

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ГЕОТЕХНИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по дисциплине  
*«Диагностика автомобильных дорог»*  
для студентов специальности  
*1-70 03 01 – Автомобильные дороги*

УДК 625.768.5

В методических указаниях изложены теоретические вопросы диагностики автомобильных дорог, а также методика проведения практического эксперимента. Приведены схемы приборов и установок, которые используются при выполнении экспериментальных работ по диагностике автомобильных дорог.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 1-70 03 01 – *Автомобильные дороги*.

Составители: Чумичева Н.В., старший преподаватель;  
Кобзарь А.А., ведущий специалист по СУП

Рецензент: главный инженер филиала ДСУ–15  
ОАО «ДСТ № 4 г.Брест» Косяк А.Р.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ .....	4
<b>Лабораторная работа № 1.</b> Контроль шероховатости дорожного покрытия .....	4
<b>Лабораторная работа № 2.</b> Определение прочностных характеристик грунтов земляного полотна с помощью прибора ПСГ- МГ4.....	7
<b>Лабораторная работа № 3.</b> Оценка твердости верхнего слоя асфальтобетонных покрытий .....	10
<b>Лабораторная работа № 4.</b> Определение модуля упругости грунтов и оснований дорог прибором ПДУ-МГ4 «УДАР» .....	13
<b>Лабораторная работа № 5.</b> Определение коэффициента сцепления дорожных покрытий .....	15
<b>Лабораторная работа № 6.</b> Определение ровности покрытия и геометрических параметров автомобильных дорог .....	19
<b>Лабораторная работа № 7.</b> Учет и расчет интенсивности движения .....	23
<b>Лабораторная работа № 8.</b> Оценка состояния покрытия по дефектности ...	28
<b>Лабораторная работа № 9.</b> Определение упругих прогибов дорожных одежд .....	34
ЛИТЕРАТУРА.....	38

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебным планом подготовки инженеров по специальности 1-70 03 01 – Автомобильные дороги предусмотрено изучение дисциплины «Диагностика автомобильных дорог».

Основной задачей изучения дисциплины является подготовка специалистов, способных к освоению и внедрению на практике передовых направлений диагностики автомобильных дорог.

Лабораторные занятия являются составной частью учебного процесса при изучении дисциплины и позволяют закрепить на практике полученные теоретические знания.

В связи с возросшими требованиями к качеству автомобильных дорог, большое внимание уделено вопросам диагностики автомобильных дорог. В настоящее время общепризнанными вопросами диагностики дорог являются: паспортизация, систематические организуемые осмотры, измерения ровности, прочности, коэффициента сцепления и шероховатости дорожных покрытий. В результате накопления данных, возможно сформировать банк дорожных данных, который в дальнейшем можно использовать для оценки состояния дорог и дальнейших условий эксплуатации.

После выполнения лабораторных работ студент составляет отчет, в котором излагается методика определения транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильной дороги.

### **Лабораторная работа № 1 Контроль шероховатости дорожного покрытия**

Безопасность движения автомобилей в большей степени зависит от шероховатости покрытия.

Шероховатость оказывает влияние на такие процессы взаимодействия колеса и дороги, как трение, износ шин, внешний и внутренний шум, сопротивление качению.

Шероховатость покрытия – качественная характеристика состояния дорожного покрытия, представляющая отклонение его от истинно плоской поверхности в пределах диапазона длин волн до 500 мм и амплитудами между пиками до 50 мм.

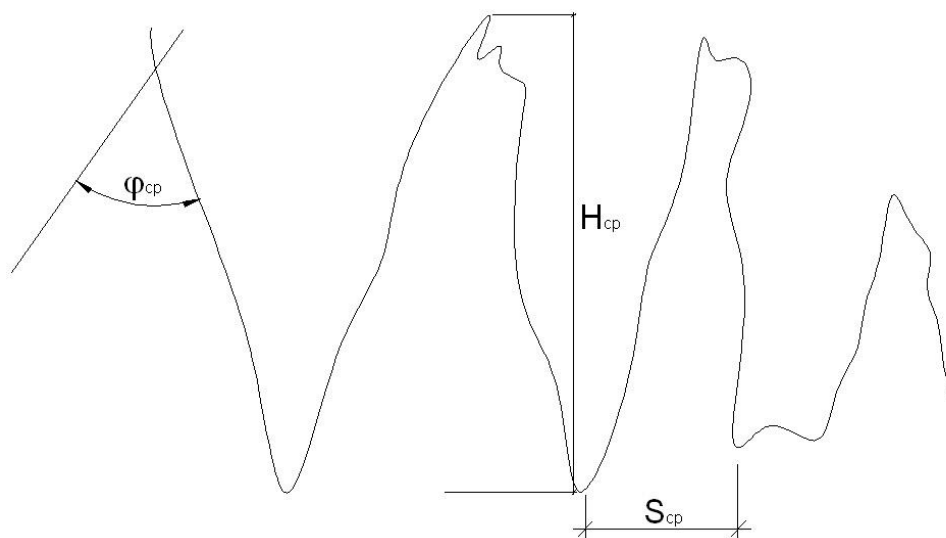
Количественной характеристикой шероховатости является глубина текстуры.

Микрошероховатость характеризуется неровностями длиной менее 2-3 мм и высотой менее 0,2-0,3 мм. Под микрошероховатостью понимают неровности, которые находятся на поверхности частиц каменного материала.

Микрошероховатость дорожных покрытий образуется выступающими на поверхности гранями щебня. К микрошероховатости дорожных покрытий предъявляют противоречивые требования. С одной стороны, она должна быть настолько мелкой, чтобы обеспечить наибольшую площадь контакта протектора шины с поверхностью покрытия. С другой стороны, дорожная поверхность должна быть достаточно грубой, чтобы способствовать быстрому отводу из площади контакта. Но с увеличением микрошероховатости возрастают сопротивление качению, износ шин и уровень шума.

По величине микрошероховатости ориентировочно можно судить о коэффициенте сцепления.

В большинстве случаев для характеристики шероховатости используют три параметра (рис. 1.1):



**Рисунок 1.1 – Основные параметры шероховатости**

$H_{cp}$  – среднюю высоту (глубину) неровностей;  $S_{cp}$  – шаг неровностей (среднее расстояние между соседними вершинами);  $\varphi_{cp}$  – средний угол при вершине выступов.

$S_{cp}$  – средний шаг неровности по вершинам

$$S_{cp} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_i}{n}; \quad (1.1)$$

$S_i$  –  $i$ -тый шаг неровностей;  $n$  – количество шагов неровностей.

$H_{cp}$  – средняя высота неровностей

$$H_{cp} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_i}{n}; \quad (1.2)$$

$H_i$  – ординаты измеренного профиля (от гребня вершины до дна углубления);  $n$  – число измерений ординат.

$\varphi_{cp}$  – средний угол при вершине

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_i}{n}, \quad (1.3)$$

где  $\varphi_i$  –  $i$ -ый угол при вершине.

### **Контроль шероховатости дорожного покрытия методом «песчаное пятно»**

Метод основан на том, что при различной шероховатости диаметр определенной порции песка, распределенного на поверхности покрытия в виде круга, будет изменяться: при крупношероховатой поверхности диаметр песчаного пятна меньше, а при мелкошероховатой – больше.

Шероховатость характеризуется средней глубиной впадин между щебенками, выступающими из покрытия.

Перед испытанием сухой песок просеивают через сита 0,315 и 0,14. Остаток на сите 0,14 засыпают в мерный цилиндр. Испытываемое место тщательно очищают щеткой. На очищенное покрытие отсыпают часть песка из мерно-

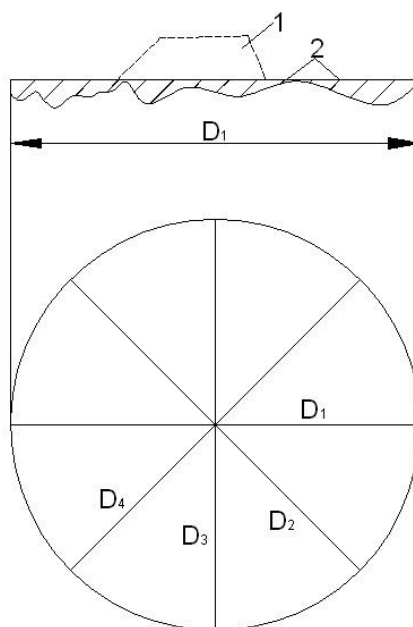
го цилиндра, фиксируя этот объем. Для мелкошероховатой поверхности покрытия достаточно  $10 \text{ см}^3$ , а для крупношероховатой –  $50 \text{ см}^3$ .

Отсыпанный песок разравнивают шпателем по поверхности покрытия, заполняя все впадины микропрофиля.

Среднюю глубину впадин поверхности  $h_{cp}$  (мм) определяют по формуле

$$h_{cp} = \frac{40V}{\pi D^2}, \quad (1.4)$$

где  $V$  – объем песка,  $\text{см}^3$ ;  $D$  – средний диаметр «песчаного пятна», показано на рисунке 1.2.



1 – распределяемый песок; 2 – песок во впадинах шероховатости;  
 $D_1$ – $D_4$  – измеряемые диаметры пятна

**Рисунок 1.2 – Определение шероховатости покрытия методом «песчаного пятна»**

Полученные результаты сравнивают с предельно допустимыми значениями средней глубины впадин эксплуатируемой дороги (таблица 1.1).

При измерении методом «песчаное пятно» следует производить не менее 5 измерений на 1000 м по одной полосе наката.

Таблица 1.1 – Предельно допустимые значения средней глубины впадин эксплуатируемых покрытий в соответствии с [1]

Категория дороги	Средняя глубина впадин $h_{cp}$ , мм
I - II	0,45
III	0,43
IV	0,40
V - VI	0,35

Шероховатость покрытия измеряется по методу «песчаного пятна» или с помощью метода профилирования по СТБ 1566.

Количественная оценка шероховатости производится по средней глубине профиля (MPD) и вычисленной глубине текстуры (ETD).

Вычисленная глубина текстуры (ETD) обеспечивает связь средней глубины профиля (MPD), полученного изменением глубины макротекстуры покрытия

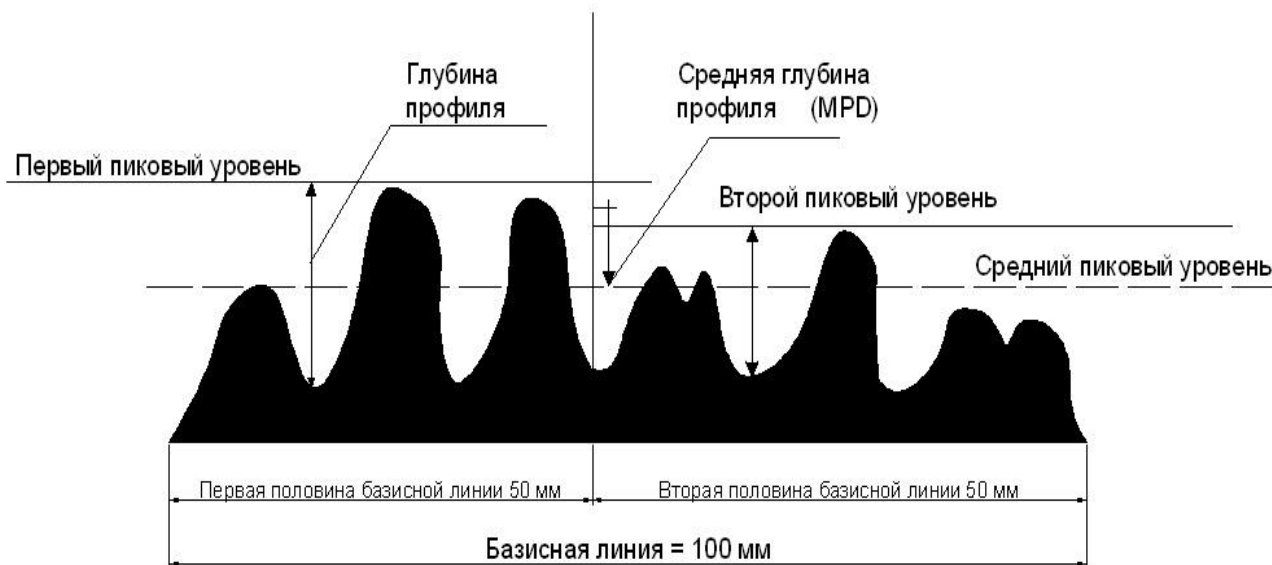
дорожного одежды при помощь метода «профилирования» с традиционного измеряемой глубиной шероховатости методом «песчаного пятна» –  $h_{cp}$

$$ETD=0,2+0,8 MPD.$$

Вычисленная глубина текстуры эквивалентна результатам, полученным по методу «песчаного пятна»

$$ETD=h_{cp}.$$

Схема, иллюстрирующая нахождение средней глубины текстуры, приведена на рисунке 1.3.



$$MPD = \frac{1 \text{ пик. уровень} + 2 \text{ пик. уровень}}{L} - \text{средний уровень}$$

**Рисунок 1.3 – Схема определения средней глубины текстуры**

Для расчетов длина базисной линии принимается равной 100 мм, что является минимальной длиной контакта шины с покрытием.

