

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ГЕОДЕЗИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ
УКЛАДКИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ
НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНОГО
МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ**

Виктор Петрович Голюк

ООО «Мостовое бюро», 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Яблочкова, 12Ц, ведущий инженер-геодезист, тел. (812)703-36-93, e-mail: bridges-bureau@gpsm.ru

Денис Григорьевич Назаров

ООО «Мостовое бюро», 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Яблочкова, 12Ц, начальник отдела инженерной геодезии, тел. (812)703-36-93, e-mail: nazarovdg1916@mail.ru

При строительстве мостовых сооружений особое внимание уделяется геометрическим параметрам, одним из важнейших параметров ездового полотна является ровность оснований и покрытий. Геодезические работы предусматривают комплексный подход к решению задачи по контролю ровности слоев оснований, который включает в себя: геодезическую съемку ездового полотна, проверку рабочей документации, контроль выставления копирной струны, геометрический контроль ровности уложенного асфальтобетонного покрытия плиты проезжей части для сталежелезобетонного пролетного строения и мостового полотна для металлического пролетного строения. Рассматривались и апробировались разные варианты контроля высотного положения копирной струны и уложенного асфальтобетонного покрытия (методами тригонометрического и геометрического нивелирования). Предварительно выполнена априорная оценка точности результатов измерений для каждого из методов контроля алгебраической разности высотных отметок (амплитуд). В статье предлагается комбинированный подход к геодезическому контролю на всех стадиях производства работ по проверки ровности асфальтобетонного покрытия.

Ключевые слова: ровность оснований и покрытий, геометрическое нивелирование, тригонометрическое нивелирования, априорная оценка точности результатов измерений, алгебраическая разность высотных отметок (амплитуд).

**INTEGRATED APPROACH TO THE GEODESIC CONTROL
OF THE INSTALLATION OF ASPHALT-CONCRETE COATING
ON THE EXAMPLE OF THE CONSTRUCTION
OF THE ROAD BRIDGE TRANSITION ACROSS THE KERCH SHEET**

Victor P. Goluk

LLC «Bridge Bureau», 12TS, Yablochkova, St.Petersburg, 197198, Russia, Leading Surveyor, phone: (812)703-36-93, e-mail: bridges-bureau@gpsm.ru

Denis G. Nazarov

LLC «Bridge Bureau», 12TS, Yablochkova, St.Petersburg, 197198, Russia, Head of Engineering Geodesy Department, phone: (812)703-36-93, e-mail: bridges-bureau@gpsm.ru, phone: (812)703-36-93, e-mail: nazarovdg1916@mail.ru

During the construction of bridges, special attention is paid to geometric parameters, one of the most important parameters of the rideable bed is the evenness of the bases and coatings. Geodetic works provide an integrated approach to solving the problem of controlling the flatness of the base layers, which includes: geodetic survey of the rideable canvas, verification of working documentation, control of the copying string, geometric control of the evenness of the laid asphalt concrete floor slab for the steel concrete span and bridge deck for a metal span structure. Various options for controlling the height position of a copier string and a laid asphalt concrete pavement (using trigonometric and geometric leveling) were reviewed and tested. A priori assessment of the accuracy of the measurement results for each of the methods for monitoring algebraic difference of elevations (amplitudes) was previously performed. The article proposes a combined approach to geodetic control at all stages of work on checking the evenness of the asphalt concrete pavement.

Key words: evenness of bases and coatings, geometric leveling, trigonometric leveling, priori assessment of the accuracy of measurement results, algebraic difference of elevations (amplitudes).

Введение

Транспортный переход через Керченский пролив является крупнейшим проектом в истории отечественного мостостроения. Крымский мостовой переход – это грандиозное сооружение. В общей сложности его протяженность составляет 19 километров, на которых построены автомобильная и железная дороги. Интенсивность движения по автомагистрали в обоих направлениях составляет почти 40 тысяч автомобилей в сутки. А по железной дороге за такой же промежуток времени проходит более сотни поездов. Основные технические характеристики мостового перехода представлены ниже.

Внеклассный большой мост начинается на Таманском полуострове, пересекает акваторию Керченского пролива и заканчивается на Керченском полуострове.

