

Общество с ограниченной ответственностью  
«Специальное конструкторское бюро Стройприбор»

ОКПО 42 7333

**Пенетрометр грунтовый**

**ПСГ-МГ4**

Руководство по эксплуатации  
КБСП.427333.037 РЭ



Утверждено:

Раздел 4 «Методика поверки»

Директор

ФБУ «Челябинский ЦСМ»

А.И. Михайлов

2016 г.

г. Челябинск

2016





ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

# СВИДЕТЕЛЬСТВО

об утверждении типа средств измерений

RU.C.28.280.A № 66558

Срок действия до 06 июля 2022 г.

НАИМЕНОВАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ  
Пенетрометры грунтовые ПСГ-МГ4

ИЗГОТОВИТЕЛИ

ООО "Специальное конструкторское бюро Стройприбор"  
(ООО "СКБ Стройприбор"), г. Челябинск;  
ООО "Конструкторско-технологическое бюро Стройприбор"  
(ООО "КТБ Стройприбор"), г. Челябинск;  
ООО "Стройприбор-1", г. Челябинск;  
ООО "Вектор-НК", г. Челябинск

РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № 67990-17

ДОКУМЕНТ НА ПОВЕРКУ  
КБСП.427333.037 РЭ, раздел 4

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ 2 года

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по  
техническому регулированию и метрологии от 06 июля 2017 г. № 1491

Описание типа средств измерений является обязательным приложением  
к настоящему свидетельству.

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства

С.С.Голубев



" 17 07 ..... 2017 г.

Серия СИ

№ 030001

СОДЕРЖАНИЕ

1	Описание и работа .....	5
1.1	Назначение и область применения .....	5
1.2	Метрологические и технические характеристики .....	5
1.3	Состав пенетрометра .....	7
1.4	Устройство и принцип работы.....	7
1.5	Маркировка и пломбирование .....	11
1.6	Упаковка .....	12
2	Использование по назначению .....	12
2.1	Эксплуатационные ограничения .....	12
2.2	Подготовка пенетрометра к работе .....	12
2.3	Использование пенетрометра .....	13
2.3.1	Порядок работы в режиме «Измерения» .....	13
2.3.1.2	Настройки в режиме «Измерение».....	14
2.3.1.3	Порядок работы в режиме «К» .....	15
2.3.1.4	Порядок работы в режиме «Е» .....	18
2.3.1.5	Порядок работы в режиме «Р <sub>м</sub> » .....	18
2.3.1.6	Порядок работы в режиме «р» .....	19
2.3.1.7	Порядок работы в режиме «р(Р)».....	20
2.3.2	Порядок работы в режиме «Архив».....	21
2.3.3	Порядок работы в режиме «Настройки» .....	23
2.3.4	Порядок работы в режиме «ПК» .....	29
3	Техническое обслуживание.....	35
3.1	Меры безопасности .....	35
3.2	Порядок технического обслуживания пенетрометра.....	35
4	Методика поверки.....	36
4.1	Операции поверки .....	36
4.2	Средства поверки.....	37
4.3	Условия поверки и подготовка к ней .....	38
4.4	Проведение поверки .....	38
4.5	Оформление результатов поверки.....	41
5	Хранение.....	41
6	Транспортирование.....	42
	Приложение А.....	43
	Паспорт .....	48

Руководство по эксплуатации (РЭ) включает в себя общие сведения необходимые для изучения и правильной эксплуатации пенетрометра грунтового ПСГ-МГ4. РЭ содержит описание принципа действия, технические характеристики, методы контроля и другие сведения, необходимые для нормальной эксплуатации ПСГ-МГ4.

Эксплуатация ПСГ-МГ4 должна проводиться лицами, ознакомленными с принципами работы, конструкцией ПСГ-МГ4 и настоящим РЭ.

## **1 Описание и работа**

### **1.1 Назначение и область применения**

1.1.1 Пенетрометр грунтовый ПСГ-МГ4 (далее по тексту – пенетрометр) предназначен для измерений силы, воздействующей на наконечник при внедрении его в грунт и вычисления, на основе прямых измерений силы и диаметра наконечника, удельного сопротивления пенетрации.

1.1.2 Область применения – контроль качества уплотнения грунтов и оснований при строительстве дорог, мостов, опор, железнодорожного полотна, фундаментов, каналов, траншей, на предприятиях стройиндустрии, научно-исследовательских, дорожных и строительных лабораториях.

1.1.3 Рабочие условия измерений:

- температура окружающего воздуха от 0 °С до 40 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа. (630..800 мм рт. ст).

### **1.2 Метрологические и технические характеристики**

1.2.1 Основные метрологические и технические характеристики приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений силы, Н	от 100 до 950
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения силы, %	$\pm 1,5$
Номинальное значение диаметра основания рабочих наконечников, мм	22,0; 16,0; 11,3; 8,0; 6,0
Допускаемое отклонение от номинального значения диаметра основания рабочего наконечника, мм	$\pm 0,1$
Погрешность вычислительного устройства, %	$\pm 1$
Параметры электрического питания: – напряжение постоянного тока, В – напряжение сигнализации о замене элементов питания, В	$3 \pm 0,2$ $1,8 \pm 0,2$
Потребляемая мощность, мВт: – с подсветкой дисплея – без подсветки дисплея	380 160
Габаритные размеры, мм, не более: – высота – ширина – длина	155 295 745
Масса, кг, не более	2,8
Условия эксплуатации: – температура окружающей среды, °С – относительная влажность, % – атмосферное давление, кПа	от 0 до 40 до 80 от 84 до 106
Средний срок службы, лет	10
Средняя наработка на отказ, ч	5000

1.2.2 Идентификационные данные программного обеспечения (ПО) приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	PSG-MG4 V1.03
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V1.03
Цифровой идентификатор ПО	0x59A5

### 1.3 Состав пенетрометра

#### 1.3.1 В состав пенетрометра входят:

Тензометрическое силоизмерительное устройство	1 шт.
Электронный блок	1 шт.
Удлинительные штанги	2 шт.
Рабочие наконечники, диаметр 22,0; 16,0; 11,3; 8,0; 6,0 мм	5 шт.
Кабель USB/mini USB для передачи данных в ПК	1 шт.
USB-флеш-накопитель с программным обеспечением	1 шт.

