Министерство образования и науки Российской Федерации
Самарский государственный технический университет

*Филатова А.В.,
Поздышева О.Н., Арутюнян А.О.*

Изучение процессов работы геодезического оборудования при строительстве дорог

монография

*Рекомендовано каф. Автомобильные дороги и геодезическое
сопровождение строительства АСИ СамГТУ
(протокол № 9 от 26 декабря 2016 г.)*

ISBN 978-5-4480-0085-0

Тамбов
2017

ukonf.com/mon

Филатова А.В., Поздышева О.Н., Арутюнян А.О.

Изучение процессов работы геодезического оборудования при строительстве дорог: монография. М-во образования и науки РФ, СамГТУ. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2017. 94 с.

ISBN 978-5-4480-0085-0

DOI: 10.17117/mon.2017.01.02

<https://ukonf.com/doc/mon.2017.01.02.pdf>

РИНЦ: <http://elibrary.ru/item.asp?id=28177125>

Рецензенты:

Попов В.П., д.т.н., проф. СамГТУ, г. Самара

Ганичев А.И., к.т.н., проф. СамГТУ, г. Самара

Информация об авторах:

Филатова А.В., к.ф.н., доц. СамГТУ, г. Самара

Поздышева О.Н., ст. преп. СамГТУ, г. Самара

Арутюнян А.О., магистрант СамГТУ, г. Самара

В монографии отражены наиболее главные достоинства использования электронных тахеометров, методы проведения расчетов с их помощью. Показаны преимущества применения электронных тахеометров по сравнению с традиционными методами полевых съемочных работ, которые осуществляются оптическими теодолитами, дальномерными насадками и другими устаревшими геодезическими приборами.

Монография будет полезна для студентов технических ВУЗов, инженеров и технических работников сферы автомобильного транспорта.

Информация об издании предоставлена в систему Российского индекса научного цитирования – **РИНЦ** по договору № 856-08/2013К

Электронная версия опубликована в **Электронной библиотеке** (свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС 77-57716) и находится в свободном доступе на сайте: **ukonf.com/mon**

Монография. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 5,88. Тираж 500 экз.

Издательство ООО «Консалтинговая компания Юком»

Адрес редакции: Россия, 392000, г. Тамбов, а/я 44

E-mail: mon@ukonf.com

© 2017, Филатова А.В., Поздышева О.Н., Арутюнян А.О.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
Раздел 1. Устройство геодезических приборов и их работа	5
1.1. Устройство электронного тахеометра. Особенности работы	5
1.2. Устройство теодолита. Работа и применение	20
1.3. Устройство нивелира. Применение в строительстве	28
Раздел 2. Пример проектирования автомобильного участка с применением геодезического оборудования	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	93

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время произошло существенное изменение в обеспечении геодезического производства, все это связано с изменением электронной аппаратурной и так же программной базы. Электронные тахеометры заменили привычные нам оптические теодолиты-тахеометры. К классу тахеометров относится огромный круг современных теодолитов, имеющих вертикальные круги, но характерной чертой новейших электронных тахеометров является наличие встроенного светодальномера, электронных отсчетных устройств, микропроцессоров. Введение электронных тахеометров повлекло за собой автоматизацию камеральных работ, специализация программного обеспечения, преимущественно признанным из которого является комплекс КРЕДО. Тем не менее, новые технологии выполнения геодезических работ не исключают знания элементарных убеждений геодезии и традиционных оборудований. Практическая база всех геодезических воздействий выражает применение погрешностей измерений. Рабочий, не владеющий сведениями о применении измерений, несведущий свойства погрешностей измерений, не представляющий способ оценки верности, правила вычислительной обработки приближенных чисел, не может являться экспертом. Основой всех конструкций геодезических приборов является их механическая часть, которая осталась и в электронных теодолитах (наличие лимба, закрепительные и наводящие винты, систем центрирования, горизонтирования, визирования и т.п.). Прежние технологии геодезических измерений, к примеру – метод полярных координат, тригонометрия и геометрия нивелирования, не потеряли своего смысла, а, напротив, обрели новейшую жизнь. Работа с электронными тахеометрами без знания теории и сути измерительного процесса может сопровождать иллюзию абсолютной непогрешимости результатов. Это очень опасно, потому что приводит к браку.

В основе использования современных приборов методы обрабатывания итогов замеров стали более проще (укрывается детализация процессов), возникают новейшие технологии переноса проектов на местность и контроля геометрии объектов при строительных работах. Одно из отличий освоения нынешних средств измерения заключается в наличии подробных инструкций по работе с приборами, которые составляют фирмы. Принимая в расчет, что бакалавр землеустройства или геодезии конечно же может использовать на производстве разнообразные электронные тахеометры и обязан уметь оперативно переключаться от работы с одним из них к работе с другим.

Раздел 1. Устройство геодезических приборов и их работа

1.1. Устройство электронного тахеометра. Особенности работы

Тахеометр – геодезический измерительный инструмент расстояний, а так же горизонтальность и вертикальность углов. Иметь отношение к классу неповторимых теодолитов, его используют для установления координат, высших точек при топографической съёмке на местности и разбивочных работах, выносе на местность высот и координатных проектных точек преимущественно косвенными способами измерений прямых и обратных засечек, тригонометрическим нивелированием.

Рис. 1. Устройство тахеометра

1 Ручка; 2 Закрепительный винт; 3 Метка высоты инструмента;
4 Слот для батареи; 5 Разъем ввода/вывода Данных; 6 Подъемный винт;
7 Основание трегера; 8 Грубый визир; 9 Фокусирующее кольцо зрительной
трубы; 10 Окуляр зрительной трубы; 11 Диоптрийное кольцо оптического
центрира; 12 Крышка сетки нитей оптического центрира;
13 Окуляр оптического центрира; 14 Защелка трегера

Множество современных тахеометров снабжены как вычислительным, так и запоминающим устройствами, они позволяют сберегать замеренные и данные проекта, подсчитывать координатные точки, не имеющиеся в распоряжении для истинных замеров по косвенным наблюдением и т. п. Существуют современные модели дополнительно снабженные системным GPS.

Тахеометры, которые собирают из отдельных модулей, разрешают предпочесть компоненты как раз под теоретические прикладные задания, сполна исключив излишнюю функциональность.

Автоматизация тахеометров прекрасно показала себя при сканировании в данном секторе большего количества точек (фасадное сканирование, мониторинг деформации).

Рис. 2. Детали тахеометра

15 Паз для установки буссоли; 16 Наводящий винт вертикального круга;
17 Закрепительный винт вертикального круга; 18 Наводящий винт
горизонтального круга; 19 Закрепительный винт горизонтального круга;
20 Объектив; 21 Цилиндрический уровень; 22 Юстировочные винты;
23 Панель управления

Приведение в рабочее положение

Центрирование

- 1) Установить штатив над точкой центрирования.
- 2) Закрепить теодолит на головке штатива становым винтом.
- 3) При помощи фокусирующего кольца оптического центрира (2) добиться четкого изображения сетки нитей (см.рис.1).
- 4) При помощи диоптрийного кольца оптического центрира (1) добиться четкого изображения точки над которой производится центрирование.
- 5) Путем вращения подъемных винтов тахеометр совместить перекрестье оптического центрира с изображением центра знак (точки местности) (см.рис.2).

Горизонтирование

- 1) Изменяя длины ножек штатива привести пузырек круглого уровня в «нуль-пункт».

2) Крутя два подъемных винта привести пузырек цилиндрического уровня в «нуль-пункт». Повернуть алидаду на 90° и крутя третий подъемный винт (см.рис.3)привести отклонившейся пузырек вновь в «нуль-пункт». Повернуть алидаду еще раз на 90° , если пузырек отклонился, то все действия повторить до того положения, при котором при повороте алидады пузырек уровня не будет отклоняться от «нуль-пункта» больше чем на 2 деления.

Рис. 3. Подъемные винты цилиндрического уровня

Рис. 4. Устройство пузырька

Таблица 1. Измерения при организации съемочного обоснования

Меню Координаты Вынос в натуру Смещение Повторения Определение НР	Отображение меню параметров измерений
Повторения ГУПвт 0°00'00" Повт. 0 Уср. Набл. Т1 ОТМ	Отображение меню функции повторения

<p>на цель 1</p>	<div>Повторения</div> <div>ГУпвт 0° 00 ' 00 "</div> <div>Повт. 0</div> <div>Уср.</div> <div>Набл. Т1</div> <div>ОТМ</div> <div>ДА</div>	Прибор наведен на первую визирную цель
<div>F4</div>	<div>Повторения</div> <div>ГУпвт 0° 00 ' 00 "</div> <div>Повт. 0</div> <div>Уср.</div> <div>Набл. Т2</div> <div>ОТМ</div> <div>ДА</div>	Установка «нулевого» отсчета по направлению на первую визирную цель
<p>на цель 2</p>	<div>Повторения</div> <div>ГУпвт 72° 24 ' 32 "</div> <div>Повт. 0</div> <div>Уср.</div> <div>Набл. Т2</div> <div>ОТМ</div> <div>ДА</div>	Прибор наведен на вторую визирную цель
<div>F4</div>	<div>Повторения</div> <div>ГУпвт 72° 24 ' 32 "</div> <div>Повт. 1</div> <div>Уср. 72° 24 ' 32 "</div> <div>Набл. Т1</div> <div>ОТМ</div> <div>ДА</div>	Вывод на дисплей значения измеренного угла (ГУпвт.) одним полуприемом
<p>на цель 1</p>	<div>Повторения</div> <div>ГУпвт 72° 24 ' 32 "</div> <div>Повт. 1</div> <div>Уср. 72° 24 ' 32 "</div> <div>Набл. Т1</div> <div>ОТМ</div> <div>ДА</div>	Прибор наведен на первую визирную цель
<div>F4</div>	<div>Повторения</div> <div>ГУпвт 00° 00 ' 00 "</div> <div>Повт. 1</div> <div>Уср. 72° 24 ' 32 "</div> <div>Набл. Т2</div> <div>ОТМ</div> <div>ДА</div>	Установка «нулевого» (первого) визирного направления
<p>на цель 2</p>	<div>Повторения</div> <div>ГУпвт 72° 24 ' 34 "</div> <div>Повт. 1</div> <div>Уср. 72° 24 ' 32 "</div> <div>Набл. Т2</div> <div>ОТМ</div> <div>ДА</div>	Прибор наведен на вторую визирную цель
Значение «Уср.» должно находиться в допустимом расхождении со значением «ГУпвт.» (для SOKKIA 610RK допустимая величина 36")		Контроль

При организации съемочного обоснования необходимо измерять горизонтальные углы и определять горизонтальные проложения. горизонтальные

углы измеряются полным приемом, т.е. при положении вертикального круга теодолита слева и справа. Так как теодолит будет установлен на каждой точке съемочного обоснования, то все линия будет измерена два раза т.е в прямом и обратном направлении. Для автоматизации вычислительных работ используется функция памяти теодолита. Исполнитель должен визуально контролировать качество измерений на каждой станции путем сравнения результатов двойственных измерений. Перед началом измерений необходимо привести прибор в рабочее положение (т.е. произвести его горизонтирование и центрирование). Для экономии заряда батарей все эти действия (кроме действия «горизонтирование при помощи экрана») производят при выключенном питании.

**Таблица 2. Измерение горизонтального угла
при создании съемочного обоснования**

	<div>Измерения</div> <div>ПП - 30</div> <div>ppm 5</div> <div>S</div> <div>Z 83°20'11"</div> <div>ГУп 23°30'22"</div> <div>МЕНЮ НАКЛ Уст.ГУ ДЛН</div>	Включение тахеометра.
--	---	-----------------------

Рис. 5. Диаграмма режимов

Основные операции

Тахеометрическая съемка – это топографическая или контурно-высотная съемка из-за которой обретают план места с обрисовкой ситуации и рельефности. Она осуществляется самостоятельно для создания планов, цифровых моделей малых участков места в больших масштабах (1:500– 1:5000) или в совмещении с иными видами работ, когда выполнение стереотопографической или мензульной съемок экономически не выгодно или технически затруднительно. Результаты такой съемки используют при ведении аграрного или земельного кадастра, для планирования населенных пунктов, проектирования отводов земель и так же мелиоративных мероприятий и т. д. Особенно выигрышно ее использование для съемки узких полос местности при изысканиях трасс каналов, железных и автомобильных дорог, трубопроводов и линий передач.

Тахеометр- это особое устройство тахеометрической съемки выполняющийся при поддержке технических теодолитов.

Во время внедрения технических теодолитов сущность тахеометрической съемки соединяет пребывание пространственных полярных координат, точек территории и последующему нанесению таких точек на план. При данном методе горизонтальный угол меж исходным курсом и курсом на снимаемую точку измеряется с помощью горизонтального круга, отвесный угол v – вертикального круга теодолита, а расстояние до точки D – дальномером. Таким образом, плановое состояние снимаемых точек ориентируется полярным методом (координатами v, d), а превышения точек –способом тригонометрического нивелирования.

Достоинства тахеометрической съемки сообразно сопоставлению с иными обликами топографических съемок содержатся в том, будто она имеет возможность проделываться при не очень благоприятных атмосферных критериях; не считая такого, камеральные работы имеют все шансы проделываться иным исполнителем вдогон за созданием полевых измерений, будто позволяет уменьшить сроки составления плана снимаемой территории. Не считая такого, сам процесс съемки имеет возможность существовать автоматизировано путем применения электронных тахеометров, а составление намерения либо ЦММ – создавать на складе ЭВМ и графопостроителей.

Работа с тахеометром

При исполнении съемки техническими теодолитами (круговыми тахеометрами) служба на станции производится в последующем распорядке.

Теодолит ставят над точкой в рабочее состояние , измеряют вышину устройства/ и фиксируют ее на рейке.

При КЛ (либо КП) совмещают нули лимба и алидады и вращением лимба визируют визуальной трубой на предшествующую (время от времени последующую) станцию; тем самым лимб ориентируется никаким дроблением сообразно подобранному исходному течению. Лимб закрепляют.

Открыв алидаду, создают методичное визирование на снимаемые пикетные точки, на каких устанавливается рейка. Созерцательную трубу наводят на рейку этак, чтоб вертикальная нить сетки совместилась с осью

рейки, а горизонтальная – с ловкой, соответственной высоте устройства. Берут отсчеты сообразно нитяному дальномеру, горизонтальному и вертикальному кругам и записывают их в журнал .

В графе «Примечание» показывают пространство месторасположения речной точки, характер рельефа в предоставленной точке и остальные сведения, необходимые для вычислений и при следующем составлении плана. Если речная точка считается лишь контурной, то при ее съемке отсчет сообразно вертикальному кругу никак не берется.

Станция т. III 18 июля 2002 г.
 $H = 435,57$ м $z = 1,42$ м $V = i$
 $MO = 0^{\circ}0'Г$ Теодолит 2Т30 № 05784
 Лимб ориентирован по т. II при КЛ

Таблица 3. Данные расчетов углов

№ точк и ви- зиро- ва- ния	Отсчеты по кругу		Дально- мерные расстоя- ния $L = Kп, м$	Угол накло на V	Гори- зонт, проло- жение $d, м$	Пре- вы- ше- ние $h,$ м	Абсо- лют- ная от- метка $H, м$	Примечание
	гори- зон- таль- ному	верти- каль- ному						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
т. II	$0^{\circ}00'$							
28	$12^{\circ}32'$	$+2^{\circ}03'$	37,2	$+2^{\circ}02'$	37,2	+1,32	436,89	лощина
29	$47^{\circ}16'$	$+5^{\circ}27'$	54,3	$+5^{\circ}26^*$	53,8	+5,13	440,70	дорога
52	$342^{\circ}12'$	$-2^{\circ}04'$	78,3	$-2^{\circ}05'$	78,2	-2,84	431,15	граница леса ($V=3,00$ м)
т. II	$0^{\circ}0Г$							

Обмеривание углов надлежит делать поверенным теодолитом. Пред началом измерений теодолит ставят в верху измеряемого угла в рабочее состояние. На задней и передней точках А и В (направленности ВА и ВС именуют поэтому младшим и старшим направленностями) в створе рядов отвесно устанавливаются веши (рейки), на нижнюю дробь каких исполняют визирирование (см. рис. 6).

Рис. 6. Измерение горизонтального угла

Методы измерения:

Метод приемов (либо метод единичного угла) – для измерения отдельных углов при проложении теодолитных ходов, выносе планов в натуру и т.д.

Метод круговых способов – для измерения углов из одной точки между и наиболее направленностями в сетях триангуляции и полигонометрии другого и наиболее невысоких классов (разрядов).

Метод повторений – для измерения углов, как скоро нужно нарастить пунктуальность конечного итога измерения маршрутом ослабления воздействия погрешности отсчитывания. Употребляется при труде с техническими повторительными теодолитами. Во взаимосвязи с распространением в геодезической практике оптических теодолитов с высочайшей точностью отсчитывания сообразно угломерным кругам. Метод повторений в значимой мерке потерял родной смысл.

В геодезии измеряют правые и левые горизонтальные углы методом способов. При этом *программа измерения обязана предусматривать как разрешено наиболее совершенное изъятие воздействия главных погрешностей теодолита на точность измерения угла.*

Способ приемов. При закрепленном лимбе вращением алидады визируют на заднюю точку. Сначала по оптическому визиру зрительную трубу наводят от руки, пока визирная цель не попадет в поле зрения. Затем закрепляют зажимные винты алидады и зрительной трубы и, отфокусировав зрительную трубу по предмету, выполняют точное визирование с помощью наводящих винтов трубы и алидады горизонтального круга. Осветив зеркалом поле зрения отсчетного микроскопа, берут отсчет a по горизонтальному кругу и записывают его в журнал измерений. Порядок записи отсчетов в журнале и обработки результатов измерений показан номерами в круглых скобках.

Измерение вертикальных углов

В геодезии углы наклона линий в зависимости от их расположения относительно линии горизонта могут быть положительными (углы возвышения) и отрицательными (углы понижения). При измерении углов наклона перекрестие сетки нитей наводят на визирные знаки; в качестве последних обычно используют вехи (рейки), на которых отмечается точка визирования.

Рис.7 измерение углов наклона

Вертикальные углы измеряют при двух положениях зрительной трубы (КЛ и КП) в прямом и обратном направлениях. Визирование

выполняют на верх рейки либо на круглый отсчет на рейке, отличающийся от высоты прибора /. Контролем правильности измерений вертикальных углов служит постоянство МО, колебания которого не должны превышать Г. Здесь же в поле вычисляют для каждой стороны прямое и обратное превышения, которые могут отличаться по абсолютной величине не более чем на 4 см на каждые 100 м горизонтального расстояния.

Таблица 4. Журнал измерений вертикальных углов

№ ст.	№ точки	Отсчёты, мм			Превышение, мм		Среднее превышение, мм		ГИ, м	Н, м
		<i>a</i> зад- няя	<i>b</i> перед- няя	<i>c</i> про- меж.	+	-	+	-		
1	18 11	ч 1008	ч 1515			0507		050	45,238	44,230
		к 5694	к 6201			0507		7	<u>45,238</u>	43,723
		4686	4686						45,238	
	H ₁			ч 1671						43,567
	H ₂			ч 1301						44,937
	Расчётные формулы: $h_{\text{ч}} = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}}$ $h_{\text{к}} = a_{\text{к}} - b_{\text{к}}$ $h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{к}}}{2}$					ГИ = Н _п + а _ч , м Контроль вычисления ГИ: ГИ = Н _{п-1} + b _ч , м Отметки промежуточных точек: Н _i = ГИ – с _i , м				

При работе с номограммными тахеометрами прямые и обратные превышения для каждой стороны хода измеряют по кривым превышений.

После производства измерений на станции по созданию съёмочного обоснования приступают к съёмке ситуации и рельефа.

Рис. 8. Измерение вертикальных углов

Измерение расстояний

Под параллактическим методом понимается косвенный метод определения расстояния с помощью малого базиса, разбиваемого поперек измеряемой линии, и параллактических углов, под которыми базис рассматривается с концов линии. Впервые данный метод был применен русским астрономом и геодезистом В.Я. Струве в 1836 г. при измерении длин сторон в полигонометрии.

Параллактический метод используется в случаях, когда непосредственное измерение невозможно из-за наличия в створе линий различных препятствий либо затруднительно ввиду сильно пересеченной местности.

Геометрическая фигура, образованная измеряемой линией с базисом и связывающим их построением называется параллактическим звеном. Наиболее широкое распространение в геодезической практике получили два типа простых параллактических звеньев.

В электронных тахеометрах расстояния измеряются по разности фаз испускаемого и отраженного луча (фазовый метод), иногда (в некоторых современных моделях) по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно (импульсный метод). Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от многих внешних параметров: температуры воздуха, давления, влажности и т. п. Диапазон измерения расстояний зависит также от режима работы тахеометра (отражательный или безотражательный). Дальность измерений при безотражательном режиме напрямую зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится измерение. Дальность измерений на светлую гладкую поверхность (штукатурка, кафельная плитка и пр.) в несколько раз превышает максимально возможное расстояние, измеренное на темную поверхность. Максимальная дальность линейных измерений: для режима с отражателем (призмой) – до пяти километров (при нескольких призмах еще дальше); для безотражательного режима – до одного километра. Модели тахеометров, которые имеют безотражательный режим могут измерять расстояния практически до любой поверхности, однако следует с осторожностью относиться к результатам измерений, проводимым сквозь ветки, листья, потому как неизвестно, от чего отразится луч, и, соответственно, расстояние до чего он промеряет. Существуют модели тахеометров, обладающие дальномером, совмещенным с системой фокусировки зрительной трубы. Преимущества таких приборов заключается в том, что измерение расстояний производится именно на тот объект, по которому в данный момент выставлена зрительная труба прибора.

Для выполнения съёмки электронный тахеометр устанавливают на станции и настраивают его в соответствии с условиями измерений. На пикетах ставят специальные вешки с отражателями, при наведении на которые автоматически определяются расстояние, горизонтальные и вертикальные углы. Если тахеометр имеет безотражательный режим, то можно производить измерения на реечные точки, в которых нет возможности установить вешку с отражателем. МикроЭВМ тахеометра по результатам измерений вычисляет приращения координат и превышение h с учетом всех поправок. Все

данные, полученные в ходе измерений, сохраняются в специальном запоминающем устройстве (накопителе информации). Они могут быть переданы с помощью интерфейсного кабеля на ПЭВМ, где с использованием специальной программы выполняется окончательная обработка результатов измерений для построения цифровой модели местности или топографического плана. Совместное использование электронного тахеометра с ПЭВМ позволяет полностью автоматизировать процесс построения модели местности.

Координатные измерения

Под координатным измерением геометрических параметров понимается измерение координат точек реальных поверхностей в заданной номинально ортогональной системе координат и последующее определение по ним геометрических параметров объектов. Под геометрическими параметрами понимаются как размерные параметры, так и параметры отклонения формы и расположения поверхностей.