Схема моста для автодороги $L_p = 218 \times 63 + 220 + 54 \times 63$ м. Длина автодорожного моста – $L = 17728,4$ м. Параметры автомобильной дороги: категория дороги – I б; Габарит проезжей части – 2Г– 11,5 м. Наличие тротуаров предусматривает два служебных похода.

Пролетные строения автодорожного моста длиной 63 м разрезные, балочные сплошностенчатые, сталежелезобетонные с ездой поверху, индивидуальной проектировки. В поперечном сечении имеют четыре главные балки жесткости двутаврового сечения. Главные балки объединены поверху поперечными балками, установленными с шагом 3 м. Высота главных балок 3,6 м.

Пролетное строение автодорожного моста длиной 220 м выполнено в виде арки с жесткой затяжкой, цельнометаллическое, с ортотропной плитой проезжей части. Подвески – гибкие из высокопрочных прядей. Деформационные швы модульного типа с допускаемыми перемещениями $\pm 40, \pm 120, \pm 160$ мм. Одежда ездового полотна автопроезда и тротуаров принята из асфальтобетонной мелкозернистой смеси типа Б марки I [1] толщиной 110 мм, состав которой должен соответствовать требованиям по работе дорожной одежды на ортотропной плите. Общий вид мостового перехода через Керченский пролив представлен на рис. 1.



Рис. 1. Мостовой переход через Керченский пролив

Постановка задачи

Для качественного выполнения работ по укладке асфальтобетонного покрытия в соответствии с [2] на всех стадиях выполнения работ необходим комплексный подход по контролю геометрических параметров. Для этого ставится задача в получении корректных исходных данных для разработки картограммы толщин асфальтобетонного покрытия, анализа проектных решений по картограммам толщин асфальтобетонного покрытия. Контролю выставления копирных струны, при укладке нижнего слоя асфальтобетонного покрытия. Геометрическому контролю нижнего слоя асфальтобетонного покрытия. Контролю ровности верхнего слоя асфальтобетонного покрытия.

Подготовительный этап

Проектная организация при разработке рабочей документации (РД) выдает в табличной форме ведомость толщин асфальтобетонного покрытия по створам (рис. 2).

В картограмме толщин проезжей части указываются параметры, приведенные в табл. 1.

В табл. 1 Δ за прогиб – величина прогиба пролетного строения с учетом асфальтобетонного покрытия и временной нагрузки от подвижного состава; $R_{\text{кривой}}$, – радиус вертикальной кривой между контрольными точками.