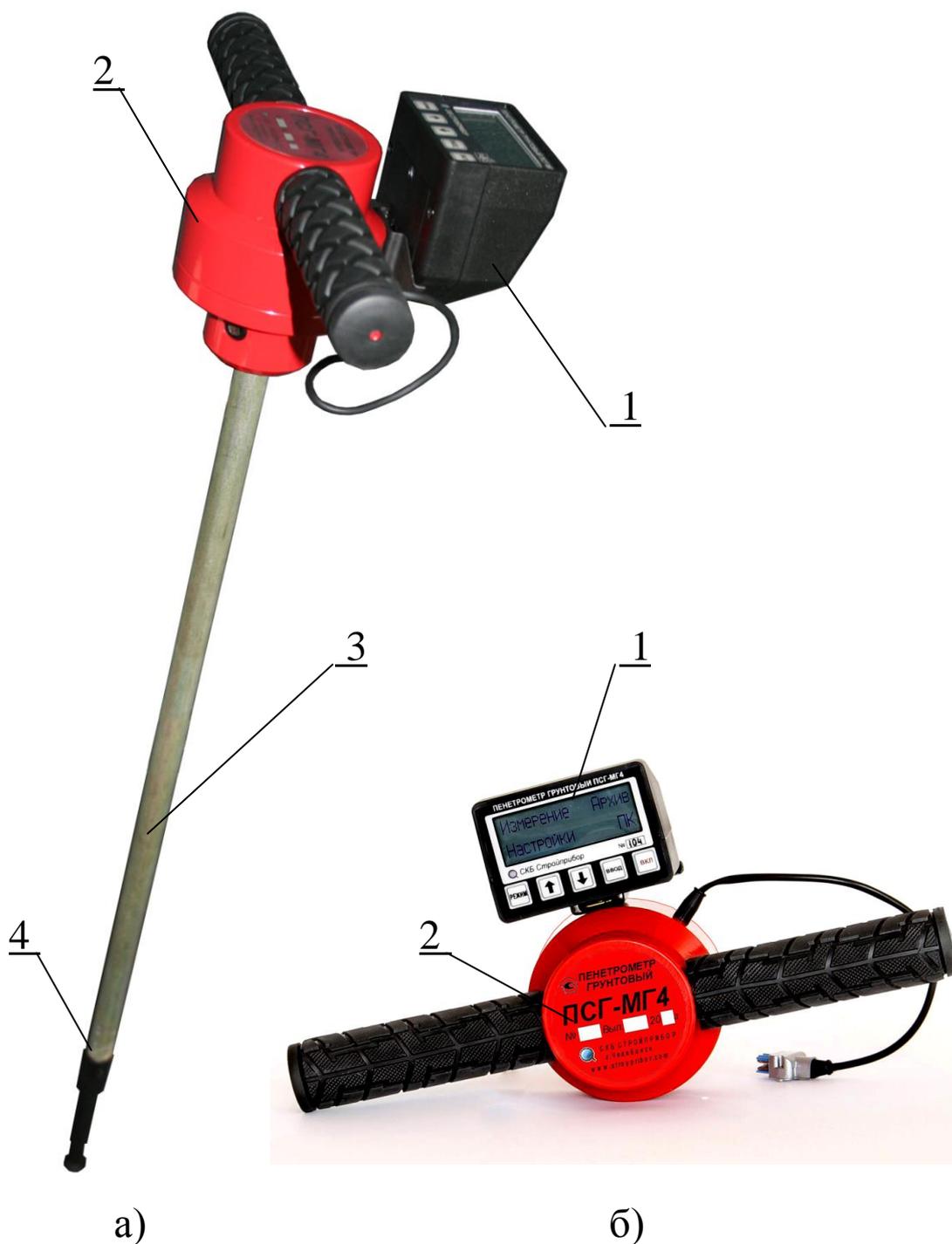
Пенетрометр поставляется заказчику в потребительской таре.

Общий вид пенетрометра представлен на рисунках 1.1.а и 1.1.б.

### 1.4 Устройство и принцип работы

1.4.1 Конструктивно пенетрометр состоит из тензометрического силоизмерительного устройства (ТСУ), представляющего собой тензометрический датчик силы, удлинительных штанг, рабочих наконечников и электронного блока с жидкокристаллическим дисплеем, который закрепляется на ТСУ и соединяется с ним кабелем через соединительный разъем.

Принцип действия пенетрометра заключается в преобразовании деформации упругого элемента тензометрического датчика силы, вызванной действием приложенной силы, в электрический сигнал. Электрический сигнал регистрируется электронным блоком, обрабатывается, и результаты измерений в единицах силы отображаются на дисплее.



1 – электронный блок; 2 – ТСУ; 3 – удлинительная штанга;  
4 – рабочий наконечник.

Рисунок 1.1 – Общий вид ПСГ-МГ4

Удельное сопротивление пенетрации определяется как отношение силы действующей на наконечник к площади наконечника.

На основе корреляционной зависимости между удельным сопротивлением пенетрации и механическими свойствами грунта определяются характеристики грунтов: угол внутреннего трения; удельное сцепление; модуль упругости, а так же плотность для песчаных грунтов.

1.4.2 На лицевой панели электронного блока размещен ЖК дисплей и клавиатура, состоящая из пяти клавиш (рисунок 1.2).

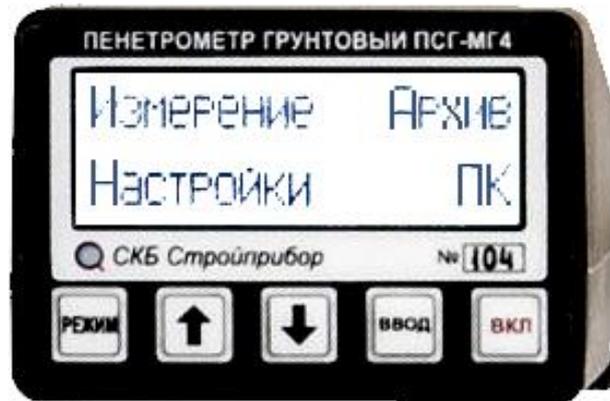
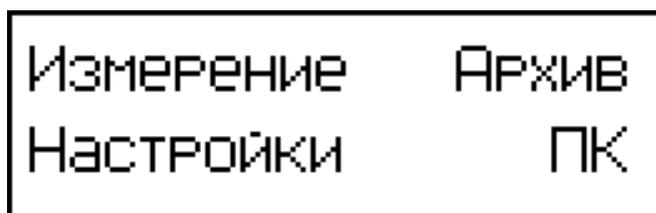


Рисунок 1.2 – Внешний вид электронного блока ПСГ-МГ4

На задней панели электронного блока расположено гнездо соединительного разъема для подключения ТСУ. На боковой панели электронного блока расположено гнездо разъема mini-USB для подключения кабеля передачи данных в ПК.

### 1.4.3 Режимы работы пенетрометра ПСГ-МГ4

1.4.3.1 Пенетрометр обеспечивает четыре основных режима работы, выбор которых осуществляется в меню электронного блока (экран 1). Для входа в меню необходимо нажать клавишу РЕЖИМ, дисплей принимает вид:



(1)

1.4.3.2 В режим «Измерение» пенетрометр устанавливается

при включении питания, клавишей **ВКЛ**. Режим «Измерение» содержит пять рабочих режимов: режим «**К**»; режим «**Е**»; режим «**ρ**»; режим «**ρ(P)**»; режим «**P<sub>max</sub>**».

Режим «**P<sub>max</sub>**» является вспомогательным и служит для определения максимального удельного сопротивления пенетрации ( $P_{max}$ ) данного типа грунта. Полученное значение  $P_{max}$  применяется для определения характеристик грунта в режиме «**К**».

Режим «**ρ(P)**» является вспомогательным и предназначен для ввода зависимости плотности грунта от сопротивления пенетрации только для песчаных грунтов.

В режиме «**К**» отображаются следующие характеристики грунта: коэффициент уплотнения (**К**); модуль упругости (**Е**); угол внутреннего трения (**f**); удельное сцепление (**С**) и относительная влажность (индекс влажности **Г**).