Элементарным понятием идеальных пространственных, трехмерных или трехкоординатных измерений является измерение пространственных координат точки. Под измерением координат точки в ортогональной декартовой системе координат понимается прямое измерение длин, проекций ее радиус-вектора. Для адекватного описания теоретической трехмерной модели измерений координат точки необходимо и достаточно наличие трех откалиброванных прямолинейных осей координат, содержащих единицу длины и их ортогональность.

Последний факт объясняется тем, что подавляющее большинство алгоритмов обработки результатов измерений координат с целью определения геометрических параметров, нормативная база взаимозаменяемости, да и все расчеты в технологии машиностроения, как правило, проводятся в ортогональной декартовой системе координат.

Ввод данных о станции

Электронный тахеометр стал привычным универсальным геодезическим прибором, широко используемым на различных этапах строительства. Теперь работа наблюдателя не требует высокой квалификации, так как снятие отсчетов максимально упрощено. Поэтому за тахеометром чаще всего стоит помощник (роботизированными моделями можно управлять дистанционно без наблюдателя), а геодезист с вехой выполняет обязанности речника, осуществляя выбор пикетов (и при этом ведя абрис).

По своей сути вся работа с прибором сводится к определенной последовательности стандартных действий. Электронный тахеометр работает в двух основных режимах: режиме измерений и режиме записи.

Начинается работа с подготовительных операций, во время которых производится установка прибора и его включение. При этом, возможно, придется провести инициализацию (по запросу) вертикального и горизонтального круга, а также ввести исходные данные (давление, температура, постоянная призмы и т.д.).

Для режима съемки необходимо создать новый проект или открыть существующий, куда будут записываться данные. После чего проводится определение станции – вводится номер точки стояния и высота инструмента. Затем вводится номер точки ориентирования и производится наведение на эту точку. При этом прибор производит запись отсчета горизонтального круга (в некоторых моделях производится обнуление отсчета). После этого можно (но не обязательно) провести измерение дальности до точки ориентирования, что может быть использовано в последующем для контроля.

Следующим этапом является проведение измерений на точки ПВО (планово-высотного обоснования) и тахеометрическая съемка на пикеты. По окончании работ рекомендуется провести проверку обнуления на точку ориентирования, что является замыканием горизонтального круга и помогает устранить накопившиеся за время работы ошибки.

Кроме съемки в меню тахеометра имеются и другие режимы: обратная засечка, разбивка, определение площадей и объемов, косвенные определения, вычисление высоты недоступной точки и т.д. (в более функциональных моделях может быть предусмотрен режим COGO, трассирование, специальные функции для дорожного и другого строительства и т.п.).

Обратная засечка используется для привязки точки стояния прибора по наблюдениям на несколько твердых (с известными координатами) точек.

В режиме разбивки по заранее введенным в память координатам прибор (не роботизированный) указывает, на какой угол его надо развернуть (роботизированные модели разворачиваются самостоятельно) и на какое расстояние установить вешку с отражателем. Более точно эту операцию позволяет выполнить указатель створа, устанавливаемый стандартно на многих моделях.

Определение площадей выполняется путем математических вычислений после снятия отсчетов на угловые точки границы участка.

Режим COGO позволяет выполнять все виды прикладных вычислений (в частности, определение координат, расстояний и азимутов, решение прямой и обратной геодезической задачи и т.д.).

Немаловажны и камеральные работы с тахеометром, а именно подготовка данных для передачи с компьютера в память прибора и обработка полученных после измерений результатов. Это выполняется при помощи специализированного программного обеспечения.

При выполнении съемки техническими теодолитами (круговыми тахеометрами) работа на станции выполняется в следующем порядке.

1. Теодолит устанавливают над точкой в рабочее положение, измеряют высоту прибора / и отмечают ее на рейке.

2. При КЛ (или КП) совмещают нули лимба и алидады и вращением лимба визируют зрительной трубой на предыдущую (иногда последующую) станцию; тем самым лимб ориентируется нулевым делением по выбранному начальному направлению. Лимб закрепляют.

3. Открепив алидаду, производят последовательное визирование на снимаемые пикетные точки, на которых устанавливается рейка. Зрительную трубу наводят на рейку так, чтобы вертикальная нить сетки совместились

с осью рейки, а горизонтальная – с меткой, соответствующей высоте прибора. Берут отсчеты по нитяному дальномеру, горизонтальному и вертикальному кругам и записывают их в журнал (табл.9).

В графе «Примечание» указывают место расположения реечной точки, характер рельефа в данной точке и другие сведения, необходимые для вычислений и при последующем составлении плана. Если реечная точка является только контурной, то при ее съемке отсчет по вертикальному кругу не берется.

Таблица 9. Данные измерения при тахеометрической съемки

Журнал тахеометрической съемки Станция т. III 18 июля 2002 г. H = 435,57 м z = 1,42 м V = i МО = 0°0Г Теодолит 2Т30 № 05784 Лимб ориентирован по т. II при КЛ								
№ точки визи-рования	Отсчеты по кругу		Дально-мерные расстоя-ния L = Кп, м	Угол накло-на V	Гори-зонт, проло-жение d, м	Пре-выше-ние h, м	Абсо-лютная от-метка Н, м	Примечание
	гори-зон-таль-ному	верти-каль-ному						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
т. II	0°00'							
28	12°32'	+2°03'	37,2	+2°02'	37,2	+1,32	436,89	лощина
29	47° 16'	+5°27'	54,3	+5°26'	53,8	+5,13	440,70	дорога
				*				
52	342°12'	-2°04'	78,3	-2°05'	78,2	-2,84	431,15	граница леса (V=3,00 м)
т. II	0°0Г							

Проверки и юстировки электронного тахеометра

Перед тем как приступить к работе с любым геодезическим прибором, необходимо выполнить проверки.

При работе с электронным тахеометром обычно выполняются следующие проверки:

1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие тахеометра следующим требованиям:

– отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики тахеометра;

– наличие маркировки и комплектности согласно требованиям эксплуатационной документации на тахеометр;

– оптические системы должны иметь чистое и равномерно освещенное поле зрения.

1. Опробование

При опробовании должно быть установлено соответствие тахеометра следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов тахеометра;
- плавность и равномерность движения подвижных частей тахеометра;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- правильность установки установочного круглого уровня;

2. Определение отклонения оси лазерного центрира от вертикальной оси вращения тахеометра.

Отклонение оси лазерного центрира от вертикальной оси вращения тахеометра определяется с помощью палетки с миллиметровой сеткой и вычисляется как разность двух отсчетов полученных по палетке (проекция центра лазерного луча на палетку) взятых при установке алидады тахеометра через 180° .

Рис. 10. Лазерный центрир

Отклонение визирной оси лазерного центрира от вертикальной оси вращения тахеометра должно быть не более $\pm 0,8$ мм.

Длина линий между рейками при выполнении этой поверки должна быть 75 м. $X = \frac{a_1}{v_1} - \frac{a_2}{v_2}$ где: a_1 ; v_1 – соответственно отсчеты по рейке и высота нивелира (мм) при установке на первой точке; a_2 ; v_2 – то же, на второй точке.

Проверка:

1). Установите прибор на штатив, включите и при помощи подъёмных винтов приведите его в отвесное положение. Положите лист белой бумаги с нарисованным на нём перекрестием под штатив, на котором установлен прибор.

2). Нажмите клавишу [LASER] и двигайте лист бумаги таким образом, чтобы точка пересечения совпадала с отметкой лазера.

3). Вращая прибор вокруг вертикальной оси, следите, чтобы центральная отметка находилась под углом 90° относительно оси при каждом повороте прибора.

4). Если отметка лазера всегда совпадает с центром перекрестия, нарисованного на бумаге, необходимости в дополнительных настройках нет.

Поверка положения визирной оси зрительной трубы.

Нажатием клавиши ENT переходим в меню измерений режим А (РЕ. А).

Выбираем отдалённый ясно видимый предмет и вращением алидады визируем на точку А, например, при положении КЛ. При помощи клавиши F3 (0 ВВОД) обнуляем отсчёт по горизонтальному кругу (Г. угол $0^\circ 00' 00''$). Затем переводим трубу через зенит, визируем на точку А при КП отсчёт при этом должен быть равен 180° . Если отсчёт отличается от 180° , то необходимо выполнить юстировку инструмента при помощи регулировочных винтов сетки нитей.

Рис. 11. Положение визирной оси зрительной трубы

4. Поверка места нуля.

Для выполнения поверки необходимо при помощи клавиши F5 (РЕЖИМ) сменить маску дисплея до появления строки с отсчётом по вертикальному кругу (В. угол). Далее наводим зрительную трубу на точку А отдалённого ясно видимого

Предмета (например при КЛ) и снимаем данные вертикального угла. Затем поворачиваем зрительную трубу и алидаду на 180°. Снова наводимся на точку А при КП и снимаем данные вертикального угла.

Если $КЛ+КП = 360^\circ$, необходимости в дальнейших настройках нет.

Если в результате вычислений полученные данные значительно отличаются от $(КЛ+КП = 360^\circ)$, то необходимо связаться с сервисным центром.

1.2. Устройство теодолита. Работа и применение

Теодолит – геодезический прибор предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний и углов ориентирования. Горизонтальный угол – это ортогональная проекция пространственного угла на горизонтальную плоскость.

Теодолиты классифицируют по точности, конструктивным особенностям и назначению. По точности измерения углов теодолиты подразделяются на: *высокоточные со средней квадратической ошибкой измерения угла одним приемом до 1//.

Среднеквадратическая ошибка или погрешность измерений m

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} \quad (1)$$

где $[\Delta^2]$ – сумма квадратов истинных погрешностей; n – число измерений величины угла

точные – до 2...5//; *технические – 15...60//. В соответствии с этим теодолиты обозначают: Т05; Т1; Т2; Т5; Т15; Т30 и Т60.

По конструктивным особенностям: *теодолиты со стеклянными кругами (лимбами) и их называют оптическими и металлическими – их больше не выпускают; **теодолиты с компенсаторами – заменяющими цилиндрический уровень при вертикальном круге, например: Т5К; Т15К; ***теодолиты с оптикой, обеспечивающей прямое изображение, например: Т15КП; ****теодолиты усовершенствованных конструкций, к марке базовой модели добавляют соответствующую цифру, например: 2Т5К; 2Т30; 2Т30П; 4Т30П; *****теодолиты делятся на неповторительные (простые) и повторительные. У неповторительных теодолитов лимб скреплен с подставкой. Неповторительная система осей предусмотрена у высокоточных теодолитов. У повторительных теодолитов лимб имеет закрепительный винт и наводящее устройство и может вращаться независимо от вращения алидады (повторительная система осей лимба и алидады). По назначению: выполняют в геодезическом и маркшейдерском исполнении, например: Т15М; Т30М.

Зрительная труба – объектив, окуляр, оптический визир, сетка нитей. Сетка нитей зрительной трубы (рис.3.1.): вертикальный штрих;

горизонтальный штрих; биссектор; перекрестье нитей; штрихи нитяного дальномера. Ориентир-буссоль – кронштейн, закрепительный винт, винт арретира. Штативы (треноги, трегеры). Раздвижные штативы – деревянные и металлические. Кремальера – фокусирующий винт.

1 – вертикальный штрих; 2 – горизонтальный штрих; 3 – биссектор;
4 – перекрестье нитей; 5 – штрихи нитяного дальномера

Рис. 12. Сетка нитей зрительной трубы

Лимб – плоское кольцо с нанесенными на боковой поверхности штрихами, делящими окружность на равные части (градусы и т.п.); служит для отсчета углов.

Алидада – линейка с верньерами или микроскопами на концах, вращающаяся вокруг оси, проходящей через центр угломерного лимба; служит для отсчета углов.

2ТЗ0П – теодолит технический, повторительный с односторонней системой отсчета и прямым изображением. Основные части теодолита 2ТЗ0П (см. рис.13).

Рис. 13. Технический теодолит 2ТЗ0П

На рис. 13: а – вид спереди: 1 – фокусирующий винт; 2 – цилиндрический уровень горизонтального круга; 3 – закрепительный винт алидады горизонтального круга; 4 – закрепительный винт лимба; 5 – закрепительный

винт трубы; 6 – колонки; 7 – кронштейн буссоли; 8 – вертикальный круг; 9 – объектив; 10 – оптический визир; 11 – горизонтальный круг; 12 – наводящий винт лимба; 13 – крышка футляра; 14 – подъемный винт; 15 – становой винт; 16 – микроскоп отсчетного устройства; б – вид сзади: 17 – окуляр; 18 – наводящий винт вертикального круга; 19 – наводящий винт алидады горизонтального круга; 20 – подставка с подъемными винтами; 21 – цилиндрический уровень при трубе; в – ориентир-буссоль: 1 – закрепительный винт; 2 – кронштейн; 3 – винт арретира.

Рис. 14. Принципиальная схема теодолита

С помощью фокусирующего винта теодолита добиваются совмещения плоскости изображения предмета с плоскостью сетки нитей. Несовпадение плоскости изображения предмета и плоскости сетки нитей, называют *параллаксом*. Параллакс легко устраняют небольшим поворотом фокусирующего винта прибора. Полную установку трубы для наблюдения осуществляют “по глазу” и “по предмету”.

Рис. 15. Круглый уровень

Рис. 16 Контактный уровень

На рис. 15 и 16: 1 – коробка; 2 – стеклянная крышка; 3 – заполняющая жидкость; 4 – пузырек; 5 – ось круглого уровня; 6 – юстировочные винты; 7 – концентрические круговые линии; S – ноль пункт; а – ось горизонтальна; б – ось не горизонтальна.

Уровни – служат для приведения геодезических приборов или отдельных их частей в горизонтальное или вертикальное положение. Различают уровни: *круглые* (см.рис.15), *цилиндрические* (см.рис.17) и *контактные* (см.рис.16).

Рис.17. Цилиндрический уровень

1 – ампула; 2 – заполняющая жидкость; 3 – пузырек;
4 – ось цилиндрического уровня; 5 – оправа; S – ноль-пункт

Круглые уровни удобны, но точность их не высока. Более точные цилиндрические уровни. Контактные уровни более удобны в работе и в несколько (5...6) раз повышают точность установки прибора.

Отсчетные устройства различают: *верньерного типа – применяются в устаревших приборах с металлическими кругами (ТТ50; ТТ5); **штриховые микроскопы – использовались в оптических теодолитах первых выпусков – Т30; ТОМ; ***шкаловые микроскопы (Рис.3.7.) – применяют в современных оптических теодолитах технического класса 2Т30П и др; ****оптические микроскопы в точных теодолитах типа Т2; *****микроскопы-микрометры в высокоточных теодолитах типа Т1 и астрономических угломерных приборах.

Рис.18. Поле зрения шкаловых микроскопов

На рис. 18: б – шкаловый микроскоп теодолита 2Т30, 2Т30П, 4Т30П: отсчет по вертикальному кругу: $B = 0^{\circ}17'$; отсчет по горизонтальному кругу: $\Gamma = 124^{\circ}18'$; в – шкаловый микроскоп теодолита Т15: отсчет по вертикальному кругу: $B = 358^{\circ}16'$; отсчет по горизонтальному кругу: $\Gamma = 124^{\circ}42'$; г – шкаловый микроскоп теодолита Т15К: отсчет по вертикальному кругу: $B = 0^{\circ}03'$; отсчет по горизонтальному кругу: $\Gamma = 241^{\circ}47'$.

Поверки и юстировки теодолитов. Установка теодолита в рабочее положение, (см. приложение)

Измерение горизонтальных углов. Различают следующие основные способы измерения горизонтальных углов: приемов; совмещением нулей лимба и алидады; повторений. Способ приемов – состоит в измерении справа по ходу лежащего угла (см. рис. 19).

Рис. 19. Схема измерения угла способом приемов

а – при размещении нуля лимба вне измеряемого угла;

б – при размещении нуля лимба внутри измеряемого угла

Измерения выполняют при двух положениях вертикального круга – при круге “лево” (КЛ) и круге “право” (КП). Для измерения угла АСВ закрепляют лимб и визируют трубу на заднюю точку А. Затем закрепив алидаду, считывают по горизонтальному кругу отсчет a . Открепляют алидаду и визируют трубу на переднюю точку В и закрепив алидаду, считывают передний отсчет b . (Чтобы определить, какая точка левая, какая правая, надо стать в вершине угла лицом внутрь его. Правая “задняя”; левая – “передняя”).

Одно такое измерение называют *полуприемом*. Искомый справа по ходу лежащий угол β определяют по правилу: отсчет назад a минус отсчет вперед b :

$$\beta = a - b.$$

Если ноль лимба расположен внутри измеряемого угла (см. рис. 19 б), то к меньшему заднему отсчету следует прибавить 360° , тогда

$$\beta = (a + 360^{\circ}) - b.$$

Второй полуприем выполняют, переведя трубу через зенит, при положении “круг право” (КП) и при новом положении лимба, который смещают приблизительно на 90° .

Два полуприема составляют *полный прием*. Расхождение результатов между двумя полуприемами не должно превышать удвоенной точности теодолита $\pm 2t$. При большем расхождении угол измеряют вновь. Если расхождение допустимо, то в качестве окончательного результата берут среднее

значение из результатов двух измерений. Во избежание появления ошибки, связанной с наклоном вех, визирование производят на нижнюю часть вехи.

Способ совмещения нулей лимба и алидады используют, когда необходимо быстро оценить значение измеряемого угла. Совместив нули лимба и алидады, осуществляют точную наводку перекрестья нитей зрительной трубы на переднюю точку В. Закрепив лимб и открепив алидаду, визируют трубу на заднюю точку А. Отсчет по горизонтальному кругу непосредственно выразит значение измеряемого угла по ходу лежащего угла.

Погрешность визирования, точность измерения горизонтальных углов.

Погрешность визирования

$$m_v = \frac{60''}{v} \quad (2)$$

где v – увеличение труб; $60''$ – минуты

Точность измерения горизонтального угла способом приемов определяется как

$$m_\beta = \frac{t}{2}, \quad m = \frac{1'}{2} = 0.5' = 30 \text{сек}$$

где t – точность взятия отсчета. $t=1'$

Средняя квадратическая ошибка измерения горизонтального угла способом приемов будет равна

$$m_\beta = \frac{t}{2\sqrt{n}} \quad (3)$$

где n – количество измерений угла.

Погрешность отсчета равна половине точности отсчетного устройства.

Точность отсчета:

*штриховой микроскоп – цена деления лимба – $10''$; отсчет делают с точностью до $1''$.

**шкаловый микроскоп теодолита 2ТЗ0П – цена деления лимба – $5''$. Отсчет делают с точностью до $1''$. Шкаловый микроскоп теодолита Т15, Т15К – цена деления лимба – $1''$. Отсчет делают с точностью до $1''$

Топографической съемкой называют комплекс полевых и камеральных работ по определению взаимного планово-высотного расположения характерных точек местности, выполняемых с целью получения топографических карт и планов, а также их электронных аналогов.

Если съемку выполняют только для получения плана местности без изображения рельефа, то такую съемку называют *ситуационной* или *горизонтальной*. (Горизонтальная съемка является частным случаем тахеометрической съемки). Если в результате съемки должны быть получены план и цифровая модель местности (ЦММ) или карта с изображением рельефа, то такую съемку называют *топографической*.

В зависимости от основного используемого прибора различают несколько видов съемок:

1*теодолитная съемка; 2*тахеометрическая съемка; 3*мензульная съемка; 4*нивелирование поверхности по квадратам; 5*фототеодолитная съемка; 6*аэрофотосъемка; 7*комбинированная съемка – сочетание

аэросъемки и одного из видов наземных топографических съемок;
8*наземно-космическая.

Способы съемки ситуации.

Методы съемок подробностей местности

Съемке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации местности, существующей застройки, благоустройства, подземных и наземных коммуникаций, а также рельеф.

Съемку ситуации местности производят одним из следующих способов:

Метод прямоугольных координат (см.рис.20 а). Положение точки на местности устанавливают по величине абсциссы X (расстояние от ближайшей точки съемочного обоснования по стороне теодолитного хода) и ординатой Y (расстояние от соответствующей стороны теодолитного хода). Ординату Y определяют с помощью зеркального экера, гониометра и рулетки.

Рис.20. Схема теодолитной съемки методом координат

а – прямоугольных; б – полярных

Метод полярных координат (см.рис.20б).применяется в открытой местности. Угол β откладывается от теодолитного хода. S – нитяным дальномером. Метод особенно эффективен при использовании электронных тахеометров.

Рис.21 Схема теодолитной съемки способом засечек

а – угловых засечек; б – линейных засечек

Метод прямых угловых засечек (см.рис.21а) применяется в открытой местности, где не представляется возможным производить непосредственные измерения расстояний на местности. Положение каждой снимаемой точки определяют измерением горизонтальных углов β_1 и β_2 от стороны теодолитного хода (базиса).

Метод линейных засечек (см.рис.21б) применяется в открытой местности. АВ – базис, сторона теодолитного хода. Расстояния S_1 и S_2 откладывают рулеткой или лентой.

Метод обхода (см.рис.22) реализуют проложением теодолитного хода по контуру снимаемого объекта с привязкой этого хода к съемочному обоснованию. Углы $\beta_1, \beta_2, \beta_n$ измеряют теодолитом при одном положении круга; расстояния – любым известным методом. Применяют в закрытой местности недоступных объектов значительной площади.

Рис. 22. Схема теодолитной съемки методами:
а – обхода; б – створов

Метод створов (см.рис.22б).Состоит в том, что на прямой между двумя известными точками, размещенными на сторонах съемочного обоснования (М и N), с помощью одного из мерных приборов определяют положение точек а, в, с.

Наземно-космический метод горизонтальной съемки состоит в получении координат ситуационных точек местности с геодезической точностью посредством приемников систем спутниковой навигации “GPS”, ГЛОНАСС.

При производстве теодолитных съемок ведут абрис и журнал измерений. Абрис представляет собой схематический чертеж отдельных сторон съемочного обоснования и контуров ситуации в любом приемлемом масштабе, но с обязательным указанием величины промеров. Абрис изображают в пикетажном журнале обычно в масштабе 1:2000. Он необходим для построения точного плана или профиля. В полевом журнале записывают результаты измерения углов теодолитом.

При производстве геодезических работ приходится решать **прямую и обратную геодезические задачи**(см.рис.23):

Известно: АВ – сторона теодолитного хода; d – горизонтальное проложение стороны теодолитного хода АВ; α – дирекционный угол; X_a, Y_a - координаты точки А.

Требуется определить: координаты точки В – X_b, Y_b .

Из рис. $\Delta x = d \cos \alpha$;

$\Delta y = d \sin \alpha$ (4)

где Δx и Δy - приращения координат, проекция линии АВ на оси Х и Y. Знаки Δx и Δy будут определяться знаками тригонометрических функций, т.е четвертью, в которой будет расположен дирекционный угол α .

