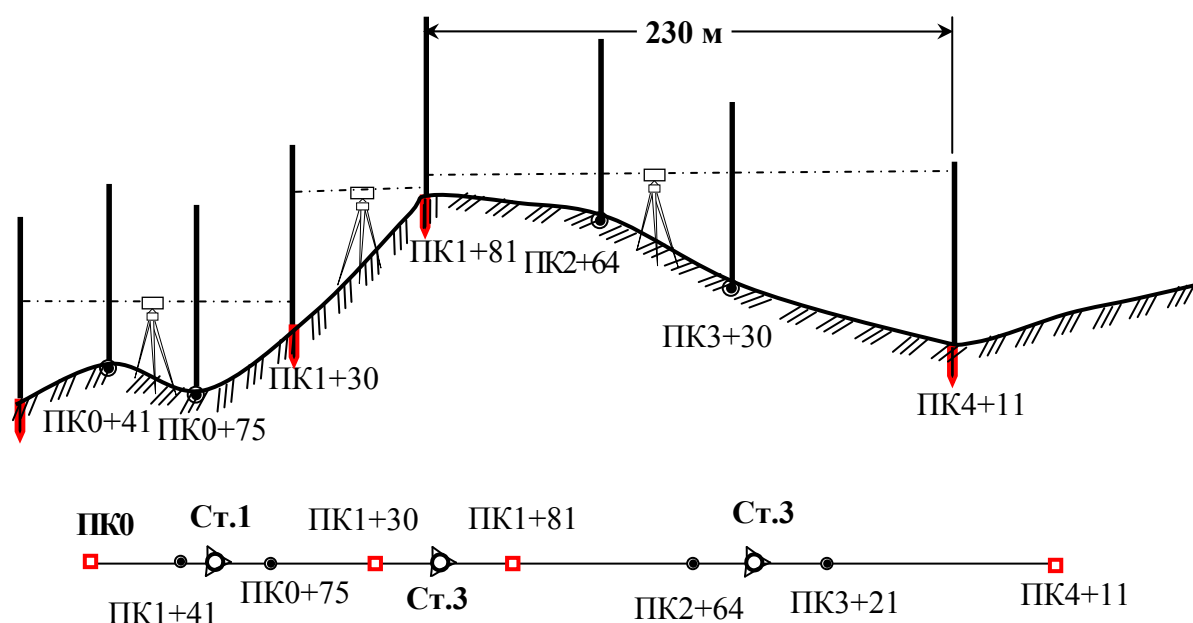


Рис. 4. Оптимизированная схема нивелирования:
 ■ – закреплённые точки 4; ● – плюсовые точки;
 ▴ – станции (3 станции)

Необходимо добавить, что предложенная методика позволяет получить более надёжные результаты при установке нивелирной станции

как можно ближе к нивелируемой линии, чтобы не допустить существенного увеличения плеч. При уменьшении количества нивелирных станций одновременно уменьшается и количество случаев вероятностных ошибок, связанных со снятиями отсчётов (станций), что частично может компенсировать потерю точности результатов измерений из-за увеличения расстояний наблюдений. Эта методика более эффективна при нивелировании трассы в равнинной и слабопересеченной местности.

Кроме сказанного необходимо капитально закрепить и нивелировать на местности главные точки закругления согласно нормативным требованиям [2]: начало НК, середину СК и конец КК кривой, вершину угла поворота ВУ, а также вынесенные на кривые пикеты и точки размещения поперечников (между НК и КК), особенно при больших радиусах кривых.

Вынос начала и конца круговой кривой на местности

Традиционно при разбивке пикетажа за вершиной угла поворота трассы выполняют сдвиг домера, т.е. вводят поправку за домер. Для этого выполняют довольно сложный приём: от последней шпильки (с пикетажным значением, кратным длине ленты) перед вершиной угла поворота (ПК2+00 на рис. 5) лентой огибают колышек Ву, укладывают её передний конец в новом направлении и фиксируют полученную точку шпилькой (например, ПК2+20). Затем от этой точки в новом направлении откладывают величину домера D и, переставляя шпильку, приписывают новой точке то же самое пикетажное значение (ПК2+20 на рис. 5). Решение этой задачи таким не совсем удобным способом (часто вносящим путаницу) можно выполнить следующим простым образом: отмерив величину тангенса T от Ву (рис. 5) как назад по предыдущему, так и вперёд по новому направлениям, нужно фиксировать и закрепить точки НК и КК. Дальнейшее вешение и измерение линий, и разбивку пикетажа

по новому направлению нужно продолжать от точки КК, с учётом её пикетажного значения.

