

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

**Строительство автомобильных дорог  
промышленного транспорта**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Технология и организация строительства дорог  
промышленного транспорта» для студентов специальности  
271501 – Строительство железных дорог,  
мостов и транспортных тоннелей  
специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Белгород  
2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

**Строительство автомобильных дорог  
промышленного транспорта**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Технология и организация строительства дорог  
промышленного транспорта» для студентов специальности  
271501 – Строительство железных дорог,  
мостов и транспортных тоннелей  
специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Белгород  
2014

УДК 625.7/.8(07)  
ББК 39.311я7  
С86

Составитель канд. техн. наук, доц. А.А. Логвиненко

Рецензент канд. техн. наук, доц. С.А. Гнездилова

**С86** **Строительство** автомобильных дорог промышленного транспорта: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология и организация строительства дорог промышленного транспорта» для студентов специальности 271501 – Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей специализации «Строительство дорог промышленного транспорта» / сост. А.А. Логвиненко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 48 с.

В методических указаниях изложен порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине «Технология и организация строительства дорог промышленного транспорта». Работы преследуют цель – научить студентов практическим методам определения плотности и влажности земляного полотна, а также методам определения прочности, сцепления дорожных одежд, применяемым в процессе строительства различных конструктивных слоев автомобильных дорог промышленного транспорта.

Методические указания предназначены для студентов специальности 271501 – Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей специализации «Строительство дорог промышленного транспорта».

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 625.7/.8(07)  
ББК 39.311я7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2014

**Содержание**

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Экспресс методы определения плотности и прочности конструктивных элементов автомобильных дорог.....	4
Лабораторная работа № 2. Определение плотности и влажности земляного полотна из связных грунтов.....	21
Лабораторная работа № 3. Определение максимальной плотности и оптимальной влажности связных грунтов.....	27
Лабораторная работа № 4. Определение плотности земляного полотна из несвязных грунтов методом замещения объема (метод «лунок»).....	31
Лабораторная работа № 5. Определение крутизны откосов, продольных и поперечных уклонов земляного полотна.....	32
Лабораторная работа № 6. Определение прочности нежестких дорожных одежд нагружением колеса расчетного автомобиля....	34
Лабораторная работа № 7. Оценка ровности дорожных покрытий трехметровой рейкой с клином.....	37
Лабораторная работа № 8. Определение коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием методом «песчаного пятна».....	38
Лабораторная работа № 9. Определение коэффициента сцепления дорожных покрытий с помощью прибора ППК-МАДИ.....	40
Приложения.....	44
Библиографический список.....	47

## Введение

В данных методических указаниях рассматриваются лабораторные методы определения плотности и влажности земляного полотна, а также методы определения прочности, ровности и сцепления дорожных одежд, используемые в процессе строительства автомобильных дорог промышленных предприятий.

При выполнении лабораторных работ студенты должны ознакомиться с теоретическими основами каждой работы, изучить методику их выполнения, составить краткий конспект лабораторной работы, предусматривающий:

- название работы;
- теоретическую базу данной работы;
- методику и технологию ее выполнения;
- заготовить журналы для записей, получаемых в ходе выполнения работ, параметров;
- полученные значения изучаемых параметров и их анализ;
- выводы по работе.

### Лабораторная работа № 1

#### **Экспресс методы определения плотности и прочности конструктивных элементов автомобильных дорог**

Данная работа состоит из трех разделов:

1. Определение прочности бетонного покрытия и бетонных изделий неразрушающим ударно-импульсным методом с помощью прибора "ОНИКС-2.3".
2. Определение качества уплотнения асфальтобетона при строительстве автомобильных дорог.
3. Определение качества уплотнения грунта при строительстве автомобильных дорог.

#### **1. Определение прочности бетонного покрытия и бетонных изделий неразрушающим ударно-импульсным методом с помощью прибора "ОНИКС-2.3"**

*Цель работы:* определение прочности цементобетонного покрытия с помощью прибора "ОНИКС-2.3".

*Оборудование и материалы:* прибор для измерения прочности бетона "ОНИКС-2.3"; участки цементобетонного покрытия.

Прибор "ОНИКС-2.3" предназначен для определения прочности бетона на сжатие неразрушающим ударно-импульсным методом в соответствии с ГОСТ 22690-88 и ГОСТ 18105-86 при технологическом контроле качества, обследовании сооружений и конструкций.

Принцип работы прибора заключается в обработке импульсной переходной функции электрического сигнала, возникающего в чувствительном элементе при ударе о бетон.

### Устройство прибора

Прибор "ОНИКС-2.3" (рис. 1) состоит: из электронного блока с сигнальным процессором, размещенным в корпусе; клавиатуры и окна графического дисплея, расположенных на лицевой панели корпуса; датчика-склерометра, подключаемого к электронному блоку посредством кабеля через разъем 1. Рядом с разъемом находится окно инфракрасного канала связи с компьютером для передачи и обработки результатов.



Рис. 1. Прибор "ОНИКС-2.3"

Датчик-склерометр выполнен в цилиндрическом корпусе с пружинным ударным механизмом. Оператор берет датчик в правую руку, большим пальцем правой руки осуществляет с помощью кнопки 3 взвод ударного механизма, затем коронкой 4 плотно устанавливает

датчик на объект и большим пальцем правой руки нажимает кнопку 2, осуществляя удар.

### Порядок подготовки и проведение испытания

Перед началом измерений следует проверить и при необходимости выполнить ориентацию прибора в следующей последовательности:

- установить направление удара;
- выбрать вид материала через пункт главного меню «Материалы»: бетон (тяжелый, легкий);
- в режиме меню «Параметры» → «Калибровка» произвести калибровку прибора на эталоне путем проведения 10 ударов по текстолитовому эталону или ввести коэффициент калибровки ( $a_k$ ) вручную;
- установить возраст бетона;
- сориентировать прибор по количеству ударов.

После обработки результатов пяти ударов по испытываемому материалу или образцу определяется его прочность в МПа.

Результаты измерений сводятся в табл. 1.

Таблица 1

### Журнал измерений

№ п/п	Наименование объекта измерения	Порядковый номер измерения и прочность, МПа					Принятый показатель прочности, МПа
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	

### 2. Определение качества уплотнения асфальтобетона при строительстве автомобильных дорог

*Цель работы:* определение коэффициента уплотнения асфальтобетона ( $K_{упл}$ ) с помощью динамического плотномера ДПУ "КОНДОР".

*Оборудование и материалы:* динамический плотномер ДПУ "КОНДОР" (комплектность А); участок асфальтобетонного покрытия.

### Конструкция прибора

Основу прибора (рис. 2) составляет рабочая часть, в которую входят: направляющая штанга 1 с рукоятью 2, перемещающийся по штанге груз 3 и наковальня 4, по которой наносятся удары падающего груза. К наковальне присоединяются рабочие органы, внедряющиеся в испытуемый материал. При контроле плотности асфальтобетона в наковальню ввинчивается ограничитель 5 с конусом 8, снабженным затвором 6 и фиксатором 7. Применение большого или малого конусов определяется состоянием асфальтобетона.

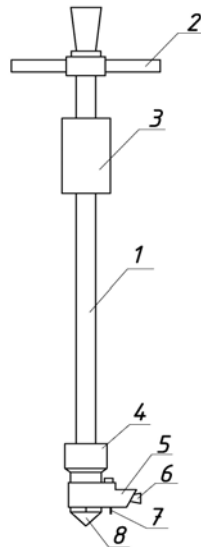


Рис. 2. ДПУ для контроля плотности асфальтобетона (комплектность А)

### Порядок подготовки и проведение испытания

1. При контроле качества уплотнения асфальтобетонной смеси ДПУ собирается в виде, представленном на рис. 2. При этом, в случае, когда температура асфальтобетонного покрытия не ниже  $+50^{\circ}\text{C}$ , используется большой конус. При определении плотности асфальтобе-



тона на уже законченных участках, через 1–3 сут после его укладки, когда температура его поверхности находится в пределах  $+20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , применяется малый конус.

2. Перед началом работ на объекте производится измерение температуры асфальтобетона ртутным или биметаллическим термометром ТБД. Затем плотномер ДПУ с соответствующим наконечником устанавливается перпендикулярно к поверхности покрытия и производится пенетрация с подсчетом числа ударов, необходимых для полного погружения конуса в контролируемую поверхность. Окончание внедрения насадки фиксируется щелчком автоматического устройства.

3. Определение коэффициента уплотнения должно проводиться на основании не менее трех испытаний каждого отдельно взятого участка по среднеарифметическому значению числа ударов. Расстояния между точками зондирования должны составлять не менее 20–30 см.

4. Определение плотности  $K_{\text{упл}}$  асфальтобетона производится по номограммам (рис. 3–5):

- для температур не ниже  $+50^{\circ}\text{C}$  - рис. 3 (песчаный асфальтобетон и асфальтобетон типа "В");
- для температуры  $+20^{\circ}\text{C}$  - рис. 4 (плотный асфальтобетон) и рис. 5 (высокопористый асфальтобетон).