Режим «**Е**» служит для определения модуля упругости грунта.

Режим «**ρ**» служит для определения коэффициента уплотнения и плотности песчаных грунтов в зависимости от типа, по предварительно установленной зависимости  $\rho = f(P)$ .

Для выхода из режима «Измерение» в основное меню (1) необходимо нажать клавишу **РЕЖИМ**. Для входа в режим «Измерение» необходимо в основном меню (1) клавишами «**↓**, **↑**» выбрать пункт «Измерение» и нажать клавишу **ВВОД**.

1.4.3.3 Режим «**Архив**» служит для просмотра результатов измерений, записанных в Архив при проведении измерений. Объем архива – 999 циклов измерений. Для входа в режим «**Архив**» необходимо в основном меню (1) клавишами «**↓**, **↑**» выбрать пункт «**Архив**» и нажать клавишу **ВВОД**.

1.4.3.4 Режим «**Настройки**» служит для установки календаря, установки режима подсветки дисплея, ввода или корректировки зависимости  $\rho = f(P)$  для песчаных грунтов, установки максимального значения силы пенетрации, включения анализа размахов при усреднении результатов измерений, а так же для

поверки пенетрометра.

Для входа в режим «**Настройки**» необходимо в основном меню (1) клавишами «↓, ↑» выбрать пункт «**Настройки**» и нажать клавишу **ВВОД**.

1.4.3.5 Режим «**ПК**» служит для передачи данных, полученных в результате измерений и вычислений, в персональный компьютер через USB порт. Для входа в режим «**ПК**» необходимо в основном меню (1) клавишами «↓, ↑» выбрать пункт «**ПК**» и нажать клавишу **ВВОД**.

## 1.5 Маркировка и пломбирование

### 1.5.1 Маркировка

На передней панели электронного блока нанесены:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- наименование и тип пенетрометра;
- заводской номер.

На верхней панели ТСУ, на табличке, нанесены:

- товарный знак предприятия изготовителя;
- наименование и тип пенетрометра;
- заводской номер, месяц и год изготовления;
- знак утверждения типа.

Управляющие элементы маркированы в соответствии с их назначением.

### 1.5.2 Пломбирование

Пенетрометр пломбируется при выпуске из производства для защиты от несанкционированного доступа. Место пломбирования – углубление для винта расположенное под крышкой батарейного отсека электронного блока. Сохранность пломб в процессе эксплуатации пенетрометра является обязательным условием принятия рекламаций в случае отказа пенетрометра.

## 1.6 Упаковка

1.6.1 Для обеспечения сохранности пенетрометра и комплекта принадлежностей при транспортировании применяется укладочный кейс со средствами амортизации из поролона, пузырчатой пленки и картона, категория упаковки КУ-1 по ГОСТ 23170. Эксплуатационная документация упакована в пакет, изготовленный из полиэтиленовой пленки. Маркировка упаковки производится в соответствии с ГОСТ 14192.

## 2 Использование по назначению

### 2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 Измерения можно проводить только на однородных свежееуплотненных грунтах, не имеющих твердых механических включений размером более 2 мм (например: песок, супесь, глина, суглинок). Наличие сухой корки на поверхности грунта приводит к недостоверности результатов измерений.

### 2.2 Подготовка пенетрометра к работе

2.2.1 Перед началом работы следует внимательно изучить руководство по эксплуатации.

2.2.2 После транспортировки в условиях отрицательных температур пенетрометр необходимо выдержать не менее двух часов при температуре  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

2.2.3 Снять крышку батарейного отсека, расположенного на нижней панели электронного блока и установить, соблюдая полярность, элементы питания ААLR6.

**Примечание** – Пенетрометр снабжен устройством контроля напряжения питания. При появлении сообщения о необходимости замены элементов питания необходимо

прекратить измерения и, отключив питание заменить элементы питания.

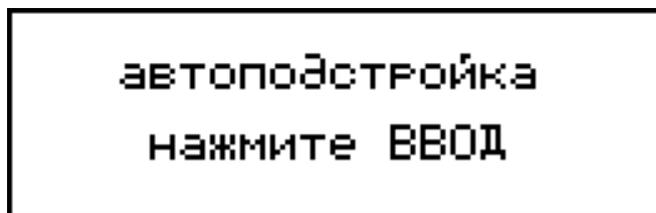
2.2.4 Установить электронный блок и подключить его к ТСУ при помощи кабеля. Установить на ТСУ две удлинительные штанги и наконечник 11,3 мм, затянуть их с помощью воротка.

## 2.3 Использование пенетрометра

### 2.3.1 Порядок работы в режиме «Измерения»

**ВНИМАНИЕ!** При проведении измерений необходимо обеспечить строго вертикальное положение пенетрометра в процессе зондирования, не допуская контакта боковой поверхности наконечника со стенками канала. Плавно, с постоянной скоростью, погружать рабочий наконечник пенетрометра в грунт. Рывки или замедления в процессе погружения не допускаются. Предел нагружения составляет 950 Н (около 93 кг).

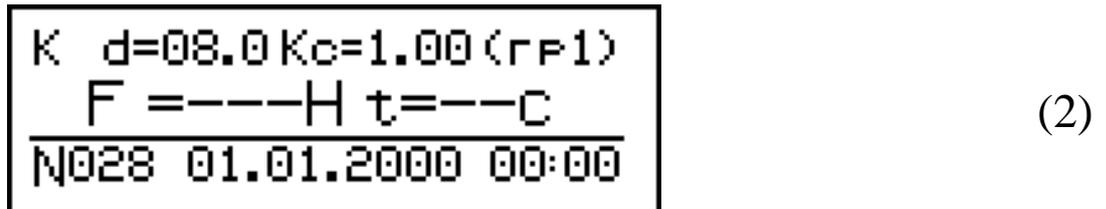
2.3.1.1 Включить подготовленный к работе пенетрометр. На дисплее кратковременно отображается тип пенетрометра и информация о напряжении питания, после чего появляется запрос автоподстройки:



Нажать клавишу **ВВОД** и поднять пенетрометр за рукоятки так, чтобы он не касался грунта и неподвижно находился в вертикальном положении. После подачи звукового сигнала на дисплее отображается процесс автоподстройки:



Повторный звуковой сигнал свидетельствует об окончании автоподстройки и переход в режим «Измерение», дисплей принимает вид:



(2)

*Примечание* – Повторная автоподстройка возможна в любой момент времени по желанию пользователя, в любом режиме при нажатии клавиши «↑» в течение трех секунд.

### 2.3.1.2 Настройки в режиме «Измерение»

В режиме «Измерение» предусмотрена функция настройки исходных параметров, которые отображаются в верхней строке дисплея.

Позиции параметров слева направо (по порядку активации):

- выбор рабочего режима – **К**, **Е**, **Р<sub>м</sub>**, **ρ**, и **ρ(Р)**;
- выбор диаметра наконечника  $d = 6.0, 8.0, 11.3, 16.0, 22.0$  мм;
- выбор коэффициента совпадения **К<sub>с</sub>**;
- выбор вида грунта **гр1**, **гр2** для глин и суглинков или **пк**, **пс**, **пм**, **пп**, для песка.