Средний уровень определяется как середина между максимальным пиком и минимальной впадиной.

## Лабораторная работа № 2 Определение прочностных характеристик грунтов земляного полотна с помощью прибора ПСГ- МГ4

Требования к уплотнению грунтов земляного полотна нормируют по значениям фактической плотности скелета грунтов  $\delta_n$  и максимальной стандартной плотности  $\delta_{max} K$ , соответствующей стандартному в лаборатории при оптимальной влажности грунта.

Отношение  $\delta_n / \delta_{max} \gamma$  называют коэффициентом уплотнения ( $K_{упл}$ ).

Для контроля качества уплотнения грунтов и оснований при строительстве дорог, мостов, опор, фундаментов, траншей на предприятиях дорожной индустрии используется пенетромтр грунтовой ПСГ- МГ4, предназначенный для определения степени уплотнения грунтов методом статического зондирования.



**Рисунок 2.1 – Общий вид пенетрометра ПСГ- МГ4**

### **Принцип работы пенетрометра**

Основан на корреляционной зависимости удельного сопротивления пенетрации и механическими свойствами грунта.

### **Удельное сопротивление**

Пенетрация рассчитывается как отношение силы действующей на наконечник к площади к площади наконечника.

Состав ПСГ- МГ4:

- Тензометрическое силоизмерительное устройство (ТСУ);
- Электронный блок;
- Удлинительные штанги (2 шт);
- Рабочие наконечники (5 шт).

Общий вид пенетрометра ПСГ- МГ4 показан на рисунке 2.1.

Поэтому при измерении силы, прикладываемой к рабочему наконечнику пенетрометра, при внедрении его в грунт и определяются прочностные характеристики грунтов земляного полотна:

- Угла внутреннего трения ( $\phi$ );
- Удельного сцепления (С);
- Модуля упругости (Е);

### **Эксплуатационные ограничения и требования**

1. Измерения проверяют только на однородных свежесуплотненных грунтах, не имеющих твердых механических включений размером более 2 мм (песок, суглинков, супесь, глина).

2. При проведении измерений необходимо обеспечивать строго вертикальное положение прибора в процессе зондирования, не допуская контакта боковой поверхности наконечника со стенками канала.

3. Плавно, с постоянной скоростью погружать рабочий наконечник пенетрометра в грунт. Рывки или замедление в процессе пенетрации не допускаются. Предел нагружения составляет 950 Н ( $\approx 93$  кг).



## Подготовка ПСГ- МГ4 к работе

- Снять крышку батарейного отсека и установить, соблюдая полярности, элементы питания;
- Установить на ТСУ электронный блок и подключить его при помощи кабеля;
- Установить на ТСУ две удлинительные штанги и наконечник 11,3 см, затянув их с помощью воротка;
- Включить подготовленный к работе пенетрометр, нажав кнопку «ВВОД» и подняв прибор за рукоятки так, чтобы он не касался грунта и неподвижно находился в вертикальном положении;
- После подачи звукового сигнала пенетрометр переходит в режим автоподстройки.

## Проведение испытаний

1. После повторного звукового сигнала (означает окончание автоподстройки) можно переходить в режим измерений при нажатии в течение 3-х секунд кнопки ↑.

2. В режиме «ИЗМЕРЕНИЕ» предусмотрена возможность ввода исходных данных.

Позиции настроек (по порядку активации слева направо):

- Выбор режима измерения – К,Е, (Р).
- Выбор диаметра наконечника ( $d=6,0; 8,0; 11,3; 16,0; 22,0$  мм);
- Выбор коэффициента совпадения ( $K_c$ );
- Выбор типа грунта Гр1, Гр2 (для глин) или ПК, ПС, ПМ, ПП (для песка).

3. В режиме измерений «К» на основании прямых измерений силы (F), Н вычисляются:

- Удельное сопротивление пенетрации Р, МПа;
- Коэффициент уплотнения  $K_{упл}$  ;
- Индекс влажности I;
- Модуль упругости Е, МПа;
- Угол внутреннего трения  $\phi$ , град;
- Удельное сцепление грунта С, МПа.

4. Для активации настраиваемого параметра нажать кнопку «ВВОД», доступный для настройки параметр начинает мигать.

Измерение параметра осуществляется после нажатия кнопки ↑ или ↓.

Для подтверждения внесенного изменения нажать «ВВОД».

5. Установить рабочий наконечник пенетрометра на грунт и плавно, без рывков, прикладывая усилие к рукояткам ТСУ, внедрить рабочий наконечник в грунт на глубину 70-80 см.

6. Измерения автоматически прекращаются, и подается короткий звуковой сигнал (по таймеру прошло более 10 секунд или сила вдавливания прекращена)

7. По окончании измерений проводится статическая обработка данных и выводится среднее значение силы.

8. Цикл измерений на одном участке состоит из 3-5 измерений в точках расположенных друг от друга на расстоянии не менее 10 м.

9. После окончания цикла измерений нажать кнопку «ВВОД», и на дисплее пенетрометра выводятся результаты измерений и расчетные значения параметров грунта:

- Среднее значение силы F, Н;
- Сопротивление пенетрации Р, МПа;

- Коэффициент уплотнения
- Индекс влажности I.

10. Расчетные значения параметров грунта выводятся на двух страницах. На следующей странице, при нажатии кнопки ↑, выводятся:

- ✓ Модуль упругости E, МПа;
- ✓ Угол внутреннего трения φ, град;
- ✓ Удельное сцепление грунта C, МПа.

### Техническое обслуживание

По окончании испытаний прибор ПСГ- МГ4 разобрать, поверхность рабочего наконечника и удлинительных штанг очистить от загрязнений мягкой ветошью. Прибор положить в футляр и переносить только в нем.

Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты испытаний.

Режи- мы	ИЗМЕРЕНИЕ					ХАРАКТЕРИСТИКИ								
	«К»	«E»	«Pm»	«ρ»	«ρ(P)»	$K_{упл}$	E, МПа	φ, град	C, МПа	I	P, МПа	ρ, г/см <sup>3</sup>	Pmax МПа	ρmax г/см <sup>3</sup>
№ участ- ка.														
	F <sub>ср</sub> =													

F<sub>ср</sub> – среднее значение силы, Н;

$K_{упл}$  – коэффициент уплотнения;

I – индекс влажности (относительная влажность);

E – модуль упругости, МПа;

φ – угол внутреннего трения;

C – удельное сопротивление, МПа;

P – удельное сопротивление пенетрации, МПа;

ρ – плотность грунта, г/см<sup>3</sup>;

По техническим характеристикам пенетromетра предусмотрена возможность установления зависимости между сопротивлением пенетрации и плотностью песчаных грунтов.

Зависимость между сопротивлением пенетрации P и плотностью грунта ρ определяется выражением :

$$\rho = C \cdot P$$

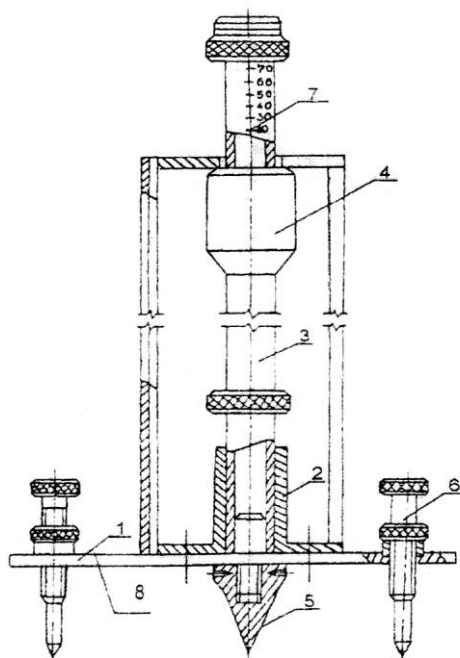
### Лабораторная работа № 3

#### Оценка твердости верхнего слоя асфальтобетонных покрытий

Твердость покрытий – свойство материала покрытия автомобильной дороги оказывать сопротивление при местных контактных воздействиях пластической деформации или хрупкому разрушению в определенных условиях испытания или эксплуатации.

Твердость верхнего слоя дорожного покрытия оценивается глубиной погружения в материал покрытия конуса заданной формы под определенной нагрузкой при фиксированной температуре покрытия.

Для определения твердости покрытия используют твердомер ИГ-18 (рис. 3.1.)



1 – треугольная станица; 2 – направляющая втулка с вертикальными стойками; 3 – штанга с ограничителем; 4 – груз массой  $2500 \pm 50$  г; 5 – коническая насадка с углом заострения  $30 \pm 1^\circ$ ; 6 – установочные винты; 7 – шкала; 8 – уровень  
**Рисунок 3.1 – Схема твердомера ИП-18**

При определении твердости температура покрытия должна составлять от  $20^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$ .

Назначают точки: первую – на полосе наката, вторую – между полос наката, третью – около разделительной линии или разделительной полосы движения. На каждом километре дорожного покрытия производят не менее 3-х измерений глубины погружения конуса с одновременной регистрацией температуры покрытия.

Измерение глубины погружения конической насадки в верхний слой покрытия производят следующим образом. Твердомер устанавливают на покрытие так, чтобы вершина конической насадки 5 оказались между щебенками. С помощью установочных винтов 6 и уровня 8 треугольную станину 1 устанавливают в горизонтальное положение. После этого снимают первоначальный отсчет по шкале 7 ( $h_0$ ) с точностью до 0,5 мм. Затем груз 4 массой 2,5 кг десять раз сбрасывают вдоль штанги 3 с высоты 300 мм. В результате штанга вместе с конической насадкой переместится вниз относительно стоек на величину  $h_i$ , которую определяют по шкале, расположенной на штанге. Глубину погружения конуса в покрытие определяют по формуле:

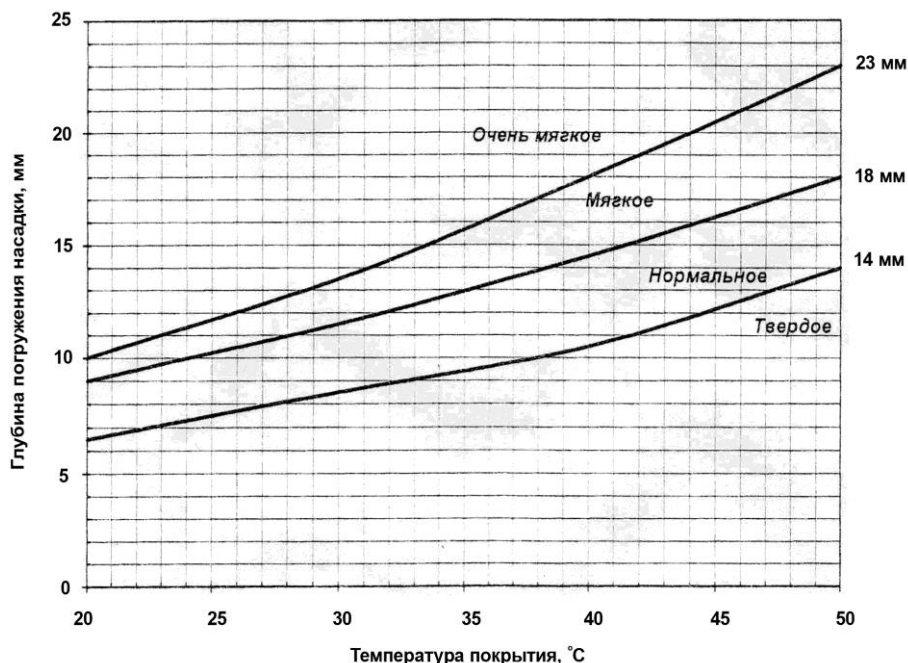
$$h = h_i - h_0 \quad (3.1)$$

Показатель глубины погружения конуса подсчитывается как среднее арифметическое значение результатов проводимых испытаний.

$$h_{\text{cp}} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \quad (3.2)$$

Одновременно с погружением конической насадки производят измерение температуры покрытия на глубине от 1 до 3 см от поверхности покрытия.