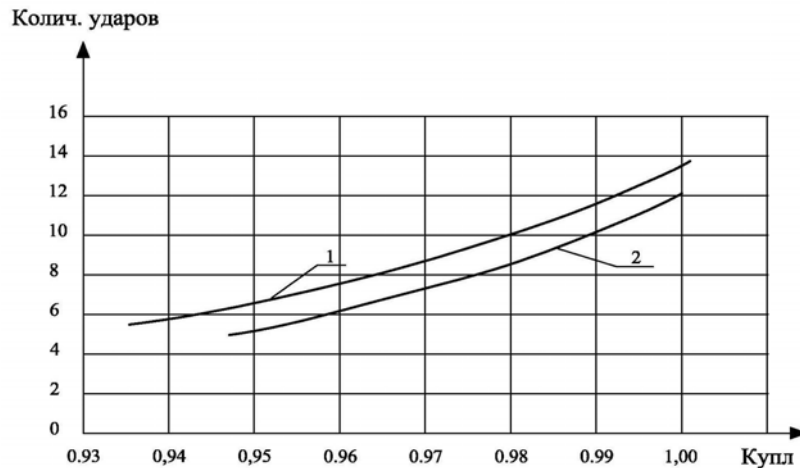


Рис. 3. Номограмма определения  $K_{\text{упл}}$  для песчаного и мелкозернистого асфальтобетона при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ :

1 – песчаный асфальтобетон тип "Г"; 2 – мелкозернистый асфальтобетон тип "В"

Колич. ударов

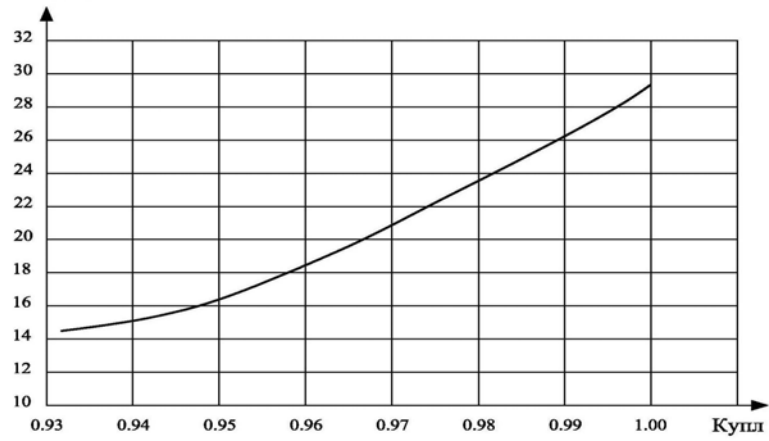


Рис. 4. Номограмма для определения  $K_{упл}$  для плотного асфальтобетона при  $t = 20^{\circ}\text{C}$  через 1–3 сут

Колич. ударов

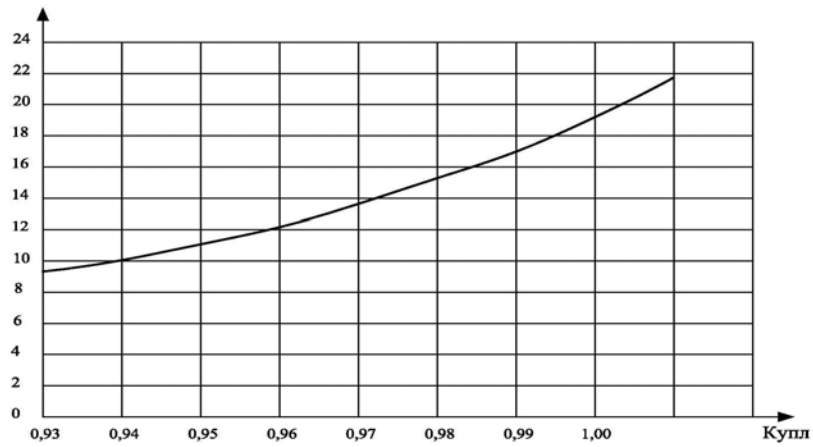


Рис. 5. Номограмма для определения  $K_{упл}$  высокопористого асфальтобетона при  $t = 20^{\circ}\text{C}$  через 1–3 сут

Результаты испытаний заносятся в табл. 2.

## Журнал испытаний

№ п/п	Участок а/б покрытия	Вид а/б	Температура испытания, °С	Порядковый номер испытания и колич. ударов			Среднее колич. ударов	Величина $K_{упл}$
				№ 1	№ 2	№ 3		
1								
2								

### 3. Определение качества уплотнения грунта при строительстве автомобильных дорог

#### 3.1. Определение качества уплотнения грунта при строительстве автомобильных дорог с помощью динамического плотномера ДПУ "КОНДОР"

*Цель работы:* определение коэффициента уплотнения грунта ( $K_{упл}$ ) с помощью динамического плотномера ДПУ "КОНДОР".

*Оборудование и материалы:* динамический плотномер ДПУ "КОНДОР" (комплектность Б); участок земляного полотна.

#### Конструкция прибора

Комплектность Б плотномера ДПУ "КОНДОР" (рис. 6) отличается от комплектности А тем, что в наковальню завинчивается стержень с коническим наконечником 9.

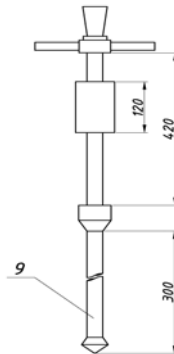


Рис. 6. ДПУ для контроля плотности грунтов (комплектность Б)

### Порядок подготовки и проведение испытания

1. Устанавливается вид применяемого грунта на основании определения: гранулометрического состава (ГОСТ 12536–79) для несвязного грунта, а в случае связного грунта дополнительно и числа пластичности (ГОСТ 5180–84).

2. На контролируемом объекте разравнивается площадка размером не менее 30×30 см, посредине которой проводится первая пенетрация. Пенетrometer устанавливается строго вертикально к поверхности грунта и ударами гири стержень заглубляется в грунт на глубину 10 или 20 см в зависимости от толщины отсыпанного слоя грунта. Затем стержень падающим грузом забивается с определением числа ударов на глубину 20 или 30 см. Для получения усредненного значения плотности, пенетрация повторяется еще в двух-трех местах на расстоянии не менее 10–15 см от первоначального места зондирования.

3. Коэффициент уплотнения определяется по номограммам (рис. 7) для несвязных грунтов (по среднестатистическому из 3–4 определений), а для связных грунтов по рис. 8. В последнем случае, при возможном отклонении влажности от оптимального значения ( $W_0$ ), необходимо установить естественную влажность грунта ( $W$ ). Влажность при этом выражается в относительных величинах ( $W/W_0$ ), где  $W_0$  – оптимальная влажность грунта, определенная по методу стандартного уплотнения СОЮЗДОРНИИ (ГОСТ 22733–77) [1].

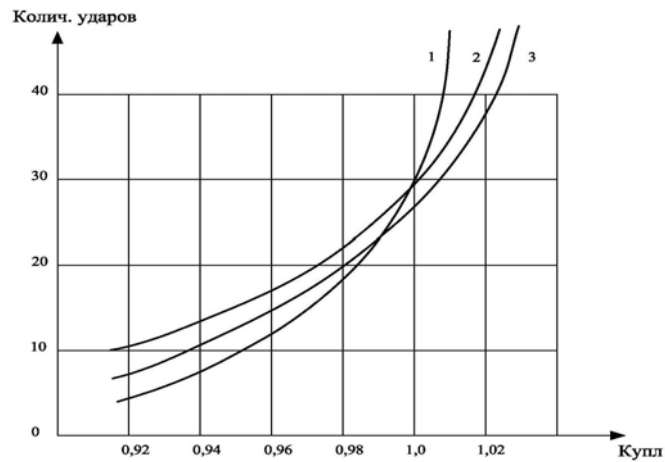
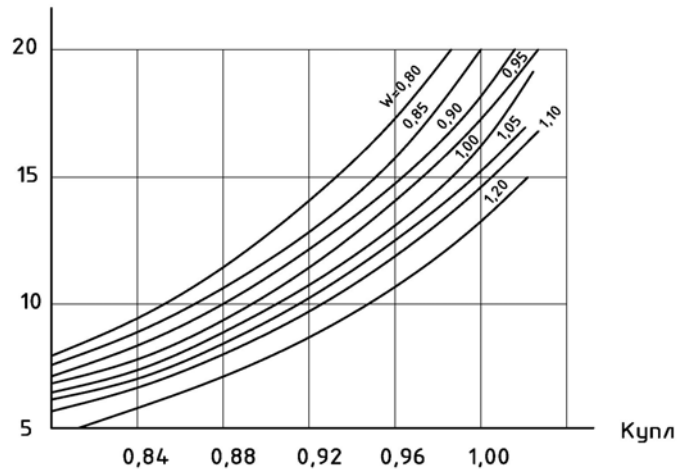


Рис. 7. Номограмма для определения  $K_{упл}$  несвязных грунтов:

1 – песок средней крупности и крупный; 2 – песок пылеватый; 3 – песок мелкий

а) На контролируемом объекте разравнивается площадка размером не менее 30×30 см, посередине которой проводится первая пенетрация.

Колич. ударов



б)

Колич. ударов

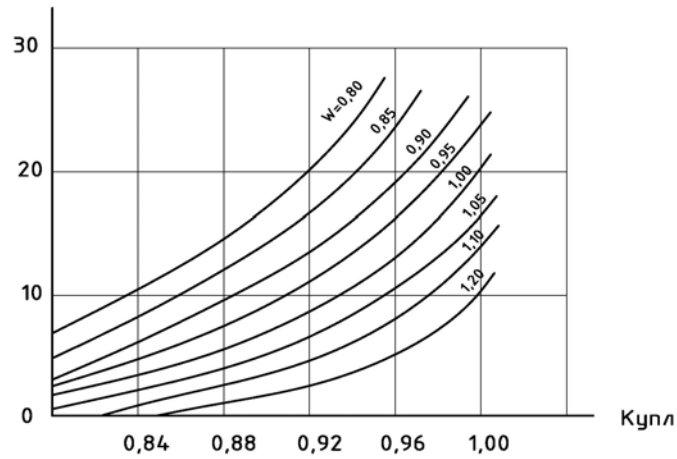


Рис. 8. Номограмма для определения  $K_{упл}$  связных грунтов:

Результаты испытаний заносятся в табл. 3.