Для активации настраиваемого параметра нажать клавишу **ВВОД**, доступный для настройки параметр начинает мигать. Изменение параметра осуществляется нажатием клавиш «↓» или «↑». Для подтверждения внесенного изменения нажать клавишу **ВВОД**. После нажатия клавиши **ВВОД** автоматически активируется следующий по порядку параметр. Выйти из режима настроек можно после прохождения всех позиций, то есть после четырех нажатий клавиши **ВВОД**. Более подробную

информацию о параметрах настроек см. п.2.3.3.

### 2.3.1.3 Порядок работы в режиме «К»

**ВНИМАНИЕ!** Перед проведением измерений в режиме «К» необходимо определить максимальное сопротивление пенетрации для данного грунта ( $R_{max}$ ). Подробно об определении  $R_{max}$  см. п.2.3.1.4.

При работе в режиме «К», вычисляются:

- удельное сопротивление пенетрации  $R$ , МПа;
- коэффициент уплотнения  $K$ ;
- индекс влажности  $I$ ;
- модуль упругости  $E$ , МПа;
- угол внутреннего трения  $f$ , °;
- удельное сцепление грунта  $C$ , МПа.

При выборе режима «К» на дисплее отображается значение силы ( $F$ ) и длительность измерений ( $t$ ). Прочерки в этих позициях свидетельствуют о том, что измерения не проводились.

Для подготовки к измерениям нажать клавишу «↓», на дисплее вместо прочерков отображается значение приложенной силы. Если рабочий наконечник пенетрометра находится в вертикальном положении и не касается грунта, значение силы должно быть равным нулю:

К	d=08.0	Kc=1.00	(гФ1)
$F_1=000H$			
N028 01.01.2000 00:01			

в противном случае необходимо повторить автоподстройку (нажать и удерживать клавишу «↑» в течение трех секунд).

Установить вертикально рабочий наконечник пенетрометра на грунт и плавно, без рывков, прикладывая силу к рукоятям ТСУ внедрить рабочий наконечник в грунт.

Как только сила превысит пороговое значение, запускается таймер и подается короткий звуковой сигнал:

К d=08.0 Kc=1.00 (rF1) $F_1=000\text{H}$ t=00c <hr/> N028 01.01.2000 00:01
--

Плавно, за 5-10 с, внедрять рабочий наконечник пенетрометра в грунт на глубину от 70 до 80 мм, наблюдая при этом за показаниями таймера. Измерения автоматически прекращаются и подается короткий звуковой сигнал, если прошло более 10 с, или значение силы стало меньше порогового (внедрение рабочего наконечника в грунт прекращено).

При завершении измерений проводится статистическая обработка результатов измерений и на дисплей выводится среднее арифметическое значение силы, например:

К d=08.0 Kc=1.00 (rF1) $F_1=114\text{H}$ t=---c <hr/> N028 01.01.2000 00:02
---

Минимальное время измерений ограничивается минимально допустимым объемом данных (чем больше время измерений, тем точнее среднее значение силы). Если время измерений меньше четырех секунд на дисплее появляется сообщение:

Недостаточный период измерения (5-10с)
--

При достижении предела нагружения (950 Н) подается часто повторяющийся звуковой сигнал и мигающее сообщение «**Перегрузка!!!**». Как только значение силы войдет в допустимые пределы, измерения продолжатся, при этом будет выведено среднее значение силы без учета перегрузки.

**Примечание** – Если сила, воздействующая на наконечник, будет недостаточной (менее 120 Н) необходимо установить наконечник с большим диаметром основания, если сила будет

более 550 Н следует установить наконечник с меньшим диаметром основания. При смене рабочего наконечника, в строке настроек параметров (п. 2.3.1.2) необходимо изменить значение диаметра.

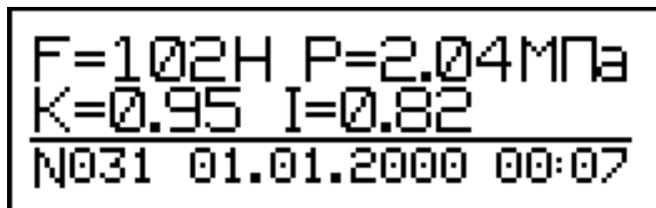
Цикл измерений на одном участке состоит из 3-5 измерений (по усмотрению оператора), в точках расположенных друг от друга на расстоянии не менее 10 см.

Для проведения следующего измерения необходимо нажать клавишу «↓». Если измерения были проведены неверно, то для повторения измерений нажать клавишу «↑».

После окончания цикла измерений нажать клавишу **ВВОД**, на дисплей выводится результат измерений силы (F) и расчетные значения параметров грунта:

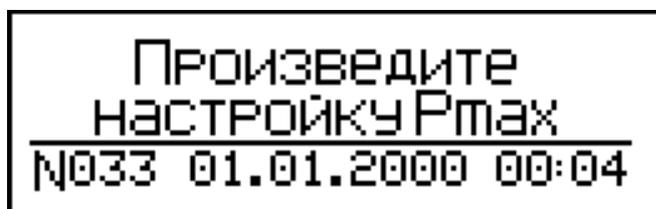
- сопротивление пенетрации (P);
- коэффициент уплотнения (K);
- индекс влажности (I).

Дисплей принимает вид, например:



F=102Н P=2.04МПа  
K=0.95 I=0.82  
№031 01.01.2000 00:07

**Примечание** – Если  $P_{max} < P$  измеренного, на дисплей трижды выводится сообщение со звуковым сигналом:



Произведите  
настройку Pmax  
№033 01.01.2000 00:04

Вычисленные значения параметров грунта отображаются на двух страницах дисплея. На второй странице, при нажатии клавиши «↑», отображаются:

- модуль упругости (E);
- угол внутреннего трения (f);

– удельное сцепление грунта (С).

Дисплей принимает вид, например:



```
E=39.1 МПа f=19.0°
C=0.0214 МПа
-----
N031 01.01.2000 00:07
```

**ВНИМАНИЕ!** При работе в режиме «К», в случае перемещения на участок испытаний с новыми параметрами грунта обязательно проверить соответствие  $R_{max}$ .

Для сохранения результатов измерений в архиве нажать клавишу **ВВОД**. Для проведения следующей серии измерений, без сохранения предыдущих результатов измерений, необходимо нажать клавишу «↓».

#### ***2.3.1.4 Порядок работы в режиме «Е»***

В режиме «Е» вычисляются следующие параметры грунта:

- удельное сопротивление пенетрации (Р);
- модуль упругости (Е).

Работа в режиме «Е» аналогична работе в режиме «К». После окончания серии измерений на дисплее отображаются вычисленные значения параметров грунта, дисплей принимает вид, например:



```
F=130Н P=2.58 МПа
E=46.2 МПа
-----
N033 01.01.2000 00:01
```

#### ***2.3.1.5 Порядок работы в режиме «Р<sub>м</sub>»***

Режим «Р<sub>м</sub>» предназначен для определения максимального сопротивления пенетрации грунта, которое используется при вычислениях К, I, f и С в режиме «К».

При входе в режим на дисплее отображается сообщение:

Уплотните молотком  
грунт до осадки на 3см.  
Проведите измерение.

Молотком с широкой ударной частью уплотнить грунт (площадку диаметром около 30 см) до осадки поверхности от 2,5 до 3 см.