Рис. 23. Основные геодезические задачи

При переходе от дирекционных углов α к румбам r , получим:

$$\Delta x = d \cos r;$$

$$\Delta y = d \sin r; \quad (5)$$

Знаки приращений координат Δx и Δy определяют в соответствии с названиями четвертей румбов (см. Лабораторные занятия). Зная приращения координат Δx и Δy , определяют координаты точки В

$$X_b = X_a + \Delta x \quad (6)$$

$$Y_b = Y_a + \Delta y \quad (7)$$

*обратная геодезическая задача.

Известно: Координаты точек А (X_a, Y_a) и В (X_b, Y_b)

Требуется определить: горизонтальную проекцию стороны теодолитного хода d и дирекционный угол α направления АВ.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad \alpha = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad d = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} \quad \text{или} \quad d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (8)$$

Связь между дирекционными углами и румбами известна.

1.3. Устройство нивелира. Применение в строительстве

Приведение наклонных линий к горизонту

Тахеометрическая съемка местности неразрывно связана с тригонометрическим нивелированием. Тригонометрическим нивелированием называют процесс измерения разности высот точек местности (превышений) и определение их высот с помощью наклонного луча визирования угломерного геодезического прибора-теодолита (см. рис. 24).

На рис. 24: h –превышение между точками А и В. Если расстояние между точками А и В местности не превышает 300 м ($d \leq 300$ м), то в этом случае можно не учитывать влияние кривизны Земли и рефракции атмосферы и считать, что уровенная поверхность является плоскостью, а визирный луч прямолинеен.

$$MN = d \cdot \operatorname{tg} v, \quad (9)$$

$$h + l = d \cdot \operatorname{tg} v + i, \quad (10)$$

Рис. 24. Схема тригонометрического нивелирования

Откуда искомое превышение

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - l \quad (11)$$

где i – высота прибора (горизонт инструмента, ГИ); l – высота наводки.

При

$$l = i \quad h = d \cdot \operatorname{tg} v \quad (12)$$

Приведение наклонных линий к горизонту (см. рис. 25). Горизонтальную проекцию d можно определить: измерив на местности наклонное расстояние D землемерной лентой, рулеткой или измерительным колесом и угол наклона v .

Рис. 25. Схема к расчету горизонтальной проекции измеренного наклонного расстояния

Угол наклона местности к горизонту v определяют либо по вертикальному кругу оптического теодолита (2Т30П и др.), либо с помощью *эклиметра-высотомера*. Погрешность измерения углов наклона эклиметром составляет $\pm 0,25^\circ$. Из рис. 25 следует

$$d = D \cdot \cos v \quad (13)$$

Величину

$$\Delta D = D - d = D - D \cdot \cos v = 2D \cdot \sin^2 \frac{v}{2} \quad (14)$$

называют *поправкой за наклон линии местности к горизонту*.

Для определения горизонтального проложения d формулой (14) следует пользоваться в тех случаях, когда расстояние D на местности измерено землемерной лентой или рулеткой

При выполнении тахеометрической съемки расстояние D определяется оптическим нитяным дальномером. Точность измерения расстояний нитяным дальномером относительно невелика и составляет порядка 1:300 измеряемого расстояния.

5. Сущность тахеометрических съемок и их назначение. Приборы используемые для тахеометрических съемок.

Приборы, в которых реализована определенная автоматизация измерений, в результате чего непосредственно измеряются превышения и горизонтальные проложения, называются *тахеометрами*.

Тахеометрическая съемка – самый распространенный вид наземной топографической съемки. Все измерения по определению пространственных координат характерных точек местности выполняют комплексно с использованием одного геодезического прибора – тахеометра. Положение снимаемой точки местности в плане определяют измерением полярных координат (горизонтальный угол α и дальномерное расстояние D). Горизонтальное проложение

$$d = D \cos \alpha = L \cos^2 \nu \quad (15)$$

Для определения горизонтального проложения d формулой (15) следует пользоваться в тех случаях, когда расстояние D на местности определено нитяным дальномером.

Высотное положение точки определяют по формуле (15). Основными масштабами для производства тахеометрических съемок являются: масштаб 1:500 – высота сечения рельефа 0,25...0,5 м; масштаб 1:1000 с высотой сечения рельефа 0,5...1,0 м; масштаб 1:2000 с высотой сечения рельефа 1,0...2,0 м. Служат для составления планов и ЦММ.

Приборы, используемые для тахеометрической съемки.

*оптические теодолиты Т15К; 2Т30; 2Т30П; 4Т30П.

**номограммные тахеометры различных марок – Dahlta 020; Dahlta 010В; ТН.

***электронные тахеометры: Та20; Та5; Та3; Та3М; 2Та5; 3Та5; Elta R55; REKOTA; RETA

– рейки нивелирные; рейки телескопические – 4^х метровые; рейки Dahlta;

– светодальномеры: Блеск 2; 2СМ2; СМ5 и др;

– землемерные ленты и рулетки;

– приемники спутниковой навигации GPS, ГЛОНАСС.

При использовании GPS, ГЛОНАСС тахеометрическую съемку следует называть *топографической наземно-космической*.

Особенно эффективно использование электронных тахеометров, позволяющих фиксировать результаты измерений сразу на магнитные носители, с последующим вводом информации в память компьютера и ее автоматической обработкой.

При выполнении тахеометрической съемки на станции необходимо: знать номер станции; отметку станции; направление; место нуля МО; горизонт прибора и коэффициент дальномера. Измерить: горизонтальный и вертикальный угол; расстояние дальномером. Вычислить: превышения и отметки реечных точек.

1. Принципы измерения вертикальных углов.

Измерение вертикальных углов необходимо для создания планово-высотного обоснования топографических съемок, привязке к пунктам ГГС, выполнения тахеометрических съемок и решения ряда других задач инженерной геодезии.

Вертикальным углом (или углом наклона) v называют угол, лежащий в вертикальной плоскости, проходящей через заданное направление и его проекцию на горизонтальную плоскость. Для измерения углов наклона у оптических теодолитов имеются вертикальные оцифрованные круги – *лимбы*, наглухо соединенные со зрительной трубой, и отсчетные устройства – *алидады*, позволяющие определять величины углов наклона с высокой точностью.

2. Приборы, применяемые для измерения вертикальных углов.

Для измерения вертикальных углов используются те же приборы, что и для измерения горизонтальных углов. Для измерения вертикальных углов предназначен вертикальный круг теодолита.

3. Вертикальный круг теодолита. Место нуля. Измерение углов наклона.

Измерение вертикальных углов начинают с установки прибора в рабочее положение. Перед взятием отсчета по вертикальному кругу у теодолитов, имеющих уровни при алидаде вертикального круга, пузырек уровня с помощью установочного винта алидады вертикального круга приводят в ноль-пункт и тем самым обеспечивают неизменность положения отсчетного устройства вертикального круга в момент взятия отсчетов. *(Цилиндрический уровень при трубе теодолита 2ТЗ0П используют лишь в том случае, когда требуется выполнить нивелирование горизонтальным лучом визирования).* Теодолит 2ТЗ0П не имеет отдельного уровня при вертикальном круге. Для теодолитов не имеющих уровня при алидаде вертикального круга, перед отсчетом по нему, действуя подъемными винтами, приводят пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в ноль-пункт. Для получения величины угла наклона визирной оси по вертикальному кругу теодолита необходимо знать место нуля вертикального круга МО. *Местом нуля МО* называют отсчет по вертикальному кругу теодолита при горизонтальном положении визирной оси трубы и исходном положении отсчетного устройства.

При хорошо отъюстированном приборе место нуля МО должно быть близко к 0^0 . Но практически значение МО отличается от 0^0 на некоторую величину, которую необходимо учитывать при определении углов наклона " v ". Для удобства расчетов МО приводят к значению, близкому к нулю, с положительным или отрицательным знаком. Например: $МО = +0^002'$ или $МО = -0^001'$. Принято считать углы наклона *повышения* – *положительными*, а углы наклона *понижения* – *отрицательными*.

Для измерения вертикальных углов и определения МО необходимо прежде всего установить: какое основное положение имеет вертикальный круг теодолита – "лево" (Л) или "право" (П). *Основным положением вертикального круга теодолита является то, при котором получают малый положительный (меньше 90^0) отсчет угла наклона повышения.* Если основным

типом вертикального круга теодолита является “круг лево” (КЛ), а лимб оцифрован против хода часовой стрелки, то для определения места нуля МО и углов наклона “v” используют следующие расчетные формулы:

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}; v = КЛ - МО; \quad (16)$$

$$v = \frac{КЛ - КП}{2}; v = МО - КП; \quad (17)$$

Вычисление v обычно ведут по одной из формул, а другую используют для контроля.

По приведенным формулам ведут вычисления для следующих распространенных приборов, имеющих основные положения вертикального круга (КЛ): 2Т30; 2Т30П; 4Т30П; Т15К; 2Т5; 2Т5К.

Критерием качества (гарантией правильности) измерения вертикальных углов служит постоянство места нуля МО. *Колебание их величин не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита.* Значение МО не оказывает влияния на конечные результаты измерения, но удобнее, когда их значения близки к 0°. Чтобы убедиться в постоянстве МО, необходимо перед работой определить МО из наблюдений нескольких точек местности. В дальнейшем во время работы следует периодически определять его значение

МО определяют так: устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, находят хорошо видимую точку и наводят на нее трубу при круге “лево” (Л) и берут отсчет по вертикальному кругу. Трубу переворачивают через зенит, теодолит на 180° и вновь, теперь уже при круге “право” (П), наводят крест сетки нитей на ту же точку и берут отсчет по вертикальному кругу. Место нуля МО определяют по формуле (17).

При работе с теодолитами различных марок формулу для вычислений МО узнают из паспорта, прикладываемого к каждому теодолиту.

4. Точность измерения вертикальных углов. Уточнить

Точность измерения горизонтального угла способом приемов определяется как

$$m_{\beta} = \frac{t}{2}, \quad (18)$$

где t – точность взятия отсчета, равна половине точности отсчетного устройства.

2Т30П – отсчет производится по шкалам, цена деления которых соответствует 5/, с округлением до 0,1 деления (т.е. до 30//). Таким образом, точность отсчетного устройства – 30//. Точность измерения горизонтального угла – 30:2=15//?

Погрешность отсчета равна половине точности отсчетного устройства. Для теодолита минутной точности эта погрешность составляет 30//

Погрешность визирования определяется из выражения $m_v = \frac{60//}{v}$, где v – увеличение трубы.

При v=20× m_v, будет равно ±(60:20) = ±3//

Точность измерения вертикальных углов в основном зависит от точности установки прибора, ошибки взятия отсчета и *рефракции* атмосферы. Для технических теодолитов точность измерения вертикальных углов в 1,5 раза ниже точности измерения горизонтальных углов.

5. Перенос на местность угла и заданного расстояния.

Построение проектного горизонтального угла β осуществляют от известного направления между пунктами разбивочной основы или от известной оси сооружения. Для этой цели устанавливают теодолит над вершиной переносимого в натуру проектного угла, приводят теодолит в рабочее положение и берут отсчет по горизонтальному кругу при основном положении вертикального круга. К полученному отсчету прибавляют величину угла поворота β и открепив алидаду, устанавливают ее на этот вычисленный отсчет. На некотором удалении от прибора фиксируют в створе его визирной оси точку C_1 на местности (см. рис. 26).

Рис. 26. Схема измерения и построения горизонтальных углов
1 – способом приемов; 2 – способом совмещения нулей

Аналогичным образом выполняют построение и при другом положении вертикального круга и получают точку C_2 . В качестве искомого проектного угла принимают угол между исходным направлением и точкой C (см. рис. 26). Для контроля правильности построения проектного угла его измеряют полным приемом. Если для построения проектного угла высокой точности не требуется, используют способ совмещения нулей.

Устанавливают на горизонтальном круге отсчет $0^{\circ}00'$ и при закрепленной алидаде открепляют лимб и ориентируют прибор на исходное направление. Закрепив лимб и открепив алидаду, устанавливают на лимбе отсчет, равный значению проектного угла β и полученную таким образом точку отмечают на местности. Аналогичным образом выполняют построение угла и при другом положении вертикального круга. За окончательное положение берут точку C в середине между двумя построениями.

Отложение проектного расстояния заключается в определении и закреплении на местности наклонного расстояния D , соответствующего проектному горизонтальному расстоянию d .

$$D = d + 2d \sin^2 v / 2 \quad (19)$$

где d – известное проектное горизонтальное расстояние;

v – угол наклона линии к горизонту, измеряют на местности.

Если известно превышение h между начальной и конечной точками линии, то наклонное расстояние определяют как

$$D = d + \frac{h^2}{2d} \quad (20)$$

Если допустимая относительная ошибка отложения проектной длины не превышает 1:2000, то при углах наклона до 1° поправку за уклон местности можно не учитывать и принимать $D = d$.

6. Линейные измерения. Землемерные ленты и рулетки. Измерительные колеса.

Рулетки. Металлические рулетки в закрытом корпусе типа РЗ длиной 10, 20, 30 и 50м (см. рис. 27).

Рис. 27. Рулетка травленая из нержавеющей стали 50-метровая Р50Т (а); тесьмаяная 10-метровая (б)

Рулетки изготавливают из нержавеющей стали, а рулетки для высокоточных измерений – из инвара (магнитный сплав железа с никелем. Обладает малым температурным коэффициентом линейного расширения).

Землемерные ленты выпускают двух типов – ЛЗ (штриховые) и ЛЗШ (шкаловые) длиной 20, 24 и 50 м (см. рис. 28).

Рис.28. Землемерная лента типа ЛЗ
а – землемерная лента; б – лента в транспортном положении на кольцевой оправе; в – комплект шпильки

Ленты изготавливают в виде стальных полос шириной 10...20 мм и толщиной 0,4...0,5 мм. В комплект землемерной ленты ЛЗ входят: сама лента, металлическая кольцевая основа и 6 или 11 шпилек. Каждый метр на ленте отмечен металлической оцифрованной пластиной (3); полуметры обозначены металлическими заклепками (4), а дециметры – сквозными круглыми отверстиями (5), расположенными по оси ленты. Сантиметры отсчитывают “на глаз”. ЛЗ позволяют измерять длины линий на местности с относительной погрешностью 1:2000.

Для повышения точности измерений длин линий применяют ЛЗШ. На концах этих лент имеются

шкалы длиной 10...15 см с сантиметровыми и миллиметровыми делениями. Относительная точность измерения лентами с дополнительным оборудованием – до 1:5000.

Прежде чем применить мерный прибор, его рабочую длину сравнивают с эталонной, длина которой известна с высокой точностью. Такое сравнение называют компарированием. Осуществляют компарирование на специальных устройствах – компараторах. Фактическая длина ленты λ

$$\lambda = \lambda_0 \pm \Delta\lambda_k, \quad (5.6)$$

где λ_0 – номинальная длина контролируемой ленты; $\Delta\lambda_k$ – поправка.

Поправку принимают со знаком “плюс”, если рабочая длина ленты больше эталонной, и со знаком “минус”, если рабочая длина меньше эталонной.

При измерении длин линий лентами ЛЗ следует помнить: *число шпилек в руке заднего исполнителя соответствует количеству отложенных лент от начала соответствующего 100 или 200 метрового отрезка*. Задний исполнитель, вынув последнюю шпильку из земли и оставив ленту на месте, идет к переднему исполнителю и передает ему соответственно 5 или 10 шпилек. *Число передач шпилек задним исполнителем переднему соответствует количеству отложенных 100 или 200 метровых отрезков от начала измеряемой прямой*. Линию для контроля измеряют дважды и среднее арифметическое двух измерений принимают в качестве окончательного результата. Расхождение между двумя измерениями не должно быть больше 1:2000.

Измерительные колеса (полевые курвиметры) весьма эффективны, когда измерения ведут по ровным твердым покрытиям (на автомобильных дорогах, улицах, аэродромах). Они обеспечивают измерение длин линий с относительной погрешностью до 1:1000.

1. Оптические дальномеры позволяют определять расстояния дистанционным способом. По конструктивным особенностям оптические дальномеры подразделяют на нитяные и двойного изображения.

*Нитяной дальномер состоит из двух дальномерных штрихов (нитей) сетки нитей (аа, вв) и вертикальной рейки с сантиметровыми делениями, устанавливаемой в точке местности, до которой измеряют расстояние. При изучении принципов измерения расстояний нитяным дальномером возможны два случая:

*визитная ось горизонтальна и перпендикулярна вертикальной оси рейки;

****визирная ось наклонна и не перпендикулярна вертикальной оси рейки.**

Первый случай – частный; второй – общий.

У современных приборов, имеющих внутреннюю фокусировку трубы, для случая горизонтального положения визирной оси можно написать

$$d = Cn, \quad (22)$$

где C – коэффициент дальномера.

Для второго (общего) случая, определение расстояния нитяным дальномером при наклонном положении визирной оси при угле наклона визирной оси к горизонту v , можно получить некоторое условное дальномерное расстояние L

$$L = Cn' \quad (23)$$

Поскольку рейка вертикальна, то она отклонена от нормали к визирной оси на угол v , следовательно

$$D = Cn = Cn' \cos v, \quad (24)$$

И, наконец, зная угол наклона визирной оси к горизонту v , можно определить

$$d = Cn' \cos^2 v = L \cos^2 v \quad (25)$$

2. Неприступное расстояние может быть определено одним из следующих способов: *базисов; **равных треугольников; ***прямого промера по оси; ****наземно-космическим

Способ базисов состоит в измерении расстояния с помощью прямой угловой засечки

Рис. 29. Схема определения неприступного расстояния способом базисов

*от точки A (см.рис.29).измеряемой линии строят два базиса b_1 и b_2 таким образом, чтобы между ними и измеряемой прямой линией образовались два треугольника с углами при основании не менее 30° и не более 150° .

Базисы измеряют землемерной лентой или рулеткой дважды. За расчетное – принимают среднее значение.

**полным приемом теодолита измеряют углы при основаниях полученных треугольников ABC_1 и ABC_2 – α_1 ; γ_1 и α_2 ; γ_2 . По теореме синусов (отношение сторон к противолежащим углам) дважды определяют расстояние x

$$x_1 = \frac{b_1 \sin \gamma_1}{\sin \beta_1} \quad x_2 = \frac{b_2 \sin \gamma_2}{\sin \beta_2} \quad (26)$$

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2}{2}. \quad (27)$$

Способ равных треугольников состоит в построении в доступном месте двух равных прямоугольных треугольников с взаимно параллельными сторонами, в которых одна из сторон является искомым недоступным отрезком x . Из рис.30

*в точке А откладывают прямой угол λ и откладывают дважды некоторый отрезок b , получают точки С и А'; **в точке В и С устанавливают вехи, а в точке А' откладывают прямой угол λ к линии АА'; ***точка пересечения перпендикуляра к точке А' и продолженного направления ВС дает искомую точку В'. Измерив рулеткой или землемерной лентой отрезок А'В' = d , получим величину неприступного расстояния $x = d$

Рис. 30. Схема определения неприступного расстояния способом
а) равных треугольников; б) прямого промера оси

Способ прямого промера по оси (см.рис.30)используют в тех случаях, когда есть в наличии *электронный тахеометр* или *светодальномер*. В точке А устанавливают электронный тахеометр или светодальномер, а в точке В – на штативе- однопризменный или шестипризменный отражатель. Расстояние измеряют в режиме многократного измерения с определением расстояния $x = d_{cp}$.

Наземно-космический способ определения неприступного расстояния используют при наличии приемника спутниковой навигации GPS. Устанавливают GPS в точках А и В. Определяют координаты X_a, Y_a и X_b, Y_b . Решая обратную геодезическую задачу, устанавливают искомое расстояние x и, если необходимо, дирекционный угол направления α .

3. Геометрическое нивелирование. *Геометрическим нивелированием* называют процесс измерения разностей высот точек местности (превышений) и определения их высот с помощью горизонтального луча визирования геодезического прибора (нивелира).

При *геометрическом нивелировании* превышение h между точками А и В определяют с помощью горизонтального луча визирования (см.рис.31).

Геометрическое нивелирование “из середины”

Для определения превышения h между точками А и В – берут отсчеты a (“взгляд назад”) и b (“взгляд вперед”). Тогда превышение между точками А и В будет равно

$$h = a - b \quad (28)$$

Рис. 31. Способы геометрического нивелирования
а) способ “из середины”; б) способ “вперед”

Если превышение оказалось положительным, то передняя точка В расположена выше задней точки А и наоборот. Таким образом, *превышение передней точки над задней равно разности отсчетов “взгляд назад” минус “взгляд вперед”*.

$$H_b = H_a + h \quad (29)$$

т.е. высота передней точки равна высоте задней плюс соответствующее превышение.

Высота последующей точки может быть также определена и через горизонт инструмента H_i (см. рис. 31 а).

$$H_i = H_a + a \quad (30)$$

Горизонт прибора равен высоте точки плюс “взгляд на эту точку”. Высота передней точки В

$$H_b = H_i - b \quad (31)$$

Высота точки равна горизонту прибора минус “взгляд на эту точку”.

Способ нивелирования “из середины” является основным при производстве инженерных работ, поскольку на результаты нивелирования практически не сказывается точность юстировки прибора (нивелира), а также влияние кривизны Земли и рефракции земной атмосферы.

Геометрическое нивелирование способом “вперед”

Прибор устанавливают таким образом, чтобы окуляр его трубы находился над точкой А (рис. 6.3, б). Вертикальное расстояние от центра окуляра до точки А называют *высотой прибора i* . Из рис. 31 б

$$h = i - b \quad (32)$$

т.е. превышение между точками равно высоте прибора минус “взгляд вперед”.

На результаты нивелирования способом “вперед” существенное влияние оказывает точность юстировки прибора (т.е. обеспечение практической горизонтальности оси), а также влияние кривизны Земли и рефракции

земной атмосферы. Способ используют при поверках и юстировках нивелиров перед началом полевых работ.

Виды геометрического нивелирования. Нивелирование с одной стоянки прибора (станции) называют *простым*. Если требуется определить превышения или высоты для многих точек на значительном протяжении, то нивелирование осуществляют с нескольких станций, т.е. прокладывают нивелирный ход. Такое нивелирование называют *сложным*. В процессе сложного нивелирования точки, общие для двух смежных станций, называют *связующими*, а остальные – *промежуточными*.

Нивелирование вдоль трассы линейного сооружения называют *продольным*, а по перпендикулярам к трассе – *поперечным*. Для получения топографического плана в горизонталях производят *нивелирование поверхности*.

4. Классификация и устройство нивелиров. В соответствии с ГОСТ нивелиры:

а) по точности разделяют на три типа:

*высокоточные (типа Н-05); *точные (типа Н-3); *технические (типа Н-10).

Цифра в обозначении марки нивелира указывает значение средней квадратической ошибки превышения на 1 км двойного нивелирного хода; Н-05 $m=0,5$ мм; Н-3 $m=3$ мм;

Н-10 $m=10$ мм.