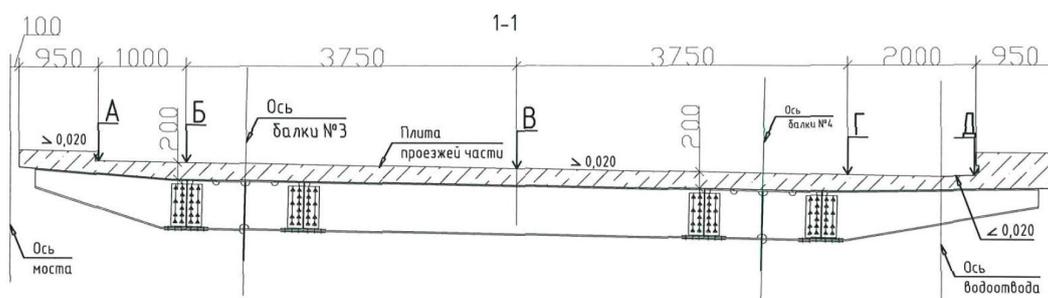


Рис. 2. Схема картограммы плиты проезжей части

Таблица 1

Картограмма толщин плиты проезжей части

№ сечения	ПК	Отметки струны, м						Отметки асфальта 40% врем.нагрузки, м							
		А	Б	В	Г	ось водоотвода	Д	А	Б	В	Г	ось водоотвода	Д		
1	99+05,99	8,724	8,704	8,629	8,554	8,522	8,514	8,724	8,704	8,629	8,554	8,522	8,514		
2	99+07,95	8,727	8,707	8,632	8,557	8,525	8,517	8,724	8,704	8,629	8,554	8,522	8,514		
3	99+10,00	8,730	8,710	8,635	8,560	8,528	8,520	8,724	8,704	8,629	8,554	8,522	8,514		
4	99+15,00	8,738	8,718	8,643	8,568	8,536	8,528	8,724	8,704	8,629	8,554	8,522	8,514		
5	99+20,00	8,744	8,724	8,649	8,574	8,542	8,534	8,725	8,705	8,630	8,555	8,523	8,515		
6	99+25,00	8,751	8,731	8,656	8,581	8,549	8,541	8,726	8,706	8,631	8,556	8,524	8,516		
7	99+30,00	8,751	8,731	8,656	8,581	8,549	8,541	8,726	8,706	8,631	8,556	8,524	8,516		
8	99+35,00	8,752	8,732	8,657	8,582	8,550	8,542	8,726	8,706	8,631	8,556	8,524	8,516		
9	99+40,00	8,749	8,729	8,654	8,579	8,547	8,539	8,725	8,705	8,630	8,555	8,523	8,515		
10	99+45,00	8,745	8,725	8,650	8,575	8,543	8,535	8,724	8,704	8,629	8,554	8,522	8,514		
№ сечения	Рабочие отметки, м						Δ за прогиб, м						Rкривой, м		
	А	Б	В	Г	ось водоотвода	Д	А	Б	В	Г	ось водоотвода	Д	5 м	10 м	20 м
1							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
2	0,121	0,131	0,125	0,114	0,109	0,101	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	прямая		
3	0,129	0,135	0,125	0,121	0,126	0,117	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	прямая	-100000	
4	0,124	0,131	0,131	0,135	0,129	0,120	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	-25000	-50000	
5	0,111	0,133	0,127	0,126	0,124	0,118	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	прямая	прямая	400000
6	0,106	0,115	0,118	0,121	0,125	0,110	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	25000	50000	100000
7	0,100	0,123	0,124	0,129	0,140	0,115	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	прямая	50000	100000
8	0,096	0,113	0,119	0,122	0,114	0,109	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	25000	50000	100000
9	0,103	0,121	0,122	0,127	0,122	0,107	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	прямая	прямая	прямая
10	0,104	0,130	0,123	0,122	0,122	0,115	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	-25000	-50000	-100000

Для выполнения геодезической съемки рекомендовано закладывать временные репера [3, 4] в середине пролета над опорами в банкетную часть пролетного строения сверлением либо приваркой мебельных болтов с обеспечением дальнейшей их сохранности на весь период выполнения работ по укладке асфальтобетонного покрытия (табл. 2).

На основании проектных решений выполняется установка деформационных швов. При этом выполняется геометрический контроль рабочей поверхности деформационного шва. Точность установки в плане 5 мм, по высоте от 0 до минус 3 мм в соответствии с требованиями [4–8], которая, в свою очередь, должна обеспечивать заданную плавность сопряжения поверхности окаймления деформационного шва с последующим укладываемым асфальтобетонным покрытием.

Данные геодезической съемки

№ сечения	ПК	банкетка	кромка	1 м	4,750	8,500	10,100	кромка2	банкетка2
ДШ151				8,702	8,627	8,550			
1	99+05,99								
2	99+07,95	8,745	8,600	8,570	8,501	8,437	8,410	8,410	8,662
3	99+10,00	8,747	8,595	8,569	8,504	8,433	8,396	8,397	8,646
4	99+15,00	8,762	8,608	8,581	8,506	8,427	8,401	8,402	8,660
5	99+20,00	8,769	8,627	8,585	8,516	8,442	8,412	8,410	8,655
6	99+25,00	8,790	8,639	8,610	8,532	8,454	8,418	8,425	8,676
7	99+30,00	8,790	8,645	8,602	8,526	8,446	8,403	8,420	8,675
8	99+35,00	8,807	8,650	8,613	8,532	8,454	8,430	8,427	8,671
9	99+40,00	8,790	8,640	8,602	8,526	8,446	8,419	8,426	8,680
10	99+45,00	8,778	8,635	8,589	8,521	8,447	8,415	8,414	8,677

Подрядная организация, выполняющая работы по устройству плиты проезжей части для сталежелезобетонного пролетного строения, выполняет, при необходимости, работы по доведению поверхности плиты проезжей части до указанных проектной организацией высотных отметок (табл. 1).

После проведения контрольных измерений высотной составляющей участков, на которых выполнялись работы по шлифовке, производятся работы по устройству гидроизоляционного покрытия.