Таблица 3

### Журнал испытаний

№ п/п	Участок земляного полотна	Вид грунта	Порядковый номер испытания и количество ударов			Среднее колич. ударов	Величина $K_{упл}$
			№ 1	№ 2	№ 3		
1							
2							
3							

### 3.2. Определение качества уплотнения грунта при строительстве автомобильных дорог с помощью статического плотномера СПГ-1

*Цель работы:* определение коэффициента уплотнения грунта ( $K_{упл}$ ) с помощью статического плотномера СПГ-1.

*Оборудование и материалы:* статический плотномер СПГ-1; участок земляного полотна.

#### Назначение и конструкция прибора

Статический плотномер СПГ-1 предназначен для оперативно-го контроля уплотнения грунтов земляного полотна и дополнительных слоев оснований автомобильных дорог, аэродромов и прочих земляных сооружений, согласно СНиП 2.05.02-85 и СНиП 3.06.03-85.

Плотномер допускается к применению на любых грунтах, содержащих не более 15% твердых включений крупностью свыше 2 мм.

При использовании плотномера для текущего контроля плотности грунта не менее 1/3 измерений из общего количества необходимо проводить стандартным весовым методом с отбором проб грунта кольцами по ГОСТ 5180-84.

Плотномер СПГ-1 (рис. 9) состоит из силоизмерительного устройства 1 с крепежной гайкой 2, в которую завинчивается переходный стержень 3 с ограничительной муфтой 4; рабочего стержня 5 и двух сменных наконечников – конуса 6 и усеченного конуса 7. Запасная шайба 8 служит ограничителем для усеченного конуса 7. Перед началом работы элементы плотномера прочно свинчиваются в соот-

ветствии с приведенным рисунком.

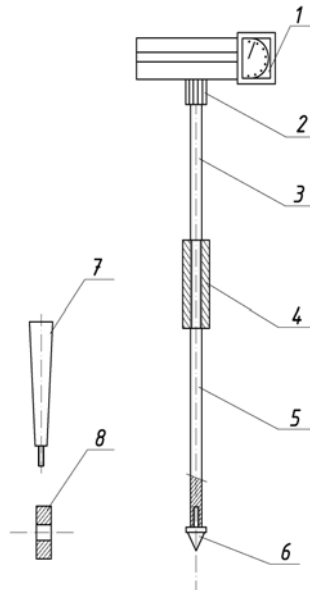


Рис. 9. Плотномер СПГ-1

#### Порядок подготовки и проведение испытания

1. Заранее устанавливается вид грунта на основании определения полного зернового и микроагрегатного состава по ГОСТ 12536–79 для несвязных и дополнительно числа пластичности по ГОСТ 5180–84 для связных разновидностей грунтов.

2. В зависимости от установленного вида грунта при сборке плотномера используется конус (несвязные грунты) или усеченный конус (связные грунты) с ограничительной шайбой, установленной на него при завинчивании в рабочий стержень.

3. На месте измерения выбирается площадка размером не менее 20×20 см. Верхний переуплотненный или разрыхленный слой на глубину 3–5 см снимают, а основание зачищают и выравнивают.

4. Фиксирующую кнопку, расположенную на тыльной части динамометра, сдвигают налево от 0. Рабочий стержень ставят вертикально к измеряемой поверхности и нажимом на рукоять динамометра





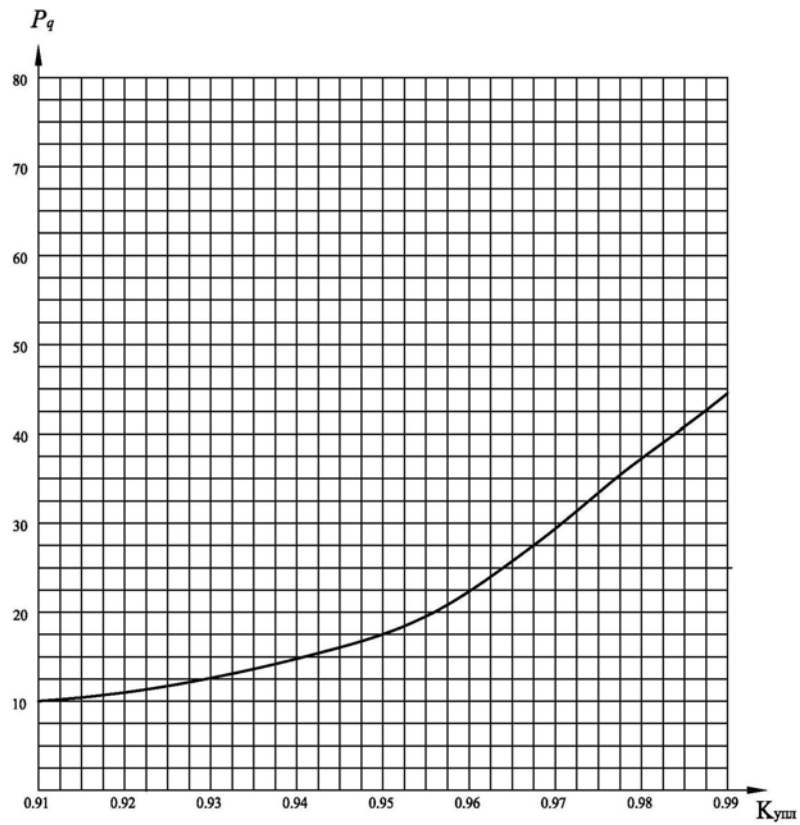


Рис. 10. График усредненного коэффициента уплотнения  
песка крупного  
( $W_{opt}$  от 5 до 9%;  $\delta_{max}$  от 1,84 до 1,89 г/см<sup>3</sup>)

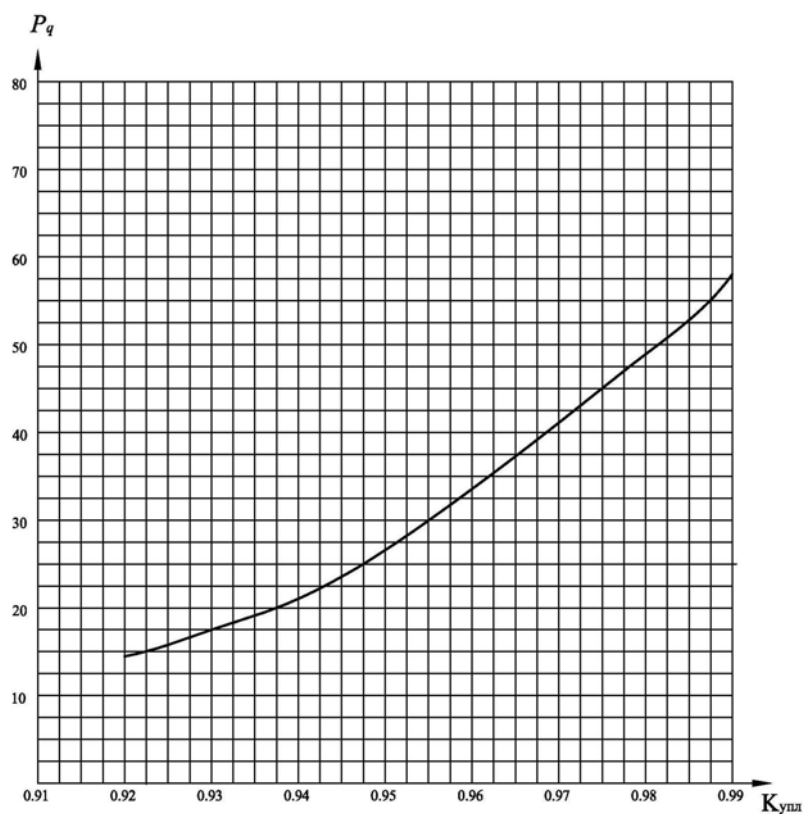


Рис. 11. График усредненного коэффициента уплотнения  
песка средней крупности (масса частиц крупнее 0,25 мм более 50%)  
( $W_{отг}$  от 7 до 10%;  $\delta_{max}$  от 1,74 до 1,87 г/см<sup>3</sup>)

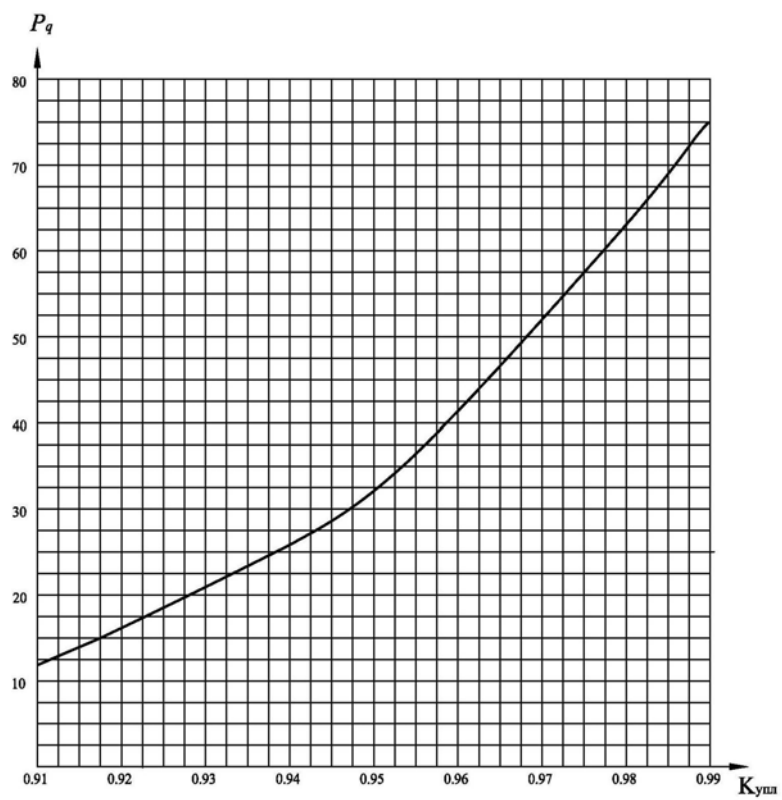


Рис. 12. График усредненного коэффициента уплотнения песка мелкого ( $W_{онт}$  от 10 до 12%;  $\delta_{max}$  от 1,72 до 1,83 г/см<sup>3</sup>)