б) по конструктивным особенностям – нивелиры могут иметь цилиндрический уровень при трубе (Н-3), у которых визирная ось приводится в горизонтальное положение *вручную и с компенсатором*, в котором визирная ось зрительной трубы приводится в горизонтальное положение автоматически. Обозначение марки таких нивелиров дополняется буквой К (Н-3К). применение нивелиров с компенсаторами повышает производительность труда на 15...20%.

в) нивелиры с лимбом для измерения горизонтальных углов (например Н-10КЛ).

г) нивелиры улучшенной модификации. Цифра, стоящая перед обозначением марки прибора, указывает номер улучшенной модификации базовой модели (2Н-3Л).

Устно. Нивелиры с цилиндрическим уровнем при трубе (см.рис.32.)

– зрительная труба (с обратным изображением) с 30х кратным увеличением; объектив и окуляр с диоптрийным кольцом;

– фокусирующий, наводящий и закрепительный винты;

– целик (для грубой наводки на рейку);

– зрительная труба соединена вертикальной осью вращения с подставкой;

– круглый уровень при трубе;

– подъемные винты;

– контактный цилиндрический уровень, наглухо скрепленный со зрительной трубой;

– элевационный винт.

Рис. 32. а) нивелир Н-3 – вид справа; б) нивелир Н-10Л

1 – зрительная труба; 2 – фокусирующий винт; 3 – закрепительный винт;
4 – наводящий винт; 5 – круглый уровень; 6 – элевационный винт; 7 – объектив;
8 – окуляр; 9 – гибкая пластина; 10 – подъемные винты; 11 – подставка;
12 – целик; 13 – цилиндрический уровень; 14 – коробка с юстировочными
винтами цилиндрического уровня

У нивелиров Н-10КЛ и 3Н-2КЛ труба имеет прямое изображение. Точный нивелир Н-3К не имеет закрепительного винта, поскольку труба вращается вокруг своей оси с легким фрикционным усилием. Поэтому грубая наводка прибора на рейку осуществляется вручную, а точная бесконечным наводящим винтом.

5. Способы контроля нивелирования. Для исключения грубых ошибок в ходе геометрического нивелирования обязательно осуществляют контроль одним из следующих способов.

1*. *Нивелирование в два нивелира.* Первый нивелировщик фиксирует все репера, связующие и промежуточные точки, второй нивелировщик – только репера и связующие точки. При обнаружении недопустимых невязок между отдельными связующими точками, осуществляют третье (контрольное) нивелирование только между этими точками. Это один из наиболее надежных способов контроля нивелирования.

2*. *Двойной нивелирный ход.* Нивелирование ведут одним прибором в прямом и обратном направлениях. Превышения между конечными точками, полученные в прямом и обратном направлениях сравнивают между собой и с допустимой погрешностью. Применяется при привязке трассы к пунктам Государственной нивелирной сети.

3*. *Замкнутый нивелирный ход* – используют при создании планово-высотного обоснования топографических съемок в виде замкнутых теодолитных ходов–полигонов. Контролем служит алгебраическая сумма превышений между связующими точками, которая должна равняться нулю. Этот

способ контроля не дает возможности обнаружить ошибки в превышениях соизмеримой величины, но разных знаков.

4*. *Нивелирный ход между реперами и марками Государственной нивелирной сети.*

Поскольку отметки реперов и марок известны, их сравнивают с высотами, полученными по результатам собственного нивелирования. Допустимые невязки распределяют пропорционально длинам сторон нивелирного хода с обратным знаком. Недостатки этого способа – см. п.3.

5*. *Одиночный нивелирный ход с дополнительными контрольными точками* используют, когда высоты связующих точек могут быть получены дважды при нивелировании с соседних станций. Это и служит контролем нивелирования.

Точность геометрического нивелирования (в лб).

Допустимая невязка в превышениях для нивелирного хода длиной L км

$$f_h = f_{h\text{ км}} \sqrt{L}, \text{ мм} \quad (33)$$

где $f_{h\text{ км}}$ – предельная невязка на 1 км нивелирного хода.

Для технического нивелирования различного назначения

$$f_h = (50 \dots 100) \sqrt{L}, \text{ мм}$$

где L – длина двойного нивелирного хода, км.

Рис. 33. Схема геометрического продольного и поперечного нивелирования трассы линейного сооружения по пикетажу

а – установка прибора между связующими точками в профиле;

б – в плане; 1 – привязка трассы к реперам и маркам государственной нивелирной сети; 2 – поперечник

К нивелированию трассы приступают после планово-высотного ее закрепления, разбивки пикетов и плюсовых точек, главных точек трассы и выноса пикетов на кривые. Нивелирование трассы осуществляют обязательно методом из середины. В качестве связующих точек используют пикеты.

Привязку трассы к реперам и маркам государственной нивелирной сети (ГНС) обычно производят в начале и конце трассы (см.рис.32), а иногда и в промежуточных точках. Высотную привязку трассы производят двойным нивелирным ходом либо нивелированием в два нивелира с допустимой невязкой не более $\pm 50 \sqrt{L}$ мм (где L – длина двойного нивелирного хода, в км). При привязке трассы к реперам и маркам рейки устанавливают на специальные металлические башмаки, костыли или на твердые местные предметы (камни, пни, корни деревьев и т.д.).

Привязку к реперам ГНС осуществляют в обычном порядке. Привязка к маркам, размещаемым на высоте порядка 2...2,5 м имеет свои особенности (см. рис. 33).

$$H_6 = H_M + (-a) - v, \quad (34)$$

где H_M – высота марки; a – взгляд на марку; v – отсчет вперед.

Рис. 34. Привязка трассы к марке государственной нивелирной сети

Нивелирование трасс автомобильных дорог обычно осуществляют в два нивелира. Первый нивелировщик берет отсчеты на все связующие и промежуточные точки, второй – только на связующие. В конце дня вычисляют превышения и сравнивают результаты между собой. Если между некоторыми связующими точками обнаружены недопустимые расхождения в результате первого и второго нивелирования, то между этими точками осуществляют третье (контрольное) нивелирование. При геометрическом нивелировании трасс автомобильных дорог в два нивелира отсчеты берут только по черным сторонам реек.

В ходе нивелирования трассы ведут полевой журнал нивелирования, куда записывают задние, передние и промежуточные отсчеты. Записи ведут карандашом, четким почерком, при этом пользоваться резинкой для исправления отсчетов не допускается. Каждую страницу журнала нивелирования всегда начинают *задним*, а заканчивают *передним* отсчетом на очередную связующую точку или репер. На каждой странице полевого журнала выполняют постраничный контроль. Высоты промежуточных точек в постраничном контроле не участвуют.

1. *Нивелирование крутых склонов* осуществляют одним из следующих способов:

а. геометрическим нивелированием. Используют способ установки нивелира в стороне от трассы (см. рис. 35). При установке нивелира в створе – до рейки возможно малое расстояние, не обеспечивающее резкое изображение реек в поле зрения трубы.

Рис.35. Геометрическое нивелирование крутых склонов с установкой нивелира в стороне от трассы

*а – план нивелируемого участка трассы;
б – продольный профиль; 1 – стоянка прибора*

б. тригонометрическим нивелированием – с использованием электронного тахеометра (наклонного луча визирования). Задача решается довольно просто, как правило, с одной стоянки тахеометра.

в. наземно-космическим способом с использованием приборов спутниковой навигации GPS геодезического класса точности.

При нивелировании трассы на заболоченных участках местности целесообразно придерживаться следующих правил:

- по возможности использовать нивелиры с компенсаторами;
- связующие точки на местности обозначать мощными кольями;
- штатив устанавливать на наклонные колья;
- перед взятием отсчета каждый раз контролировать установку прибора по круглому уровню при подставке;
- при очень неустойчивых грунтах нивелирование проводить двумя нивелировщиками, когда один из них берет отсчет назад, а второй вперед, не обходя нивелира;
- работу выполнять в зимний период по замерзшему болоту.

2. *Передача высот через водные преграды* особенно актуальна, если на противоположном берегу отсутствуют пункты государственной нивелирной сети.

А. передача высот геометрическим нивелированием. В этом случае следует тщательно проводить поверки и юстировки прибора. *Определяют*

постоянство положения визирной оси при фокусировании. Приборы, не отвечающие этому требованию, к работе на водных преградах не пригодны. Здесь сильно сказывается влияние рефракции атмосферы при прохождении визирных лучей в неоднородном поле рефракции.

Работе по передаче высот через водные преграды предшествует установка двух притрассовых реперов P_1 и P_2 на правом и левом берегах водотока (см. рис. 36).

Рис.36. Схема передачи высот через водные преграды
 а – при ширине водотока до 300 м; б – с использованием островов и осередков; в, г – через реки с крутыми берегами

а. рейки устанавливают вблизи уреза воды таким образом, чтобы расстояние l_1 от нивелира до реек были по возможности соизмеримы, а лучи визирования проходили в одинаковом поле рефракции атмосферы (см.рис.36а).

б. с использованием островков при ширине реки до 500...600 м (см.рис.36б).Остров можно использовать для установки на нем нивелира или связующей точки;

в, г. через реки с крутыми берегами. Способы а и б при крутых берегах не применимы из-за невозможности обеспечить прохождение лучей визирования в одинаковом поле рефракции атмосферы. В этом случае передавать высоты целесообразно нивелированием в два нивелира одновременно на обоих берегах водотока.

Б. передачу высот по урезным кольям можно осуществлять в безветренную погоду на прудах, озерах, а также на реках со спокойным течением. На обоих берегах выкапывают отводные канавки и одновременно по сигналу в каждой канавке забивают кол таким образом, чтобы его срез находился на уровне воды (см.рис.37а).

Рис. 37. Схема передачи высот через водные преграды по урезным кольям
 а – установка урезных кольев; б – нивелирование урезных кольев

Затем каждый урезный кол связывают двойным геометрическим нивелированием с притрассовыми реперами на соответствующих берегах водотока. Урезному колу на противоположном берегу присваивают известную высоту первого урезного кола.

В. *передачу высот в зимний период* осуществляют двойным нивелирным ходом по окрепшему льду.

Г. *использование приборов спутниковой навигации GPS.*

3. *Съемку поперечников* осуществляют для последующего определения объемов земляных работ, проектирования земляного полотна и системы водоотвода. Съемку производят методами геометрического или тригонометрического нивелирования. Геометрическое нивелирование применяется редко и главным образом в равнинной местности.

Поперечники разбивают перпендикулярно оси трассы на прямых участках и по радиусу на кривых. Длину поперечника принимают такой, чтобы в его пределах разместилось земляное полотно со всеми его элементами. При съемке нивелир устанавливают в стороне от снимаемого поперечника. Отсчеты берут только по черной стороне рейки. Вычисление высот осуществляют через горизонт прибора. Съемка поперечников методом тригонометрического нивелирования требует существенно меньших трудовых затрат и является более производительной. Не требует предварительной разбивки поперечников и съемка осуществляется с одной станции.

Вынос на обноску строительного нуля (проектной высоты) (см.рис.38).

Рис.38. Схема выноса строительного нуля на обноску

При высотной разбивке пользуются так называемым *строительным нулем*, за который принимают уровень чистого пола первого этажа, абсолютная высота которого H_0 известна. Для выноса строительного нуля на обноску (т.е. для нанесения черты, обозначающей строительный ноль) нивелир устанавливают между ближайшим репером и обносочной и берут отсчет на репер a (рис. 39 б). Из рисунка. Горизонт прибора

$$H_i = H_r + a \quad (35)$$

Отсчет на рейку, если бы она была на строительном нуле

$$v = H_i - H_0 \quad (36)$$

Устанавливают рейку рядом с доской обноски, перемещая рейку вверх, вниз – добиваются отсчета “ v ”. Получив нужный отсчет *по пятке рейки* на обноске проводят масляной краской горизонтальную черту, которую и принимают за строительный нуль. Далее высотную разбивку зданий и сооружений ведут, отсчитывая высоты от строительного нуля.

Построение линии (плоскости) с проектным (заданным) уклоном. Для этой цели устанавливают проектные высоты начальной А и конечной В точек линии и обозначают их на местности (см.рис.39а).

Рис. 39. в. Схема построения линии заданного уклона

Рис. 39. г. Схема построения проектной плоскости

Устанавливают нивелир непосредственно над точкой А таким образом, чтобы один из подъемных винтов совпадал с направлением АВ. Измеряют высоту прибора i над точкой А. Наводят прибор на точку В и наклоняют зрительную трубу прибора подъемным винтом до тех пор, пока отсчет по рейке, установленной в точке В, не окажется равным $v = i$. Еще лучше для выноса линии с проектным уклоном использовать теодолит с лазерной насадкой, лазерный нивелир или лазерный визир. Таким образом, линия визирования нивелира будет установлена параллельно проектной линии на расстоянии $v = i$. Перемещая рейку по линии в необходимых местах забивают колья таким образом, чтобы отсчеты по рейке во всех точках были бы равны высоте прибора $v = i$.

Построение проектной плоскости АВСД осуществляют при планировке горизонтальных и наклонных площадок следующим образом:

Вначале выносят в натуру точки А, В, С и Д, принадлежащие проектной плоскости, строят на местности их проектные высоты. Нивелир устанавливают над одной из точек (А) таким образом, чтобы два подъемных винта

располагались параллельно линии АВ (см.рис.39г).Измеряют высоту прибора i и подъемными винтами 1 и 2 наклоняют зрительную трубу так, чтобы отсчет по рейке в точке В был равен i . Установив затем рейку в точке D, вращением подъемного винта 3 устанавливают отсчет по рейке, равный i . Для контроля берут отсчет по рейке, установленной в точке С, который также должен быть равен i . В необходимых точках планируемого участка устанавливают рейку и забивают колья таким образом, чтобы отсчеты по рейке были равны i .

1. Способы нивелирования поверхности. Для составления топографических планов участков местности со слабо выраженным рельефом может быть использован метод геометрического нивелирования. Он применяется для составления планов и ЦММ масштабов 1:500; 1:1000; 1:2000 с высотой сечения рельефа 0,1...0,5 м.

В зависимости от назначения съемок и условий местности могут быть использованы следующие способы геометрического нивелирования поверхности:

1. Способ поперечников к магистральному ходу. Наиболее часто употребляется при съемке притрассовой полосы линейных объектов. Планово-высотным обоснованием в этом случае является трасса линейного объекта (теодолитно-нивелирный ход).

Вдоль трассы линейного объекта с помощью угломерного прибора и землемерной ленты или рулетки через определенные расстояния разбивают поперечники aa_1 , bb_1 , cc_1 и т.д. (см. рис. 40).

Рис.40. Способ поперечников к магистральному ходу

Поперечники обычно разбивают на пикетных и плюсовых точках трассы линейного сооружения, высоты которых уже определены в результате продольного нивелирования.

Съемку притрассовой полосы нивелированием по поперечникам осуществляют в такой последовательности:

- с помощью нивелира с лимбом, теодолита или экера восстанавливают перпендикуляр к трассе ($\alpha=90^\circ$).
- в полевом журнале съемки поперечников фиксируют пикетажное положение снимаемого поперечника (например: ПК2+30);

- обозначают характерные точки местности на поперечнике, фиксируя в журнале соответствующие расстояния влево и вправо от трассы (Л+3,5; Л+6,0; П+3,5; П+6,0 итд);
- устанавливают нивелир вблизи снимаемого поперечника таким образом, чтобы с одной стоянки прибора можно было снять все точки поперечника;
- берут отсчет на точку трассы, в которой разбит поперечник и определяют горизонт прибора;
- берут последовательно отсчеты на все точки влево и вправо от трассы;
- определяют высоты точек через известный горизонт прибора.

Рис. 41. Способ параллельных линий

2. *Способ параллельных линий* (см.рис.41). Часто применяют в слабохолмистой местности при исполнительных съемках строительных площадок (например, покрытий автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос и т.п.). В качестве планово-высотного обоснования используют взаимно-перпендикулярные теодолитно-нивелирные прямолинейные ходы (жирные линии рис.41), прокладываемые вблизи границ снимаемого участка местности или по его середине. Съёмочные ходы прокладывают в виде линий, параллельных сторонам основного хода.

3. *Способ полигонов* применяется на больших участках местности со спокойным рельефом. В качестве планово-высотного обоснования используют систему теодолитных ходов, прокладываемых вблизи границ снимаемого участка местности и по характерным линиям рельефа. Для съёмки ситуации и рельефа съёмочные ходы разбивают в виде поперечников к сторонам планово-высотного обоснования.

4. *Способ квадратов*. Планово-высотным обоснованием служат вершины квадратов, закрепленные на местности кольями и обозначенными по определенной принятой на практике изысканий схеме (рис.42).

Сначала на местности с помощью угломерного прибора и землемерной ленты или рулетки строят наружный полигон в виде большого квадрата или прямоугольника, внутри которого разбивают сетку больших квадратов со сторонами от 100 до 1000 м. Затем каждый большой квадрат заполняют квадратами со сторонами от 20 до 200 м и т.д. Длины сторон квадратов принимают в зависимости от размеров снимаемой территории, масштаба съёмки, высоты сечения рельефа и пр.

Рис.42. Способ квадратов

2. Нивелирование поверхности по квадратам. При разбивке на местности плано-высотного обоснования в виде сетки квадратов, их вершины, называемые пикетами, обозначают: по оси ординат – арабскими цифрами, по оси абсцисс – прописными буквами русского алфавита (рис.42). Вершину каждого квадрата (пикет) обозначают на местности точкой, вбитой вровень с поверхностью Земли, и сторожком с соответствующим обозначением пикета. Разбивку сетки квадратов на местности осуществляют в такой последовательности:

1. Установив в точке А угломерный прибор, осуществляют вешение линии АД.

2. С помощью землемерной ленты или рулетки на линии АД разбивают пикеты а-1; а-2; а-3 и т.д. с шагом δ – равным стороне квадрата. Каждый пикет обозначают на местности точкой и сторожком, а точки А и Д, кроме того, обозначают вехами.

3. От линии АД откладывают горизонтальный угол в 90° и намечают линии АВ. От точки А с шагом δ обозначают на местности б-1, в-1, г-1 и т.д.

4. Устанавливают угломерный инструмент в точке Д, и от линии обоснования ДА откладываем угол в 90° . Полученное направление ДС разбивают с шагом δ , обозначают на местности пикеты.

5. Аналогичную работу выполняют, установив прибор в точке В. Проверяют положение точки С, отклонение от которой не должно превышать 0,5 мм в масштабе плана.

6. Осуществляют вешение линий и разбивку пикетажа по направлениям 2-2, 3-3 и т.д.

7. В ходе разбивки съемочного обоснования ведут абрис и съемку ситуации.

8. Характерные точки рельефа и ситуации, находящиеся внутри квадратов, снимают методом прямоугольных координат (точка К) или линейных засечек (точка L).

Нивелирование пикетов. Если стороны квадратов имеют размеры 100 м и более, то каждый квадрат нивелируют отдельно с установкой прибора приблизительно в его середине. При меньших размерах сторон квадрата с одной станции обычно нивелируют сразу несколько квадратов. В этом случае некоторые вершины квадратов образуют нивелирные хода технической точности. На рис.42 нивелирный ход образован связующими пикетами в-1, д-4, в-5 и а-3. (Как следует из рисунка, привязка каждой станции к двум опорным точкам *обязательна*). Между связующими пикетами превышения определяют по черным и красным сторонам реек: $h_{ч} = a_{ч} - в_{ч}$; $h_{к} = a_{к} - в_{к}$. При допустимом расхождении в превышениях до 10 мм (в других источниках до 5 мм), вычисляют среднее превышение $h_{ср}$. Остальные пикеты нивелируют как обычные промежуточные точки, при этом отсчеты берут только по черной стороне реек. Привязку к пунктам государственной геодезической сети (ГГС) ведут в обычном порядке.

1. Геодезическая сеть – система закрепленных на земной поверхности точек – *геодезических пунктов*, положение которых определено в общей системе координат.

При создании геодезической сети на местности выполняют работы по измерению горизонтальных и вертикальных углов, длин линий, определению превышений и высот точек, закреплению пунктов сети.

Если пункты геодезической сети несут только плановые координаты Х и У, то такую сеть называют *плановой*, если только высоты Н, то – *высотной*. Если пункты сети имеют все три координаты – Х, У и Н, то такую геодезическую сеть называют *планово-высотной*. По своему назначению и точности геодезические сети разделяют на *государственные, сети сгущения и съемочные*.

Точную геодезическую сеть, имеющую координаты, распространяемые на всю территорию страны и являющуюся основой для построения других сетей, называют *государственной геодезической сетью* (ГГС).

Сеть, полученную в результате развития между пунктами ГГС и связывающую их со съемочными сетями, называют *геодезической сетью сгущения* (ГСС).

Геодезическую сеть, создаваемую для непосредственного производства топографических работ и геодезического обеспечения решения инженерных, научных и практических задач, называют *съемочной геодезической сетью*.

3. Государственная плановая геодезическая сеть. Государственные геодезические сети страны подразделяются на 1,2,3 и 4 классы.

*геодезическая сеть 1 класса проложена рядами триангуляции по параллелям и меридианам, которые образуют звенья длиной по 200-250 км (рис.43.)

Рис. 43. Схема государственной плановой геодезической сети

Звенья, пересекаясь между собой, образуют систему триангуляционных полигонов с периметрами порядка 800-1000 км. На пересечении *звеньев триангуляции* измеряют базисные стороны с относительной погрешностью до 1:400 000. Длины сторон *полигонометрических* ходов 1 класса измеряют с относительной ошибкой 1:300 000. Горизонтальные углы измеряют в сетях 1 класса со среднеквадратической ошибкой $m_{\beta}=0,5''$, а на пунктах полигонометрии – $m_{\beta}=0,7''$. Государственная сеть 1 класса является геодезической основой для дальнейшего развития сетей в единой системе координат на всей территории страны.

*геодезическая сеть 2 класса создается методами триангуляции и полигонометрии внутри полигонов 1 класса. Базисные стороны в сетях *триангуляции* 2 класса измеряют не реже чем через 25 треугольников с относительной погрешностью не более 1:300 000, а стороны *полигонометрии* – не более 1:250 000. Погрешность измерения углов $m_{\beta}=1,0''$.

**сеть геодезических пунктов 2 класса сгущают пунктами геодезических сетей 3 и 4 классов*. Относительную допустимую ошибку измерений длин базисных сторон в *триангуляции* 3 и 4 классов принимают 1:200 000, а в *полигонометрии* – 1:200 000 и 1:150 000 соответственно. Горизонтальные углы измеряют с допустимой среднеквадратической ошибкой $m_{\beta}=1,5''$ для сетей 3 класса и $m_{\beta}=2,0''$ – для 4 класса.

Координаты государственных геодезических сетей РФ вычисляют в единой системе 1942 года, основой которой является референц-эллипсоид Ф.Н. Красовского, а началом единого отсчета плановых координат служит центр круглого зала Пулковской обсерватории в Санкт-Петербурге.