Устройство нижнего слоя асфальтобетонного покрытия

При геодезической разбивке устанавливаются кронштейны. Согласно схеме, приведенной на рис. 3, вдоль кромки будущего покрытия и параллельно ему восстанавливают краской разметку с закреплением точек, центры которых соответствуют очертанию кромки будущего покрытия, по которым предварительно была выполнена геодезическая съемка и выдана картограмма толщин. Расстояние точек от кромки должно быть таким, чтобы они находились в зоне, доступной для щупового датчика системы нивелирования асфальтоукладочного комплекса. Также учитывалось расстояние между кронштейнами (5 м) и провисание копирной струны.

Копирные струны являются базой для работы автоматических систем обеспечения ровности, поэтому точность и тщательность выполнения операций по установке копирных струн является одним из важнейших условий обеспечения качества работ. Установку копирных струн производят перед устройством асфальтобетонного покрытия. Для установки струн необходимы металлические стойки в комплекте с поперечными штангами и струбцинами. Штанги закрепляются на стойках на требуемой высоте с помощью зажимных винтов, и они могут перемещаться по стойке в горизонтальной плоскости в струбцине. На конце штанги имеется прорезь для установки в нее струны. Струны устанавливают с одной стороны проезжей части. Струна должна быть строго параллельна оси дороги

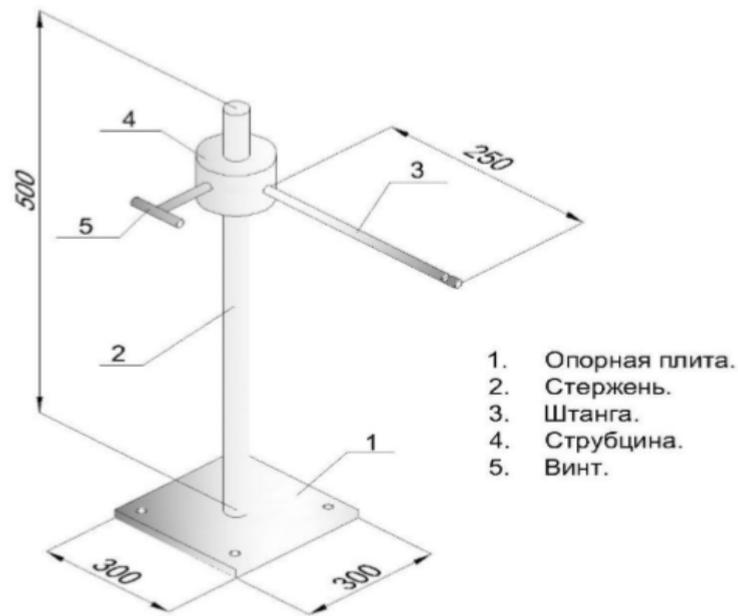


Рис. 3. Кронштейн для установки копирной струны

Металлические стойки с поперечными штангами и струбцинами устанавливаются так, чтобы штанга, на которой будет лежать копирная струна, была точно над ранее закрепленной точкой. С помощью нивелира закрепляется струбциной штанга на высоте h , рассчитываемая по формуле:

$$h = a + Const + b + c, \quad (1)$$

где a – рабочая отметка, полученная в результате наложения проектного продольного профиля на фактический продольный профиль существующего основания;

$Const$ – высота установки считывающего датчика, относительно плиты асфальтоукладчика;

b – величина, учитывающая коэффициент уплотнения;

c – величина, учитывающая строительный подъем.

После этого производится геодезическая съемка по штангам (методом тригонометрического нивелирования).

Результаты пересчитываются на абсолютные отметки по формуле:

$$HP = H - c - b - Const, \quad (2)$$

где H – отметка, полученная в результате геодезической съемки по штангам;

$Const$ – высота установки считывающего датчика, относительно плиты асфальтоукладчика;

b – величина, учитывающая коэффициент уплотнения;

c – величина, учитывающая строительный подъем.

Полученные отметки проверяются с помощью метода амплитуд на правильность установки струны. При необходимости делается корректировка. Следует отметить, что все геодезические работы и работы по установке копирной струны производятся на подготовленной плите мостового полотна, освобожденной от каких-либо сторонних нагрузок, а именно: дорожно-строительной техники, дополнительных временных ограждающих конструкций, вспомогательных приспособлений и механизмов, не относящихся к конструкции мостового перехода. После установки стоек производят натяжение струн.