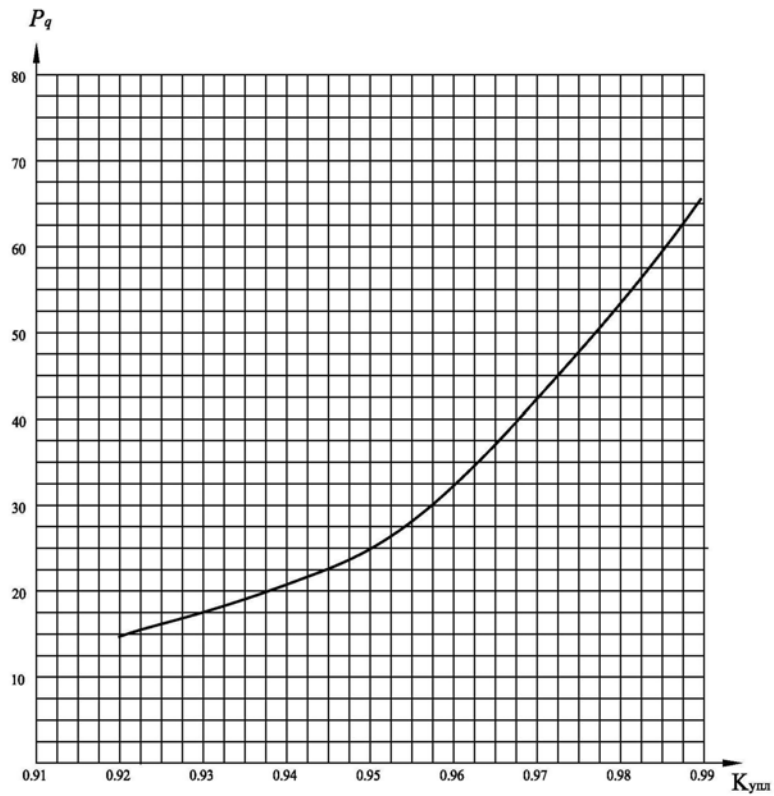


Рис. 13. График усредненного коэффициента уплотнения  
песка пылеватого  
( $W_{опт}$  от 12 до 15%;  $\delta_{max}$  от 1,65 до 1,84 г/см<sup>3</sup>)

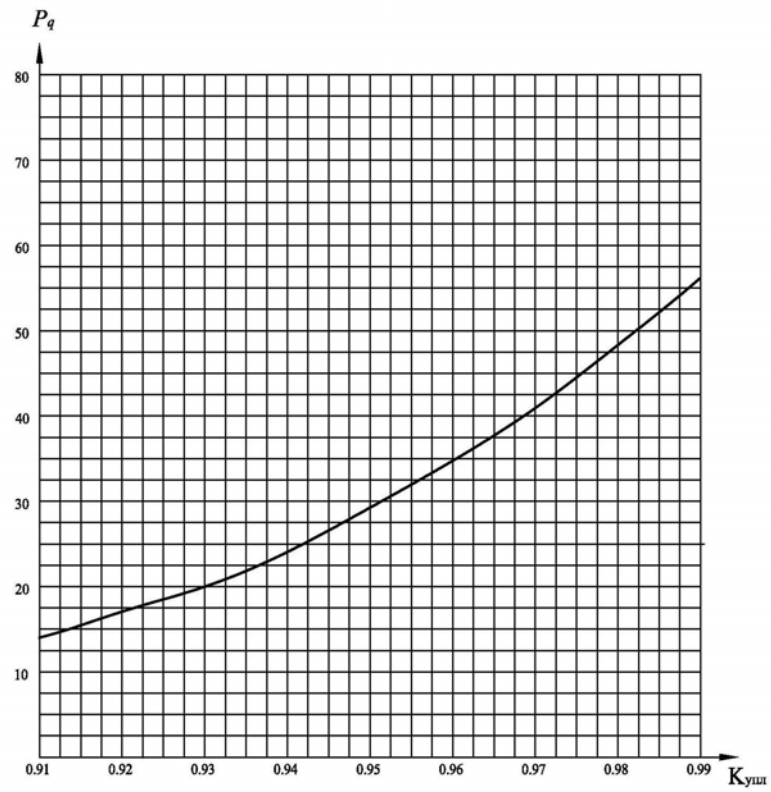


Рис. 14. График усредненного коэффициента уплотнения  
для супесей  
( $W_{\text{онт}}$  от 14 до 17%;  $\delta_{\text{мах}}$  от 1,6 до 1,65 г/см<sup>3</sup>)

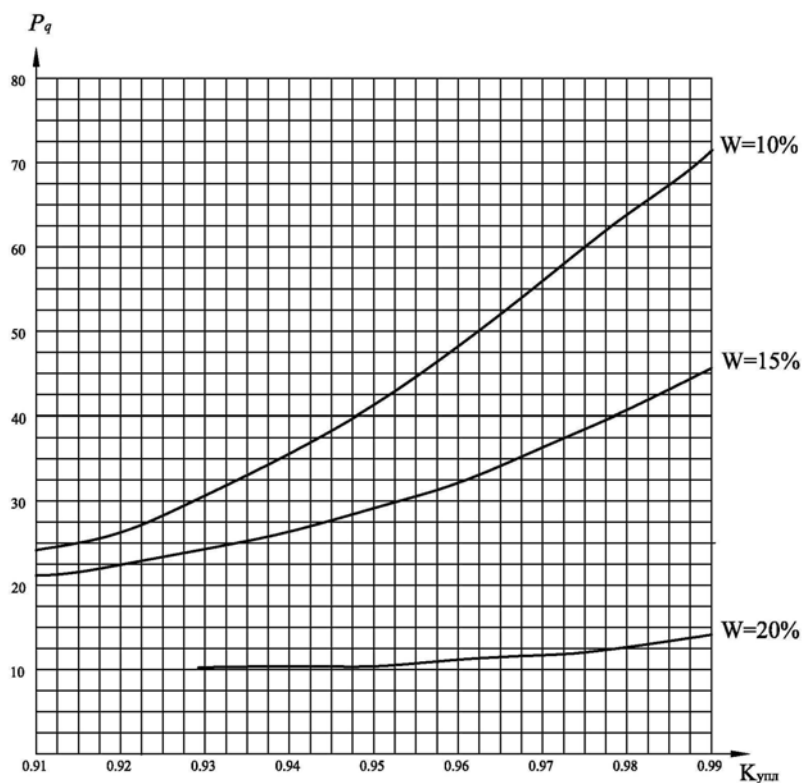


Рис. 15. График усредненного коэффициента уплотнения суглинка ( $W_{опт}$  19–20%;  $\delta_{max} = 1,67-1,69$  г/см<sup>3</sup>)

## Лабораторная работа № 2

### Определение плотности и влажности земляного полотна из связных грунтов

*Цель работы:* определение расчетных характеристик земляного полотна из связных грунтов.

*Материалы и оборудование:* плотномер-влажномер системы Н.П. Ковалева, испытываемый грунт.

При строительстве земляного полотна должны контролироваться плотность и влажность грунтов как основные характеристики, определяющие надежную работу земляного полотна по всей толщине конструкции дорожной одежды.

Наиболее распространенным методом контроля плотности и влажности связных грунтов, осуществляющимся непосредственно на месте строительства, является метод определения с помощью плотнотера-влажнотера системы инженера Н.П. Ковалева. Последняя модификация прибора позволяет вычислить не только фактические значения влажности и плотности грунтов, но и значения предела текучести грунта  $W_t$ , величины оптимальной влажности и максимальной плотности сухого грунта.

### Конструкция плотнотера-влажнотера системы Н.П. Ковалева

Плотнотер Ковалева работает по принципу гидростатического взвешивания образца грунта и состоит из двух основных частей: измерительного устройства (поплавка) и пробоотборника. Комплектность и конструкция плотнотера Ковалева показаны на рис. 16 и рис. 17.



Рис. 16. Комплектность прибора Ковалева

Прибор состоит:

1. Цилиндр 2 с крышкой 1, являющийся футляром в период транспортировки прибора и резервуаром с водой во время проведения испытаний.

2. Поплавковое устройство 5 имеет мерную трубу 8, с нанесенными на ней четыремя шкалами измерений.

По шкале с индексом «ВЛ» определяется плотность грунтов с естественной влажностью, а по шкалам с индексами «Ч», «П» и «Г» (чернозем, песок, глинистый грунт) – плотность сухих грунтов (скелета грунта).

3. В нижней части поплавка 5 расположена камера 9 со съемным дном 6 для помещения пробы грунта с режущим кольцом. Дно запирается на корпусе поплавка зажимами 7. В состав поплавка входит также подвесной сосуд 12 для суспензии грунта, крепящийся на поплавковом устройстве с помощью крючков 9.