По глубине погружения конической насадки и температуры покрытия в момент измерения по номограмме (рисунок 3.2) определяют степень твердости дорожного покрытия: *T* – твердые, *H* – нормальные, *M* – мягкое, *OM* – очень мягкое.



**Рисунок 3.2 – Определение степени твердости верхнего слоя дорожного покрытия**

Найденное значение степени твердости верхнего слоя асфальтобетонного покрытия в дальнейшем используется для определения требуемого размера щебня для устройства поверхностной обработки (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Фракции щебня, используемые при устройстве поверхностной обработки

Приведенная интенсивность движения грузовых автомобилей ( $I_{пр}$ ), авт/ч	Фракция щебня для одиночной (первого слоя двойной) поверхностной обработки, мм					
	асфальтобетонных покрытий (кроме многощебенистых) при степени твердости				покрытий из цементобетона и многощебенистых асфальтобетонов	
	Т	Н	М	ОМ	при отсутствии поверхностной обработки	при наличии поверхностной обработки
1	2	3	4	5	6	7
<b>Для Витебской области</b>						
Менее 20	5-10 или 5-7,5		5-10 или 7,5-12,5	10-15 или 7,5-12,5	5-10 или 5-7,5	10-15 или 7,5-12,5
От 20 до 200	5-10 или 7,5-12,5	10-15 или 7,5-12,5	10-15 или 12,5-17,5	Устройство поверхностной обработки не допускается		
Более 200	10-15 или 7,5-12,5	10-15 или 12,5-17,5	15-20 или 12,5-17,5			
<b>Для Минской и Могилевской областей</b>						
Менее 20	5-10 или 5-7,5		5-10 или 7,5-12,5	10-15 или 7,5-12,5	5-10 или 5-7,5	10-15 или 7,5-12,5
От 20 до 200	10-15 или 7,5-12,5		10-15 или 12,5-17,5	Устройство поверхностной обработки не допускается		
Более 200	10-15 или 12,5-17,5	15-20 или 12,5-17,5				

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7
Для Гродненской, Брестской и Гомельской областей					5-10 или 5-7,5	10-15 или 7,5-12,5
Менее 20	5-10 или 5-7,5	5-10 или 7,5-12,5	10-15 или 7,5-12,5			
От 20 до 200	10-15 или 7,5-12,5	10-15 или 12,5-17,5	15-20 или 12,5-17,5	Устройство поверхностной обработки не допускается		
Более 200	10-15 или 12,5-17,5	15-20 или 12,5-17,5				

**Примечания:**

1. Минимальный размер фракции щебня для первого слоя двойной поверхностной обработки 10-15 мм.
2. На остановочных полосах устраивают одиночную поверхностную обработку щебнем фракций 5-10 или 5-7,5 мм.
3. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается увеличение размера фракции щебня, но не более чем на 2,5 мм.
4. Для местных автомобильных дорог приведенную интенсивность движения грузовых автомобилей ( $I_{гр}$ ) принимают менее 20 авт/ч.
5. Для цементобетонных покрытий и покрытий из многощебенистых асфальтобетонов степени твердости покрытия не производятся.

### **Лабораторная работа № 4 Определение модуля упругости грунтов и оснований дорог прибором ПДУ- МГ4 «УДАР»**

Одной из основных причин разрушения дорожных конструкций является недостаточная несущая способность грунтов земельного полотна и его основания.

Контроль модуля упругости следует вести после устройства каждого конструктивного слоя. Частота расположения точек исследований вдоль линейного объекта должна быть не реже чем через 10 метров. В поперечном профиле – с шагом через 3-5 метров.

Для косвенного измерения модуля упругости на основе прямых измерений амплитуды перемещения штампа и ударной силы действующей на круглый, жесткий штамп предназначен прибор ПДУ- МГ4 «Удар» (рис. 4.1).

Он применяется для контроля качества уплотнения грунтов и оснований при строительстве дорог, мостов, опор, фундаментов, траншей, на предприятиях стройиндустрии, дорожных и строительных лабораториях.

Прибор состоит из:

1. Нагрузочное устройство, снабженное подвижным грузом.
2. Плита динамического нагружения (ПДН), представляющая собой круглый, жесткий штамп, на котором установлены тензорезисторный датчик силы и акселерометр.
3. Вторичный измерительный преобразователь (электронный блок), на передней панели которого размещены жидкокристаллический дисплей и клавиатура.



**Рисунок 4.1 – Общий вид измерителя модуля упругости грунтов и оснований дорог ПДУ-МГ4 «Удар»**

Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от -10 до +40 °С;
- относительная влажность воздуха 95% при t=35°С;
- диапазон измерений модуля упругости от 5 до 370 МН/м<sup>2</sup>;
- масса падающего груза 10,3 кг;
- максимальная высота падения груза 850 мм;
- напряжение питания 3,0 В;
- средняя наработка на отказ 20000 часов.

Эксплуатационные ограничения:

- измерение модуля упругости можно проводить только на ровных горизонтальных поверхностях;
- при разовых измерениях обеспечить наиболее полное прилегание штампа к поверхности, с заполнением пустот однородным мелким песком.

Использование прибора:

1. Перед началом работы снять крышку батарейного отсека, установить, соблюдая полярность элемента питания.

2. Для работы в режиме «Измерения модуля упругости» установить нагрузочную плиту на подготовленную поверхность, для обеспечения полного контакта используется сухой песок.

3. Установить нагружающее устройство на шаровую опору ПДН .

4. Механизм фиксации и освобождения груза установить на требуемую высоту и надежно зафиксировать.

5. Подключить кабель к ПДН и электронному блоку.

6. Произвести предварительно уплотнение грунта тремя импульсами нагрузки, нажав на спусковой рычаг механизма фиксации и освобождения груза.

7. После проведения трех импульсов нагрузки включить электронный блок. На экране кратковременно появится заставка «ПДУ-МГ4 «УДАР»». Через две секунды прибор перейдет в режим «Измерение модуля упругости».

8. Отпустить груз в крайнее нижнее положение. Не снимая нагружающего устройства с ПДН и не прикасаясь к нему нажать кнопку «ВВОД», после чего произойдет процесс автонастройки и прибор готов к работе.

Примечание: описание работы с программой находится в файле справки «Пуск»-«Программы»-«Стройприбор»-«Помощь»-«ПДУ-МГ4».

9. Полученные данные после испытаний будут отображены на экране дисплея в табличном виде.

После этого можно:

- удалить ненужные данные;
- добавить примечание;
- экспортировать в Excel;
- распечатать отчет.

Данные измерений необходимо записать в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты испытаний по определению модуля упругости

Амплитуда перемещения штампа, $L$	Сила удара, $F, Н$	Действительные значения модуля упругости, $E_{\partial}$	Измеренные значения модуля упругости, $E_u$	Относительная погрешность $E_{отн}$
1	2	3	4	5

Примечание:

Действительно значение модуля упругости вычисляют по формуле 4.1:

$$E_{\partial} = \frac{\pi \cdot d \cdot \sigma}{4L} \cdot (1 - \mu^2), \quad (4.1)$$

где  $L$  – амплитуда перемещения штампа, м;

$\mu$  – коэффициент Пуассона;

$\partial$  – диаметр нагружаемого штампа, м;

$\sigma$  – значение контактного напряжения, рассчитанное по формуле

$$\sigma = \frac{4F}{\pi \partial^2}, \quad (4.2)$$

где  $F$  – сила удара,  $H$ .

Значение силы удара  $F$  и амплитуды перемещения  $L$  определяются показаниями прибора на (на дисплее электронного блока).

Относительную погрешность определяют по формуле 4.2:

$$E_{отн} = \frac{E_u - E_{\partial}}{E_{\partial}} \cdot 100\%, \quad (4.3)$$

где  $E_{\partial}$  – действительное значение модуля упругости;

$E_u$  – измеренное значение модуля упругости;

## Лабораторная работа № 5

### Определение коэффициента сцепления дорожных покрытий

Сцепные качества дорожных покрытий характеризуются коэффициентом сцепления и шероховатостью дороги.

Безопасность движения транспорта в большой степени зависит от устойчивости его на автодорогах, что определяется качеством сцепления шин автомобилей с дорожным покрытием. Поэтому требования к коэффициенту сцепления на покрытии по условиям безопасности установлены в СТБ 1291,

для участков дорог вводимых в эксплуатацию, при возведении и ремонте установлены в СН 3.03.04-2019.

Для оперативного измерения коэффициента сцепления дорожных покрытий при строительстве и ремонте автомобильных дорог, приеме дорог в эксплуатацию, периодическом и текущем контроле состояния дорожных покрытий предназначен прибор портативный Кузнецова ППК-МАДИ-ВНИИБД (рис.5.1).

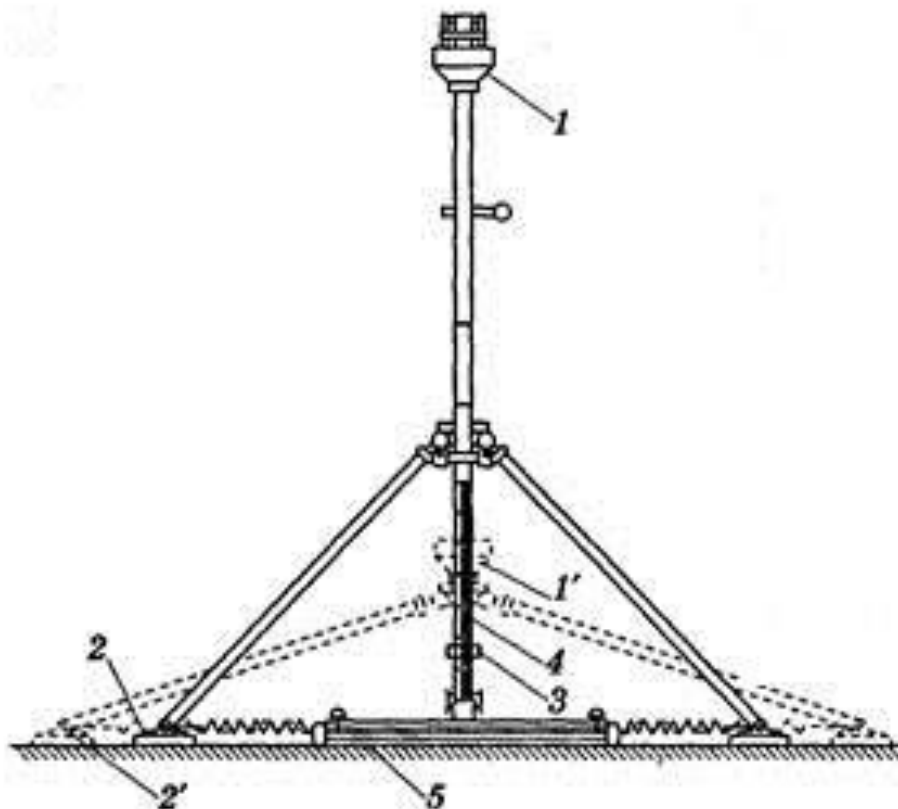


**Рисунок 5.1 – Общий вид прибора ППК-МАДИ-ВНИИБД**



**Рисунок 5.2 – Проведение испытаний по определению коэффициента сцепления прибором ППК**





1 – положение груза до проведения испытаний;  
 1' – положение груза после проведения испытаний; 2 – положение имитаторов до проведения испытаний; 2' – положение имитаторов после проведения испытаний;  
 3 – измерительное кольцо; 4 – шкала прибора; 5 – мокрое покрытие.