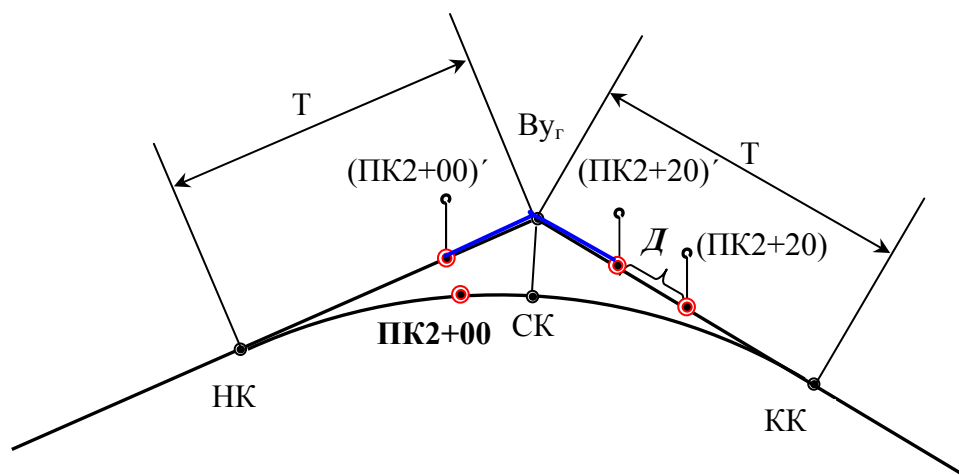


Рис. 5. Определение положения главных точек круговой кривой

Основные выводы

1. Предложенная методика разбивки пикетажа позволяет существенно сократить количество связующих точек и нивелирных станций, затраты на материалы и время для закрепления точек на местности и выполнения геометрического нивелирования (в равнинных и слабопересеченных местностях сокращение может составить более 25%).
2. Методика позволяет использовать предельно допустимое расстояние наблюдения точек, предусмотренное техническими характеристиками нивелиров, сохраняя допустимую точность геометрического нивелирования технического класса.
3. Методика может быть легко приспособлена и принята для выполнения геометрического нивелирования на производстве при изысканиях и строительстве линейных инженерных сооружений.
4. Результаты геометрического нивелирования по данной методике позволяют определить на продольном профиле отметки любых,

не нивелированных точек трассы, в том числе пикетов (особенно при автоматизированной обработке данных измерений), расположенных на односкатном склоне.

5. При использовании данной методики принятие пикетов в качестве связующих точек перестаёт быть обязательным, а уровень точности результатов измерений зависит от строгости соблюдения технологических и технических требований выполнения работ, от квалификации и опыта исполнителей.

Список литературы

1. ГОСТ 32869-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 44 с.

2. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84. – Взамен СНиП 3.01.03-84; введ. 2013–01–01. – М.: Минрегион России, 2012. – 84 с.

3. ГОСТ Р 53340-2009. Приборы геодезические. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 23543-88; введ. 2010–01–01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 15 с.

4. ГКИНП (ГНТА)-03-010-02. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 252 с.

5. ГОСТ 10528-90. Нивелиры. Общие технические условия (с Изменением № 1). – Введ. 1991–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 15 с.

6. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Г.А. Федотов. – 5-е изд., стереот. – М.: Высшая школа, 2009. – 463 с.

References

1. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Trebovanija k provedeniju topografo-geodezicheskikh izyskanij, GOST 32869-2014 (Highway.

The requirements for topographic and geodetic surveys, State standard 32869-2014), Moscow, Standartinform, 2016, 44 p.

2. Geodezicheskie raboty v stroitel'stve, SP 126.13330.2012 (Geodetic works in construction, SP 126.13330.2012), Moscow, Minregion Rossii, 2012, 84 p.

3. Pribory geodezicheskie. Obshhie tehnikheskie uslovija, GOST R 53340-2009 (Instruments surveying. General specifications, State standard 53340-2009), Moscow, Standartinform, 2009, 15 p.

4. Instrukciya po nivelirovaniyu I, II, III i IV klassov, GKINP (GNTA)-03-010-02 (Instructions for leveling I, II, III and IV classes, GCYP (GNTA)-03-010-02), Moscow, CNIIGAiK, 2004, 252 p.

5. Niveliry. Obshhie tehnikheskie uslovija, GOST 10528-90 (Levels. General specifications, State standard 10528-90), Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov, 2003, 15 p.

6. Fedotov G.A. *Inzhenernaya geodeziya* (Engineering geodesy), Moscow, Vysshaya shkola, 2009, 463 p.