Контроль геометрических параметров

Оценка ровности покрытия при контроле качества строительных работ регламентируется СП 78.13330.2012. Параметры ровности оснований и покрытий а/д в этом способе оцениваются в соответствии с СП 78.13330.2012. Также, для определения длинных (затяжных) волн используется метод амплитуд. Измерения ровности поверхности основания и покрытия следует вести путем нивелировки на расстоянии 0,5–1,0 м от каждой кромки покрытия или края полосы движения с шагом 5 м, захватками около 220 м. На основании полученных вертикальных отметок следует вычислять алгебраические разности отметок точек (амплитуда) по формуле:

$$\delta h_i = \frac{h_{i-k} + h_{i+k}}{2} - h_i \pm \Delta_i, \quad (3)$$

где h_i – относительная отметка точки, для которой оценивается отклонение;

h_{i-k} и h_{i+k} – относительные отметки предыдущей и последующей точек соответственно;

i – порядковый номер точки;

$i - k$ и $i + k$ – порядковые номера предыдущей и последующей точек;

Δ_i – значение поправки, учитывающей радиус вертикальной кривой:

$$\Delta_i = 125 \frac{L^2}{R}, \quad (4)$$

где L – длина прямой между смежными точками, м;

R – радиус вертикальной кривой, м.

С помощью данной формулы производится вычисление ровности, при этом если участок находится на вертикальной кривой, в результат вводится поправка (табл. 2), которая предусматривает получение значений по модулю, однако, для наглядности, значения неровностей целесообразно брать истинными. Пример полевого контроля ровности выставяемой струны приведен на рис. 4.



Рис. 4. Камеральная обработка результатов измерений ровности копирной струны

Вычисления неровностей производится для амплитуд 5, 10, и 20 м со сдвигом на 5 м. Затем производится подсчет неровностей, превышающих допустимое значение. При этом 90 % определений должны быть в пределах, указанных в табл. 1, а 10 % определений не должны превышать эти значения более чем в 1,5 раза.

По результатам геодезической съемки выполнялась корректировка установленной копирной струны (рис. 5) на соответствие требованиям ровности асфальтобетонного покрытия [6, 9–14].



Рис. 5. Контроль высотного положения копирной струны

Пример расчета приведен в табл. 3 (расчет ровности копирной струны)

Таблица 3

Расчет ровности копирной струны

№ сечения	ПК	Отметки струны проект, м		Отметки струны факт, м		ΔН, мм		Δ за прогиб, м		Δ на уплотнение, м		Ркривой, м			с шагом 5м допуск 5мм		с шагом 10м допуск 8мм		с шагом 20м допуск 16мм	
		А	Д	А	Д	А	Д	А	Д	А	Д	5 м	10 м	20 м	А	Д	А	Д	А	Д
1	99+05,9 9	8,984	8,774	8,984	8,774	0	0	0,000	0,000	0,010	0,010									
2	99+07,9 5	8,990	8,777	8,989	8,778	-1	1	0,003	0,003	0,014	0,011	прямая			-1	1				
3	99+10,0 0	8,994	8,782	8,994	8,782	0	0	0,006	0,006	0,014	0,012	прямая	-100000		0	0	0	-1		
4	99+15,0 0	9,002	8,793	9,002	8,792	0	-1	0,014	0,014	0,014	0,014	-25000	-50000		1	-1	2	-2		
5	99+20,0 0	9,009	8,797	9,007	8,799	-2	2	0,019	0,019	0,014	0,013	прямая	прямая	400000	-1	1	-2	2	-1	1
6	99+25,0 0	9,012	8,803	9,010	8,804	-2	1	0,025	0,025	0,011	0,012	25000	50000	100000	-2	1	-2	2	-1	0
7	99+30,0 0	9,014	8,805	9,015	8,804	1	-1	0,025	0,025	0,012	0,013	прямая	50000	100000	1	-1	3	-2	2	0
8	99+35,0 0	9,013	8,804	9,014	8,803	1	-1	0,026	0,026	0,011	0,012	25000	50000	100000	2	-1	2	-2	1	-1
9	99+40,0 0	9,011	8,802	9,009	8,802	-2	0	0,024	0,024	0,012	0,013	прямая	прямая	прямая	-3	0	-2	1	-1	-1
10	99+45,0 0	9,008	8,797	9,009	8,798	1	1	0,021	0,021	0,014	0,012	-25000	-50000	-100000	2	1	-1	2	1	0

В табл. 3 Δ на уплотнение – это расчетная величина на уплотнение асфальтобетонного покрытия.