**Рисунок 5.3 – Схема проведения испытаний по определению коэффициента сцепления прибором ППК**

### Принцип работы прибора

Основан на имитации процесса скольжения заблокированного колеса автомобиля по дорожному покрытию при нормативных условиях их взаимодействия при нагрузке на колесо  $(2942 \pm 49)$  Н (рис. 5.2), скорости движения  $(60 \pm 3)$  км/ч, на мокром дорожном покрытии (подача воды должна обеспечивать расчетную толщину пленки 1 мм), использованием шины с гладким рисунком протектора размером 6,45-13'', внутренним давлением воздуха  $(0,17 \pm 0,1)$  МПа и положительных температурах окружающей среды.

### Нормы точности результатов испытаний:

ППК-МАДИ-ВНИИБД обеспечивает получение значений коэффициента сцепления с точностью до 5%, в диапазоне измерений от 0,05 до 0,65.

Порядок подготовки к проведению испытаний

Необходимо выполнить следующие работы:

- Измерить  $t$  воздуха и занести в таблицу ( $t$  воздуха должна быть не ниже  $0^\circ$ );
- Установить с помощью рулетки местоположение точек измерения коэффициента сцепления (коэффициент сцепления следует определять через каждые 200 м);
- Определить с помощью рейки продольный уклон участка дороги;
- Результаты измерений продольного уклона участка дороги занести в таблицу.

Таблица 5.1 – Результаты испытаний

Местоположение точек измерения коэффициента сцепления, $K_{сц}$ +км	Значения коэффициента сцепления, $K_{сц}$				Продольный уклон участка дороги, ‰	Температура воздуха, °С	Поправки к коэффициенту сцепления, $K_{сц}$		Значение коэффициента сцепления, $K_{сц}$ с учетом поправок
	1 испытание	2 испытание	3 испытание	среднее			В зависимости от продольного уклона участка дооги	В зависимости от температуры воздуха	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Порядок проведения испытаний

Выполнить следующие операции:

- Установить прибор в точке измерения коэффициента сцепления;
- Зафиксировать груз прибора в верхнем положении;
- Увлажнить дорожное покрытие водой по траектории движения имитаторов из расчета 0,2 л под каждый имитатор;
- Измерительное кольцо поднять вверх по шкале прибора;
- Сбросить груз на тяги прибора, нажав на рукоять стопора;
- По измерительному кольцу на шкале прибора зафиксировать значение коэффициента сцепления;
- В каждой точке измерений выполнить по 3 испытания;
- Результаты испытаний занести в таблицу.

Схема проведения испытаний приведена на рис.5.3.

### Алгоритм обработки результатов испытаний:

Обработку результатов испытаний следует выполнить в следующей последовательности:

- Вычислить среднее арифметическое значение коэффициента сцепления в каждой точке по результатам трех испытаний;
- Откорректировать значение  $K_{сц}$  с учетом поправок на продольный уклон участка дороги (табл. 5.2) и на температуру воздуха (табл. 5.3) согласно ГОСТ и занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.2 – Поправки к  $K_{сц}$  в зависимости от продольного уклона участка дороги

Значение продольного уклона участка дороги, ‰	от 30 до 50	от 51 до 70	от 71 до 100
Поправка к $K_{сц}$	-0,01	-0,02	-0,03

*Примечание: при уклонах менее 30 ‰ поправка принимается равной нулю.*

Таблица 5.3 – Значение поправки к  $K_{сц}$  в зависимости от температуры воздуха

Температура воздуха, °С	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Поправка к $K_{сц}$	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	0	+0,01	+0,02	+0,02	+0,02

По результатам испытаний полученные данные сравнить с нормативными (ТКП 140-2015) для эксплуатируемых дорог (табл. 5.4).

Коэффициент сцепления на покрытии соответствует нормативным требованиям, если выполняется условие

$$K_{сц,ф} > K_{сц,норм} ,$$

где  $K_{сц,ф}$  – измеренное значение коэффициента сцепления с учетом температурной поправки;

$K_{сц,норм}$  – требуемое значение коэффициента сцепления для эксплуатируемых дорог по таблице .

Таблица 5.4 – Требуемые значения коэффициента сцепления для эксплуатируемых автомобильных дорог

Категория автомобильной дороги	Коэффициента сцепления
I	0,45
II - III	0,42
IV - VI	0,40

Требования к коэффициенту сцепления на покрытии по условиям безопасности установлены в СТБ 1291, для участков дорог вводимых в эксплуатацию, при возведении и ремонте, установлены в СН 3.03.04-2019.

Изменение коэффициента сцепления по ширине проезжей части, включая укрепленные полосы обочин и остановочные полосы не должно превышать 0,1.

В случае несоответствия коэффициенту сцепления на покрытии требованиям по условиям безопасности движения транспортных средств необходимо установить дорожные знаки по СТБ 1291 (п. 6.1.2), в соответствии с СТБ 1300.

## **Лабораторная работа № 6** **Определение ровности покрытия и геометрических параметров автомобильных дорог**

*Ровность покрытия* – качественная характеристика состояния покрытия, обратная величине неровности. Ровность покрытия определяется как отклонение покрытия дорожной одежды от истинно плоской поверхности в пределах диапазона длин волн 0,5-50 м.

Ровность является индикатором общего состояния дорожного покрытия, характеризует общее количество езды и является интегральным показателем состояния покрытия.

Количественной характеристикой ровности покрытия является *международный индекс ровности (IRI)*. IRI – показатель ровности дорожного покрытия, основанный на моделировании реакции транспортного средства, движущегося со скоростью 80 км/ч, на имеющиеся на проезжей части неровности (мм/м).

*По степени точности оборудование для измерения IRI делится на три класса.*

К 1 классу точности относится высокоточное нивелирование и измерения *лазерным профилографом*.

Ко 2 классу точности относятся высокоточные измерения *анализатором продольного профиля APL 72*.

К 3 классу точности относят измерения установкой ПКРС-2У и всеми видами толчкомеров (ИВП-1, РЭД-2М и др.)

Оценка состояния покрытия по ровности осуществляется по участкам длиной в 100 м и 1 км.

Простейшим прибором определения ровности дорожных покрытий является трехметровая рейка дорожная КП-231РДТ.

Для контроля геометрических параметров автомобильных дорог используется устройство КП-231РДТ, которое состоит из следующих основных узлов:

- механизма транспортирования;
- рейки дорожной КП-231РДТ;
- двух курвиметров дорожных КП-230РДТ

Устройство КП-232РДТ предназначено для:

- измерений продольных и поперечных уклонов дорожных покрытий и обочин автомобильных дорог;
- измерений неровностей оснований и покрытий автодорог и аэродромов (контроль ровности);
- измерение длины пути, пройденного колесами курвиметров на поверхностях с твердым покрытием;
- определение крутизны заложения откосов, насыпей и выемок;
- получение данных для расчета «радиуса кривой» автодороги.

### **Особенности эксплуатации устройства**

1. Не допускать перемещение устройства по дорожному покрытию в направлении «вдоль рейки» с установленными на нем курвиметрами.

2. Использовать рейку дорожную можно как в составе устройства, так и автономно.

### **Проведение испытаний:**

**1. Контроль ровности покрытий (измерение неровностей оснований и покрытий автомобильных дорог).**

Степень ровности покрытия оценивают по величине зазора между нижней плоскостью рейки, приложенной к проезжей части и поверхностью покрытия.

Качество покрытия оценивают процентным соотношением просветов под трехметровой рейкой.

Измерения производят в продольном направлении в трех створах на пикете (через каждые 30 м) на захватках длиной не менее 400 м, которые берутся из расчета, чтобы их общая протяженность составляла не менее 10% длины принимаемого участка.

В каждом измерительном створе прикладывают рейку в трех местах на расстоянии 0,5 – 1,0 м от кромок проезжей части и по оси.

Схема установки трехметровой рейки на проезжей части изображена на рисунке 6.1.

Просветы под нижней кромкой рейки и поверхностью дорожного покрытия измеряют с помощью промерника клинового в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов реек и друг от друга.

В пределах каждой из захваток замеряют не менее 100-130 просветов.

Результаты промеров заносят в рабочую ведомость или журнал (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Результаты промеров

Место измерения			Количество просветов под 3 – метровой рейкой различной величины			
км	ПК	створ	до 3	до 5	более 5	Максимальный просвет
1	2	3	4	5	6	7

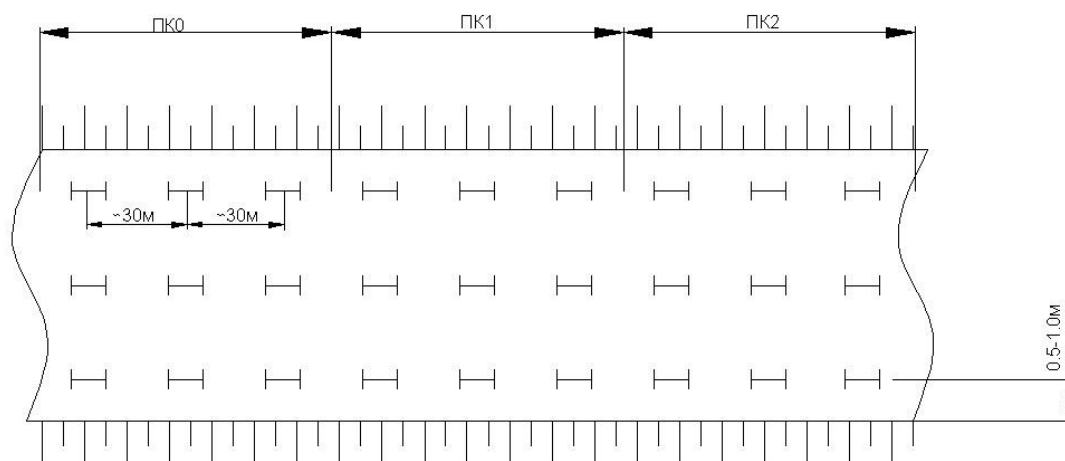


Рисунок 6.1 – Схема установки трехметровой рейки на проезжей части

Результаты промеров обрабатывают. Вначале вычисляют число просветов определенного размера и их общую сумму, а затем эти величины выражают в процентах от общего числа просветов.

Обрабатывают результаты промеров отдельно по каждому километру в отдельности. Полученные данные сравнивают с нормативными ТКП 059-2012 и СТБ 1291 (табл. 6.2).

Таблица 6.2 – Предельно допустимая величина продольной ровности

Показатель продольной ровности, измеренный	Предельно допустимая величина по уровням требований				
	1(1нп)	2 (2нп)	3 (3нп)	4 (4нп)	5
1 По ГОСТ 30412:					
а) количество просветов под 3-метровой рейкой, превышающих указанное в ТКП 059, %, не более	7	9	14	20	25
б) максимальный просвет под 3-метровой рейкой, мм, не более	10	12	14	20	30

Основным недостатком этого способа измерений является высокая трудоемкость и недостаточная точность.

## 2. Определение заложения откосов (с помощью эклиметра).

Эклиметр – прибор для приближенного определения уклона поверхности относительно горизонта.