4. Пробоотборник, состоящий из режущего кольца 11 и крышки 10 с отверстиями для наблюдения за грунтом, заполняющим кольцо.

5. Грунтовый нож 4 для отбора проб грунта и их испытания.

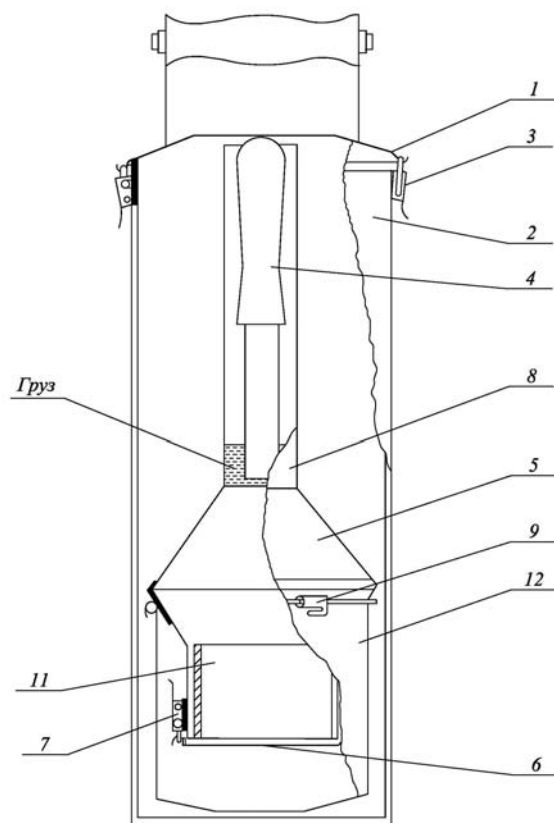


Рис. 17. Конструкция плотномера-влажгомера Ковалева



6. Балансирный конус Васильева для определения предела текучести грунта (рис. 18).

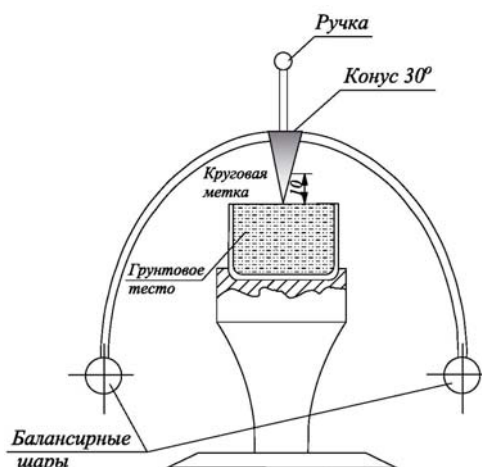


Рис. 18. Балансирный конус Васильева

Кроме перечисленного основного оборудования в различные комплектации прибора входят:

- прибор для определения стандартного уплотнения, включающего пята, стержень и гирию массой 500 г;
- пластмассовый сосуд с крышкой;
- сетчатый фильтр;
- совок для добавления воды.

Перед началом работы должна быть произведена тарировка поплавкового устройства. Для этого резервуар заполняется водой до уровня, отмеченного чертой. В поплавок помещается режущее кольцо, запирается съемным дном и на корпус поплавка навешивается подвесной сосуд. Поплавковое устройство опускается в воду. При этом уровень воды должен соответствовать нижней риске на любой из шкал трубки поплавка. Если риска оказалась выше уровня воды – в трубку поплавка добавляется груз (дробь, песок, отдельные камни и т.д.)

## Порядок подготовки и проведение испытания

### 1. Определение фактической плотности земляного полотна при естественной влажности

1. Резервуар заполняют водой до уровня, отмеченного чертой.
2. На поверхности грунта выравнивается площадка и на нее режущим краем устанавливается кольцо. Давлением или ударами по крышке режущее кольцо погружается в грунт на 3...4 мм ниже его поверхности, что визуалью проявляется в появлении грунта в отверстиях крышки.
3. Кольцо с крышкой откапывают с помощью грунтового ножа, крышка снимается и излишний грунт обрезается ножом по торцам кольца.
4. Кольцо с грунтом устанавливают на съемное дно, которое закрепляется на поплавке при помощи зажимов.
5. При погружении поплавка в воду, налитую в ведро-футляр, по шкале «ВЛ» снимают отсчет фактической плотности земляного полотна ( $\rho_{\text{факт.}}$ , г/см<sup>3</sup>) при естественной влажности грунта.

### 2. Определение плотности сухого грунта (скелета грунта)

1. Кольцо вынимают из поплавкового устройства, грунт земляного полотна (после испытания его плотности при естественной влажности) с помощью грунтового ножа переносят из режущего цилиндра в сосуд, куда заливают воду до  $\frac{2}{3}$  объема сосуда.
2. Грунт в воде сосуда размельчают ножом до ликвидации комков и получения суспензии.
3. Вышедшие при этом пузырьки воздуха в виде пены удаляют сетчатым фильтром (при наличии в зависимости от комплектации прибора).
4. Сосуд, где находится суспензия грунта, подвешивают к поплавке, который погружается в воду резервуара. При погружении поплавка вода полностью заполняет сосуд, вытеснив оттуда воздух.
5. По одной из шкал, соответствующей типу испытываемого грунта («П», «Ч» или «Г») определяют плотность сухого грунта ( $\rho_{\text{ск. факт.}}$ , г/см<sup>3</sup>).

### 3. Определение естественной влажности грунта

Естественную влажность грунта ( $W_{\text{ест}}$ , %) определяют по полученным значениям плотности сухого и влажного грунтов и рассчитывают по формуле

$$W_{\text{ест}} = \frac{\rho_{\text{факт.}} - \rho_{\text{ск.факт.}}}{\rho_{\text{ск.факт.}}}, \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{факт.}}$  – фактическая плотность при естественной влажности грунта, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{ск. факт.}}$  – фактическая плотность сухого грунта (скелета грунта), г/см<sup>3</sup>.

### 4. Определение степени уплотнения грунта

При определении качества уплотнения земляного полотна фактическая плотность сравнивается с плотностью этого же грунта, уплотненного по стандартной методике, и определяется по формуле

$$k_y = \frac{\rho_{\text{ск.факт.}}}{\rho_{\text{ск.мах}}}, \quad (2)$$

где  $k_y$  – коэффициент уплотнения земляного полотна (определяется согласно [2];

$\rho_{\text{ск. факт.}}$  – фактическая плотность сухого грунта (скелета грунта), г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{ск. мах}}$  – максимальная плотность сухого грунта (скелета грунта), г/см<sup>3</sup>.

Значения максимальной плотности сухого грунта ( $\rho_{\text{ск. мах}}$ ) определяется в лабораторных условиях испытанием грунта по [1] в приборе СОЮЗДОРНИИ.

Количество требуемых определений плотности при строительстве земляного полотна зависит от ширины уплотняемых слоев, их толщины и высоты насыпи. При ширине слоя насыпи > 20 м, измерения в поперечнике проводят в 5-ти точках, при этом дополнительные места отбора проб находятся между осью земляного полотна и крайними точками у бровки.

Контроль плотности следует проводить на глубине равной 1/3 толщины уплотняемого слоя, но не менее 8 см.

При высоте насыпей до 3 м, пробы отбирают не реже, чем через 200 м, а при высоте > 3 м – не реже, чем через 50 м. Кроме того, обязательно определение плотности в насыпях над трубами, на подходах к мостам и конусам береговых опор.

### Оформление отчета

Все данные по определению фактической плотности грунта, плотности скелета грунта и фактической влажности заносят в табл. 5.

Таблица 5

### Журнал измерений

Наименование дороги	км	ПК	Сторона			Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>		Глубина отбора, м	Естественная влажность грунта, %
			левая	правая	ось	фактическая	скелета		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Лабораторная работа № 3

#### Определение максимальной плотности и оптимальной влажности связных грунтов

*Цель работы:* определение влажностных характеристик земляного полотна из связных грунтов.

*Материалы и оборудование:* плотномер-влажномер системы Н.П. Ковалева, грунт.

При наличии в комплектации плотномера-влажномера Ковалева прибора для определения стандартного уплотнения максимальная плотность ( $\rho_{ск. max}$ ) и оптимальная влажность ( $W_{opt}$ ) могут определяться как на месте залегания грунтов, так и с отбором пробы грунта.

#### Порядок подготовки и проведение испытания

##### I. На месте залегания грунтов

1. На поверхности разравнивают площадку размером 30×30 см, на нее ставят режущий цилиндр и с помощью ударника погружают и наполняют грунтом без уплотнения.

2. Режущий цилиндр с неуплотненным грунтом откапывают ножом, снова ставят на площадку и принятым количеством ударов гири грунту придают стандартное уплотнение.

Предварительное наполнение грунтом режущего цилиндра делают для того, чтобы он при стандартном уплотнении грунта не погружался ниже уровня площадки и не мешал работе ударника.

3. Чтобы достигнуть требуемого стандартного уплотнения необходимо сделать гирей, падающей по стержню с высоты 30 см, следующее количество ударов:

- для песков и супесей..... 38;
- для суглинков..... 60;
- для глин..... 75.

4. После стандартного уплотнения режущий цилиндр вместе с грунтом откапывают ножом, переносят на крышку-подставку и описанным в лабораторной работе №1 путем измеряют плотность грунта, плотность сухого грунта и рассчитывают влажность.

5. Результаты записывают в первой строке ведомости по форме, приведенной в табл. 2.

6. После измерения плотности грунта, плотности сухого грунта и расчета влажности в естественных условиях залегания грунт взрыхляют на площадке 32×32 см. Затем берут грунт в объеме 8×8×8 см, к грунту добавляют порцию воды из расчета увеличения влажности на 2%.