Далее выполнялся контроль геометрических параметров нижнего слоя асфальтобетонного покрытия.

Описание методики выполнения геодезического контроля методом тригонометрического нивелирования

Рассмотрим метод тригонометрического нивелирования. При односторонних измерениях превышение вычисляют по формуле:

$$h = D \cdot ctg(Z) + i + f - l, \tag{5}$$

где D – горизонтальное проложение;

Z – зенитное расстояние;

f – поправка за кривизну земли и рефракцию:

$$f = \frac{(1-k)}{2R} D^2, \tag{6}$$

где R – средний радиус Земли (6371км);

k – коэффициент рефракции (0,13 – 0,14);

i – высота инструмента;
 l – высота визирной цели.

Рассмотрим источники погрешности тригонометрического нивелирования на основании принципа равных влияний:

$$m_h = \sqrt{\left(\frac{\partial h}{\partial d}\right)^2 m_d^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial z}\right)^2 \frac{m_z^2}{\rho^2} + \left(\frac{\partial h}{\partial k}\right)^2 m_k^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial i}\right)^2 m_i^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial l}\right)^2 m_l^2}, \quad (7)$$

где m_d – СКО измерения расстояния;

m_z – СКО измерения зенитного расстояния;

m_k – СКО определения коэффициента рефракции,

m_i и m_l – СКО измерения высоты инструмента и визирной цели;

$\rho = 206265$ – коэффициент перехода от угловых величин к линейным (модуль сопряжения).

Получим формулу априорной оценки тригонометрического нивелирования с учетом кривизны земли и рефракции [15]:

$$m_h = \sqrt{(m_d \operatorname{ctg} z)^2 + \left(\frac{m_z D}{\rho \sin^2 z}\right)^2 + \left(\frac{m_k D^2}{2R \sin^2 z}\right)^2 + m_i^2 + m_v^2}. \quad (8)$$

Примем, что измерения проводятся электронным тахеометром SET230, для которого $m_d = 1$ мм, $m_z = 1,5''$, $m_k = 0,1''$, $Z = 88^\circ$, $D = 110$ м, тогда для принятых значений получим $m_h = 1,5$ мм.

Составляющая ошибки тригонометрического нивелирования зависит от погрешности определения коэффициента рефракции и значительно возрастает с увеличением расстояния (D).

Если составляющая ошибки тригонометрического нивелирования по точности определения коэффициента рефракции пропорциональна квадрату расстояния, то влияние правильности определения коэффициента рефракции на точность тригонометрического нивелирования значительно возрастает с увеличением расстояний.

Коэффициент рефракции можно вычислить по измеренным метеорологическим элементам, но этот способ малоэффективен, так как коэффициент рефракции по каждому направлению свой и формируется подстилающей поверхностью. Приземный слой воздуха (1–6 м) – наиболее активный и сложный в оптическом отношении. Основное влияние на формирование коэффициента рефракции оказывает температурный градиент, который в нижних слоях воздуха значительно зависит от свойств подстилающей поверхности. Большое влияние на изменение коэффициента рефракции оказывают погодные условия и в первую очередь наличие или отсутствие прямой солнечной радиации.

Другой путь ослабления влияния внешней среды на точность тригонометрического нивелирования – выполнение избыточных измерений для получения фактического значения коэффициента рефракции. Одним из таких способов являются синхронные двухсторонние наблюдения. В этом случае превышение между точками может быть вычислено по формуле:

$$h_{1.2} = D \cdot \operatorname{ctg} \frac{Z_{2.1} - Z_{1.2}}{2} + \frac{i_1 + l_1}{2} + \frac{i_2 + l_2}{2}, \quad (9)$$

где D – горизонтальное проложение;

$Z_{1.2}$ и $Z_{2.1}$ – прямое и обратное зенитное расстояние;

i_1, i_2, l_1, l_2 – соответственно высоты приборов и визирных целей.