4. Государственные высотные (нивелирные) геодезические сети созданы и развиваются методами геометрического нивелирования и разделяются на сети I, II, III и IV классов.

**нивелирная сеть I класса* создается нивелированием I класса (высокой точности). Нивелирование осуществляют в прямом и обратном направлениях по двум независимым ходам при равных плечах по 50 м. Неравенство расстояний от нивелира до реек допускается не более 0,5 м. Нивелирные ходы I класса образуют полигоны периметром порядка 800 км и служат основой для высотных ходов II класса. Невязка в превышениях не должна превышать $\pm 0,5 \sqrt{L}$, мм (где L – длина двойного нивелирного хода, км).

**нивелирную сеть II класса* создают нивелированием II класса. Нивелирные ходы II класса прокладывают внутри сети I класса, как правило вдоль железных и автомобильных дорог, при этом они образуют полигоны периметром порядка 500...600 км. Длина плеч нивелирования принята 65 м, неравенство расстояний от нивелира до реек – не более 1,0 м. Невязка в превышениях $\pm 5 \sqrt{L}$, мм. Нивелирные ходы I и II классов обязательно привязывают к морским водомерным постам. Основное назначение сетей I и II классов состоит в создании единой высотной основы на территории страны.

**нивелирные ходы II класса сгущают нивелирными сетями III класса, которые в свою очередь сгущают нивелирными сетями IV класса.*

Каждый нивелирный ход III и IV классов должен обязательно привязываться обеими концами к знакам нивелирных сетей более высоких классов или образовывать замкнутые полигоны. Длина плеч при нивелировании III класса – 75; допускаемое расхождение от нивелира до реек на станции – не более 2,0 м. Невязка в превышениях – $\pm 10 \sqrt{L}$, мм (где L – длина двойного нивелирного хода или периметра полигона, км).

**нивелирование IV класса.* Длина плеч – 100 м; допустимое неравенство расстояний – 5,0 м. Нивелирование выполняют в одном направлении со взятием отсчетов по черной и красной сторонам реек. Невязка в превышениях по нивелирному ходу не должна превышать $\pm 20 \sqrt{L}$, мм.

5. *Обозначение пунктов ГГС на местности.* Геодезические пункты государственных сетей выбирают по возможности на открытых, возвышенных местах, чтобы с каждого из пунктов была обеспечена видимость не менее чем до трех соседних пунктов. Геодезические пункты на местности закрепляют *геодезическими центрами*, которые несут координаты геодезического пункта. Над центрами государственных плановых сетей I – IV классов устанавливают наружные знаки, деревянные или металлические (см. рис. 43). Их основное назначение – поднять визирную марку и геодезический прибор на высоту (до 50 м) и произвести измерения на находящиеся в прямой видимости соседние знаки.

Пункты высотной государственной сети закрепляют на местности капитальными грунтовыми реперами, стенными реперами или марками. На

всех нивелирных сетях I и II классов капитальные репера закладывают через 50...80 км, а на нивелирных сетях III и IV классов – через 7...8 км, а в трудно-доступных и незаселенных местах через 10...15 км (см.рис.44).

Данные о соответствующих пунктах государственных сетей могут быть получены по официальному запросу организации, в районной администрации.

Рис.44. Геодезические центры государственной геодезической сети
а – для районов с небольшой глубиной промерзания грунта; б – для районов с большой глубиной промерзания грунта; 1 – опознавательный столб;
2 – арматурная сетка; 3 – железобетонный монолит; 4 – соединение на цементном растворе; 5 – фундамент

Рис. 39 Возможные конструкции наружных геодезических знаков
а – пирамида; б – простой сигнал; в – сложный сигнал

Рис.45. Типы нивелирных реперов

*а – капитальный грунтовой репер государственной нивелирной сети;
 б – железобетонный опознавательный столб; в – репер
 пилонного типа; г – трубчатый репер*

Рис.46. Типы нивелирных знаков в населенных пунктах

а – стенной репер; б – стенная марка

Классы:

⊗ -1-й, ⊙ -2-й, ○ -3-й, + -4-й

Рис.47. Схема государственной высотной сети

Классы:

△ -1-й, △ -2-й, □ -3-й, + -4-й

Рис.48. Схема построения государственных плановых геодезических сетей 1,2,3 и 4-го классов методом триангуляции

Раздел 2. Пример проектирования автомобильного участка с применением геодезического оборудования

На проектируемом участке расположены 19 водопропускных труб. На примыкании ПК 98+47 справа предусмотрены закрытые водопропускные лотки. Рассмотрим участки:

Первый участок ПК 5+65

Железобетонная труба диаметром 1,5х2м. Звенья длиной 1,0 м; на входе и выходе по одному звену L=1,4м раструбное, швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла монолитным бетоном по 5м в длину и 6м в ширину, (выкрашивание). Укрепление откосов отсутствует. Состояние удовлетворительное.

Второй участок ПК 8+55

Железобетонная труба диаметром 1,0 м. Звенья длиной 1,0 м; внутренняя поверхность тела трубы изолирована стеклопластиком. Укрепление русла монолитным бетоном по 1,6м, далее габионное укрепление-каменная наброска с армированной сеткой. Укрепление откосов из габионных конструкций коробчатого типа. Состояние хорошее.

1. ПК10+30

Железобетонная труба диаметром 1,0 м. Звенья длиной 1,0 м; внутренняя поверхность тела трубы изолирована стеклопластиком. Укрепление русла монолитным бетоном по 1,6м, далее габионовое укрепление-каменная наброска с армированной сеткой. Укрепление откосов из габионных конструкций коробчатого типа. Состояние хорошее.

2. ПК 12+62

Железобетонная труба отверстием 2,5х3,0м. Тело трубы из сборных железобетонных конструкций (L=2,0м). На входе отверстие 3,7х3,0м (L=4м). Наблюдается выкрашивание бетона и оголение арматуры. Швы заделаны цементным раствором (выкрашены 50%). Укрепление русла заилено. Укрепление откосов нет.

3. ПК 17+04

Железобетонная труба диаметром 1,5х2м. Звенья длиной 1,0 м; швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла железобетонными плитами 2,0х2,0х0,2м; (выкрашивание). Укрепление откосов отсутствует.

4. ПК 27+03

Железобетонная труба диаметром 1,5 м. Звенья длиной 1,0 м; внутренняя поверхность тела трубы изолирована стеклопластиком. Укрепление русла монолитным бетоном по 2,0м – далее габионное укрепление-каменная наброска с армированной сеткой. Укрепление откосов из габионных конструкций коробчатого типа.

5. ПК 30+19

Железобетонная труба диаметром 1,0м. Звенья длиной 1,0 м; швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла железобетонными плитами, далее монолитным бетоном на 1,5м в длину на выходе, на входе труба удлинена звеном L=5м без укрепления русла. Укрепление откосов отсутствует.

6. ПК 33+09

Железобетонная труба отверстием 1,5х3м. Звенья длиной 1,0 м; на входе и выходе одно звено L=1,3м раструбное, швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла железобетонными плитами по 4м в длину, (выкрашивание). На входе оголение арматуры portalной стенки. Укрепление откосов отсутствует.

7. ПК 40+35

Железобетонная труба отверстием 1,5х2м. Звенья длиной 1,0 м; на выходе одно звено L=1,3м раструбное, швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла монолитным бетоном по 4м в длину, (выкрашивание). На входе труба удлинена звеном L=5м. Укрепления русла заилено. Укрепление откосов отсутствует

8. ПК 45+15

Железобетонная труба диаметром 1,5м. Звенья длиной 1,0 м; на входе труба удлинена звеном L=5м без укрепления русла и откосов. Нет portalной стенки. Швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла на выходе железобетонные плиты 2,0х2,0х0,2м на 4м в длину. Portalная стенка на выходе из сборного железобетона (выкрашивание, оголение арматуры). Укрепление откосов отсутствует.

9. ПК 51+57

Железобетонная труба диаметром 1,5х2м. Звенья длиной 1,0 м; швы омоноличены цементным раствором (60%). Укрепление русла железобетонными плитами на 2м, далее монолитным бетоном. Portalные стенки разрушаются (выкрашивание). Укрепление откосов отсутствует.

10. ПК 62+17

Железобетонная труба диаметром 1,0х3м. Звенья длиной 1,0 м; внутренняя поверхность тела трубы изолирована стеклопластиком. Portalная стенка из сборного железобетона (отремонтирована). Габионное укрепление русла-каменная наброска с армированной сеткой. Укрепление русла из габионных конструкций коробчатого типа.

11. ПК 73+69

Железобетонный трех пролетный мостовой переход. Колесоотбойники $h = 0,8$ м. Перильное ограждение $h = 1,15$ м. На подходах к мосту расположены лестничные сходы и водоотвод с проезжей части. Конуса укреплены монолитным бетоном.

12. ПК 86+84

Железобетонная труба диаметром 1,5м. Звенья длиной 1,0 м; на входе труба удлинена звеном L=5м без portalной стенки. Укрепления русла монолитным бетоном (заилено на 90%). Portalная стенка отсутствует. Швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла на выходе железобетонными плитами 2,0х2,0х0,2м на 2м в длину. Portalная стенка на

выходе из сборного железобетона (выкрашивание). Укрепление откосов отсутствует.

13. ПК 90+90

Железобетонная труба диаметром 1,5х2м. Звенья длиной 1,0 м; швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла монолитным бетоном в пределах открьлков, на выходе заилен на 30%. Портальные стенки – сборный железобетон (выкрашивание, оголение арматуры). Укрепление откосов отсутствует.

14. ПК 95+48

Железобетонная труба отверстием 2,5х2,0 м. Тело трубы и открьлки из сборного железобетона (блоки L=2,0м). Укрепление русла монолитным бетоном (на выходе размыв глубиной 1,2м.). Откосы укреплены железобетонными плитами 0,5х0,5х0,08м на ширину 1,5м. Отверстие на входе 3,7х2,0м. (L=4м).

15. ПК 102+97

Железобетонная труба диаметром 1,5х3 м. Звенья длиной 1,0 м; швы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла на входе монолитным бетоном, на выходе – железобетонными плитами 2,0х2,0х0,2м. (L=4м) и монолитным бетоном (выкрашивание). Укрепление откосов отсутствует.

16. ПК 104+60

Железобетонная труба диаметром 1,5м. Звенья длиной 1,0 м; Портальная стенка и левый открьлок на входе разрушается. Швы тела трубы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла железобетонными плитами 2,0х2,0х0,2м, (выкрашивание). Укрепление откосов отсутствует.

17. ПК 106+88

Железобетонная труба отверстием 1,6х2,0м. Тело трубы и открьлки из сборного бетона (блоки L=2,0м). Швы тела трубы омоноличены цементным раствором. Укрепление русла полностью заилено. Укрепление откосов отсутствует. Отверстие на входе 2,75х2,0м. (L=4м).

На примыкании на ПК 98+47 справа на Старую Кулатку расположена существующая железобетонная труба диаметром 0,7м с оголовками.

Пересечения и примыкания

Участок изысканий автодороги имеет 4 примыкания с асфальтобетонным покрытием, 2 из них в одном уровне с переходно-скоростными полосами и 5 грунтовых (2 пересечение и 4 примыкания).

ПК 28+07 влево с.Елшанка – грунтовый съезд без насыпи;

ПК 47+52 влево в поле – грунтовый съезд;

ПК 47+62 вправо на АЗС – съезд с асфальтобетонным покрытием

ПК 48+64 вправо на АЗС – съезд с асфальтобетонным покрытием

ПК 74+95 влево в поле – грунтовый съезд;

ПК 74+99 вправо в поле – грунтовый съезд;

ПК 85+59 пересечение в поле/на площадку – грунтовый съезд;

ПК 98+46 пересечение с.Прасковьино/р.п.Ст.Кулатка – съезд с асфальтобетонным покрытием.

На примыкании на ПК 98+47 справа на Старую Кулатку расположена существующая железобетонная труба диаметром 0,7м с оголовками.

Технические средства организации и безопасности движения

На участке автодороги находятся 2 металлических автопавильона с посадочными и остановочными площадками, и 2 остановочных кармана. Ведомость прилагается.

Всего на протяжении участка изысканий установлено 89 дорожных знака. Ведомость прилагается.

На участке автодороги установлено 1429 п.м. металлического барьерного ограждения и 54 шт. сигнальных столбиков. Ведомость прилагается.

Инженерные сети и коммуникации

Участок автодороги пересекают следующие коммуникации:

ПК 0+46 кабель связи подземный Ульяновский филиал ОАО «Ростелеком»;

ПК 0+52 кабель связи подземный Ульяновский филиал ОАО «Ростелеком»;

ПК 78+83 ЛЭП-10 кВ – ЗАО «Ульяновскнефтепродукт»;

ПК 97+32 ЛЭП-10 кВ – Южное ПО «Ульяновские РС»;

ПК 98+05 ЛЭП-10 кВ – Южное ПО «Ульяновские РС».

Гидрогеологические условия

Для характеристики климатических условий района строительства автодороги используются данные многолетних наблюдений по метеостанции Канадей ФГУ Ульяновского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, расположенной в 12 км от участка автодороги, климатические справочники России и региональные карты по ветровым нагрузкам.

Проектная организация не располагает данными о проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий непосредственно на изучаемом участке.

В техническом задании заказчика на инженерные изыскания, информация о существующих архивных материалах инженерно-гидрометеорологических, в соответствии с требованиями п.4.13 СП 47.13330.2012, не приводится.

Климат

Район исследуемого участка находится в III дорожно-климатической зоне и относится к I типу местности по характеру и степени увлажнения.

Согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» по климатическому районированию относится к I району IIВ подрайона, с умеренно-континентальным климатом, для которого характерны отчётливо выраженные сезоны года:

-умеренно-холодная зима и теплое лето. Переходные сезоны года сокращены.

Для климатической характеристики участка приводятся данные по г. Ульяновск в таблицах 5,6,7.

Таблица 5. Климатические параметры холодного периода года

1	Республика, край, область, пункт				6	7	8	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха						15	16	17	18	19	20
2	0,98	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью			5	Абсолютная минимальная температура воздуха		≤ 0 °С		≤ 8 °С		≤ 10 °С		Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %		Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %		Количество осадков за ноябрь-март, мм	
3	0,92				4													Преобладающее направление ветра за декабрь- февраль	
4	0,98	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью			3													Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	
5	0,92				2													Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воз духа ≤8 °С	
Канадей	-38				-19									82		81		220	
	-36				-31													ю; ю-в	
	-36																	4,1	
	-31																	3,4	

Таблица 6. Климатические параметры теплого периода года

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Канадей	990	23,3	27,4	25,7	40	11,8	66	49	328	63	Ю	3,2

Таблица 7. Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Респуб- лика, край, об- ласть, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Канадей	-13,8	-13,2	-6,8	4,1	12,6	17,6	19,6	17,6	11,4	3,8	-4,1	-10,4	3,2

Как следует из таблицы 6, самый холодный месяц-январь, его средняя температура равна -13,8 °С, самый тёплый –июль, со средней температурой +19,6 °С, среднегодовая температура воздуха +3,2 °С.

Абсолютно минимальная температура воздуха в январе -48 °С, абсолютно максимальная температура воздуха в июле +40 °С.

В зависимости от вида атмосферных осадков, год условно разделён на два периода: холодный (ноябрь-март) преимущественно с твёрдыми осадками и тёплый (апрель-октябрь) с преобладанием жидких осадков.

Ветер

Участок изысканий относится к II ветровому району. Ветровой режим района характеризуется данными о годовой повторяемости направлений ветра за весь имеющийся период наблюдений.

Данные о направлении и скорости ветра- на основании флюгеров, установленных на площадках метеостанций.

Летом преобладают северный, северо-западный ветер.

Зимой преобладают юго-восточный, юго-западный ветер.

В таблице 8 представлены повторяемость направлений ветра, средняя скорость ветра по направлениям.

Таблица 8. Повторяемость направления ветра

Повторяемость направлений ветра (числитель), %; средняя скорость ветра по направлениям (знаменатель), м/с; повторяемость штилей, %																	
январь									Июль								
С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
<u>11</u> 3,3	<u>7</u> 2,6	<u>9</u> <u>2,7</u>	<u>18</u> 4,1	<u>15</u> 4,6	<u>22</u> 3,8	<u>8</u> 3,3	<u>10</u> 3,3	12	<u>22</u> 3,3	<u>15</u> 3,2	<u>9</u> 2,7	<u>4</u> 3,7	<u>6</u> 4,1	<u>11</u> 3,3	<u>11</u> 3,3	<u>22</u> 3,4	10

Осадки

На территории района выпадает в год 548 мм осадков. Неравномерность поступления осадков приводит к довольно частой повторяемости засух и периодов затяжных осадков. Засухи наиболее часты во второй и третьей декадах мая и первой декаде июня, затяжные осадки – чаще всего в июле – сентябре.

Таблица 9. Среднемесячное и годовое количество осадков

Стан-ции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Кана-дей	40,3	32,9	28,8	40,1	34,9	65,8	68,1	51,2	58,9	42,1	42,2	42,8	548

Гололедноизморозевые образования

Подверженность района гололёдообразованиям характеризуется повторяемостью, продолжительностью и максимальными размерами отложений.

Гололёдообразование связано с циклической деятельностью. Зимой отмечаются оттепели. Наиболее часты оттепели в декабре, с выпадением дождя.

Ярко выраженная континентальность климата, низкая температура, а также интенсивная циклоническая деятельность и довольно частые оттепели в холодное время года обуславливают образование гололёда и изморози.

Таблица 10. Среднее число дней с гололёдом и изморозью

Станции	Месяцы								Год
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	
с гололёдом									
Канадей		0,3	3	5	3	2	1	0,2	15
с изморозью									
Канадей		0,1	2	5	6	5	3	0,2	21

Снежный покров

На рассматриваемой территории зима длится 4-5 месяцев. Первый снежный покров образуется в среднем 9 ноября, а устойчивый – 30 ноября. Наибольшая высота снежного покрова отмечается во второй половине марта. Средняя высота снежного покрова составляет 52 см, максимальная высота снежного покрова составляет 96 см.

Снежный покров разрушается в среднем 31 марта, а полный сход завершается к 7 апреля.

Средняя продолжительность снежного покрова составляет 143 дня.

Участок изысканий относится к III снеговому району.

Даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушение устойчивого снежного покрова приведены в таблице 11, среднее число дней с метелью – в таблице 12.

Таблица 11. Устойчивость снежного покрова

Станция	Число дней со снежным покровом	Дата появления нежного покрова	Дата образования устойчивого снежного покрова	Дата разрушения устойчивого снежного покрова	Дата снежного покрова
1	2	3	4	5	6
Канадей	143	9 XI	30 XI	31 III	7 IV

Таблица 12. Среднее число дней с метелью

Станция	Среднее число дней с метелью								
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Канадей	0	0,5	2	3	5	3	2	02	16

Рельеф

Автомобильная дорога М-5 «Урал» Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск на участке км 802+000 – км 814+000 расположена в Николаевском районе, в южной части Ульяновской области и тянется с запада на восток.

В геоморфологическом отношении район изысканий расположен в пределах Правобережной части Приволжской возвышенности, которая представляет собой всхолмлённую равнину, сильно расчленённую сравнительно густой сетью рек, оврагов и балок.

Существующая автодорога проходит справа вдоль склонов р. Канадейка, являющейся притоком р. Сызранка. На участке имеются 19 ж/б водопропускные трубы и 1 труба на примыкании.

Рельеф местности пересечённый.

Почвенно-растительные условия

Район участка строительства автодороги относится к лесостепной зоне, занятой широколиственными лесами с господством дуба, встречаются липа, клён, береза, сосны. В подлеске встречаются лещина, бересклет обыкновенный, жимолость и другие кустарники.

Среди почв развиты выщелоченные чернозёмы и серые лесные почвы, чаще всего суглинистые. Мощность плодородного слоя составляет 0,4м.

Таблица 13. Гидрографические характеристики бассейнов

№ сооружения	Местоположение		Площадь водосбора, м ²	Длина главного лога, км	Уклон лога, %	Уклон склона, %
	Проектный километр	П_+_				
1	2	3	4	5	6	7
1	1	5+65	0,88	2,25	37	34
2	1	8+55	0,18	1,0	25,6	56
3	2	10+30	0,16	0,625	29	31
4	2	12+62	3,63	2,625	33	39
5	2	17+04	0,69	1,25	55	76
6	3	27+03	0,51	0,80	69	51
7	4	30+19	0,15	0,50	75	80
8	4	33+09	1,50	1,125	56	37
9	5	40+35	1,16	1,25	54	59
10	5	45+15	0,43	1,0	38	49
11	6	51+57	0,85	0,95	32	34
12	7	62+17	0,96	1,20	23	21
13	9	86+84	0,23	0,70	31	35
14	10	90+90	0,62	1,225	29	32
15	10	95+48	4,06	2,875	29	53
16	11	102+97	0,38	0,80	31	79
17	11	104+60	0,40	1,55	30	63
18	11	106+88	2,25	1,60	28	38

Гидрологическая изученность

Район изысканий в гидрологическом отношении не изучен. Поэтому все гидрологические расчёты по различным характеристикам стока выполнены по формулам и рекомендациям, приведённым в «Ресурсах поверхностных вод СССР», том 12, «Пособию по определению расчётных гидрологических характеристик» и в СП 33-101-2003.

Согласно задания на проектирование капитальный ремонт моста на ПК 73+69 через р. Ардовать не предусмотрен, т.к. капитальный ремонт моста был произведён в 2013г. Следовательно, гидрометеорологические расчёты не предусмотрены.

Все временные водотоки приурочены к бассейну р. Канадейка, являющейся притоком р. Сызранка.

Определение расчётных характеристик выполнено в соответствии с требованиями действующих нормативных документов:

1. СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства».
2. СП 35.13330.2011. «Мосты и трубы».
3. СП 131.13330.2012. «Строительная климатология».
4. СП 50.13330.2012. «Тепловая защита зданий».
5. СНиП 22-01-95. «Геофизика опасных природных воздействий».
6. СП 11-103-97. «Инженерно-метеорологических изыскания для строительства».
7. СП 33-101-2003. «Определение расчётных гидрологических характеристик».
8. «Ресурсы поверхностных вод СССР». Том 2.
9. «Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик». Ленинград. Гидрометеиздат, 1984 г.

Максимальный сток воды весеннего половодья

Расчетные параметры приняты по СП 33-101-2003.

Расчетный максимальный расход весеннего половодья $Q_{p\%}$, м³/с, заданной вероятности превышения $P\%$ определяем по редукционной формуле:

$$Q_{p\%} = \frac{K_0 \cdot h_{p\%} \cdot \mu \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot A}{(A + A_1)^n} \quad (37)$$

где: K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья (рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек – аналогов обратным путем по формуле 1).

$h_{p\%}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), лем, ежегодной вероятности превышения $P\%$, определяют в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока h_0 .

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды.