Пример: при плотности рыхлого грунта  $1,60 \text{ г/см}^3$  и размера лунки 8×8×8 см объем порции воды составляет  $8 \times 8 \times 8 \cdot 1,60 \cdot 0,02 = 16 \text{ см}^3$ .

Порцию воды отмеряют с помощью совка (вода набирается по риску). Грунт с водой тщательно перемешивают, поверхность его уплотняют и выравнивают.

7. После этого вышеописанным способом грунту придают стандартное уплотнение, измеряют плотность, плотность сухого грунта и рассчитывают влажность и записывают во второй строке табл. 2.

8. Затем к грунту добавляют последовательно две, три, четыре и т. д. порции воды по  $16 \text{ см}^3$  и цикл измерения плотности, плотности сухого грунта и расчет влажности повторяют для каждого возрастающего увлажнения до тех пор, пока плотность сухого грунта не достигнет максимума. Как только плотность сухого грунта начнет уменьшаться, что видно из графика, приведенного на рис. 19, испытания прекращают.

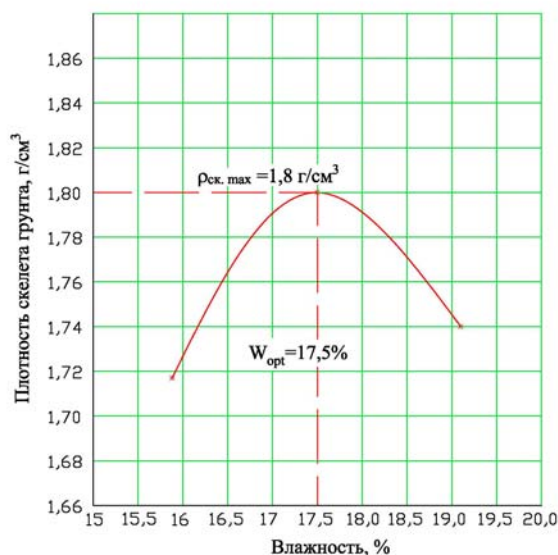


Рис. 19. Зависимость плотности скелета грунта от оптимальной влажности

9. За максимальную плотность сухого грунта и оптимальную влажность принимают записанные в ведомость показатели плотности сухого грунта предыдущего цикла испытаний.

## II. С отбором пробы грунта

С места залегания грунта отбирается проба массой 3 кг.

1. Отобранной пробой наполняют сосуд со съёмным дном и на поверхность грунта ставят режущий цилиндр, также наполненный таким же грунтом. На режущий цилиндр сверху устанавливают ударник и производят стандартное уплотнение.

2. После этого из сосуда грунт переносят в крышку футляра, к нему добавляют  $100 \text{ см}^3$  грунта из режущего цилиндра и порцию воды  $16 \text{ см}^3$  для увеличения влажности грунта на 2%. Грунт с водой перемешивают ножом и им снова наполняют сосуд.

3. Производят стандартное уплотнение грунта и измерение плотности, плотности сухого грунта и рассчитывают влажность. Далее испытания ведут аналогично испытаниям грунтов на месте их залегания.

### Оформление отчета

Результаты измерений и расчетов заносят в табл. 6.

Таблица 6

#### Журнал измерений

Место отбора пробы	Наименование грунта	Процент увлажнения	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>		Влажность, %
			влажного	сухого	
1	2	3	4	5	6

При отсутствии в комплектации плотномера-влажномера Ковалева прибора для определения стандартного уплотнения максимальную плотность скелета грунта ( $\rho_{ск. max}$ ) и оптимальную влажность ( $W_{opt}$ ) можно определить расчетным путем.

#### III. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности расчетным путем

1. После определения влажности предела текучести ( $W_T$ ), установленной с помощью балансирного конуса Васильева и подробно описанной при изучении дисциплины «Инженерная геология», рассчитывают оптимальную плотность грунта по формуле

$$W_{opt} = \sigma \cdot W_T, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – коэффициент, зависящий от вида грунта и составляющий:

- для супесей – 0,7...0,75;
- для суглинков – 0,55...0,60;
- для глин – 0,45...0,55.

2. Значение максимальной плотности сухого (скелета) грунта вычисляют по формуле

$$\rho_{ск. max} = \frac{\rho_{ч}(1 - V_B \cdot 0,01)}{1 + \frac{\rho_{ч}}{\rho_B} \cdot W_{opt} \cdot 0,01}, \quad (4)$$

где  $\rho_{ч}$  – плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>. Плотность частиц грунта принимается для:

- песков, супесей легких и пылеватых – 2,67 г/см<sup>3</sup>;
- супесей тяжелых, легких суглинков – 2,70 г/см<sup>3</sup>;

- суглинков тяжелых и глин – 2,72 г/см<sup>3</sup>.
- $\rho_v$  – плотность воды, г/см<sup>3</sup> ( $\rho_v = 1$  г/см<sup>3</sup>);
- $V$  – минимальный объем воздуха, содержащийся в грунте, %. Минимальный объем воздуха принимается для:
  - песков – 8%;
  - супесей – 6%;
  - суглинков – 5%;
  - глин – 4%.
- $W_{\text{опт}}$  – оптимальная влажность, %.

#### Лабораторная работа № 4

##### Определение плотности земляного полотна из несвязных грунтов методом замещения объема (метод «лунок»)

*Цель работы:* определение расчетных характеристик земляного полотна из несвязных грунтов.

*Материалы и оборудование:* сухой песок фракции 0,5...2 мм в количестве 10 л, двойная воронка с диаметром основания около 25 см, мерные цилиндры вместимостью 0,1...1,0 л, воронка для засыпки песка.

##### Порядок подготовки и проведение испытания

1. Очистить и при необходимости подровнять поверхность слоя.
2. Осторожно, чтобы не смять рабочим инструментом края и боковые стенки будущей лунки, разрыхлить и тщательно выбрать материал слоя на глубину 10...15 см (объем до 10 тыс. см<sup>3</sup>).
3. Вынутый материал слоя взвесить с точностью до второго знака ( $m_{\text{гр}}$ ).
4. Установить над лункой двойную воронку.
5. В лунку и двойную воронку через горловину осторожно засыпать сухой песок, объем которого измерить мерными цилиндрами с точностью до 5 см<sup>3</sup> ( $V_{\text{п}}$ ).
6. В мерные цилиндры песок насыпают через обычную воронку, не встряхивая их.
7. Определить объем лунки по объему израсходованного песка.
8. Рассчитать фактическую плотность материала слоя, исходя из массы материала и объема лунки по формуле

$$\rho_{\text{факт.}} = \frac{m_{\text{гр}}}{V_{\text{п}}}, \quad (5)$$



где  $m_{гр}$  – масса грунта, вынутого из лунки, г;

$V_{п}$  – объем песка, израсходованного на засыпку лунки,  $см^3$ .

Полученную плотность материала в теле слоя сравнить с предусмотренной проектом и составить заключение о степени уплотнения слоя. Если проектом предусмотрена плотность сухого материала в теле слоя, то вынутый из лунки материал перед взвешиванием необходимо высушить.

### Оформление отчета

Полученные данные занести в табл. 7.

Таблица 7

### Журнал измерений

Масса грунта, вынутого из лунки, $m_{гр}$ , Г	Объем, $см^3$			Фактическая плотность грунта, $\rho_{факт.}$ , $г/см^3$
	песка, израсходованного на заполнение лунки и двойной воронки, $V_{п}$	двойной воронки	лунки	
1	2	3	4	5

### Лабораторная работа № 5

#### Определение крутизны откосов, продольных и поперечных уклонов земляного полотна

*Цель работы:* определение геометрических параметров земляного полотна.

*Оборудование:* складная универсальная рейка «Кондор-3М».

Складная универсальная рейка «Кондор-3М», приведенная на рис. 20, представляет собой усовершенствованный вариант трехметровой рейки КП-216, которая состоит из трехсекционного раскладывающегося корпуса по нижней боковой поверхности, имеющей шкалу для измерения геометрических параметров дороги. Сверху, в центре рейки, закреплена измерительная головка с лимбом и уровнем для определения величины уклонов поверхности земляного полотна, основания и покрытия дороги.



Рис. 20. Дорожная рейка "Кондор-3М"

Крутизна откосов насыпей, выемок и кюветов определяется с помощью балансира-эклиметра, помещенного между боковыми стенками рейки.

#### **Порядок подготовки и проведение испытания**

1. На месте работ рейка вынимается из чехла, раскрывается и жестко фиксируется на местах сочленения. При этом винты прижимного устройства переставляются в отверстия, расположенные у стыков смежных секций, где затягиваются до упора.

2. При изменении продольных и поперечных уклонов поверхности земляного полотна рейка укладывается либо по оси дороги, либо перпендикулярно ей в сторону уклона на поверхности земляного полотна или обочины. Затем вращением винта измерительной головки с помощью уровня приводят ее в горизонтальное положение, фиксируемое по центральному нахождению пузырька в ампуле уровня и по шкале лимба головки определяют размер уклона.

3. При определении крутизны откосов насыпи, выемки, кювета – рейку устанавливают непосредственно на откос перпендикулярно обрезу бровки откоса и, по шкале балансира-эклиметра находят крутизну откоса в пределах от 1:1 до 1:3. При размерах крутизны откоса рейка может использоваться и в собранном для транспортировки состоянии.

#### **Оформление отчета**

Полученные данные занести в табл. 8.