Для определения коэффициентов заложения откосов насыпей и выемок необходимо положить рейку рабочей поверхностью на откос перпендикулярно к дорожному полотну и произвести отсчет по шкале эклиметра (нанесены риски на цилиндрической поверхности диска и соответствующие им значения уклонов – 1:1, 1:1,5; 1:2, 1:3, 1:5) и записать в таблицу 6.3 результаты измерений.

Таблица 6.3 – Результаты измерений уклонов.

Место измерений			Уклон дорожного покрытия		Заложение откосов	
км	ПК	створ	продольного	поперечного	левого	правого
1	2	3	4	5	6	7

### **3. Определение продольного и поперечного уклонов дорожных покрытий участков (с помощью уклономера).**

Для точного измерения продольного и поперечного уклонов дороги рейку дорожную необходимо положить рабочей поверхностью на полотно дороги и поворотом диска уклономера установить уровень в нулевое положение, после чего произвести отсчет по шкале прибора (проградуирована в промилле).

Примечание:

1. Промилле – единица измерения уклонов. 1 промилле соответствует уклону 1:1000.

2. Уклономер – прибор для точного определения уклона поверхности относительно горизонта.

Результаты измерений заносятся в таблицу 6.3.

### **4. Определение длины участков дороги и существующего радиуса кривой автомобильной дороги.**

Для измерения длины пути, пройденного колесом на поверхностях с твердым покрытием предназначен курвиметр, при этом учитывать эксплуатационные ограничения:

- не допускается проводить измерения со скоростью более 6 км/ч и во время выпадения атмосферных осадков

При использовании прибора установить колесо курвиметра на дорожном покрытии так, чтобы стрелка его указывала на начало измеряемого участка. Нажатием кнопки «сброс» обнулить показания прибора. Перемещая, держась за ручку, курвиметр по измеряемому участку дороги произвести необходимые отсчеты и записать в таблицу 6.4.

Для получения данных при расчете радиуса существующей кривой автомобильной дороги установить устройство на дорожном покрытии в месте начала измерений (начало «кривой») так, чтобы рейка располагалась перпендикулярно кромке проезжей части (оси дороги), а колесо одного из курвиметров – на осевой разметке и перемещать устройство от начала до конца «кривой» таким образом, чтобы колесо одного из курвиметров катилось точно по осевой разметке.

После завершения измерений снять показания, записать в таблицу 6.4 и произвести расчет существующего радиуса кривой  $R_1$  по формуле 6.1:

$$R_1 = \frac{H \cdot L_{BH}}{L_H - L_{BH}}, \text{ м}; \quad (6.1)$$

где  $H$  – фактическое расстояние между центральными плоскостями вращения колес курвиметров, м;

$L_{BH}$  – длина пути, пройденного колесом курвиметра по меньшему (внутреннему) радиусу, м;

$L_H$  – длина пути, пройденного колесом курвиметра по большему (наружному) радиусу, м.

В случае отсутствия на дороге разметки устройство необходимо расположить так, чтобы торец рейки находился точно над внутренней кромкой проезжей части.

Произвести измерение существующего радиуса кривой участка дороги, перемещая устройство перпендикулярно кромке проезжей части таким образом, чтобы торец рейки постоянно находился над внутренней кромкой. Произвести расчет существующего радиуса кривой по формуле 6.2:

$$R_2 = \left( \frac{H \cdot L_{BH}}{L_H - L_{BH}} - h \right) + 0,5 \cdot B, \text{ м}; \quad (6.2)$$

где  $h$  – расстояние от торца рейки, находится над внутренней кромкой проезжей части до центральной плоскости вращения колес ближайшего к торцу курвиметра, м;

$B$  – ширина проезжей части, м.

Таблица 6.4 – Результаты измерений длины участков дороги и существующего «радиуса кривой».

Измерения № участков	S, км	H, м	B, м	H, м	$L_{BH}$ , м	$L_H$ , м	R, м
1	2	3	4	5	6	7	8

По результатам испытаний сделать вывод в соответствии с действующими ТНПА.

### Лабораторная работа № 7 Учет и расчет интенсивности движения

*Интенсивность движения* – количество транспортных средств, проходящих через поперечное сечение автомобильной дороги в единицу времени суммарно в обоих направлениях или отдельно по каждому направлению.

















Транспортные средства подразделяются по группам и категориям.

Таблица 7.1 – Классификация транспортных средств по группам

Группа транспортных средств	Характеристика группы транспортных средств
1	Мотоциклы
2	Легковые автомобили и микроавтобусы
3	Легковые автомобили с прицепом
4	Грузовые автомобили
5	Автопоезда
6	Автобусы

На основании визуального учета интенсивности движения составляется карточка учета

Таблица 7.2 – Классификация транспортных средств по категориям

Система классификации транспортных средств с учетом рекомендаций ЕЭК ООН		№ группы	Графическое обозначение транспортных средств	Виды транспортных средств
Характеристика движения	Категория транспортных средств			
Движение легких механических транспортных средств	<b>A</b>	1		
	<b>B</b>	2		
Движение тяжелых механических транспортных средств	<b>C</b>	3		
		4		
		5		
		6		
		7		
		8		
		9		
		10		
		11		
		12		
		13		
		14		
				
	<b>D</b>	15		



По данным учета интенсивности движения на каждом перегоне автомобильной дороги рассчитывается:

- среднегодовая суточная интенсивность движения;
- наибольшая часовая интенсивность движения, повторяющаяся в течение не менее 50 часов в год;
- интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю;
- интенсивность движения по категориям транспортных средств.

Другие показатели интенсивности движения рассчитываются по необходимости.

Периодичность учета интенсивности движения на сети автомобильных дорог общего пользования I - IV категории составляет один раз в пять лет. На автомобильных дорогах V - VI категории учет интенсивности выполняют при необходимости.

Для определения максимальной часовой и суточной интенсивности учет рекомендуется проводить в наиболее теплые дни в июле – августе месяцах по пятницам с 15 до 19 часов.

Среднегодовая суточная интенсивность движения рассчитывается в зависимости от количества раз кратковременного учета.

При однократном кратковременном учете среднегодовая суточная интенсивность движения рассчитывается по формуле

$$N_{cp.z} = N_q \cdot K_q \cdot K_d \cdot K_m \text{ авт./сут}, \quad (7.1)$$

где  $N_q$  – учетная интенсивность движения за определенное количество часов (не менее 4 часов), авт./сутки;  $K_q$  – коэффициент, учитывающий количество часов учета интенсивности движения (таблицы 7.3, 7.4, 7.5);  $K_d$  – коэффициент, учитывающий день недели учета интенсивности движения (таблица 7.6);  $K_m$  – коэффициент, учитывающий месяц учета интенсивности движения (таблицы 7.7, 7.8).

При многократном кратковременном учете среднегодовая суточная интенсивность движения определяется по формуле

$$N_{cp.z} = \frac{\sum N'_{cp.z}}{n}, \quad (7.2)$$

где  $N'_{cp.z}$  – среднегодовая суточная интенсивность движения, рассчитанная по формуле (7.1) для однократного кратковременного учета, авт./сутки;  $n$  – количество раз кратковременного учета интенсивности движения.

Доверительный интервал ( $I_{c.c}$ ) среднегодовой суточной интенсивности движения определяется для 95% уровня надежности по формуле

$$I_{c.c} = 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (7.3)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение, авт./сутки. Определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (N_i - N_{cp})^2}{n - 1}}, \quad (7.4)$$

где  $n$  – количество раз учета интенсивности движения;  $N_i$  – интенсивность движения  $i$ -ого измерения;  $N_{cp}$  – средняя интенсивность движения из  $n$  измерений.

Наибольшая часовая интенсивность движения, повторяющаяся в течение не менее 50 часов в год, рассчитывается по формулам:

– для республиканских автомобильных дорог (Р)

$$N_{50} = 0,082 \cdot N_{cp.z} ; \quad (7.5)$$

– для республиканских магистральных автомобильных дорог (М)

$$N_{50} = 0,162 \cdot N_{cp.z} ; \quad (7.6)$$

– для местных автомобильных дорог

$$N_{50} = 0,051 \cdot N_{cp.z} . \quad (7.7)$$

Максимальная часовая интенсивность движения рассчитывается по зависимости:

– для республиканских автомобильных дорог (Р)

$$N_{umm.ch} = 0,152 \cdot N_{cp.z} ; \quad (7.8)$$

– для республиканских магистральных автомобильных дорог (М)

$$N_{umm.ch} = 0,205 \cdot N_{cp.z} ; \quad (7.9)$$

– для местных автомобильных дорог

$$N_{umm.ch} = 0,101 \cdot N_{cp.z} . \quad (7.10)$$

Максимальная суточная интенсивность движения рассчитывается по зависимости:

– для республиканских автомобильных дорог (Р)

$$N_{umm.cym} = 1,384 \cdot N_{cp.z} ; \quad (7.11)$$

– для республиканских автомобильных дорог (М)

$$N_{umm.cym} = 1,523 \cdot N_{cp.z} ; \quad (7.12)$$

– для местных автомобильных дорог

$$N_{umm.cym} = 1,308 \cdot N_{cp.z} . \quad (7.13)$$

Таблица 7.3 – Значение часовых коэффициентов ( $K_{ч}$ ) для республиканских автомобильных дорог (Р)

Начало учета	Количество часов непрерывного учета											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	15,86	7,49	4,87	3,62	2,90	2,40	2,04	1,79	1,59	1,44	1,34	1,27
9	14,18	7,04	4,70	3,56	2,83	2,35	2,02	1,77	1,58	1,46	1,38	
10	13,96	7,02	4,74	3,54	2,81	2,35	2,02	1,78	1,63	1,52		
11	14,12	7,19	4,74	3,52	2,83	2,37	2,04	1,85	1,71			
12	14,64	7,13	4,69	3,54	2,85	2,39	2,13	1,95				
13	13,88	6,89	4,67	3,53	2,85	2,49	2,25					
14	13,69	7,03	4,74	3,59	3,03	2,68						
15	14,45	7,24	4,87	3,89	3,33							
16	14,52	7,34	5,33	4,33								
17	14,84	8,41	6,18									

Таблица 7.4 – Значение часовых коэффициентов ( $K_{\text{ч}}$ ) для республиканских магистральных автомобильных дорог (М)

Начало учета	Количество часов непрерывного учета											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	16,87	8,59	5,83	4,41	3,52	2,91	2,45	2,10	1,82	1,61	1,46	1,34
9	17,57	8,96	5,99	4,46	3,52	2,87	2,40	2,05	1,78	1,59	1,46	
10	18,30	9,10	5,99	4,40	3,43	2,78	2,32	1,99	1,75	1,59		
11	18,09	8,90	5,80	4,23	3,28	2,65	2,23	1,94	1,74			
12	17,54	8,53	5,52	4,00	3,11	2,54	2,17	1,93				
13	16,62	8,05	5,19	3,78	2,97	2,48	2,17					
14	15,60	7,55	4,90	3,62	2,92	2,49						
15	14,63	7,15	4,72	3,59	2,97							
16	13,98	6,98	4,76	3,72								
17	13,94	7,21	5,07									

Таблица 7.5 – Значение часовых коэффициентов ( $K_{\text{ч}}$ ) для местных автомобильных дорог

Начало учета	Количество часов непрерывного учета											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	14,07	7,54	5,17	4,01	3,36	2,79	2,36	2,02	1,78	1,58	1,44	1,34
9	16,25	8,18	5,60	4,42	3,48	2,83	2,36	2,04	1,78	1,60	1,48	
10	16,48	8,54	6,07	4,42	3,43	2,76	2,33	2,00	1,77	1,62		
11	17,75	9,61	6,04	4,33	3,32	2,71	2,27	1,99	1,80			
12	20,97	9,17	5,72	4,09	3,20	2,61	2,24	2,00				
13	16,28	7,87	5,08	3,77	2,98	2,51	2,21					
14	15,24	7,37	4,91	3,65	2,96	2,56						
15	14,29	7,24	4,79	3,68	3,08							
16	14,68	7,21	4,95	3,93								
17	14,17	7,48	5,37									

Таблица 7.6 – Значение коэффициентов дня недели ( $K_{\text{д}}$ )

День проведения учета	Республиканские автомобильные дороги (Р)	Республиканские автомобильные дороги (М)	Местные автомобильные дороги
Понедельник	1,09	1,28	1,04
Вторник	1,00	1,06	1,05
Среда	1,01	1,03	1,00
Четверг	0,99	0,96	0,94
Пятница	0,92	0,88	0,91
Суббота	1,03	0,92	1,07
Воскресенье	1,02	1,06	1,09

Таблица 7.7 – Таблица коэффициентов месяца ( $K_{\text{м}}$ )

Республиканские дороги	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
М	1,29	1,20	1,14	1,06	1,02	0,87	0,82	0,81	0,86	1,03	1,04	1,05
Р	1,21	1,18	1,12	1,06	1,01	0,94	0,88	0,86	0,9	0,99	0,99	1,00

Таблица 7.8 – Таблица коэффициентов месяца ( $K_M$ )

Местные дороги	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
		1,39	1,27	1,21	1,05	1,00	0,91	0,87	0,84	0,85	0,9	0,97

### Лабораторная работа № 8 Оценка состояния покрытия по дефектности

Оценка состояния усовершенствованного покрытия может выполняться по проценту дефектности (ДП).