Нажать клавишу «↓» и провести серию измерений, аналогично п. 2.3.1.3. После окончания серии измерений нажать клавишу **ВВОД** для ввода полученного значения  $P_{\max}$  в память пенетрометра.

### ***2.3.1.6 Порядок работы в режиме «ρ»***

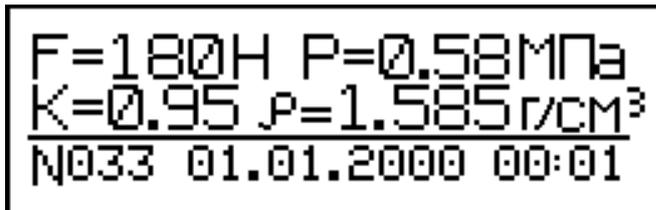
Режим «ρ» предназначен для контроля уплотнения песчаных грунтов при коэффициенте увлажнения от 0,95 до 1,35. Предварительно должна быть установлена зависимость между сопротивлением пенетрации (P) и плотностью песка (ρ) с использованием прибора стандартного уплотнения ПСУ, при оптимальной влажности (коэффициент увлажнения равен единице).

В режиме «ρ» вычисляются:

- удельное сопротивление пенетрации (P);
- плотность песчаного грунта (ρ, г/см<sup>3</sup>);
- коэффициент уплотнения (K).

В режиме «Измерение» (экран 2) настроить исходные параметры (п.2.3.1.2): режим «ρ», диаметр основания установленного наконечника, тип песчаного грунта: **пк** – песок крупный; **пс** – песок средний; **пм** – песок мелкий; **пп** – песок пылеватый.

Работа в режиме «ρ» аналогична работе в режиме «K». После окончания серии измерений на дисплее отображается измеренное значение силы и вычисленные параметры грунта. Дисплей принимает вид, например:



При нажатии клавиши **ВВОД** результаты измерений сохраняются в архиве. Для проведения следующей серии измерений, без сохранения предыдущих результатов, необходимо нажать клавишу «↓».

### 2.3.1.7 Порядок работы в режиме « $\rho(P)$ »

Режим « $\rho(P)$ » предназначен для установления зависимости между плотностью песка и сопротивлением пенетрации (Приложение А). Данная зависимость устанавливается для каждого типа песчаного грунта с помощью прибора стандартного уплотнения, при оптимальной влажности песка. В память пенетрометра вводится пять точек от наименьшей плотности до максимальной. По максимальной плотности песка (пятая точка) определяется коэффициент уплотнения по формуле:

$$K = \frac{\rho_u}{\rho_{max}}$$

где  $\rho_u$  – плотность песчаного грунта, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{max}$  – максимальная плотность песчаного грунта, г/см<sup>3</sup>.

Установить диаметр наконечника (п. 2.3.1.2) и выбрать тип песчаного грунта. Рекомендуется установить наконечник диаметром 22 мм при слабом уплотнении грунта и 16 мм при дальнейшем уплотнении грунта.

Подготовить и уплотнить грунт в соответствии с ГОСТ 22733. Для получения меньшей плотности грунта уменьшить количество ударов при уплотнении. Для получения различной плотности грунта рекомендуется каждый слой уплотнять следующим количеством ударов:

- минимальная плотность (первая точка) – от 4 до 5 ударов для каждого слоя;
- вторая точка – от 8 до 10 ударов для каждого слоя;
- третья точка – 20 ударов для каждого слоя;
- четвертая точка – 30 ударов для каждого слоя;
- максимальная плотность (пятая точка) – 40 ударов для каждого слоя.

При входе в режим на экране отображается сообщение:

**Уплотните песок ПСУ  
до нужной плотности  
Провести измерения**

Нажать клавишу «↓», при помощи клавиш «↓, ↑» выбрать номер точки. Установить наконечник пенетрометра в центре формы и плавно увеличивать силу. Погружать наконечник пенетрометра в песчаный грунт на глубину до 75 мм в течение не менее пяти секунд. При завершении измерений нажать клавишу «↓», дисплей принимает вид, например:

$\rho_1 = 1.585 \text{ г/см}^3$     ПК  
 $P_1 = 0.85 \text{ МПа}$   
-----  
N033 01.01.2000 00:01

Клавишами «↓, ↑», поразрядно, ввести измеренное лабораторным способом значение плотности песчаного грунта и нажать **ВВОД**. Аналогично провести измерения для остальных четырех точек.

### 2.3.2 Порядок работы в режиме «Архив»

Войти в режим «Архив» (п.1.4.3.3), Если в архиве нет записей, на дисплее отображается соответствующее сообщение:

Нет записей!

При нажатия клавиши **ВВОД** пенетрометр переходит в основное меню (1).

Если в архиве есть записи, то на дисплее отображаются результаты последних измерений. Для режима «**К**» результаты измерений отображаются на трех страницах, например:

F=113Н P=2.25МПа  
K=0.98 I=0.89  
M030 01.01.2000 00:04

E=41.9МПа f=19.7°  
C=0.0227МПа  
M030 01.01.2000 00:04

133      106      100  
000      000  
M030 01.01.2000 00:04

Для режима «**Е**» – на двух страницах:

F=137Н P=2.73МПа  
E=48.2МПа  
M033 01.01.2000 00:00

144      132      139  
128      142  
M033 01.01.2000 00:00

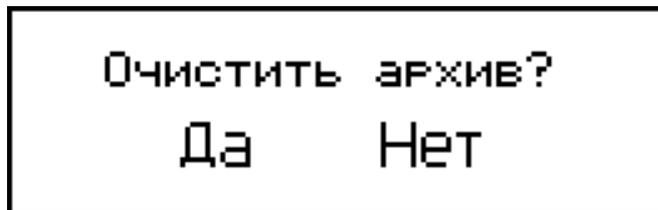
Перелистывание страниц одной ячейки архива происходит нажатием клавиши **ВВОД**. Переход к другим ячейкам архива

осуществляется нажатием клавиш «↓, ↑». При переходе к следующей ячейке архива отображается первая страница.

Информация в архиве представлена в том же виде, что и в режиме «Измерение», за исключением номера ячейки архива «М».

На последней странице ячейки отображаются результаты измерений силы для каждого измерения в серии.

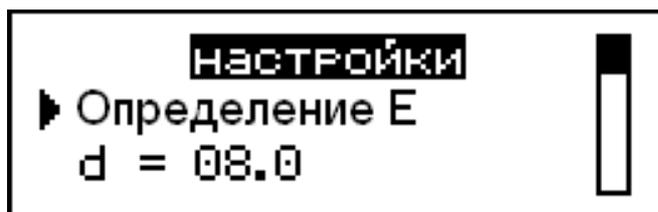
Для удаления архива необходимо в течение 3-4 секунд удерживать клавишу **ВВОД**. Дисплей принимает вид:



Клавишами «↑, ↓» выбрать требуемый пункт и нажать **ВВОД**.