## Журнал измерений

№ п/п	Наименование дороги	Место измерений ПК+0	Уклон, ‰		Крутизна откосов		
			продольный	поперечный	насыпи	выемки	кювета
1	2	3	4	5	6	7	8

## Лабораторная работа № 6

### Определение прочности нежестких дорожных одежд нагружением колеса расчетного автомобиля

*Цель работы:* определение фактического модуля дорожной одежды для сравнения его с требуемым модулем.

*Оборудование:* рычажной прогибомер, индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм и расчетный автомобиль для создания расчетной нагрузки.

#### Порядок подготовки и проведение испытания

##### 1. Подготовка рычажного прогибомера к работе

Рычажной прогибомер (рис. 21) состоит из опорной станины 1 швеллерного профиля и составного рычага 2, который свободно вращается вокруг опорных винтов 3.

В переднем плече рычага установлен измерительный шуп 4 с зажимным винтом 5, а заднее плечо заканчивается заглушкой и горизонтальной площадкой 6 для стержня индикатора 7.

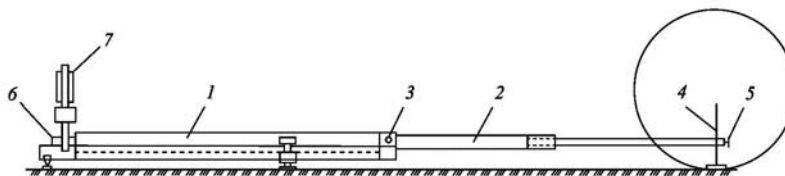


Рис. 21. Рычажной прогибомер

Транспортируется прогибомер в собранном виде.

Подготовку его к испытаниям и проведение испытаний необходимо осуществлять в следующем порядке:

1. Опорную станину установить вблизи от места проведения испытаний.
  2. Собрать измерительный рычаг прогибомера.
  3. Вставить в отверстие измерительный шуп и закрепить зажимным винтом.
  4. Собранный измерительный рычаг закрепить на опорной станине.
  5. Прогибомер поднять на опорную станину и установить его так, чтобы измерительный шуп расположился между задними спаренными колесами расчетного автомобиля по оси колеса.
  6. Установить откидную опорную стойку и закрепить на ней индикатор с таким расчетом, чтобы стержень индикатора имел запас хода 3...4 мм.
  7. Несколько раз поднять и опустить стержень индикатора.
  8. Проверить правильность установки прогибомера и индикатора легкими постукиваниями карандаша по опорной пластине. Стрелка индикатора должна слегка подрагивать, но после прекращения постукиваний оставаться на том же делении.
  9. Проверить правильность работы прогибомера путем проведения нескольких измерений упругого прогиба в одной и той же точке покрытия при одинаковой нагрузке.
- Расхождение значений прогибов не должно превышать 5%.

## **2. Определение упругого прогиба нежестких дорожных одежд рычажным прогибомером**

1. Установить расчетный автомобиль на проезжей части дороги.
2. Установить прогибомер таким образом, чтобы измерительный шуп находился между задними спаренными колесами автомобиля по оси приложения нагрузки на колесо.
3. Снять отсчет по индикатору и записать его в журнал, например, 57.
4. Расчетный автомобиль осторожно съезжает с точки испытания и перемещается на следующую точку измерения на расстояние 8...10 м.
5. Через одну-две минуты осторожно постучать карандашом по станине прогибомера. Если отсчеты по индикатору изменяются не бо-

лее чем на 0,01 мм, т. е. на одно деление, снять и записать второй отсчет по индикатору, например, 41.

6. Умножив разность между первым и вторым отсчетами (57 - 41 = 16) на 0,01 мм, получим 0,16 мм. Поскольку прогибомер имеет соотношение плеч 2:1, полученное значение следует умножить на 2. Таким образом, величина упругого прогиба составляет  $0,16 \cdot 2 = 0,32$  мм.

7. Измерения повторить в двух последующих точках, если значения прогиба, полученные в трех точках, отличаются не более чем на 10%, следует определить величину упругого прогиба участка дороги как среднее арифметическое из трех значений.

### 3. Определение прочности нежесткой дорожной одежды

1. Полученную величину упругого прогиба подставляем в формулу

$$E_{\phi} = \frac{P \cdot D}{l_y (1 - \mu^2)}, \quad (6)$$

где  $E_{\phi}$  – фактический модуль упругости, МПа;

$P$  – удельное давление, создаваемое колесом расчетного автомобиля, МПа;

$D$  – диаметр площадки, передающей давление (диаметр жесткого штампа или приведенный диаметр следа колеса расчетного автомобиля), см;

$l_y$  – величина упругого прогиба, см;

$\mu$  – коэффициент Пуассона ( $\mu = 0,3$ ).

Значения  $P$  и  $D$  следует принимать:

- для МАЗ-500А (автомобиль гр. А)  $P = 0,6$  МПа,  $D = 33$  см;

- для ЗИЛ-130 (автомобиль гр. Б)  $P = 0,6$  МПа,  $D = 28$  см.

2. Если в полученных трех значениях расхождение превышает 10%, то необходимо выполнить четвертое измерение прогиба на расстоянии 8...10 м от третьего. Одно из четырех измерений, резко отличающееся от остальных, следует отбросить как случайное.

Полученные значения  $E_{\phi}$  сравниваются с величинами требуемого модуля упругости в зависимости от категории дороги по [3], приведенными в прил. 1.

В случае отсутствия испытательного (расчетного) автомобиля нагрузка на дорожную одежду может создаваться гидравлическим

домкратом через металлический жесткий штамп, эквивалентный диаметру отпечатка следа колеса расчетного автомобиля.

3. Производим вычисление коэффициента запаса прочности дорожной одежды по формуле

$$k_{пр} = \frac{E_{\phi}}{E_{тр}}, \quad (7)$$

где  $E_{\phi}$  – фактический модуль упругости, МПа;

$E_{тр}$  – требуемый модуль упругости, МПа.

### Оформление отчета

По результатам испытаний заполняется табл. 9.

Таблица 9

### Журнал измерений

Номер испытания	Показания индикатора		Разность отсчетов	Соотношение плеч прогиба-мера	Значение прогибов		Среднее значение прогиба одежды, см	Фактический модуль упругости, $E_{\phi}$ , МПа	Коэффициент запаса прочности $k_{пр}$
	после отъезда	до отъезда			м	см			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Лабораторная работа № 7

#### Оценка ровности дорожных покрытий трехметровой рейкой с клином

*Цель работы:* определение показателя ровности дорожной одежды в процессе ее строительства.

*Оборудование:* складная универсальная рейка КОНДОР-3М, размеченная через 0,5 мм, металлический клин с ценой деления 1 мм.

Ровность покрытия оценивают по величинам просветов между поверхностью покрытия и нижней гранью трехметровой рейки через 0,5 м с помощью металлического клина с ценой деления 1 мм.

Измерения ровности производятся на участке дороги 300...400 м не менее 125 раз.

Рейку укладывают параллельно оси дороги на расстоянии 0,75...1,0 м от кромки проезжей части.

Конструкция трехметровой рейки постоянно совершенствуется.

#### Порядок подготовки и проведение испытания

1. Уложить рейку на поверхность покрытия параллельно оси дороги.
2. Определить с помощью клина просвет между покрытием и рейкой в точках, расположенных через 0,5 м.
3. Результаты измерений свести в табл. 10 по прилагаемой форме.
4. Высчитать процентное отношение количества просветов, превышающих нормируемые значения для данной категории и покрытия дороги.
5. Результаты расчетов сравнить с нормативными значениями ровности (см. прил. 2) и оценить ровность покрытия соответствующими оценками: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Таблица 10

#### Журнал измерений

Место измерений км, ПК	№№ замеров	Величина просвета					Кол-во просветов, превышающих нормируемые значения, %	Оценка ровности покрытия
		до 5 мм	до 10 мм	до 14 мм	до 20 мм	свыше 20 мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

#### Лабораторная работа № 8

#### Определение коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием методом «песчаного пятна»

*Цель работы:* определение сцепных свойств дорожного покрытия косвенными методами.

*Материалы и оборудование:* сухой песок с крупностью зерен менее 0,25 мм, в количестве 40...50 см<sup>3</sup> для мелкозернистых покрытий и 100...150 см<sup>3</sup> для крупнозернистых покрытий, мерный цилиндр объемом 200...500 см<sup>3</sup>, металлический шпатель или металлическая линейка, волосяная щетка, металлическая рулетка (длиной до 1 м), кусок мела.

### Порядок подготовки и проведение испытания

1. Очистить от пыли и грязи волосяной щеткой место испытаний покрытия.
2. Сухой песок, просеянный через сито с отверстием 0,25 мм, засыпать в мерный цилиндр, регистрируя его объем.
3. Отсыпать часть песка на очищенное покрытие, фиксируя оставшийся объем в цилиндре.
4. С помощью шпателя или ребром металлической линейки распределить песок по покрытию так, чтобы весь он оказался во впадинах.
5. Образовавшемуся песчаному пятну следует придавать форму квадрата, прямоугольника или круга для упрощения подсчета его площади.
6. Песчаное пятно оконтурить мелом, измерить длину сторон или диаметр круга и подсчитать площадь пятна.
7. Среднюю величину глубины впадин, мм, определить по формуле

$$h_{\text{cp}} = \frac{10 \cdot V}{F}, \quad (8)$$

где  $V$  – объем песка, см<sup>3</sup>;

$F$  – площадь песчаного пятна, см<sup>2</sup>.

8. Если песчаное пятно имеет форму круга, то  $h_{\text{cp}}$  следует определять по формуле

$$h_{\text{cp}} = 12,74 \frac{V}{d^2}, \quad (9)$$

где  $d$  – диаметр пятна, см.

9. Испытания повторить не менее трех раз.