δ ; δ_1 ; δ_2 – коэффициенты, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер (δ), залесенности (δ_1) и заболоченности разных водосборов (δ_2) на максимальные расходы воды

A – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного отвода, км²

A_1 – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукии модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км²

n – показатель степени редукии

Для Ульяновской области (лесостепная зона) показатель степени редукии n равен 0,25, а дополнительная площадь $A_1=2\text{км}^2$

Согласно СНиП 2.05.03-84* вероятность превышения паводка ($P\%$) для автодороги II технической категории равен 2%.

Коэффициент μ для Ульяновской области при $P\%=2\%$ равен 0,98.

Порядок расчета

По карте М 1:25000 определяем:

- площадь водосбора A , км²
- длину водотока L , км
- средневзвешенный уклон водотока $J_p\%$, представляющий собой условной выровненный уклон ломанного профиля, эквивалентный сумме частных средних уклонов профиля водотока, вычисляемый по формуле:

$$J_p = \sum_1^n J_i^{\ell_i/L} \quad (38)$$

где: J_i – частный средний уклон отдельных участков продольного профиля водотока, ‰

ℓ_i – длина частных участков продольного профиля между точками перегиба, км

L – длина водотока, км

$A_{л}$ – площадь залесенности водосбора, км

A_{δ} – площадь заболоченности водосбора, км

A_{03} – площадь озерности водосбора, км

$J_{ск}$ – средний уклон склонов водосбора, ‰, определяемый по формуле:

$$J_{ск} = \left(h \sum_1^n \ell_i \right) / A \quad (39)$$

где: h – высота сечения рельефа, м

$\sum_1^n \ell_i$ – сумма длин измеренных горизонталей в пределах водосбора, км

Определяем относительную лесистость водосбора $A_{л\%}$, ‰ по формуле:

$$A_{л\%} = \frac{A_{л} (\text{км}^2) 100\%}{A (\text{км}^2)} \quad (40)$$

Коэффициент, учитывающий влияние залесенности на максимальные расходы воды, δ_1 , определяем по формуле:

$$\delta_1 = \frac{\alpha}{(A_{л\%} + 1)^{n'}} \quad (41)$$

где: α – коэффициент, учитывающий расположение леса на водосборе (в верхней или нижней части водосбора), а также природную зону (лесная или лесостепная).

n^1 – коэффициент редукии, устанавливают по зависимости $q_{\max} = f(A_{л})$ с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов.

Расположение леса на данном участке автодороги на водосборах – равномерное, природная зона – лесостепная. Преобладающий тип почвогрунтов, слагающих поверхность водосборов по механическому составу – суглинистые.

Наличие озер, водохранилищ и заболоченных участков, расположенных на водосборах, отсутствуют, следовательно коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и озер (δ) и заболоченности (δ_2) равны 1.

Средний многолетний сток весеннего половодья h_0 определяем интерполяцией по карте. Для Николаевского района $h_0 = 80$ мм. В значение среднего многолетнего слоя весеннего стока вносим поправку K^1 на учет влияния уклонов склонов на водосборе ($J_{ск}$).

$$K^1 = 0,18 (J_{ск} + 1)^{0,45} \quad (42)$$

С учетом поправки слой весеннего стока будет:

$$h_0^1 = h_0 \cdot K^1 \quad (43)$$

Определяем коэффициент вариации стока весеннего половодья (C_v) по карте изолинии этого параметра. Для Ульяновской области – $C_v = 0,5$

Для водосборов $A < 200 \text{ км}^2$ в значения C_v , полученные по карте, вводим поправку (K^1), определяемую по зависимости

$$C_v = f(A).$$

При $A \leq 50 \text{ км}^2$, $K^{11} = 1,25$

С учетом поправки K^{11} коэффициент вариации будет равен:

$$C_v^1 = C_v \cdot K^{11} = 0,5 \cdot 1,25 = 0,625$$

Расчетное значение отношения коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v – C_s / C_v для Ульяновской области равно 2.

В зависимости от $P\%$, C_s / C_v и C_v^1 определяем коэффициент $K_1 = 2,72$

Определяем расчетный слой суммарного весеннего стока $h_{2\%}$ по формуле:

$$h_{2\%} = h_0^1 \cdot K_1 \quad (44)$$

Для Николаевского района Ульяновской области параметр, характеризующий дружность весеннего половодья, K_0 равен 0,03.

Максимальный расход воды дождевого паводка

Согласно приложения Б, табл.Б.7 СП 33-101-2003 при отсутствии реки-аналога и $A < 200 \text{ км}^2$ тип расчетной формулы III.

$$Q_{p\%} = q_{1\%}^1 \cdot \varphi \cdot H_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_{p\%} \cdot A \quad (45)$$

где: $q_{1\%}^1$ – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$, представляющий отношение

$q_{1\%}^1 / \varphi H_{1\%}$; определяют для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла φ_r и продолжительности склонового добега $\tau_{ск}$, мин.

φ – сборный коэффициент стока

$H_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$, мм, определяют по данным ближайших метеорологических станций.

Для Ульяновской области $H_{1\%} = 110$ мм

δ – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озёр.

$\lambda_{\%}$ – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ к значениям другой вероятности превышения $P<25\%$

A – площадь водосбора, км²

Порядок расчёта

1. Определяем сборный коэффициент стока φ .

$$\varphi = \frac{c_2 \varphi_0}{(A+1)^{n_3}} \left(\frac{J_{\text{ск}}}{50} \right)^{n_2} \quad (46)$$

где: c_2 – эмпирический коэффициент, для лесостепной зоны равен 1,3

φ_0 – сборный коэффициент стока для условий водосбора с площадью A , равной 10 км² и средним уклоном склонов равным 50 ‰

n_2 – степенный коэффициент, определяемый в зависимости от механического состава почв и природной зоны

n_3 – степенный коэффициент для лесостепной зоны равен 0,11

2. Определяем гидроморфометрическую характеристику русла Φ_r .

$$\Phi_r = \frac{1000L}{m_p J_p^m A^{0.25} (\varphi H_{1\%})^{0.25}} \quad (47)$$

где: L – длина водотока, км

m_p и m – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока, определяем по таблице 8 приложения Б СП 33-101-2003

J_p – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰

Определяем гидроморфометрическую характеристику склонов $\Phi_{\text{ск}}$.

$$\Phi_{\text{ск}} = \frac{(1000L_{\text{ск}})^{0.5}}{m_{\text{ск}} J_{\text{ск}}^{0.25} (\varphi H_{1\%})^{0.5}} \quad (48)$$

где: $L_{\text{ск}}$ – средняя длина безруслых склонов водосбора

$$L_{\text{ск}} = \frac{1}{\gamma \rho_p} \quad (49)$$

где: ρ_p – густота русловой и овражно-балочной сети водосбора, км/км²

$$\rho_p = \frac{\sum \ell + L}{A} \quad (50)$$

$\sum \ell$ – длина овражно-балочной сети водосбора, км

L – длина водотока, км

γ – коэффициент, принимаемый для односкатных склонов равным 0,9, для двухскатных – 1,8

$m_{\text{ск}}$ – коэффициент, характеризующий шероховатость склонов водосбора, определяем по таблице Б.9 СП 33-101-2003

4. В зависимости от $\Phi_{\text{ск}}$ по «Пособию по определению расчётных гидрологических характеристик» приложения 25 определяем продолжительность склонового добегания $\tau_{\text{ск}}$

5. В зависимости от Φ_r и $\tau_{\text{ск}}$ по «Пособию по определению расчётных гидрологических характеристик» приложения 21 определяем $q_{11\%}$

Сравнивая максимальные расходы от весеннего половодья и дождевого паводка, приходим к выводу, что на ПК 8+55; ПК 10+30; ПК 17+04; ПК 27+03; ПК 30+19; ПК 45+15; ПК 102+97 максимальные расходы от дождевого паводка больше, чем максимальные расходы от весеннего половодья и за расчётные расходы принимаем максимальные расходы от дождевого паводка.

На ПК 5+65; ПК 12+62; ПК 33+09; ПК 40+35; ПК 51+57; ПК 62+17; ПК 86+84; ПК 90+90; ПК 95+48; ПК 104+60; ПК 106+88 максимальные расходы от весеннего половодья больше максимальных расходов от дождевого паводка, следовательно, за расчётные расходы принимаем максимальные расходы от весеннего половодья.

Таблица 14. Максимальные расходы от весеннего половодья

№ п/п	Местоположение		Название водотока	Площадь водосбора, км ²	Расчётный расход, м ³ /с	Существующие трубы		Глубина воды на входе трубы, м	Скорость воды на выходе из трубы, м/с	Примечание
	ПК	+				Вид и материал	Отверстие, м			
1	5	65	Лог	0,88	2,42	ж.б.	Ø1,5x2	0,94	2,91	б/н
2	8	55	Лог	0,18	0,79	ж.б.	Ø1,0	0,90	1,98	б/н
3	10	30	Лог	0,16	0,47	ж.б.	Ø1,0	0,84	1,4	б/н
4	12	62	Лог	3,63	13,61	ж.б.	2,5x3,0	2,16	4,75	б/н
5	17	04	Лог	0,69	4,98	ж.б.	Ø1,5x2	1,32	2,9	б/н
6	27	03	Лог	0,51	2,37	ж.б.	Ø1,5	1,32	2,9	б/н
7	30	19	Лог	0,15	1,84	ж.б.	Ø1,0	1,27	2,70	б/н
8	33	09	Лог	1,50	6,07	ж.б.	Ø1,5x3	1,32	2,9	б/н
9	40	35	Лог	1,16	5,57	ж.б.	Ø1,5x2	1,40	3,0	б/н
10	45	15	Лог	0,43	1,84	ж.б.	Ø1,5	1,32	2,9	б/н
11	51	57	Лог	0,85	3,32	ж.б.	Ø1,5x2	1,32	2,9	б/н
12	62	17	Лог	0,96	2,43	ж.б.	Ø1,0x3	0,90	2,02	б/н
13	86	84	Лог	0,23	1,08	ж.б.	Ø1,5	1,32	2,9	б/н
14	90	90	Лог	0,62	2,71	ж.б.	Ø1,5x2	1,32	2,9	б/н
15	95	48	Лог	4,06	16,55	ж.б.	2,5x2,0	2,91	5,37	п/н
16	102	97	Лог	0,38	3,32	ж.б.	Ø1,5x3	1,32	2,9	б/н
17	104	60	Лог	0,40	2,06	ж.б.	Ø1,5	1,32	2,9	б/н
18	106	88	Лог	2,25	9,42	ж.б.	1,6x2,0	1,90	4,6	б/н

Расчёты показывают, что существующие трубы удовлетворяют расчётным расходом. Режим работы труб – безнапорный, кроме трубы на ПК95+48 – режим работы полупонапорный.

Изученность инженерно-геологических условий Геологическое строение

Непосредственно, на территории выполняемых инженерно-геологических исследований, данных о ранее проводимых работах нет. На прилегающих территориях, к северо-западу и северо-востоку от существующей трассы М- 5, в 2013-2014 годах предприятиями ОАО «УльяновскТИСиЗ» и ООО «УралТрансСтрой» соответственно, были проведены инженерные

изыскания для проектирования строительства линейных сооружений (газопроводов). Материалы архивных изысканий используются в настоящей работе в качестве обзорной и сравнительной информации, т.к. все объекты расположены на одном геоморфологическом элементе, имеют схожие условия строения и состояния грунтов разреза. При анализе лабораторных исследований замечено, что показатели физико-механических свойств грунтов, на площадках газопроводов и площадке трассы автодороги, имеют схожие характеристики, т.е. находятся в пределах допустимой вариации. Список архивных материалов приведен в главе 10.

Ремонтируемый участок трассы берет свое начало от р.п. Николаевка (км 802+000) в восточном направлении. Абсолютная отметка рельефа местности начала трассы характеризуется высотой порядка 141,0 м. Проходя по полого возвышающейся холмистой местности, пересекает ряд оврагов (образованных деятельностью поверхностных водотоков, достигая локальных понижений в рельефе до абс.отм 124,0 м, на участке скв.№ 10), искусственно спланированных дорожной насыпью. Далее трасса поднимается на водораздел (абс. отм. 151,5м) и в полого наклоненном к долине реки Ардовать направлении, пересекая овраги и реку по существующему мостовому переходу (изучение состояния моста заданием не предусмотрено), направляется по правобережному склону (на подъем) долины реки, пересекая более глубокие, чем на левобережье овраги (минимальная абс.выс.отм. около 109,5м). Конец участка трассы, подлежащего ремонту, расположен вблизи с. Прасковьино (км 814+000), характеризующегося абс.отм. поверхности рельефа 122,4м. Таким образом амплитуда перепада высот на всем протяжении трассы составляет порядка 42,0 метров.

Участок трассы пересекает целую систему оврагов, преимущественно балочной стадии. По бортам (в нижней части склонов) видны участки с отсутствием почвенного покрова (процессы плоскостного смыва грунтов). Верхняя часть склонов задернована, отмечаются небольшие деревья и кустарники. Овраги отсыпаны (искусственная планировка под трассу) по низу оврагов, через дорожное полотно, проложены водопропускные трубы. Состояние труб удовлетворительное, сколов и видимых повреждений в материале (бетон) не наблюдается. Часть труб (не более $\frac{1}{4}$ диаметра трубы) заполнена наносами водотоков. Существенной особенностью является практическое отсутствие поверхностных вод в понижениях около труб. В то же время полосы оглеения (на бортах оврагов, на высоту 0,7-0,9м от дна труб) наблюдаются. Вероятнее всего, это проявление деятельности поверхностных временных (ливни, талые воды и т.д.) водотоков, имеющих сезонный характер, временно стоящих и быстро исчезающих.

Прилегающие к трассе территории имеют почвенный слой. По результатам замеров почвенный слой составляет 0,43-0,35 м, при средней мощности 0,40м (показатель рекомендован для проектных расчетов).

Физико-географические и техногенные условия

Реконструируемый участок трассы М – 5 расположен на отрезке 802-814 км, в Ульяновской области на интервале движения городов Пенза-Самара.

**Таблица 15. Природные условия района
ремонтируемого участка автодороги**

Факторы.	Показатели.	Соответствие нормативному документу.
Дорожно-климатическая зона	III	СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85), табл. Б 1, обязательное приложение Б.
Тип местности по характеру и степени увлажнения	II	СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85), табл. В 1, обязательное приложение В.
Тип местности по условиям увлажнения верхней толщи грунтов	I	СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85), п. 7.3.

Климат

Климат района работ умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно-холодной зимой. Согласно СНиП 23-01-99 (СП 131.13330.2012) «Строительная климатология» (г. Ульяновская область) площадка относится к климатической зоне для строительства – II В.

Климатические условия характеризуется следующими основными показателями:

- средняя годовая температура воздуха – плюс 3,6°;
- абсолютный минимум – минус 46°;
- абсолютный максимум – плюс 41°;
- количество осадков за (ноябрь-март) – 140мм;
- количество осадков за (апрель-октябрь) – 311мм;
- максимальное количество осадков за сутки – 82мм;
- продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха <0°С-152сут;
- средняя скорость ветра за период со среднесуточной температурой < 8°С – 3,4м/с.

**Таблица 16. Среднемесячные и среднегодовые
значения температуры воздуха °С**

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
Средняя	-13,8	-13,2	-6,8	4,1	12,6	17,6	19,6	17,6	11,4	3,8	-4,1	-10,4	3,2

**Таблица 17. Нормативная глубина сезонного промерзания
грунтов территории определена по формуле СНиП 2.02.01-83**

Сумма абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур.	Грунты строительной площадки.	Поправочный коэффициент на промерзание.	Нормативная глубина сезонного промерзания (м).
48,3	Суглинки	0,23	1,60
48,3	Пески мелкие и супеси	0,28	1,95

Учитывая, что в интервале сезонного промерзания находятся грунты с различной степенью глубины температурного воздействия на них, для проектных расчетов глубина нормативного сезонного промерзания рекомендуется 1,95 метров.

Согласно СНиП 2.01.07-85 (СП 20.13330.2011) «Нагрузки и воздействия», район изысканий характеризуется как:

- снеговой район (по весу снегового покрова) – III. Нормативное значение веса снегового покрова S_q на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли 1.8 (180) кПа, (кгс/см²);
- ветровой район (по давлению ветра) – II. Нормативное значение ветрового давления $W_0=0,30$ (30) кПа, (кгс/см²);
- гололедный район – IV. Величина стенки гололеда над поверхностью земли составляет 15мм.

Геоморфология и рельеф

В геоморфологическом отношении территория работ приурочена к денудированной поверхности водораздельного плато, от которого берут свое начало многочисленные ручьи, питающие реки Канадей, Метлей и т.д. Плато осложнено долинами балок и оврагов, а также долиной и поймой р. Ардовать. Рельеф участка равнинный, низкий, холмистый, полого-наклонный, местами всхолмленный, осложненный промоинами, долинами балок и оврагов. Абсолютные отметки поверхности 109,5-151,5 м. Амплитуда перепада высот порядка 42 метра.

Гидрография

Гидрография местности представлена целой системой рек и речушек. В качестве непосредственного влияния на объект может служить река Ардовать, пересекающая трассу на участке расположения скв. № 37. Река протекает в меридиональном направлении (с юга на север). Абс.выс.отметка зеркала по состоянию на 25.08.2014 составляет 104.00м. Склоны долины пологие, берега не высокие, но крутые. Глубина реки (участок мостового перехода) около 1,1м, ширина 10-12м, скорость течения не более 0,8 м/с.

Конструктивные особенности строения дорожной одежды и земляного полотна

В настоящих условиях конструкция ремонтируемого участка дороги представлена в следующем виде:

1. Дорожная одежда, состоит из:

- покрытия, представленного асфальтобетоном;
- основания, представленного щебенистой подготовкой;
- дополнительного (дренирующим) слоя представленного мелким песком.

2. Земляное полотно, состоит из:

- рабочего слоя, представленного механической суглинисто-супесчаной смесью с редким включением чернозема. По насыпной массе характеризуется как суглинок твердый, легкий.

3. *Основание земляного полотна*, представлено грунтами природного сложения.

Дорожное покрытие. Представлено асфальтобетоном мощностью от 0,20-0,37 м, средняя 0,29 м. Состояние покрытия удовлетворительное, участками неудовлетворительное (отмечаются колейность, выбоины, поперечные трещины). Модуль упругости конструктивного слоя по данным испытания кернов из асфальтобетонного покрытия (архивные данные дорожно-строительных лабораторий) определен в пределах 1640-2740 МПа.

Дорожное основание. Представлено щебеночной подготовкой не выдержанной мощностью по профилю простираения. Мощность щебеночного основания от 0,12 до 0,39 м, средняя 0,24 м. Щебень известняка загрязнен суглинком, реже гумусом, (до 5 %), марка щебня по прочности М-600 (фракции 20-40 мм). Модуль упругости, согласно таблицы № 17, приложения № 3, ВСН 46-83, составляет 350 МПа, а с учетом понижающего коэффициента 0,8, рекомендованного на загрязненный материал, определен 280 МПа. Для проектных расчетов рекомендуются следующие показатели:

Щебень:

Плотность, г/см³ – 1,9

Модуль деформации, МПа – 30,0

Расчётное сопротивление грунта, МПа – 5,0

Коэффициент фильтрации, м/сут. – более 20,0

Дополнительный (дренирующий) слой дорожного основания. Представлен песком мелким. Песок довольно сильно загрязнен гумусом и суглинисто-супесчаными грунтами. Модуль упругости дорожного основания, согласно таблицы № 17, приложения № 3, ВСН 46-83, составляет 100 МПа, а с учетом понижающего коэффициента 0,8, рекомендованного на загрязненный материал, определен 80 МПа. Мощность дренирующего слоя составляет от 0,04 до 0,30 м. Средняя мощность около 0,12 м.

Дорожное основание характеризуется следующими значениями показателей:

Песок мелкий

Плотность, г/см³ – 1,67

Модуль деформации, МПа – 18,0

Расчётное сопротивление грунта, МПа – 3,0

Коэффициент фильтрации, м/сут. – 3,5

Земляное полотно. Представлено отсыпкой насыпи местными грунтами (супеси, суглинки, пески, с редким включением гумуса). По насыпной массе земляное полотно характеризуется, как твердый, легкий суглинок. Мощность насыпи составляет от 0,7 до 12,9 м.

Геологическое строение и свойства грунтов

Территория, которая включает изучаемую площадку, в тектоническом отношении приурочена к Ульяновско-Саратовской синеклизе, расположенной в восточной части Русской плиты, входящей в состав Восточно-Европейской платформы. Фундамент Русской плиты, покрытый чехлом осадочных отложений, в ее восточной части, характеризуется более глубоким залеганием

фундамента и наличием мощного осадочного чехла. В его основании расположены многочисленные рифтовые структуры – авлакогены, выполненные континентальными и мелководно-морскими обломочными и отчасти карбонатными отложениями рифея – нижнего венда, местами с участием основных вулканических пород.

Таблица 18. Литология ИГЭ и характер их залегания по мощности

№ ИГЭ, возраст	Описание грунтов.	Условия залегания ИГЭ.		
1. tQ IV	Насыпной грунт. Представлен механической смесью суглинка, супеси реже чернозема и песка. По общей массе характеризуется как суглинок твердый, легкий.	Мощность ИГЭ (м).		
		от	до	средняя
		0,7	12,9	8,0
Насыпной грунт представлен земляной насыпью дорожного полотна. Мощность по профилю простираения автотрассы не выдержана. На равнинных участках она составляет от 0,7 до 1,5м, на участках спланированных оврагов достигает 12-13 м. Абсолютные высотные отметки подошвы слоя характеризуются высотами 105,50-150,55 м.				
2. (a-dQII-III)	Супесь желтовато-бурая и желтовато-серая, твердая, микропористая, непросадочная, с прослоями песка, пылеватая, до легкого суглинка.	Мощность ИГЭ (м).		
		от	до	средняя
		0,8	видимая 9,0	видимая 6,5
Отмечена на локальных участках территории. Мощность не выдержана по площади и простираению слоя. Абс. отм. подошвы слоя не характеризуются по причине вскрытой мощности образований.				
3. (a-dQII-III)	Суглинок желтовато-бурый и коричневатобурый, твердый и полутвердый, легкий, с частыми прослоями мелкого кварцево-полевошпатового песка.	Мощность ИГЭ (м).		
		от	до	средняя
		1,2	видимая 4,5	видимая 4,0
Отмечен на локальных участках территории. Залегает преимущественно в верхней части разреза. Мощность не выдержана по площади и простираению слоя. Абс. отм. подошвы слоя не характеризуются по причине вскрытой мощности образований, на видимых участках соответствуют 122,54-125,40м.				
4. (a-dQII-III)	Песок желтовато-серый, мелкий, кварцево-полевошпатовый, редко с линзами песка средней крупности, средней плотности, маловлажный, ниже угв водонасыщенный, с прослоями супеси и суглинка.	Мощность ИГЭ (м).		
		от	до	средняя
		1,2 вскрытая	5,5 вскрытая	5,0 вскрытая
Залегает локально преимущественно в нижней части разреза. Распространен в пределах долины реки Ардовать, участками над УГВ и редко ниже УГВ. Абс. отм. подошвы слоя не характеризуются по причине вскрытой мощности образований.				
5. (a-dQII-III)	Супесь желтовато-бурая и желтовато-серая, пластичная с прослоями песка, пылеватая.	Мощность ИГЭ (м).		
		от	до	средняя
		1,0	5,3 вскрытая	4,0 вскрытая
Слой отмечается локальным распространением. Приурочен преимущественно к нижней части разреза. Характеризуется вскрытой мощностью. Абс. отм. подошвы слоя не характеризуются по причине вскрытой мощности образований.				