### 2.3.3 Порядок работы в режиме «Настройки»

2.3.3.1 Войти в режим «Настройки» (п.1.4.3.4). Дисплей принимает вид:



Меню режима «Настройки» состоит из нескольких страниц. Перемещение курсора и смена страниц происходит с помощью клавиш «↑, ↓». Справа на дисплее находится индикатор положения, который отображает, на какой странице настроек находится пользователь. Активация параметра настроек требующего изменения происходит при нажатии клавиши **ВВОД**. Для изменения параметров настройки используются клавиши «↑, ↓», для подтверждения изменений клавиша **ВВОД**.

**2.3.3.2 Выбор режима «К», «Е», «Рт», «ρ», и «ρ(P)»**

Выбор режима аналогично п. 2.3.1.2.

**2.3.3.3 Выбор диаметра наконечника  $d$  из ряда 6.0, 8.0, 11.3, 16.0, 22.0 мм**

Выбор диаметра наконечника аналогично п. 2.3.1.2.

**2.3.3.4 Выбор грунта**

Выбор грунта определяется по визуальным признакам, в соответствии с таблицей 1.

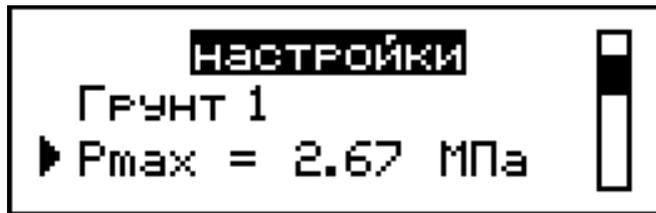


Таблица 1

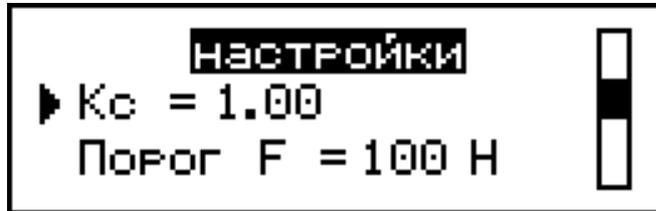
	Консистенция грунта	Визуальные признаки
Грунт 1	Тугопластичная	Жгутик раскатывается без образования трещин, а при изгибе растрескивается и ломается.
	Мягкопластичная	Грунт без усилий раскатывается в жгутик, жгутик изгибается, не ломаясь; комочек грунта при сжатии пальцев легко расплющивается, не растрескиваясь.
Грунт 2	Твердая	При раскатывании грунта в жгутик поперечные трещины образуются при его толщине более 3 мм, комочек грунта при сжатии растрескивается.
	Полутвердая	При раскатывании грунта в жгутик поперечные трещины образуются при его толщине 2-3 мм, жгутик при изгибе ломается.

### 2.3.3.5 Ввод значения $R_{max}$

Вводится измеренное значение  $R_{max}$ .

### 2.3.3.6 Ввод $K_c$

Вводится коэффициент совпадения для модуля упругости  $E$ .



Возможна корректировка модуля упругости грунта ( $E$ ) по результатам измерений прибором ударно динамического нагружения (ПДУ-МГ4 «Удар»), Коэффициент совпадения ( $K_c$ ) вычисляется по формуле:

$$K_c = \frac{E_{yd}}{E_y},$$

Где  $E_{yd}$  – показания прибора ударно динамического нагружения, МПа;

$E_y$  – показания пенетрометра, МПа.

Если коррекция не используется, то коэффициент должен быть равен единице.

### 2.3.3.7 Установка порога чувствительности пенетрометра

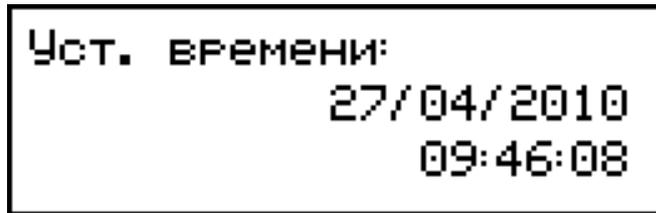
Устанавливается порог чувствительности пенетрометра, при преодолении которого, автоматически начинаются измерения. При выпуске пенетрометра из производства установлен порог чувствительности 100 Н.

### 2.3.3.8 Установка времени и даты

Устанавливаются текущая дата и время.



После нажатия клавиши **ВВОД** дисплей принимает вид, например:

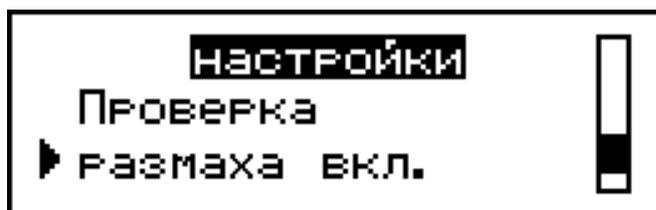


Каждая позиция активируется последовательно после нажатия клавиши **ВВОД**, коррекция клавишами «↑, ↓». Для выхода из режима нажать клавишу **РЕЖИМ**.

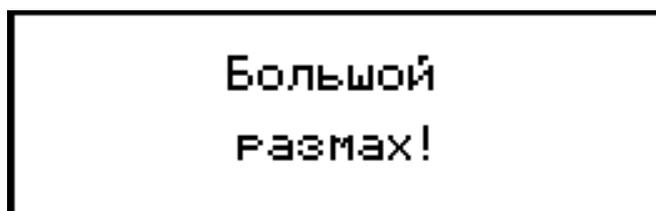
#### 2.3.3.9 *Выбор режима подсветки*

Предлагается три режима подсветки: «Вкл.», «Выкл.» и «Эконом». В режиме «Вкл.» дисплей подсвечивается постоянно, при этом сильно возрастает энергопотребление. В режиме «Выкл.» подсветка дисплея отключена. В режиме «Эконом» дисплей подсвечивается в течение 5 с, при отображении результатов измерений в режиме «Измерение», после чего автоматически отключается.

#### 2.3.3.10 *Включение проверки размаха показаний пенетрометра*



Включить либо отключить проверку размаха показаний пенетрометра. Если проверка размаха включена при обнаружении большого размаха показаний, на дисплее появляется сообщение:



Измерения необходимо повторить. Если проверка

отключена, то среднее значение силы будет вычислено при любых результатах промежуточных измерений.

### 2.3.3.11 Сброс настроек по умолчанию



Открывается меню, запрашивающее подтверждение:



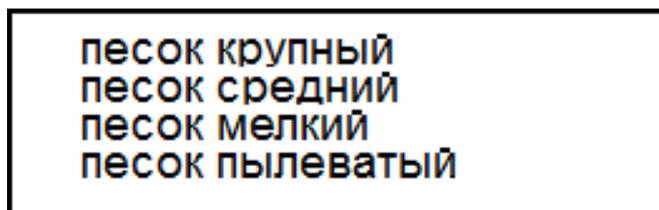
Сбрасываются все пользовательские настройки и загружаются настройки предприятия изготовителя.

### 2.3.3.12 Ввод $\rho(P)$

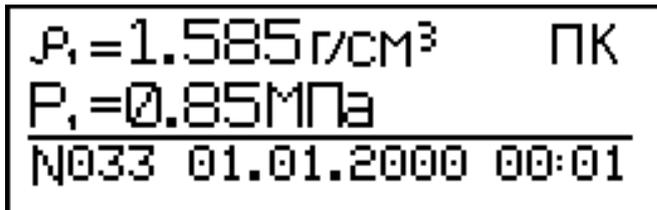
Вводится зависимость между плотностью песка и сопротивлением пенетрации (Приложение А). Так же возможна корректировка введенной ранее зависимости.