Расчет дефектности покрытия выполняется на участке длиной не более 100 метров.

Дефектность покрытия (ДП) определяется процентом дефектности от общей площади оцениваемого участка покрытия по формуле

$$ДП = 100 \cdot S / S_1 \quad (8.1)$$

где  $S$  – расчетная площадь дефектности участка,  $m^2$ ;

$S_1$  – площадь оцениваемого участка,  $m^2$ .

Площадь участка ( $S_1$ ) определяется по формуле

$$S_1 = B \cdot L \quad (8.2)$$

где  $B$  – ширина участка асфальтобетонного или цементобетонного покрытия занятая дефектом, м;

$L$  – длина участка, м.

Площадь дефектности дорожного покрытия ( $S$ ) определяется по формуле

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot K_{Si} \cdot K_{Vi} + \sum_{j=1}^m S_j \cdot K_{Vj}}{K_{VCV}}, \quad (8.3)$$

где  $L_i$  – протяженность линейного  $i$ -го дефекта, м;

$K_{Si}$  – коэффициент приведения к площади для  $i$ -го линейного дефекта, принимается по таблице 8.1;

$K_{Vi}$  – коэффициент весомости  $i$ -го линейного дефекта, принимается по таблице 8.1;

$S_j$  – площадь дефекта,  $m^2$ ;

$K_{Vj}$  – коэффициент весомости  $j$ -го дефекта, принимается по таблице 8.1;

$K_{VCV}$  – значение средневзвешенного коэффициента весомости из всего наличия видов дефектов, оцениваемого участка, определяется по формуле;

$$K_{VCV} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot K_{Si} \cdot K_{Vi} + \sum_{j=1}^m S_j \cdot K_{Vj}}{\sum_{i=1}^n L_i \cdot K_{Si} + \sum_{j=1}^m S_j}, \quad (8.4)$$

где  $m, n$  – количество линейных и площадных дефектов, зафиксированных на покрытии.

Таблица 8.1 – Классификатор дефектов дорожного покрытия

Код	Название дефекта	Характеристика дефекта	$K_{Vi(j)}$	$K_{Si}$
1	2	3	4	5
1. Нежесткие дорожные одежды капитального и облегченного типа				
1.1	Трещина	Линейный дефект дорожного покрытия, выражающийся в нарушении его целостности, возникающий от действия погодно-климатических факторов или в результате нарушения технологии производства работ при устройстве дорожной одежды. Линейный дефект, м.	0,06	0,1
1.2	Частые трещины 1 уровня	Соединяющиеся между собой трещины различного направления. Линейный дефект, м.	0,08	B
1.3	Частые трещины 2 уровня	Пересекающиеся между собой трещины различного направления, местами образующие ячейки с размерами сторон более 50 см. Линейный дефект, м.	0,10	B
1.4	Сетка трещин	Трещины образующие замкнутые ячейки явной выраженной формой сетки с преобладающими размерами сторон менее 50 см. Площадной дефект, м <sup>2</sup>	0,10	–
1.5	Выбоины	Разрушения покрытия, имеющего углубления (ямы) больше размера минерального заполнителя. Площадной дефект, м.	0,08	–
1.6	Колея до 15 мм включительно	Углубления продольного направления в полосе наката проезжей части глубиной 15мм, образовавшиеся под действием транспортных средств и погодно-климатических условий. Линейный дефект, м.	0,05	0,5
1.7	Колея св. 15мм до 30 мм включительно	Углубления продольного направления в полосе наката проезжей части глубиной от 15 мм до 30 мм, образовавшиеся под действием транспортных средств и погодно-климатических условий. Линейный дефект, м.	0,07	0,6
1.8	Колея более 30 мм	Углубления продольного направления в полосе наката проезжей части глубиной более 30 мм, образовавшиеся под действием транспортных средств и погодно-климатических условий. Линейный дефект, м	0,10	0,8
1.9	Заплаты	Восстановление покрытия на площади образовавшейся ямочности. Площадной дефект, м <sup>2</sup>	0,05	–
1.10	Выкрашивание и шелушение	Поверхностное разрушение покрытия и отслаивание вяжущего вещества от минерального материала. Площадной дефект, м <sup>2</sup>	0,04	–
1.11	Облом края покрытия	Разрушение кромки асфальтобетона под действием транспорта и погодно-климатических условий. Линейный дефект, м	0,06	0,25
1.12	Просадки	Искажение профиля имеющего вид впадин с округлыми краями на небольшой площади покрытия. Площадной дефект, м <sup>2</sup>	0,06	–
1.13	Выпотевание вяжущего вещества	Выступление на поверхности покрытия вяжущего в результате нарушения технологии устройства защитных слоев. Площадной дефект, м <sup>2</sup>	0,04	–

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3	4	5
1.14	Деградация дорожного покрытия	Наличие на всей ширине полосы движения дефектов различного характера, занимающие площадь более 50 %. Состояние покрытия, при котором требуется проведение первоочередного ремонта. Линейный дефект, м.	0,11	В
<b>2. Жесткие дорожные одежды</b>				
2.1	Трещины	Потеря целостности цементобетонной плиты. Линейный дефект.	0,10	0,1
2.2	Трещины с разрушенными краями	Наличие сколов и выкрашиваний по краям трещин в результате эксплуатации покрытия без ремонта. Линейный дефект.	0,12	0,2
2.3	Нарушение гидроизоляции швов	Неспособность швов задерживать проникновение влаги в результате разрушения гидро-изоляции или её отсутствия. Линейный дефект.	0,08	0,1
2.4	Разрушение плит	Отсутствие единой поверхности плиты с образованием отдельных ее участков и наличием сколов, выбоин, трещин. Площадной дефект.	0,30	–
2.5	Износ и разрушение защитного слоя	Участки, на которых наблюдается разрушение защитного слоя, с оголением поверхности плит. Линейный дефект.	0,18	В
2.6	Выкрашивание и шелушение поверхности плиты	Участки, на которых наблюдается отрыв щебня с образованием коррозии поверхности плиты. Площадной дефект	0,22	–
<i>Примечание: В – ширина дорожного покрытия, м.</i>				

Оценку состояния усовершенствованного покрытия с использованием процента дефектности (ДП) по уровням дефектности определяют в соответствии с таблицей 8.2.

Таблица 8.2 – Уровни дефектности покрытий

Категория дороги	Уровень дефектности		
	ДП1	ДП2	ДП3
I – II	5-10 % вкл.	10-20 % вкл.	более 20 % вкл.
III	10-15 % вкл.	15-25 % вкл.	более 25 % вкл.
IV – VI	15-20 % вкл.	20-30 % вкл.	более 30 % вкл.

В ходе обследования устанавливают имеющиеся на покрытии дефекты согласно ниже приведенной классификации. По каждому дефекту определяется его точечное или линейное местоположение на дороге и объем (табл. 8.3).

Таблица 8.3 – Ведомость дефектов на участке км...км...

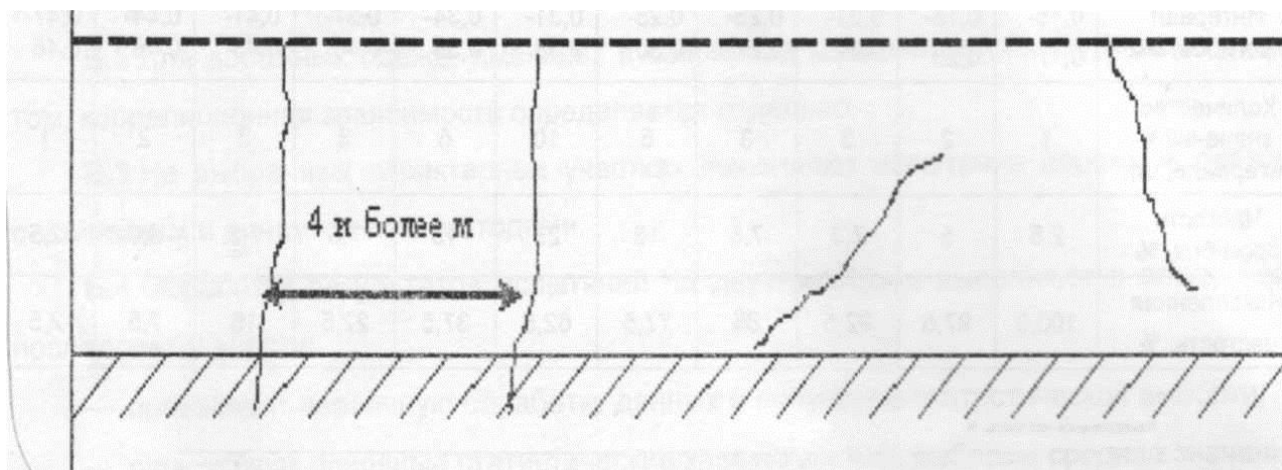
Код	Дефекты дорожных одежд	Ед. изм.	ПК+	Количество
1	Трещины отдельные	п.м		
2	Трещины частые	м <sup>2</sup>		
3	Сетка трещин	м <sup>2</sup>		
4	Выбоины	м <sup>2</sup>		
5	Колейность до 1,5 см	п.м		
6	Колейность от 1,5 до 3,0 см	п.м		
7	Колейность свыше 3,0 см	п.м		
8	Выкрашивание и шелушение	м <sup>2</sup>		
9	Разрушение кромок	п.м		
10	Заплаты	м <sup>2</sup>		
11	Разрушение ПО	м <sup>2</sup>		

## Классификация дефектов в нежестких дорожных одеждах

### Отдельные трещины

Описание: Поперечные и косые трещины, не связанные между собой; среднее расстояние между которыми свыше 4 метров (рисунок 8.1).

Измерение: Записывается общая длина трещин в погонных метрах.