Если необходимо выполнить тригонометрическое нивелирование через широкое водное препятствие, то рекомендуется выполнять синхронные двухсторонние наблюдения.

Основная погрешность этого метода – различие коэффициентов рефракций прямого и обратного лучей:

$$\Delta h_k = \frac{(k_1 - k_2) \cdot D^2}{4 \cdot R}. \quad (10)$$

Чтобы снизить влияние внешней среды, нужно принимать во внимание следующие моменты:

- наблюдения нужно проводить не раньше, чем 30 минут после восхода Солнца и не позже, чем через 30 минут после захода Солнца;
- в летний период с 9 до 17 часов коэффициент рефракции более устойчив;
- пасмурная погода более благоприятна для наблюдений;
- зимнее время вообще не пригодно для тригонометрического нивелирования;
- высота прохождения луча должна быть не менее 1,5 м над поверхностью.

Тригонометрическое нивелирование можно выполнять для расстояний до 300 м, прибором с точностью измерения зенитного расстояния не грубее 3". При расстояниях более 300 м необходимо использовать прибор с погрешностью измерения зенитных расстояний 1–2". Измерения необходимо выполнять в прямом и обратном направлении в наиболее благоприятных условиях.

Также тригонометрическое нивелирование применяется для передачи высот на пункты ГРО, в случае если геометрическое нивелирование применить невозможно. Это могут быть пункты, поднятые на монтажные горизонты.

Априорную оценку точности без учета кривизны Земли и рефракции выполним по формуле:

$$m_h = \sqrt{\left(2 \sin \frac{z}{2} \cdot m_d\right)^2 + \left(D \cos \frac{z}{2} \cdot \frac{m_z}{\rho}\right)^2}. \quad (11)$$

Поставив выше заданные параметры, получим $m_h = 1,5$ мм.

Описание методики выполнения геодезического контроля методом геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование выполнялось по программе III класса. Невязка хода определяется как:

$$f = \pm 10 \sqrt{D_{км}} = 3,3 \text{ мм}, \quad (12)$$

где $D_{км}$ – длина хода в километрах, $D_{км} = 0,11$ км.

На основании критерия Райта-Шовене [7]:

$$\delta = tm, \quad (13)$$

где t – величина равная 2; 2,5; 3, указанная при разработке проекта производства геодезических работ и в нашем случае равная 2,5;

m – среднеквадратическая погрешность;

δ – предельное отклонение.

Отсюда получим среднеквадратическую погрешность $m = \frac{\delta}{t} \sqrt{D} = 1,3$ мм.

Устройство верхнего слоя асфальтобетонного покрытия

После укладки нижнего слоя асфальтобетонного покрытия выполняется разметка контрольных точек. Далее выполняется геодезическая съемка по контролю ровности уложенного слоя асфальтобетонного покрытия [8].

Работы по устройству верхнего слоя асфальтобетонного покрытия выполняются с применением копирной лыжи, при этом особое внимание уделяется сопряжению верхнего слоя покрытия с рабочей гранью деформационного шва. Для обеспечения плавного перехода за 25 м до деформационного шва устанавливалась копирная струна. Контроль ровности асфальтобетонного покрытия [9–11, 16–20] представлен в табл. 4.

Расчет ровности верхнего слоя асфальтобетонного покрытия

№ амплитуды	ПК	Отметка, м	Значение амплитуды, мм
1	99+05,99	8,709	-
2	99+07,95	8,708	-
3	99+10,00	8,713	-
4	99+15,00	8,725	-
5	99+20,00	8,732	-4
6	99+25,00	8,739	0
7	99+30,00	8,741	1
8	99+35,00	8,745	3
9	99+40,00	8,744	4
10	99+45,00	8,738	3
11	99+55,00	8,731	3

Заключение

Предложенный в статье комплексный подход к геодезическому контролю укладки асфальтобетонного покрытия на примере строительства мостового перехода через Керченский пролив обобщает в себе все этапы по устройству асфальтобетонного покрытия и носит комбинированный подход к решению вышеуказанной задачи.