Нажать **ВВОД**, на дисплее отображаются виды песчаного грунта:



Выбрать вид песчаного грунта используя клавиши « $\uparrow$ ,  $\downarrow$ » и нажать **ВВОД**, дисплей принимает вид, например:



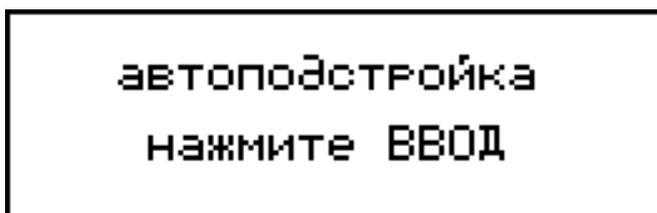
Используя клавиши «↑, ↓» выбрать точку для ввода или редактирования данных. Нажать клавишу **ВВОД**, далее используя клавиши «↑, ↓» и **ВВОД** поразрядно ввести числовые значения плотности песчаного грунта ( $\rho$ ) и соответствующее этой плотности сопротивление пенетрации ( $R$ ). Для выхода из режима нажать клавишу **РЕЖИМ**.

### 2.3.3.13 Поверка

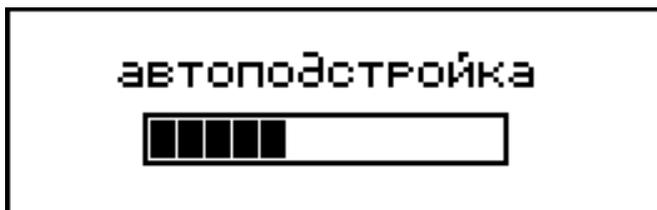
Проводятся измерения с целью определения диапазона измерений и относительной погрешности измерения силы.



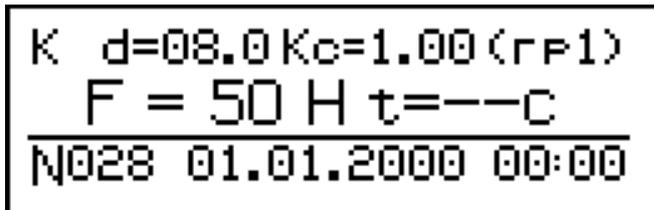
При выборе пункта «Поверка» устанавливается непрерывный режим измерений силы. На дисплей выводится сообщение:



При нажатии клавиши **ВВОД** запускается процесс автоподстройки:



Далее дисплей принимает вид тот же, что и в режиме «Измерение», но с отключенным таймером:



### **2.3.4 Порядок работы в режиме «ПК»**

#### **2.3.4.1 Системные требования к ПК**

Для работы программы необходима система, удовлетворяющая следующим требованиям:

– операционная система Windows 2000, ME, XP, 7, 8, 8.1 Microsoft Corp;

– один свободный USB-порт.

#### **2.3.4.2 Подключение пенетрометра к ПК**

Для передачи данных используется стандартный USB-порт. Для подключения необходим свободный USB-порт. Подсоединить кабель, поставляемый в комплекте с пенетрометром, к компьютеру, второй конец (разъем mini-USB) подсоединить к включенному электронному блоку пенетрометра. Войти в режим «ПК» (п.1.4.3.5).

#### **2.3.4.3 Назначение, установка и возможности программы**

##### **2.3.4.3.1 Назначение программы**

Программа для передачи данных предназначена для работы совместно с пенетрометрами ПСГ-МГ4 фирмы «СКБ Стройприбор». Программа позволяет передавать данные, записанные в архив пенетрометра, на компьютер.

##### **2.3.4.3.2. Установка программы**

Для установки программы необходимо выполнить следующие действия:

- вставить USB-флеш-накопитель в USB-порт ПК;
- открыть папку «Programs» на флеш-накопителе;
- найти и открыть папку с названием вашего пенетрометра;
- начать установку, запустив файл Install.exe.

После загрузки нажать кнопку «Извлечь». По завершению установки программа будет доступна в меню «Пуск» –

«Программы» – «Стройприбор» – «ПСГ-МГ4».

#### 2.3.4.3.3 Возможности программы:

- просмотр данных и занесение служебной информации в поле «Примечание» для каждого измерения;
- сортировка по любому столбцу таблицы;
- распечатка отчетов;
- дополнение таблиц из памяти пенетрометра (критерий: дата последней записи в таблице);
- экспорт отчетов в Excel;
- выделение цветом колонок таблицы;
- построение графиков усилия и перемещения.

#### 2.3.4.3.4 Настройка USB-соединения

Для настройки USB-соединения необходимо подключить пенетрометр к компьютеру через USB-порт. Установить драйвер USB, который поставляется вместе с программой связи.

##### *Автоматическая установка драйвера:*

После того как ОС Windows обнаружила новое устройство, в мастере установки драйверов (рисунок 2.1), необходимо указать папку с USB драйвером (X:/Programs/ USB driver/) и нажать кнопку «Далее» (рисунок 2.2).