10. По величине средней глубины впадин  $h_{\text{cp}}$  определить значение коэффициента сцепления колеса с покрытием по табл. 11.

*Таблица 11*

#### Зависимость коэффициента сцепления $\phi$ от величины $h_{\text{cp}}$

$h_{\text{cp}}$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5
$\phi$	0,3	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,47	0,5

11. Полученные значения  $h_{\text{cp}}$  сравнить с нормативными, приведенными в приложениях.



По результатам лабораторной работы заполнить журнал измерений по прилагаемой форме табл. 12.

Таблица 12

### Журнал измерений

Дислокация места испытания		Объем песка, см <sup>3</sup>			Площадь пятна $F$ , см <sup>2</sup>	Среднее значение глубины впадин $h_{\text{ср}}$ , мм	Значение $\phi$	Среднее значение $\phi$
километр	ПК+	в цилиндре	оставшегося	отсыпанного				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

### Лабораторная работа № 9

#### Определение коэффициента сцепления дорожных покрытий с помощью прибора ППК-МАДИ

*Цель работы:* определение сцепных свойств дорожного покрытия непосредственными измерениями.

*Оборудование и материалы:* прибор ППК-МАДИ, вода.

Принцип работы прибора основан на имитации процесса скольжения заблокированного колеса автомобиля по дорожному покрытию при нормированных условиях их взаимодействия: при нагрузке на колесо  $(2942 \pm 49)\text{Н}$ , скорости движения  $(60 \pm 3)\text{ км/ч}$  на мокром дорожном покрытии (подача воды должна обеспечивать расчетную толщину пленки 1 мм) с использованием шины с гладким рисунком протектора, внутренним давлением воздуха  $(0,17 \pm 0,01)\text{ МПа}$  и положительных температурах окружающей среды.

#### Порядок подготовки и проведение испытания

1. При определении коэффициента сцепления на автомобильной дороге необходимо выбрать не менее трех участков измерений на 1 км дороги по каждой полосе движения.

2. Выборочный контроль коэффициента сцепления дорожных покрытий необходимо проводить на левой полосе наката колес транспортных средств.

3. На поверхности дорожного покрытия перед проведением измерений не должно быть слоев песка и грязи (при наличии - удалить).

4. Увлажнить поверхность дорожного покрытия (под имитаторами и на расстояние приблизительно 0,2 м в направлении их движения) водой объемом не менее 200 см<sup>3</sup>. Толщина водной пленки должна быть около 1 мм.

Прибор (рис. 22) установить на дорожном покрытии в месте проведения измерения так, чтобы продольная ось имитаторов 1 располагалась параллельно левой полосе наката. Имитаторы должны располагаться над поверхностью покрытия на таком расстоянии (около 3-7 мм), чтобы при касании ими дорожного покрытия измерительная шайба 9 совпала со второй рисксой.

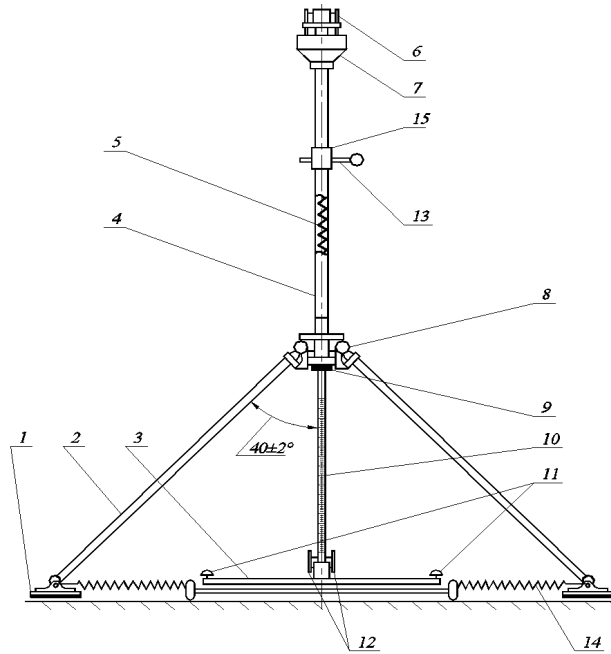


Рис. 22. Прибор портативный ППК-МАДИ для измерения коэффициента сцепления дорожных покрытий:

1 – имитатор; 2 – тяга; 3 – основание; 4 – направляющая штанга; 5 – центральная пружина; 6 – механизм сброса груза; 7 – груз; 8 – муфта скольжения; 9 – измерительная шайба; 10 – шкала; 11 – регулировочные винты; 12 – зажим; 13 – палец механизма натяжения пружины; 14 – горизонтальные пружины; 15 – втулка натяжителя

5. Поднять измерительную шайбу в крайнее верхнее положение. Вынуть палец механизма натяжения пружины 13. При нажатии на рычаги механизма сброса 6, груз 7 из крайнего верхнего положения должен падать вниз по направляющей штанге 4 и муфте скольжения 8 вместе с измерительной шайбой под воздействием ударного импульса груза вниз. При этом имитаторы прижимают к увлажненному дорожному покрытию и скользят в противоположные стороны. Момент остановки имитаторов фиксировать измерительной шайбой. После срабатывания механизма поднять груз в верхнее положение, вставить палец механизма натяжения во втулку натяжителя 15.

6. Значение коэффициента сцепления дорожного покрытия определить по верхней стороне измерительной шайбы на шкале прибора.

7. Сделать пять измерений с интервалом 5...10 с. В журнал измерений занести последние три замера (табл. 13). При этом необходимо следить за тем, чтобы не происходило переувлажнения поверхности исследуемого участка, и поддерживать толщину водной пленки около 1 мм.

8. Определить среднее значение измеренной величины.

9. При измерении коэффициента сцепления дорожного покрытия на участке с уклоном более 30‰ необходимо ввести поправку. Для этого необходимо вычислить величину уклона по формуле

$$i = \sqrt{i_{\text{прод}}^2 + i_{\text{попер}}^2}, \quad (10)$$

где  $i_{\text{прод}}$ ,  $i_{\text{попер}}$  – соответственно величины продольного и поперечного уклонов.

Величина поправки, соответствующая данному уклону (табл. 14), вычитается из средней величины коэффициента сцепления на уклоне.

Таблица 13

### Журнал измерений

Место измерений (км, пикет, направление, полоса)	Тип покрытия	Состояние покрытия	Результаты измерений
1	2	3	4

**Величина поправки к значению коэффициента сцепления  
в зависимости от уклона**

Величина уклона, ‰	30...40	50...70	80...100
Величина поправки	0,01	0,02	0,03

*Приложения**Приложение 1*

Категория дороги	Суммарное минимальное расчетное число приложений расчетной нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Требуемый модуль упругости одежды, МПа		
		капитальной	облегченной	переходной
1	2	3	4	5
I	750000	230	-	-
II	500000	220	210	-
III	375000	200	200	-
IV	110000	-	150	100
V	40000	-	100	50

### Нормативные значения ровности

Наименование конструктивного элемента	Условия оценки на	
	хорошо	отлично
1	2	3
<p>Основания и покрытия из крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов и отходов промышленности, укрепленных неорганическими и органическими вяжущими материалами:</p> <p>для дорог I-с, II-с и III-с категорий и внутренних дорог промышленных предприятий</p>	<p>Не более 5% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные - до 15 мм</p>	<p>Не более 2% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные - до 15 мм</p>
<p>Щебеночные, гравийные и шлаковые основания и покрытия. Основания и покрытия из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими материалами:</p> <p>для дорог IV, V категорий и внутренних дорог промышленных предприятий</p> <p>для дорог I-с, II-с, III-с категорий</p>	<p>Не более 5% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные - до 15 мм</p> <p>Не более 5% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 40 мм, остальные - до 20 мм</p>	<p>Не более 2% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные - до 15 мм</p> <p>Не более 2% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 40 мм, остальные - до 20 мм</p>

1	2	3
<p>Основания и покрытия из дегтебетонных смесей, черного щебня и щебеночных смесей по способу пропитки органическими вяжущими и способом смешения на дороге:</p> <p>для дорог IV, V категорий и внутренних дорог промышленных предприятий</p> <p>для дорог I-с, II-с, III-с категорий</p>	<p>Не более 5% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 мм, остальные - до 10 мм</p> <p>Не более 5% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные - до 15 мм</p>	<p>Не более 2% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 мм, остальные - до 10 мм</p> <p>Не более 2% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные - до 15 мм</p>
<p>Асфальтобетонные и монолитные цементобетонные основания и покрытия</p>	<p>Не более 5% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 10 (6) мм, остальные - до 5 (3) мм</p>	<p>Не более 2% результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 10 (6) мм, остальные - до 5 (3) мм</p>

Примечание: оценку «удовлетворительно» устанавливают, если количество просветов, превышающих значение для оценки «хорошо», составляет не более 50%.

**Библиографический список**

1. ГОСТ 22733-2002. Методы лабораторного определения максимальной плотности. – М.: МНТКС, 2002. – 12 с.
2. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*. – М: Министерство регионального развития РФ, 2013.
3. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. М.: Росавтодор, 2001. – 127 с.



Учебное издание

**Строительство автомобильных дорог  
промышленного транспорта**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Технология и организация строительства дорог  
промышленного транспорта» для студентов специальности  
271501 – Строительство железных дорог,  
мостов и транспортных тоннелей  
специализации «Строительство дорог промышленного транспорта»

Составители: **Логвиненко** Анжелика Александровна

Подписано в печать 24.12.14. Формат 60×84/16. Усл.печ.л. . Уч.-издл. .

Тираж 30 экз.                      Заказ                      Цена  
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46