Дана расширенная информация о производстве работ по устройству асфальтобетонного покрытия на мостовых сооружениях. Раскрыт порядок взаимодействия проектных и подрядных организаций на всех этапах устройства асфальтобетонного покрытия. Приведены примеры исходной информации для принятия проектных решений и выходной информации по контролю геометрических параметров асфальтобетонного покрытия.

Выполнена априорная оценка погрешности применяемых методов тригонометрического и геометрического нивелирования. Даны рекомендации по применению вышеуказанных методов производства работ по контролю ровности оснований и покрытий.

По результатам контрольных геодезических измерений можно сделать вывод о фактической ровности всех слоев асфальтобетонного покрытия на мостовых сооружениях. Предложенный комбинированный подход оптимизирует производство работ и обеспечивает их выполнение в соответствии с требованиями нормативно технической документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 9128-97 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой). М., 1999. – С. 3–12.
2. ГОСТ Р 56925-2016 Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий. М., 2016. С. 3–5.

3. СП46.13330.2012 Мосты и трубы. М., 2012. – С. 6–7.
4. СП126.13330.2017 Издание официальное. Геодезические работы в строительстве. М., 2017. – С. 5–12.
5. ОДМ 218.2.025-2012 Деформационные швы мостовых сооружений на автомобильных дорогах. М., 2012. – С. 6–7.
6. ОДМ 218.7.001-2009. Рекомендации по осуществлению строительного контроля на федеральных автомобильных дорогах / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М., 2009. – 32 с.
7. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. (с Изменением N 1) – С.7–8.
8. ОДМ 218.7.001-2009. Рекомендации по осуществлению строительного контроля на федеральных автомобильных дорогах / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М., 2009. – 32 с.
9. Чванов В.В., Лушников Н.А., Стрижевский А.М. Обоснование норм продольной ровности дорожных покрытий, методов ее измерения и контроля / В.В. Чванов, Н.А. Лушников, А.М. Стрижевский // Дороги России XXI века. – 2008. – № 6. – С. 58–62.
10. ISO 8608: 1995. Mechanical vibration – Road surface profile – Reporting of measured data.
11. Gillespie J.S. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board// Transportation Research Board of the National Academies. – Washington, D.C. – 2007. - No. 1990. – PP. 32– 39.
12. Лушников Н.А., Лушников П.А. К вопросу об оценке продольной ровности покрытий автомобильных дорог / Н.А. Лушников, П.А. Лушников// ДОРОГИ И МОСТЫ. – Сборник ст./ ФГУП «РОСДОРНИИ. – М.: 2010, вып. № 23/1. – С. 97–104.
13. Красиков О.А. Оценка ровности автомобильных дорог с использованием международного индекса ровности // Тезисы докл. Всероссийской отраслевой научно-практической конференции / Минтранс РФ. Росавтодор. - Саратов, 2003. – С. 31–32.
14. Нестерович, И. В. Критерии ровности асфальтобетонных дорожных покрытий и их использование при оценке эксплуатационного состояния автомобильных дорог: автореф. дис. канд. техн. наук / И. В. Нестерович. – Минск, 2004. – 23 с.
15. Коугия В.А. Избранные труды СПб.: ПГУПС, 2012. С. 378–410.
16. Леонович, И. И. Диагностика автомобильных дорог / И. И. Леонович, С. В. Богушович, И. В. Нестерович. – М.: ИНФРА, 2011. – 350 с.
17. Питухин А.В., Петров А.Н. Влияние ровности покрытий на работоспособность дорог // Транспорт М. 2012. – С. 71–75.
18. Овчиников И.Г., Макаров В.Н., Овчинников И.И., Ефанов А.В., Старовойт Г.В. Деформационные швы, влияние опорных частей и опор // Мир дорог 2009 №42. – С. 36–37.
19. ГОСТ 33220-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию (Переиздание). М. 2015. – С. 5–7.
20. Казачков С.В., Овчиников И.И., Валиев Ш.Н., Овчиников И.Г. Рекомендуемые конструкции деформационных швов мостовых сооружений и рациональная область их применения // Интернет-журнал «Наукovedение». 2012. №3 [электронный ресурс] <http://naukovedenie.ru/lik/12/12-42.pdf>. – М. – 117 с.

© В. П. Голюк, Д. Г. Назаров, 2020