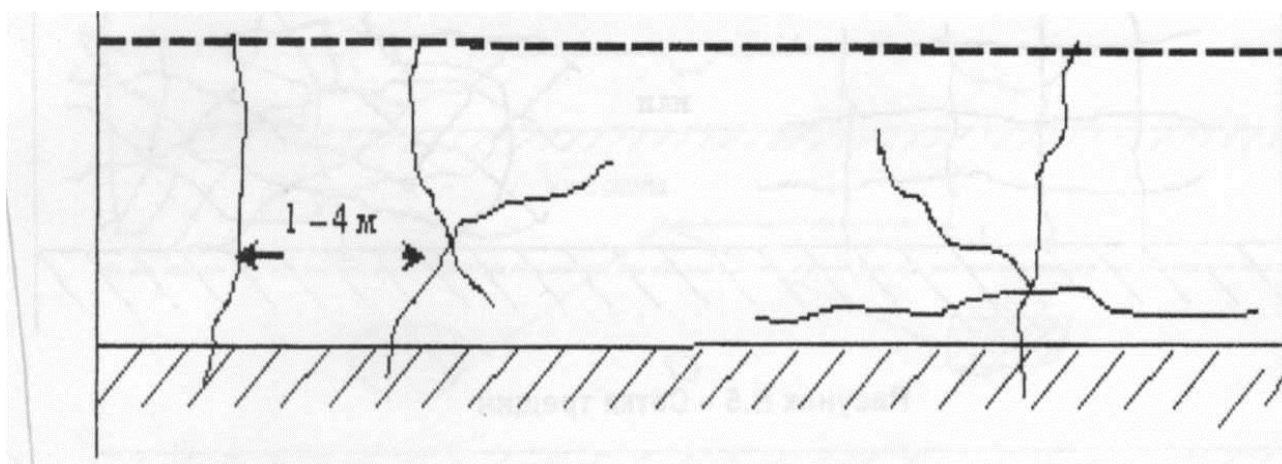


*Рисунок 8.1 – Отдельные трещины*

### Частые трещины

Описание: Поперечные и косые трещины с ответвлениями, иногда связанные между собой, но, как правило, не образующие замкнутых фигур; среднее расстояние между соседними трещинами от 1 до 4 метров (рисунок 8.2).

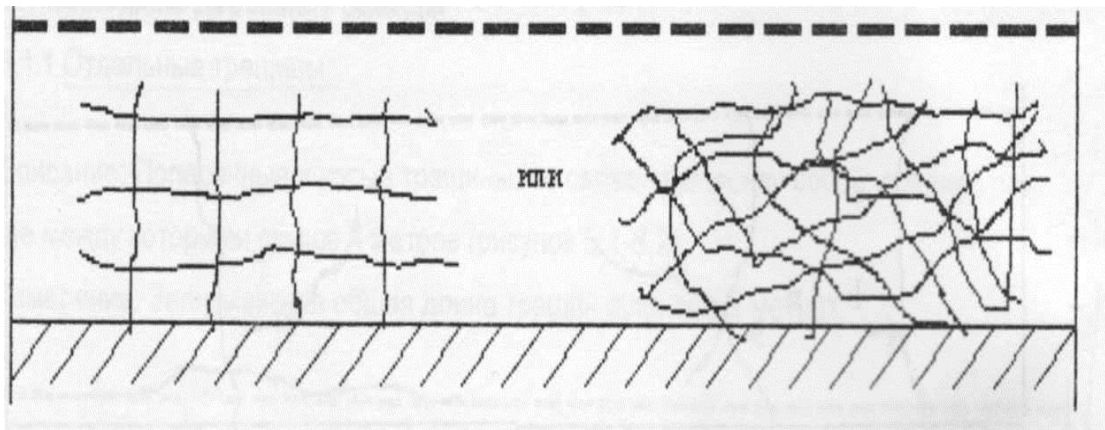
Измерение: Записывается площадь участка с трещинами в метрах квадратных.



*Рисунок 8.2 – Частые трещины*

### Сетка трещин

Описание: Взаимопересекающиеся поперечные, продольные и криволинейные трещины, делящие поверхность ранее монолитного покрытия на ячейки (рисунок 8.3). Измерение: Дефект измеряют в метрах квадратных площади дефектного участка.

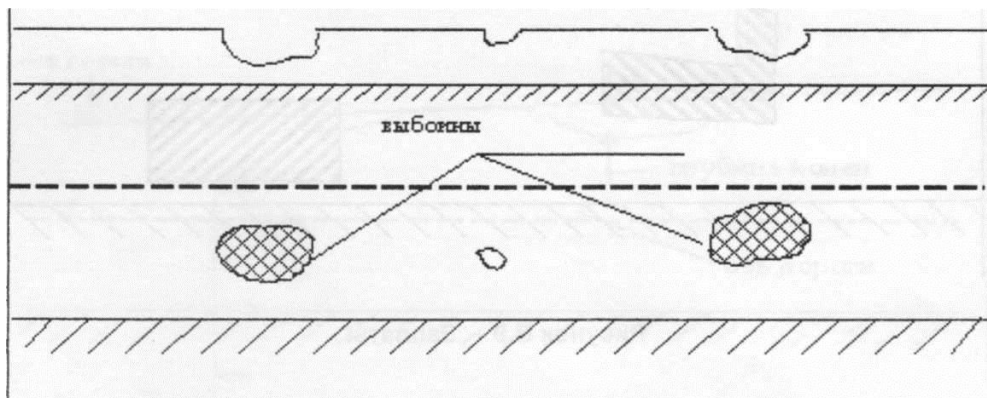


**Рисунок 8.3 – Сетка трещин**

### **Выбоины**

Описание: Местные разрушения дорожного покрытия, имеющие вид углубления с резко очерченными краями, образовавшегося за счет разрушения материала покрытия (рисунок 8.4), дефектного участка.

Измерение: Измеряют выбоины в метрах квадратных площади дефектного участка.

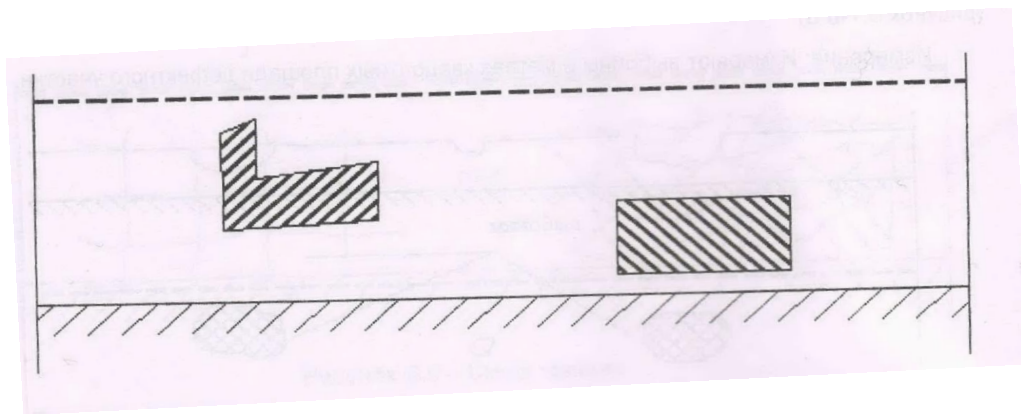


**Рисунок 8.4 – Выбоины**

### **Заплаты**

Описание: Участок, на котором исходное дорожное покрытие было удалено и заменено сходным или другим материалом (рисунок 8.5).

Измерение: Измеряют заплаты в метрах квадратных площади дефектного участка.



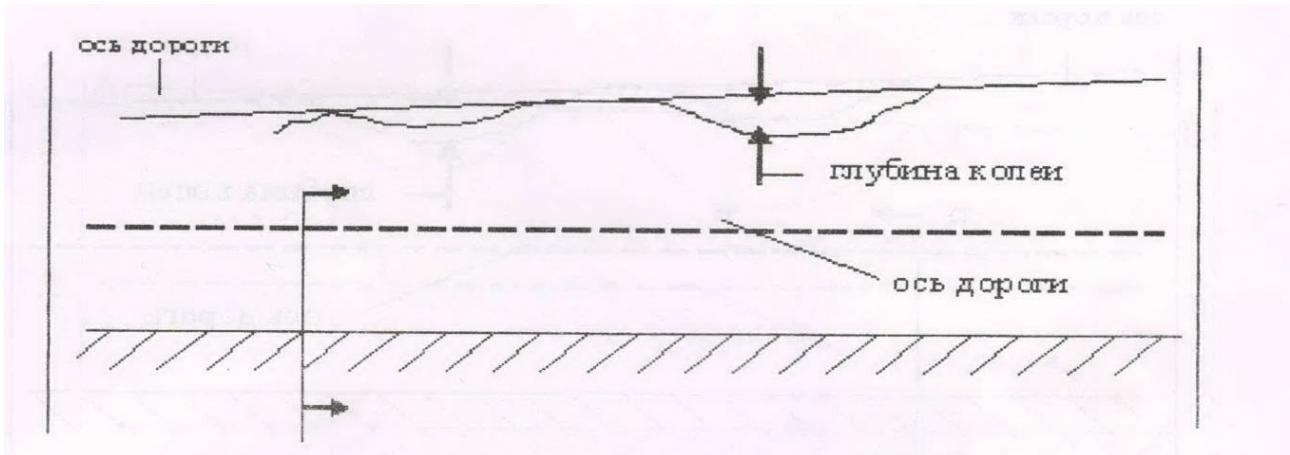
**Рисунок 8.5 – Заплаты**



### Колейность менее 1,5 см

Описание: Углубления продольного направления на проезжей части, образовавшиеся по полосе наката под действием транспортных средств; глубина колеи менее 1,5 см (рисунок 8.6).

Измерение: Записывается общая длина колеи в погонных метрах по каждой полосе проезжей части.

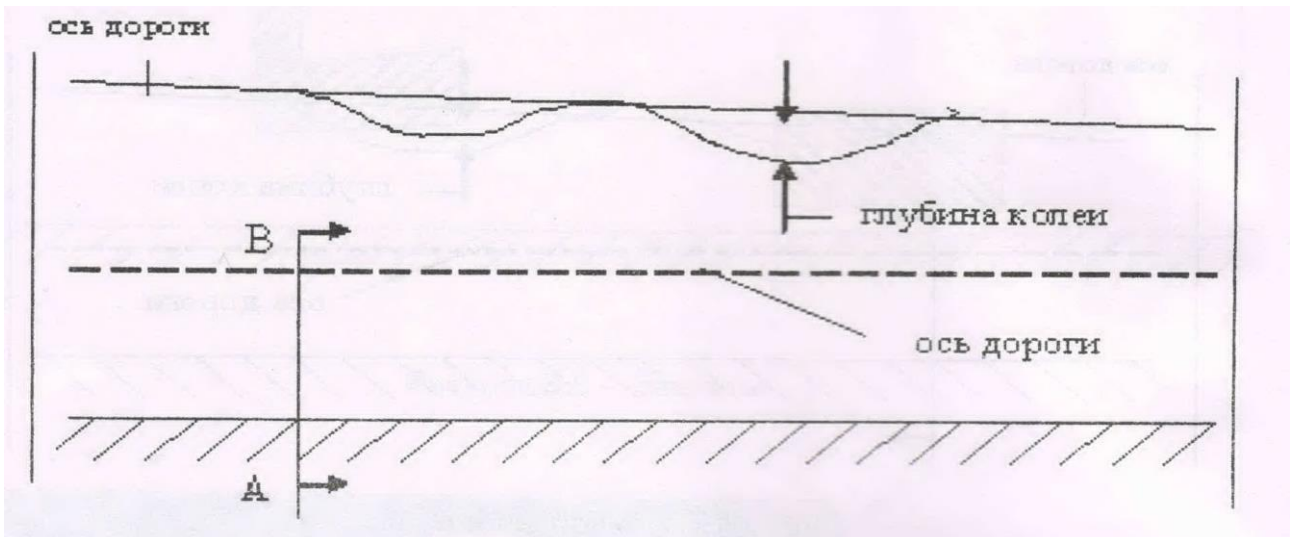


**Рисунок 8.6 – Колейность**

### Колейность от 1,5 см до 3,0 см

Описание: Углубления продольного направления на проезжей части, образовавшиеся по полосе наката под действием транспортных средств; глубина колеи находится в пределах 1,5 - 3,0 см (рисунок 8.7).

Измерение: Записывается общая длина колеи в погонных метрах по каждой полосе проезжей части.