Общие черты рельефа Русской равнины predetermined тектоникой, принадлежностью равнины к древней докембрийской платформе, с давнего времени не испытывавшей процессов горообразования. Современный рельеф, претерпевший длительную и сложную историю, оказывается в большинстве случаев унаследованным и зависимым от характера древней структуры и проявлений неотектонических движений. Современный рельеф Русской равнины во многом обусловлен новейшей тектоникой. Она проявляется в форме эпейрогенических движений небольшого размаха. Как правило, в новейшее время (неоген -четвертичный период) возвышенности сохраняли тенденцию к поднятию, низменности – к опусканию. Неотектонические движения на равнине проявились с разной интенсивностью и направленностью.

В геологическом строение площадки принимают участие аллювиально-делювиальные образования средне-верхнечетвертичного возраста (a-dQ II-III), представленные суглинками, супесями и песками. Почвенный слой и чернозем (eQIV) покрывают практически всю изучаемую территорию и располагается за пределами дорожного полотна на прилегающих к нему участках. В местах прохождения поверхностных водотоков локально отмечаются аллювиальные мелкие пески современного возраста (aQIV). Современные насыпные образования (tQIV) слагают дорожное полотно. Разрез изучен на глубину 15,8 м (считая от поверхности дорожного покрытия).

В инженерно-геологическом отношении в толще грунтов геологического разреза выделены 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

Таблица 19. Нормативные физико-механические характеристики

№	Показатели	Един. измерения	Нормативные значения показателей
Природное состояние.			
1	Влажность грунта.	д.ед.	0,156
2	Влажность на границе текучести.	д.ед.	0,25
3	Влажность на границе раскатывания.	д.ед.	0,17
4	Число пластичности.	д.ед.	0,08
5	Плотность грунта.	г/см ³	1,83
6	Плотность сухого грунта	г/см ³	1,58
7	Показатель текучести.	д.ед.	<0
8	Плотность частиц грунта.	г/см ³	2,72
9	Коэффициент пористости.	д.ед.	0,722
10	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,59
11	Содержание органических веществ.	%	-
12	Коэффициент фильтрации.	м/сут.	0,12
13	Модуль общей деформации.	МПа	-
14	Расчётное сопротивление грунта.	МПа	0,18
Водонасыщенное состояние.			
15	Показатель текучести.	д.ед.	>1
16	Влажность.	д.ед.	0,28
17	Плотность грунта.	г/см ³	1,95
18	Модуль общей деформации.	МПа	-
19	Расчётное сопротивление грунта.	МПа	0,10

Пространственное расположение инженерно-геологических элементов приводится в графическом приложении № 12.3, составленном в соответствии с требованиями ГОСТ 20522-2012 и ГОСТ 25100-2011.

Физико-механические свойства грунтов по выделенным инженерно-геологическим элементам (ИГЭ), приведены по результатам статистической обработки лабораторных исследований (приложение № 11.6, с учетом нормативных и сравнительной оценки архивных материалов, ранее выполненных работ.

Рабочий слой (ИГЭ 1) насыпная механическая смесь суглинка, супеси, песка, чернозема. Рассматривается по массе как твердый суглинок.

Таблица 20. Данные гранулометрического состава насыпных грунтов

Гранулометрический состав в %, (средний показатель по ИГЭ).						
галька, щебень	гравий, дресва	песчаные частицы.				Пылеватые частицы
10	10-5	5-2	2-05	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
-	-	8,15	45,43	14,53	14,77	17,12

Степень плотности грунтов рабочего слоя определена, для оценки потребности или отсутствия их дополнительного уплотнения.

Таблица 21. Расчет коэффициента уплотнения грунтов

№ Скв	№ ИГЭ и глуб. отбора пробы.	Плотность сухого грунта (г/см³).		Коэффициент уплотнения грунтов в конструкции.		
		В конструкции	Стандартное уплотнение.	Наименьший допустимый п. 7.16, табл. 7.3.СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85), для:		Фактический
				Рабочего слоя	Тела насыпи	
50	2,5	1,48	1,85	0,98-0,95	-	0,80
46	2,0	1,64	1,90	0,98-0,95	-	0,86
30	2,3	1,68	1,86	0,98-0,95	-	0,90
20	1,8	1,53	1,81	0,98-0,95	-	0,85
12	3,6	1,60	1,78	0,98-0,95	-	0,90
7	3,0	1,68	1,82	0,98-0,95	-	0,92
Среднее по ИГЭ		1,60	1,83	0,98-0,95	-	0,87

На основании лабораторных исследований, приводится в таблице 22, в соответствии с рекомендациями п. 7.6. СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85), табл№ В.2-В.8.

Характеристика грунтов по степени увлажнения приводится в таблице 23, в соответствии с требованиями п.7.6. СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85), табл. № 11-12.

Таблица 22. Характеристика структурных свойств насыпных грунтов

Свойства.	Показатели.	Величина		Метод определения.	Характеристика.
Тип и подтип.	Число пластичности	0,08		Лабораторный Табл. В.2.	суглинок легкий
	Содержание песчаных частиц, % по массе	>40		Лабораторный Табл. В.2.	
Степень набухания.	Деформация набухания	Менее 2%		Табл. В.4.	ненабухающий
Степень просадочности	Относительная деформация просадки	1,3%		Табл.В.5.	непросадочный
Группа пучинистости.	Суглинок легкий	природное	III	Табл.В.7.	III
		замоченное	III		III
Величина пучения.	Суглинок легкий	природное	2-4%	Табл.В.8.	2-4%
		замоченное	7-10%		7-10%
Степень пучинистости.	Относительное морозное пучение	природное	2-4%	Табл.В.6.	слабопучинистый
		замоченное	7-10%		сильнопучинистый
Степень засоления.	Содержание легкорастворимых солей	0,0237%		Табл.В.3.	незасоленный

Таблица 23. Характеристика грунтов по степени увлажнения

Показатели. (д.ед.)		Величина.			Метод определения.
		от	до	средняя	
Природная влажность.		0,06	0,27	0,16	Лабораторный.
Оптимальная влажность.		0,12	0,16	0,14	Лабораторный.
Максимальная влажность.		0,18	0,24	0,21	Примечание к таблице № В.11.
Допустимая влажность.	Куп =0,95	0,16	0,21	0,18	Таблица № В.12.
	Куп =0,98	0,14	0,18	0,16	
Степень увлажнения.		Грунт нормальной влажности.			Таблица № В.11.

Расчет модуля упругости земляного полотна приводится в таблице 24, в соответствии с определением расчетных характеристик грунтов «Методических указаний по расчету нежестких дорожных одежд».

Таблица 24. Расчет модуля упругости земляного полотна

Средняя многолетняя влажность. Табл. П.2.1. Методических указаний.	Расчетная влажность.	Коэффициент нормированного отклонения. П.2.9. Методических указаний.	Модуль упругости. (МПа). Табл. П.2.3. Методических указаний.
0,63	0,73	1,64	37,0

Супесь (ИГЭ 2) желтовато-бурая и желтовато-серая, твердая, микропористая, непросадочная, с прослоями песка, пылеватая, до легкого суглинка.

Таблица 25. Данные гранулометрического состава ИГЭ 2

Гранулометрический состав в %, (средний показатель по ИГЭ).						
галька, щебень	гравий, дресва	песчаные частицы.				пылеватые частицы
10	10-5	5-2	2-05	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
-	-	3,05	7,86	17,18	17,22	54,69

Таблица 26. Нормативные и расчетные физико-механические характеристики

№ п/п	Показатели	Един. изме- рен	Норма- тивные	Расчетные	
				0.90	0.98
Природное состояние грунта					
1	Влажность на границе текучести.	д.ед.	0,20		
2	Влажность на границе раскатывания.	д.ед.	0,15		
3	Число пластичности.	д.ед.	0,05		
4	Показатель текучести.	д.ед.	<0		
5	Природная влажность.	д.ед.	0,125		
6	Плотность при природной влажности.	г/см³	1,74	1,70	1,67
7	Плотность сухого грунта.	г/см³	1,55		
8	Плотность частиц грунта.	г/см³	2,72		
9	Коэффициент пористости.	д.ед.	0,755		
10	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,45		
11	Угол внутреннего трения.	градус	20	19	18
12	Удельное сцепление.	МПа	0,019	0,017	0,015
13	Модуль общей деформации.	МПа	10		
14	Коэффициент фильтрации.	м/сут.	0,012		
15	Коэффициент поперечной деформации	д.ед.	0,32		
Замоченное состояние					
16	Показатель текучести.	д.ед.	>1		
17	Влажность.	д.ед.	0,26		
18	Плотность.	г/см³	1,94	1,91	1,89
19	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,94		
20	Угол внутреннего трения.	градус	15	14	14
21	Удельное сцепление.	МПа	0,009	0,008	0,007
22	Модуль общей деформации.	МПа	7		

Сравнительная характеристика результатов определения основных физико-механических характеристик приводится в таблице 27.

Таблица 27. Сравнительная оценка нормативных физико-механических характеристик ИГЭ 2 в природном состоянии

Показатели.	арх	ст. зонд	СП 22.13330.2011 СНиП 2.02.01-83. Прил. Б	Лабораторный			Рекомендуе- мый, нормативный
				от	до	средн	
Удельное сцепление. МПа.	0,018	-	0,013	0,015	0,023	0,019	0,019
Угол внутрен. трения. Градус.	22	-	24	17	24	20	20
Модуль де- формации. МПа.	11	-	10	5,88	7,87	6,51	10
				с mk= 2,95 E= 19,2МПа			

Суглинок (ИГЭ 3) желтовато-бурый и коричневатобурый, твердый и полутвердый, легкий, с частыми прослоями мелкого кварцево-полевошпатового песка.

Таблица 28. Данные гранулометрического состава насыпных грунтов

Гранулометрический состав в %, (средний показатель по ИГЭ).						
галька, щебень	гравий, дресва	песчаные частицы.				пылеватые частицы
10	10-5	5-2	2-05	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
-	-	2,46	16,03	36,28	21,78	23,45

Таблица 29. Нормативные и расчетные физико-механические характеристики

№	Показатели	Един. изме- рен	Норма- тивные	Расчетные	
				0.90	0.98
Природное состояние грунта.					
1	Влажность на границе текучести.	д.ед.	0,28		
2	Влажность на границе раскатывания.	д.ед.	0,18		
3	Число пластичности.	д.ед.	0,10		
4	Показатель текучести.	д.ед.	<0		
5	Природная влажность.	д.ед.	0,179		
6	Плотность при природной влажности.	г/см ³	1,89	1,87	1,86
7	Плотность сухого грунта.	г/см ³	1,60		
8	Плотность частиц грунта.	г/см ³	2,72		
9	Коэффициент пористости.	д.ед.	0,700		
10	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,70		

№	Показатели	Един. изме-рен	Норма-тивные	Расчетные	
				0.90	0.98
11	Угол внутреннего трения.	градус	19	18	17
12	Удельное сцепление.	МПа	0,027	0,024	0,022
13	Модуль общей деформации.	МПа	17		
14	Коэффициент фильтрации.	м/сут.	0,010		
15	Коэффициент поперечной деформации	д.ед.	0,36		
Замоченное состояние.					
16	Показатель текучести.	д.ед.	0,62		
17	Влажность.	д.ед.	0,24		
18	Плотность.	г/см ³	1,98	1,96	1,95
19	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,93		
20	Угол внутреннего трения.	градус	15	15	14
21	Удельное сцепление.	МПа	0,012	0,010	0,009
22	Модуль общей деформации.	МПа	12		

Таблица 30. Сравнительная оценка нормативных физико-механических характеристик ИГЭ 3 в природном состоянии

Показатели.	арх	ст. зонд	СП 22.13330.2011 СНиП 2.02.01-83. Прил. Б	Лабораторный			Рекомендуе- мый, нормативный
				от	до	средн	
Удельное сцепление. МПа.	0,024	-	0,025	0,023	0,038	0,027	0,027
Угол внут-рен. трения. Градус.	24	-	23	17	20	19	19
Модуль де-формации. МПа.	15	-	17	4,17	6,32	5,39	17
				с mk=4,25, E= 22,9МПа			

Песок (ИГЭ 4) желтовато-серый, мелкий, кварцево-полевошпатовый, редко с линзами песка средней крупности, средней плотности, маловлаж-ный, ниже угв водонасыщенный, с прослоями супеси и суглинка.

Таблица 31. Нормативные и расчетные физико-механические характеристики

Гранулометрический состав в %.						
галька, щебень	гравий, дресва	песчаные частицы.				пылеватые частицы
10	10-5	5-2	2-05	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
-	-	0,81	5,87	24,11	61,42	7,79

**Таблица 32. Сравнительная характеристика
результатов определения основных физико-механических
характеристик приводится в таблице**

п/п	Показатели	Един. изме- ре- ния.	Норматив- ные	Расчетные	
				0.85	0.95
Природное состояние над угв.					
1	Природная влажность.	д.ед.	0,11		
2	Плотность частиц грунта.	г/см ³	2,67		
3	Плотность грунта.	г/см ³	1,69	1,68	1,67
4	Плотность сухого грунта.	г/см ³	1,55		
5	Коэффициент пористости.	д.ед.	0,720		
6	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,33		
7	Угол внутреннего трения.	гра- дус	28	28	26
8	Удельное сцепление.	МПа	-	-	-
9	Модуль общей деформации.	МПа	18		
10	Коэффициент фильтрации.	м/сут	2,61		
Природное состояние ниже угв.					
11	Плотность грунта.	г/см ³	1,97	1,96	1,95
12	Влажность.	д.ед.	0,27		
13	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	1		
14	Угол внутреннего трения.	гра- дус	28	28	26
15	Удельное сцепление.	МПа	-	-	-
16	Модуль общей деформации.	МПа	18		

**Таблица 33. Сравнительная оценка нормативных
физико-механических характеристик ИГЭ 4 в природном состоянии**

Показатели.	Архив- ный	(СП 22.13330.2011) СНиП 2.02.01-83. Прил. Б	Статическое зондирование	Рекомендуе- мый, нормативный
Удельное сцепле- ние. МПа.	0,001	-	-	-
Угол внутрен. трения. Градус.	26	28	-	28
Модуль деформа- ции. МПа.	17	18	-	18

Супесь (ИГЭ 5) желтовато-бурая и желтовато-серая, пластичная с про-
слоями песка, пылеватая.

Таблица 34. Данные гранулометрического состава насыпных грунтов

Гранулометрический состав в %, (средний показатель по ИГЭ).						
галька, щебень	гравий, дресва	песчаные частицы.				пылеватые частицы
10	10-5	5-2	2-05	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
-	-	4,04	7,12	20,16	14,51	54,17

Таблица 35. Нормативные и расчетные физико-механические характеристики

№	Показатели	Един. изме- рен	Норма- тивные	Расчетные	
				0.90	0.98
Природное состояние грунта.					
1	Влажность на границе текучести.	д.ед.	0,19		
2	Влажность на границе раскатывания.	д.ед.	0,14		
3	Число пластичности.	д.ед.	0,05		
4	Показатель текучести.	д.ед.	0,42		
5	Природная влажность.	д.ед.	0,161		
6	Плотность при природной влажности.	г/см ³	1,86	1,86	1,85
7	Плотность сухого грунта.	г/см ³	1,60		
8	Плотность частиц грунта.	г/см ³	2,72		
9	Коэффициент пористости.	д.ед.	0,700		
10	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,63		
11	Угол внутреннего трения.	градус	19	18	18
12	Удельное сцепление.	МПа	0,012	0,012	0,011
13	Модуль общей деформации.	МПа	10		
14	Коэффициент фильтрации.	м/сут.	0,012		
15	Коэффициент поперечной деформации	д.ед.	0,32		
Замоченное состояние.					
16	Показатель текучести.	д.ед.	>1		
17	Влажность.	д.ед.	0,24		
18	Плотность.	г/см ³	1,99	1,98	1,97
19	Коэффициент водонасыщения.	д.ед.	0,93		
20	Угол внутреннего трения.	градус	15	15	14
21	Удельное сцепление.	МПа	0,004	0,003	0,002
22	Модуль общей деформации.	МПа	6		

Таблица 36. Сравнительная оценка нормативных физико-механических характеристик ИГЭ 5 в природном состоянии

Показатели.	арх	ст. зонд	СП 22.13330.2011 СНиП 2.02.01-83. Прил. Б	Лабораторный			Рекомендуе- мый, норматив- ный
				от	до	средн	
Удельное сцеп- ление. МПа.	0,012	-	0,011	0,011	0,015	0,012	0,012
Угол внутрен. трения. Градус.	18	-	21	17	20	19	19
Модуль дефор- мации. МПа.	9	-	10	4,29	4,84	4,57	10
				с mk=3,25 E= 14,9МПа			

Максимальное количество водорастворимых солей в грунте составляет 0,0237 %, (приложение 11.7.). В соответствии с табл. Б 25 ГОСТ 25100-2011 грунт незасоленный. Грунт не набухающий, т.к. основные разности грунтов при высыхании в лабораторных условиях не давали усадку. Грунты непросадочные, т.к. максимальная просадка, при производстве определения модуля деформации в природном и замоченном виде составила менее 0,0086.

Для определения степени агрессивного воздействия грунтовой среды на металлические и бетонные строительные конструкции и материалы были выполнены химические анализы водной вытяжки из грунтов.

Таблица 37. Данные агрессивного воздействия

Строительные конструкции и материалы		Вид агрессивности	Показатель агрессивности	Степень агрессивности
Бетон марки	W ₄	-	-	неагрессивная
	W ₆	-	-	неагрессивная
	W ₈	-	-	неагрессивная
	W ₁₀ - W ₁₄	-	-	неагрессивная
	W ₁₆ - W ₂₀	-	-	неагрессивная
К арматуре в бетоне		-	-	неагрессивная
Алюминиевая оболочка кабеля		Cl	0,0237%	высокая
Свинцовая оболочка кабеля		pH	6,65-6,75	низкая
Углеродистая и низколегированная сталь		УЭС	33,6 Ом/м	средняя

Гидрогеологические условия

Грунтовые воды по состоянию на август 2014 года обнаружены скважиной № 37, пройденной в пойме реки Ардовать. Установившийся уровень грунтовых вод отвечает абс. отметке 104,83 м, что определяет глубину залегания от уровня дневной поверхности 4,5 метра. На других участках изученной территории грунтовые воды и признаки ее проявления не обнаружены. На участках с пониженными формами в рельефе (искусственно спланированные овраги под дорожную насыпь), где располагаются водопропускные трубы, подземных вод тоже не обнаружено. По бортам оврагов все же отмечаются линии оглеения, характер расположения которых, указывает на наличие скопления поверхностных вод в отдельные влагообильные периоды времени. В то же время, учитывая налаженный сток воды (водопропускные трубы) и достаточно низкие фильтрационные особенности ($K_f=0,010-0,012$ м/сут.) грунтов основания насыпи дорожного полотна, поверхностные воды не успевают фильтроваться в толщу разреза и скапливаться в виде линз верховодки. Но на участках, где сток не организован формирование линз верховодки, исключать не стоит. На факт их возможного формирования указывают пластичные разности супесей в толще разреза.

Грунтовые воды развитые в пойменной части реки образованы и зависят от состояния уровня воды в поверхностном водотоке (р. Ардовать). В паводковый период уровень воды в реке достигает абс.отметки 106,0м (определено по линии оглеения по бортам в русле). Данный уровень грунтовых вод, с учетом капиллярного поднятия, рекомендуется, как максимальный прогнозируемый для принятия проектных решений. В целом грунтовые воды не оказывают существенного влияния на характер замачивания верхней части порожного полотна. При существующем положении, а также при условии своевременного осмотра водопропускных труб, с целью их исправности и недопущения засорения (максимальная засоренность отдельных труб, на

момент изысканий, не более $\frac{1}{4}$ диаметра) особых проблем с замачиванием грунтов дорожного полотна быть не должно.

В данных условиях рекомендуемый критерий типизации территории по подтопляемости II-A₁-1,2,...n, определен в соответствии с рекомендациями П 11-105-97, ч. 2, приложения «И. Данный критерий принят с учетом возможных неблагоприятных условий, при которых возникновение локальных линз верховодки на отдельных участках не исключается.

По химическому составу грунтовые воды в скважине № 37 гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридно- магниевое-натриево-кальциевая.

Таблица 38. Степень агрессивного воздействия грунтовых вод на строительные конструкции

Строительные конструкции и материалы		Вид агрессивности	Показатель агрессивности	Степень агрессивности
Бетон марки	W ₄	-	-	неагрессивная
	W ₆	-	-	неагрессивная
	W ₈	-	-	неагрессивная
	W ₁₀ -W ₁₄	-	-	неагрессивная
	W ₁₆ -W ₂₀	-	-	неагрессивная
Алюминиевая оболочка кабеля		Cl	233,65 мг/л	средняя
Свинцовая оболочка кабеля		pH	6,95	низкая
СНиП 2.03.11-85 (28.13330.2012), приложение В, табл. В3, В4. В5. ГОСТ 9.602-2005 п. 4.4. табл. 3, 5.				

Специфические грунты

В соответствии с указаниями п.п. 7.7.-7.8, СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85) особых и слабых грунтов в толще геологического разреза не отмечено. При проектных решениях следует обратить внимание, что твердые суглинки ИГЭ 3 и твердые и пластичные супеси ИГЭ 2 и 5, при интенсивном замачивании склонны к переходу в мягкопластичные и текучие разности, что существенно снижает их прочностные и деформационные свойства. При принятии проектных решений мероприятия по недопущению замачивания грунтов основания и дорожного полотна следует предусмотреть.

Геологические процессы и явления

Оползни, карст и прочие процессы способные повлиять на строительство и эксплуатацию сооружения, на обследуемом участке и вблизи него не наблюдаются. Отмечаются отдельные участки плоскостного смыва грунтов.

К неблагоприятным факторам следует отнести возможность формирования линз верховодки, от долгого стояния поверхностных вод, при отсутствии мероприятий своевременного контроля, за водоотводящими сооружениями.

Инженерно-геологические условия площадки проектируемого сооружения следует характеризовать, как среднесложные (II), в соответствии с обязательным приложением «Б» СНиП 11-105-97.