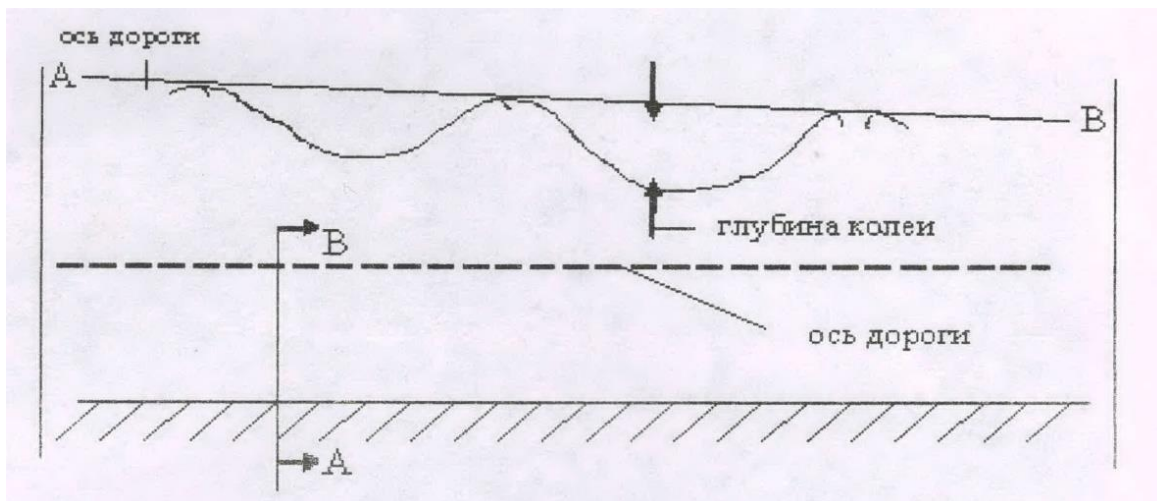


**Рисунок 8.7 – Колейность**

### Колейность более 3,0 см

Описание: Углубления продольного направления на проезжей части, образовавшиеся по полосе наката под действием транспортных средств; глубина колеи более 3,0 см (рисунок 8.8).

Измерение: Записывается общая длина колеи в погонных метрах по каждой полосе проезжей части.



**Рисунок 8.8 – Колейность**

### **Выкрашивание и шелушение**

Описание: Поверхностное разрушение покрытия и отслаивание вяжущего вещества от минерального материала

Измерение: Записывается площадь дефектной поверхности в метрах квадратных.

### **Разрушение кромок**

Описание: Разрушение краев покрытия в виде сетки трещин или откалывания асфальтобетона

Измерение: Записывается длина дефекта в погонных метрах.

## **Лабораторная работа № 9 Определение упругих прогибов дорожных одежд**

Оценку прочности дорожной одежды производят по измеренной величине упругого прогиба покрытия под воздействием статического или динамического нагружения.

Измерения дорожных одежд выполняют, когда температура покрытия находится в пределе от 10-30 градусов.

Упругий прогиб измеряют по внешней полосе наката через каждые 50 метров.

Измерение упругого прогиба производят методом статического нагружения с помощью пресс-штампа ПШ-050С.

Пресс-штамп ПШ-050С предназначен для создания нагрузки при проведении измерений упругого прогиба с целью получения данных для расчета модуля упругости дорожных одежд.

Пресс-штамп ПШ-050С представляет собой устройство, основанием которого является жесткий круглый штамп с отверстием для установки в центре его нижней опорной площадки измерительного плеча прогибомера (рис. 9.1).

На верхней площадке штампа установлен и неподвижно закреплен гидравлический ручной автомобильный домкрат, служащий для создания требуемой нагрузки.

В верхней части поршня домкрата закреплен S-образный тензорезисторный датчик, соединенный информационным кабелем с индикатором.

Вместе датчик и индикатор представляют собой соответственно измерительную и регистрирующую часть динамометра ДОС-3-50Н, предназначенного для измерения нагрузки, создаваемой при помощи домкратов.



**Рисунок 9.1 – Внешний вид пресс-штампа ПШ-050С**

Принцип действия прибора заключается в создании вертикальной нормативной нагрузки на участке дорожного покрытия, ограниченного площадью, представляющей собой круг диаметром 330мм, в результате чего возникает упругая деформация покрытия.

Измеряя возникающую при этом деформацию с помощью специального измерительного устройства (прогибомера длиннобазового ПД-2,5С) получают необходимые данные для расчета модуля упругости дорожного покрытия.

#### **Подготовка к использованию и ход испытания**

1. Установить пресс-штамп под рамой транспортного средства.
2. Вставить рукоятку в шарнирный держатель домкрата и закрепить ее поворотом вокруг собственной оси. Закрывать вентиль гидроклапана соответствующим ключом.
3. Вращением датчика вместе с устройством соединительным вокруг собственной оси выворачивать резьбовой шток из поршня домкрата до соприкосновения опорной шайбы шарового шарнира с плоскостью рамы транспортного средства.
4. Извлечь из футляра индикатор. Соединить информационный кабель датчика к соответствующему разъему на задней стенке индикатора. Установить (при необходимости) в аккумуляторы соответствующий отсек питания индикатора.
5. Завести измерительное плечо прогибомера в отверстие в боковой поверхности штампа и установить его в центре основания.
6. При установке и настройке прогибомера следует руководствоваться соответствующими пунктами использования прогибомера.

7. Включить динамометр соответствующей клавишей на задней стенке.
  8. Работая рукояткой домкрата создать требуемое усилие.
  9. Произвести измерения.
  10. Плавно открыть вентиль гидроклапана и дождаться опускания поршня домкрата в исходное положение.
  11. Выключить динамометр.
  12. Провести оценку прочности дорожных конструкций.
- Прогибомер длинноразмерный ПД-2,5С предназначен для измерения обратимых (упругих) прогибов дорожных одежд при испытаниях методом статического нагружения.

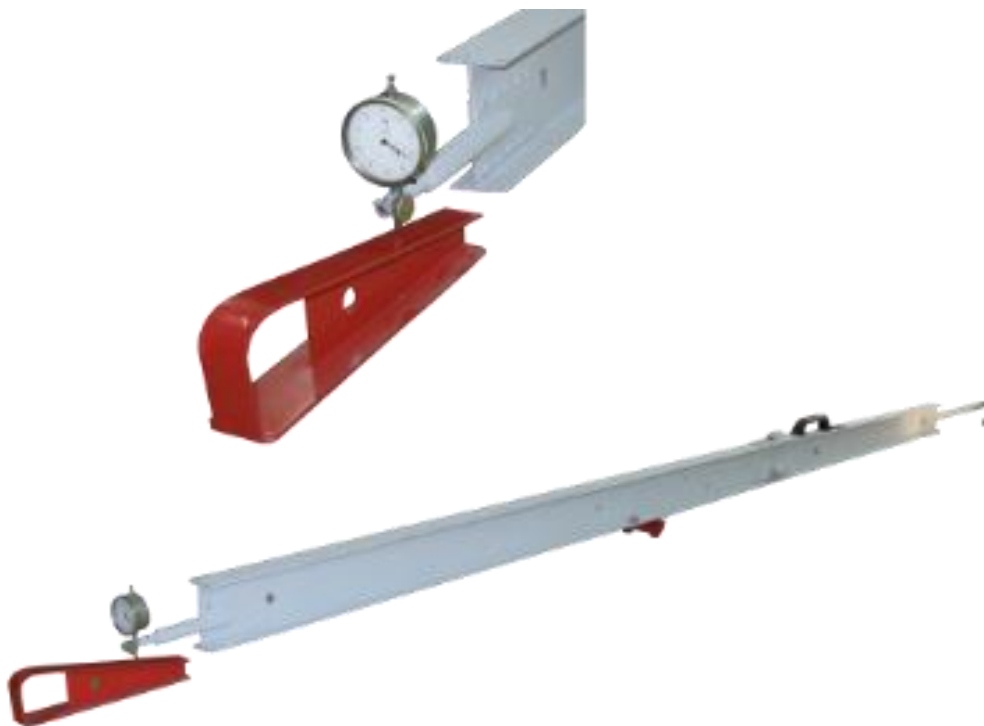
### **Устройство прогибомера**

Прогибомер в рабочем состоянии состоит из балки, установленной на центральной опоре, и представляет собой двухплечий рычаг с соотношением плеч 1:2.

При деформации дорожного покрытия под шарнирной опорой происходит угловое перемещение балки относительно центральной опоры, которая регистрируется индикатором с учетом соотношения плеч.

### **Использование по назначению**

1. Соединить жестко с помощью замка детали балки.



**Рисунок 9.2 – Внешний вид прогибомера ПД-2,5С в рабочем состоянии**

2. Установить опору клиновую на дорожное покрытие таким образом, чтобы ее наклонная поверхность вошла в контакт с измерительным наконечником индикатора.

Измерительный натяг индикатора при этом должен быть от 0,2 до 7 мм.

3. Выдержать автомобиль на точке до тех пор, пока отсчет по индикатору  $i_0$  не будет изменяться за 10 секунд более чем на 0,05 мм.

Результат измерений ( $i_0$ ) записать в журнал.

4. Автомобиль продвигают вперед на расстояние не менее 5 метров. Дождаться пока отсчет по индикатору  $i$  после съезда автомобиля с точки измерения в течение 10 секунд не будет изменяться более чем на 0,05 мм. Результаты измерений ( $i$ ) заносятся в журнал измерений.

5. Прогиб покрытия в точке  $L$  вычисляют по формуле:

$$L = 2(i - i_0)$$

Закончив измерения прогиба в одной точке, переходят к другой.

6. После окончания работ прогибомер разобрать и уложить в чехол. Индикатор хранить в заводском футляре.

7. Выбор характерных участков на дорожном покрытии и контрольных точек на участке, порядок проведения измерений и обработку результатов проводить в соответствии с требованием ТКП140-2015.

8. Расчет модуля упругости дорожной одежды рассчитывают по формуле:

$$E = E_{\varphi} \cdot k_{\tilde{n}} \cdot \tilde{\alpha}_{\tilde{\zeta}}$$

где  $E_{\varphi}$  – фактический модуль упругости дорожной одежды, рассчитанный по формуле:

$$E_{\varphi} = \frac{\rho \cdot D \left(1 - \mu^2\right)}{l_{\varphi}},$$

где  $\rho$  – удельное давление, принимается 0,6 МПа;

$D$  – эквивалентный диаметр отпечатка колеса расчетной нагрузки, принимается для нагрузок групп: А1– 37 см, А2– 39 см, А3 – 41 см.

$\mu$  – коэффициент Пуассона принимается 0,3

$l_{\varphi}$  – приведенный к расчетной нагрузке статический упругий прогиб дорожной одежды по формуле:

$$l_{\varphi} = l \frac{Q_{\rho}}{Q_{\varphi}},$$

где  $Q_{\rho}$  – расчетная нагрузка на одно колесо (А1–50кН, А2–57,5кН, А3–65кН)

$Q_{\varphi}$  – фактическая нагрузка при измерении упругого прогиба дорожной одежды статическим методом, кН

$l$  – статический упругий прогиб дорожной одежды, см

$k_{\text{сез}}$  – коэффициент сезонности, принимается по таблице 9.1.

По результатам испытаний сделать вывод в соответствии с действующими ТНПА.

Таблица 9.1 – Значение коэффициентов сезонности

месяц	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
$k_{\text{сез}}$	1,00	1,04	1,12	1,13	1,14	1,15	1,13	1,12	1,07

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики: ТКП 140-2015. – Минск: Министерство транспорта и коммуникаций, 2015. – 61с.
2. Автомобильные дороги. Методы испытаний: СТБ 1566-2005\* -Минск: Министерство транспорта и коммуникаций, 2015. – 30с.
3. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения: СТБ 1241-2007. – Минск: Министерство транспорта и коммуникаций, 2007. – 25с.

Учебное издание

**Составители:**

*Чумичева Наталья Валентиновна*

*Кобзарь Андрей Александрович*

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по дисциплине  
*«Диагностика автомобильных дорог»*

*для студентов специальности  
1-70 03 01 – Автомобильные дороги*

*Текст печатается в авторской редакции,  
орфографии и пунктуации*

Ответственный за выпуск: Чумичева Н.В.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

---

Подписано в печать 04.02.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Arial». Усл. печ. л. 2,33. Уч. изд. л. 2,5. Заказ № 103. Тираж 21 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