**Таблица 39. Перечень неблагоприятных факторов,
оказывающих влияние на инженерно-геологические условия**

№	Факторы	Описание факторов.
1.	Геоморфологические	Поверхность расчлененная, но искусственно спланированная
2.	Геологические.	5 инженерно-геологических элементов
3.	Техногенное воздействие	При нормальной организации эксплуатации, сооружения не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений

Основной целью капитального ремонта участка автомобильной дороги является доведение параметров плана, продольного и поперечного профиля автомобильной дороги до нормативов II категории и создание условий для безопасного проезда.

В основу принципиальных решений капитального ремонта положены мероприятия по доведению параметров плана, продольного и поперечного профиля автомобильной дороги проектируемого участка в пределах полосы отвода автомобильной дороги с сохранением существующих элементов плана и профиля.

Все решения принятые при разработке проекта согласованы с заказчиком и другими заинтересованными организациями и обоснованы заданием на проектирование, СНиП 2.05.02-85*, другими нормативными документами и материалами инженерных изысканий.

Основные технические параметры

В соответствии с заданием на проектирование проектируемый участок относится к дорогам II категории, для которых согласно СНиП 2.05.02-85* и ГОСТ Р 52399-2005 приняты следующие технические нормативы:

Категория участка автомобильной дороги – II

Расчетная скорость – 120 км/ч

Расчетные нагрузки – А 11,5, 115 кН

Наибольший продольный уклон – 44,8‰;

Наименьшее расстояние видимости:

для остановки – 250 м;

встречного автомобиля – 450 м

Ширина проезжей части 2х3,75 м;

Ширина краевой полосы у обочины – 0,75 м;

Наименьший радиус кривых в плане – 865 м;

Наименьший радиус вогнутых кривых 1710 м

Наименьший радиус выпуклых кривых 4758 м

В соответствии с Классификацией работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог, утвержденной приказом Минтранса России №402 от 16 ноября 2012 г. доведение существующих элементов плана и продольного профиля проектируемого участка автомобильной дороги до нормативных не предусматривается в связи с ограничением участка проектирования существующей полосой отвода автодороги.

Интенсивность движения

Существующая интенсивность движения

Одним из главных методов при определении существующей интенсивности движения наиболее достоверным является определение фактической интенсивности движения автомобильного транспорта путем проведения контрольного учета движения с целью определения и изучения размера и состава транспортного потока.

Были проведены фактические контрольные учёты движения

День недели – пятница

По основной дороге: время проведения учета – с 9ч.30мин. до 10ч.30мин

Таблица 40. Данные учета автомобилей

Виды транспорта			Количество авт/ч	Количество авт/сут	Количество автомобилей, приведенных к легковому автомобилю авт/сут
Грузовые автомобили и автопоезда грузоподъемностью	Легкие до 2,0 т	Всего:	34	385	385x1,5=577
		Из них автопоезда:			
	Средние от 2,1 до 5,0 т	Всего:	12	136	136x1,875=255
		Из них автопоезда:			
	Тяжелые от 5,1 до 8,0 т	Всего:	24	272	136x2,0+136x2,5=272+340=612
		Из них автопоезда:			
	Очень тяжелые свыше 8,0 т	Всего:	190	2150	1290x3,0+860x3,5=3870+3010=6880
		Из них автопоезда:			
Легковые автомобили			243	2751	2751x1,0=2751
Автобусы			6	68	68x1,875=128
Итого			509	5762	11203

На пересечении Прасковьино – Ст. Кулатка:

Время проведения учета – с 11ч.00мин. до 12ч.00мин

Данные учета приведены в таблице 41.

Определение фактической интенсивности движения транспортного потока произведено по ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (приложение 1) по формуле (П1.1):

$$N_{\text{сут}} = \frac{4 \cdot N_{\text{ч}}}{k_t \cdot k_n \cdot k_r \cdot 365} \quad (\text{авт./сут})$$

где $N_{\text{ч}}$ - часовая интенсивность движения, авт./час;

k_t, k_n, k_r - коэффициенты неравномерности движения, соответственно по часам суток, дням недели и месяца года, которые определяются по таблице П-1.1 ОДМ 218.2.020-2012.

**Таблица 41. Зависимость Количество автомобилей,
приведенных к легковому автомобилю за сутки**

Виды транспорта			Количество авт/ч		Количество авт/сут		Количество автомобилей, приведенных к легковому автомобилю авт/сут	
			Прос-ковъ-ино	Ст. Ку-латка	Прос-ковъ-ино	Ст. Ку-латка	Проско-вьино	Ст. Ку-латка
Грузовые автомобили и автопоезда грузоподъемностью	Легкие до 2,0 т	Всего:	1	4	12	50	12x1,5=18	50x1,5=75
		Из них автопоезда:						
	Средние от 2,1 до 5,0 т	Всего:	4	3	50	37	50x1,875=94	37x1,875=69
		Из них автопоезда:						
	Тяжелые от 5,1 до 8,0 т	Всего:	-	2	-	25	-	25x2,0=50
		Из них автопоезда:						
	Очень тяжелые свыше 8,0 т	Всего:	3	5	38	63	38x3,0=114	63x3,0=189
		Из них автопоезда:						
Легковые автомобили			26	16	324	199	324x1,0=324	199x1,0=199
Автобусы			1	2	12	25	12x1,875=22	2,5x1,875=47
Итого			35	32	436	399	572	629

На 2014 год интенсивность составит:

$$N_{2014}=4*509/(0,0055*0,16*0,11*365)=5762 \text{ авт./сут}$$

$$\text{Легковые } N_{\text{л}}=4*243/0,35332=2751 \text{ авт./сут}$$

$$\text{Автобусы } N_{\text{авт}}=4*6/0,35332=68 \text{ авт./сут}$$

$$\text{Грузовые } N_{\text{гр}}=4*260/0,35332=2943 \text{ авт./сут}$$

Из которых

$$\text{Грузовые до 2тонн } N_{0-2}=4*34/0,35332=385 \text{ авт./сут}$$

$$2-5 \text{ тонн } N_{2-5}=4*12/0,35332=136 \text{ авт./сут}$$

$$5-8 \text{ тонн } N_{5-8}=4*24/0,35332=272 \text{ авт./сут}$$

$$\text{более 8 тонн } N_{\text{более8}}=4*190/0,35332=2150 \text{ авт./сут}$$

Интенсивность на 2015 год составит:

$$N_{2015}= N_{2014}*1,04=5762*1,04=5992 \text{ авт./сут}$$

$$\text{Легковые } N_{\text{л}}= 5992*47,7\% =2858 \text{ авт./сут}$$

Автобусы $N_{\text{авт}} = 5992 \times 1,2\% = 72 \text{ авт./сут}$

Грузовые $N_{\text{гр}} = 35992 \times 51,1\% = 3062 \text{ авт./сут}$

Из которых

Грузовые до 2 тонн $N_{0-2} = 3062 \times 13,1\% = 401 \text{ авт./сут}$

2-5 тонн $N_{2-5} = 3062 \times 4,6\% = 141 \text{ авт./сут}$

5-8 тонн $N_{5-8} = 3062 \times 9,2\% = 282 \text{ авт./сут}$

более 8 тонн $N_{\text{более8}} = 3062 \times 73,1\% = 2238 \text{ авт./сут}$

интенсивность движения приведенная к легковому автомобилю составит:

$N_{\text{прив}2015} = 2858 \times 1,0 + 72 \times 1,875 + 401 \times 1,5 + 141 \times 1,875 + 141 \times 2,0 + 141 \times 2,5 + 1343 \times 3,0 + 895 \times 3,5 = 2858 + 135 + 602 + 264 + 282 + 352 + 4029 + 3132 = 11654 \text{ прив. авт./сут.}$

Перспективная интенсивность движения

Интенсивность движения на период эксплуатации в 12 лет (2027 год) составит:

$N_{2027} = N_{2015} \times 1,04^{12} = 5992 \times 1,04^{12} = 9587 \text{ авт./сут}$

Легковые $N_{\text{л}2027} = 9587 \times 47,9\% = 4592 \text{ авт./сут}$

Автобусы $N_{\text{авт}2027} = 9587 \times 1,7\% = 163 \text{ авт./сут}$

Грузовые $N_{\text{гр}2027} = 9587 \times 50,4\% = 4832 \text{ авт./сут}$

Из которых

Грузовые до 2 тонн $N_{0-22027} = 4592 \times 14,2\% = 652 \text{ авт./сут}$

2-5 тонн $N_{2-52027} = 4592 \times 4,8\% = 220 \text{ авт./сут}$

5-8 тонн $N_{5-82027} = 4592 \times 9,7\% = 445 \text{ авт./сут}$

более 8 тонн $N_{\text{более8}2027} = 4592 \times 71,3\% = 3274 \text{ авт./сут}$

интенсивность движения приведенная к легковому автомобилю на 2027 год составит:

$N_{\text{прив}2027} = 4592 \times 1,0 + 163 \times 1,875 + 652 \times 1,5 + 220 \times 1,875 + 223 \times 2,0 + 223 \times 2,5 + 1768 \times 3,0 + 1506 \times 3,5 = 4592 + 306 + 978 + 412 + 446 + 558 + 5304 + 5271 = 17867 \text{ прив. авт./сут.}$

План трассы

Проектируемый участок имеет северо-восточное направление, проходит вне населенных пунктов. Начало проектируемого участка принято на км 802+00 автомобильной дороги М-5 «Урал» Москва-Рязань-Пенза-Самара-Уфа-Челябинск. Конец проектируемого участка принят на км 813+022 автомобильной дороги М-5 «Урал» Москва-Рязань-Пенза-Самара-Уфа-Челябинск.

Протяженность участка – 10,750 км

В плане автодорога имеет преимущественно прямолинейное направление. На проектируемом участке дороги 23 углов поворота, из которых 17 углов менее одного градуса (углы без разбивки). Минимальный радиус кривых в плане 865 м.

Проектом предусматривается размещение остановок общественного транспорта в районе примыкания на с. Елшанка с устройством остановочного павильона в направлении г. Пенза и устройством тротуара до поворота на с. Елшанка. Тротуар отделен от проезжей части барьерным ограждением, в поперечном профиле тротуар поднят на 15 см выше кромки проезжей части с установкой бортового камня БР 100.30.18 по ГОСТ 6665-91.

В связи с малой интенсивностью на с. Елшанка, примыкание выполнено без устройства переходно-скоростных полос, но с левосторонним накопителем по основному направлению.

Также в соответствии с письмом №11 от 28.01.2015 года Администрации муниципального образования «Николаевский район», а также в соответствии с протоколом технического совещания ФКУ «Поволжуправтодор» №49/49ПД от 08.12.2014 года проектом предусматривается восстановление остановочной площадки с автопавильоном на ПК 67 в связи близким размещением н.п. Елшанка и исторически сложившейся пешеходной сетью.

В соответствии с письмом №02-24-63 от 03.02.2015 года Муниципального образования Канадейское сельское поселение, а также в соответствии с протоколом технического совещания ФКУ «Поволжуправтодор» №49/49ПД от 08.12.2014 года, проектом предусматривается восстановление примыкания на ПК 85+59 в с. Прасковьино, без устройства лево поворотного накопителя и устройства переходно скоростных полос в пределах существующих границ примыкания.

Проектом предусматривается устройство пересечения на ПК 98+47 на Ст. Кулатку и с. Прасковьино с устройством переходно-скоростных полос и устройством лево поворотного накопителя.

На ПК 101+27 предусмотрены остановочные площадки с остановочными павильонами с устройством тротуара до пересечения на Ст. Кулатку – с. Прасковьино.

Продольный профиль

На протяжении участка капитального ремонта радиусы выпуклых и вогнутых кривых частично не соответствуют параметрам II категории. В соответствии с Классификацией работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог, утвержденной приказом Минтранса России №402 от 16 ноября 2012 г. доведение существующих элементов плана и продольного профиля проектируемого участка автомобильной дороги до нормативных не предусматривается в связи с ограничением участка проектирования полосой отвода автодороги. Проектом предусмотрены работы по усилению и уширению дорожной одежды с использованием существующего профиля автомобильной дороги.

Наибольший продольный уклон составляет 44,8‰.

Наименьший радиус вогнутых кривых 1710м

Наименьший радиус выпуклых кривых 4758м.

Земляное полотно

Ширина земляного полотна основной части проектируемого участка определена из условия размещения двух полос движения шириной по 3,75м каждая и обочин по 3,75м каждая. Поскольку существующее земляное полотно имеет ширину от 13,4м до 18,0м проектными решениями предусмотрено сохранение существующей ширины земляного полотна, имеющей ширину более нормативной и досыпка земляного полотна в местах имеющих ширину менее нормативной.

При устройстве уширения проезжей части производится срезка существующих обочин на глубину устройства песчаного подстилающего слоя из песка мелкого с коэффициентом фильтрации не менее 1м/сут. (слой устраивается на всю ширину обочины). Срезанный грунт используется для досыпки земляного полотна.

В соответствии с требованиями СНиП 2.05.02-85* п.6.15 наименьший коэффициент уплотнения грунта:

– в рабочем слое при капитальном типе дорожной одежды должен составлять 0,98;

Коэффициент относительного уплотнения грунтов проектируемой насыпи составляет $K_{упл.}=1,03$.

Укрепление откосов земляного полотна производится засевом трав по слою растительного грунта толщиной 0,15м.

Для организации водоотвода вдоль земляного полотна автодороги и отвода воды проектом предусмотрено устройство кюветов. Местоположение кюветов определено в ведомости проектируемых водоотводных сооружений. В зависимости от уклона кювета предусмотрен вид укрепления.

«Ведомость проектируемых водоотводных сооружений» приведена в том 3.2 Раздел 3 Книга 2 ТКР.МИС.

Дорожная одежда

На рассмотрение заказчику было предложено 3 варианта дорожной одежды на уширении:

Вариант 1.

Верхний слой покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20) на ПБВ с битумной присадкой "Адгезол N6" (или эквивалент), марка битума 60/90 по ГОСТ 31015-2002 толщиной 5 см;

Нижний слой покрытия – горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 7 см;

Геосетка из стекловолокна с разрывной нагрузкой 100/100кН/м, размер ячеек 35/35мм

Верхний слой основания – асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый марки II на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 8 см;

Основание – щебень М-800 по ГОСТ 8267-93 уложенный по способу заклинки толщиной 32 см;

Полимерная геосетка с разрывной нагрузкой 45/45 кН/м, размер ячеек 35/35мм

Подстилающий слой из песка мелкого по ГОСТ 8736-93 толщиной 27 см;

Вариант 2.

Верхний слой покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20) на ПБВ с битумной присадкой "Адгезол N6" (или эквивалент), марка битума 60/90 по ГОСТ 31015-2002 толщиной 5 см;

Нижний слой покрытия – горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 7 см;

Верхний слой основания – асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый марки II на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 8 см;

Основание – щебень М-800 по ГОСТ 8267-93 уложенный по способу за-
клинки толщиной 34 см;

Подстилающий слой из песка мелкого по ГОСТ 8736-93 толщиной 27 см.

Вариант 3.

Верхний слой покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20) на ПБВ с битумной присадкой "Адгезол N6" (или эквивалент), марка битума 60/90 по ГОСТ 31015-2002 толщиной 5 см;

Нижний слой покрытия – горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 7 см;

Асфальтогранулобетон (АГБ) полученный методом холодной регенерации с добавлением минерального вяжущего – цемента общей толщиной 15 см;

Нижний слой основания – щебень М-800 по ГОСТ 8267-93 уложенный по способу заклинки толщиной 34 см;

Подстилающий слой из песка мелкого по ГОСТ 8736-93 толщиной 10 см.

На основании технико-экономического сравнения вариантов конструкции дорожной одежды было принято решение о согласовании **1 варианта** конструкции дорожной одежды на **уширении**.

Также были приложены 3 варианта конструкции дорожной одежды на усилении:

Вариант 1.

Верхний слой покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20) на ПБВ с битумной присадкой "Адгезол N6" (или эквивалент), марка битума 60/90 по ГОСТ 31015-2002 толщиной 5 см;

Нижний слой покрытия – горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 7 см;

Геосетка из стекловолокна с разрывной нагрузкой 100/100 кН/м, размер ячеек 35/35мм

Выравнивающий слой – горячий пористый асфальтобетон марки II на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013; при толщине слоя до 6см – из мелкозернистого асфальтобетона, свыше 6см – из крупнозернистого асфальтобетона.

Фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия до 10 см.

Вариант 2.

Верхний слой покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20) на ПБВ с битумной присадкой "Адгезол N6" (или эквивалент), марка битума 60/90 по ГОСТ 31015-2002 толщиной 5 см;

Нижний слой покрытия – горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 7 см;

Выравнивающий слой – горячий пористый асфальтобетон марки II на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013; При толщине слоя до 5см – из мелкозернистого асфальтобетона, свыше 5см – из крупнозернистого асфальтобетона.

Фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия до 10 см.

Вариант 3.

Верхний слой покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20) на ПБВ с битумной присадкой "Адгезол N6" (или эквивалент), марка битума 60/90 по ГОСТ 31015-2002 толщиной 5 см;

Нижний слой покрытия – горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 7 см;

Асфальтогранулобетон (АГБ) полученный методом холодной регенерации с добавлением минерального вяжущего – цемента общей толщиной 15 см;

Фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия до 15 см.

На основании технико-экономического сравнения вариантов конструкции дорожной одежды было принято решение о согласовании **1 варианта** конструкции дорожной одежды **на усилении**.

Согласование технических решений подтверждено протоколом технического совещания ФКУ «Поволжуправтодор» №49/49 от 08.12.2014 года

Проектной документацией принята следующая конструкция дорожной одежды на тротуарах:

Асфальтобетон мелкозернистый песчаный Тип Г марки II – 4см.

Щебень М-400 фр.20*40 по ГОСТ 8267-93 – 12 см.

Песок мелкий по ГОСТ 8736-93 – 10 см.

Укрепление обочин на проектируемом участке автомобильной дороги предусмотрено фракционированным щебнем М-600 фр.20-40 (70%) по ГОСТ 8267-93 с расклинцовкой асфальтогранулятом (30%) толщиной 0,15 %.

На проектируемом участке автомобильной дороги в соответствии с ОДН 218.3.039-2003 «Укрепление обочин автомобильных дорог» на участках прикромочного водоотвода и на подходах к примыканиям, на расстоянии 100м, проектом предусмотрено устройство остановочных полос.

Принята следующая дорожная одежда на остановочной полосе:

Верхний слой покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20) на ПБВ с битумной присадкой "Адгезол N6" (или эквивалент), марка битума 60/90 по ГОСТ 31015-2002 толщиной 5 см;

Нижний слой покрытия – горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 7 см;

Геосетка из стекловолокна с разрывной нагрузкой 100/100кН/м, размер ячеек 35/35мм

Верхний слой основания – асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый марки II на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2013 толщиной 8 см;

Основание – щебень М-800 по ГОСТ 8267-93 уложенный по способу заклинки толщиной 32 см;

Полимерная геосетка с разрывной нагрузкой 45/45 кН/м, размер ячеек 35/35мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из главных достоинств использования электронных тахеометров является отсутствие необходимости ведения специального журнала для записи расстояний и углов, как при работе с теодолитом, поскольку тахеометрическая съемка требует только ведения абриса. Номера пикетов, расстояния и углы сохраняются автоматически в памяти инструмента, и при изменении места его расположения необходимо будет только внести сведения о новой станции и пронумеровать пикет, после чего при нажатии специальной кнопки тахеометр сам произведет все измерения.

Также тахеометр позволяет производить расчет горизонтального положения автоматически – дисплей устройства показывает горизонтальные и вертикальные углы, наклонное расстояние, превышение и горизонтальное положение, а режимы отображения информации могут быть изменены при первой же необходимости.

Электронный тахеометр обладает функцией «выноса в натуру», то есть установку устройства на место с уже определенными координатами, после чего он «ориентируется» – посредством задания дирекционного угла или координат точки ориентирования, вводятся данные о точке выноса, и прибор показывает расстояние до объекта и угол, на который его следует развернуть.

Существуют тахеометры и для особых погодных условий, например, адаптированные для проведения замеров в зонах особо пониженных температур, однако их стоимость, соответственно, выше.

К сожалению, сегодня в России большая часть всех полевых съемочных работ осуществляется традиционными средствами – оптическими теодолитами, дальномерными насадками и другими устаревшими геодезическими приборами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Леонович И.И. Дорожная климатология. Мн., БГПА, 1994. 192 с.
2. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. М.: Стройиздат, 1983.
3. Resonant Machines Inc. URL: www.resonantmachines.com
4. Дубровин Е.Н. и др. Проектирование производственных предприятий дорожного строительства. М.: Высш. школа, 1975.
5. Методические указания по выполнению дипломного проекта на тему «Проект асфальтобетонного завода». Мн.: 1986. 28 с.
6. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. Организация, производство и приемка работ.
7. СТБ 1033 – 96. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Минск, 1996 г.
8. СНБ 8.03.127 – 2000. Ресурсно – сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сборник 27. Автомобильные дороги. Минск, 2001. 284 с.
9. СНБ 8.03.101 – 2000. Ресурсно – сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сборник 1. Земляные работы. Минск 2001. 305 с.
10. С.Л. Вдовиченко, М.И. Карлович, В.А. Стрижевский. Методические указания по выполнению экономических расчётов в дипломных проектах для студентов специальности 29.10 – «Строительство дорог и аэродромов». Минск, 1989. 32 с.
11. Дипломное проектирование: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 70.03.01 – «Строительство дорог и аэродромов» / И.И. Леонович, И.Н. Вербило, С.Л. Вдовиченко и др. Мн.: БНТУ, 2002. 58 с.
12. RESEARCH OF INFLUENCE OF QUALITY OF MATERIALS ON A ROAD MARKING OF HIGHWAYS Dormidontova T.V., Filatova A.V. Procedia Engineering. 2016. T. 153. C. 933-937.
13. Дормидонтова Т.В., Филатова А.В. Алгоритм корреляционно-регрессионного анализа // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство сборник статей. под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, В.П. Попова; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2015. С. 131-135.

14. Филатова А.В., Зуев М.С.В Причины образования колеи и их исследования сборнике: Пути улучшения качества автомобильных дорог Сборник статей. Под редакцией М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 202-206.

15. Филатова А.В. Применение маркшейдерии в геодезических работах на карстовых территориях Самарской области // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство сборник статей. под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, В.П. Попова; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2015. С. 247-251.

16. Филатова А.В. Информационные ресурсы поддержки бизнес-процесса на примере предприятия по строительству автодорог Вестник Самарского государственного университета. 2015. № 5 (127). С. 69-74.

17. Филатова А.В. Особенности использования тригонометрического нивелирования в инженерно-геодезических работах // ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ Электронный ресурс: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2013 года. под редакцией М.И. Бальзанникова, Н.Г. Чумаченко. 2014. С. 660-661.