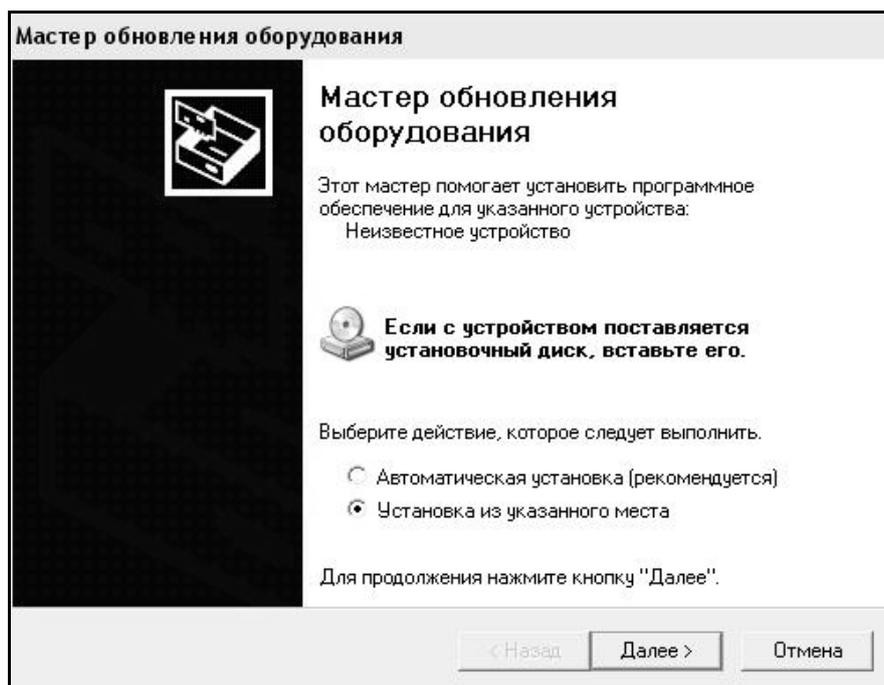


Рисунок 2.1 – Окно мастера обновления оборудования

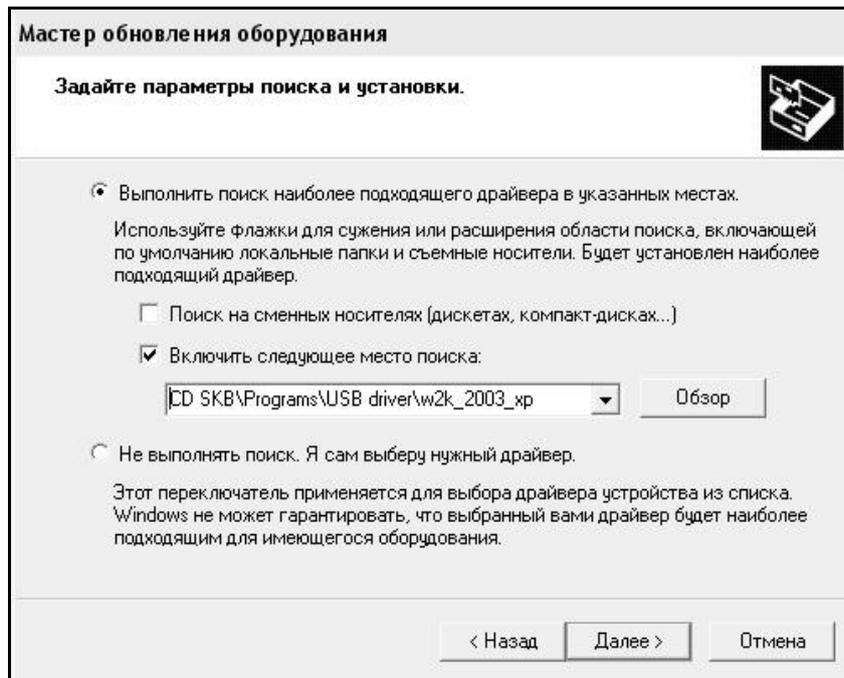


Рисунок 2.2 – Окно выбора драйвера для установки

### *Ручная установка USB драйвера:*

- вставить USB-флеш-накопитель в USB-порт ПК;
- открыть папку «Programs» на флеш-накопителе;
- найти и открыть папку «USB driver»;
- нажать правой клавишей мыши на файле FTDIBUS.INF в выпадающем меню выбрать пункт «Установить» (рисунок 2.3);
- нажать правой клавишей мыши на файле FTDIPOINT.INF в выпадающем меню выбрать пункт «Установить»;
- перезагрузить ОС Windows.

### **2.3.4.4 Прием данных с пенетрометра**

2.3.4.4.1 Включить компьютер и запустить программу «Пуск» – «Программы» – «Стройприбор» – «ПСГ-МГ4».

2.3.4.4.2 Подключить пенетрометр к ПК согласно п. 2.3.5.2.

При подключении пенетрометра через USB-порт после установки драйвера необходимо определить номер COM-порта:

- открыть ПУСК → Панель управления → Система → Оборудование → Диспетчер устройств;
- открыть список портов Диспетчер Устройств → Порты;

– найти строку «USB Serial Port (COM №)», в скобках указан номер COM-порта; если номер в скобках «1», то настройка завершена и ничего менять не нужно, если в скобках другой номер, необходимо вызвать окно свойств «USB Serial Port (COM №)» (правой клавишей мыши щелкнуть по строке USB Serial Port (COM №) и выбрать пункт меню «Свойства») (рисунок 2.4), перейти на вкладку «Параметры Окна», нажать кнопку «Дополнительно» (рисунок 2.5) и в выпадающем списке «Номер Com-порта» выбрать «COM 1» (рисунок 2.6), нажать кнопку «ОК».

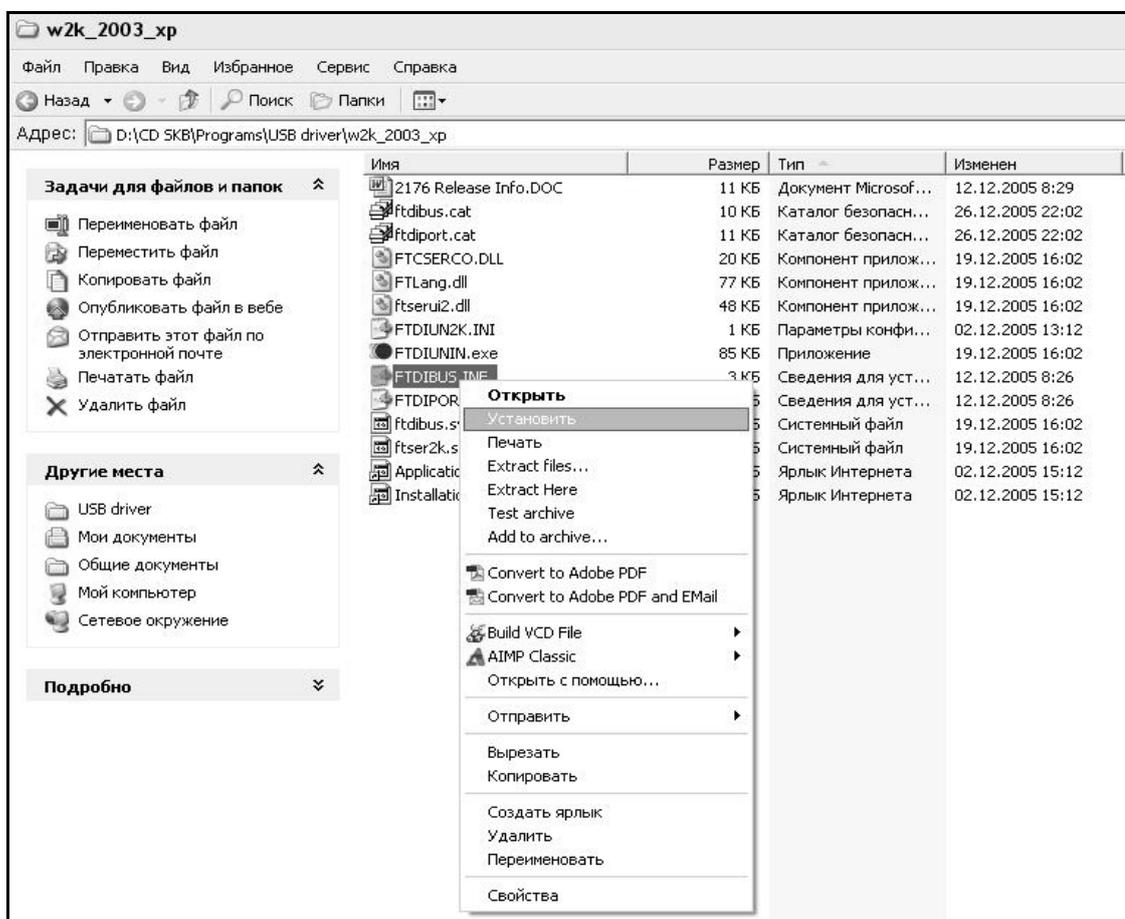


Рисунок 2.3 – Окно ручной установки драйвера

## Пенетрометр грунтовый ПСГ-МГ4

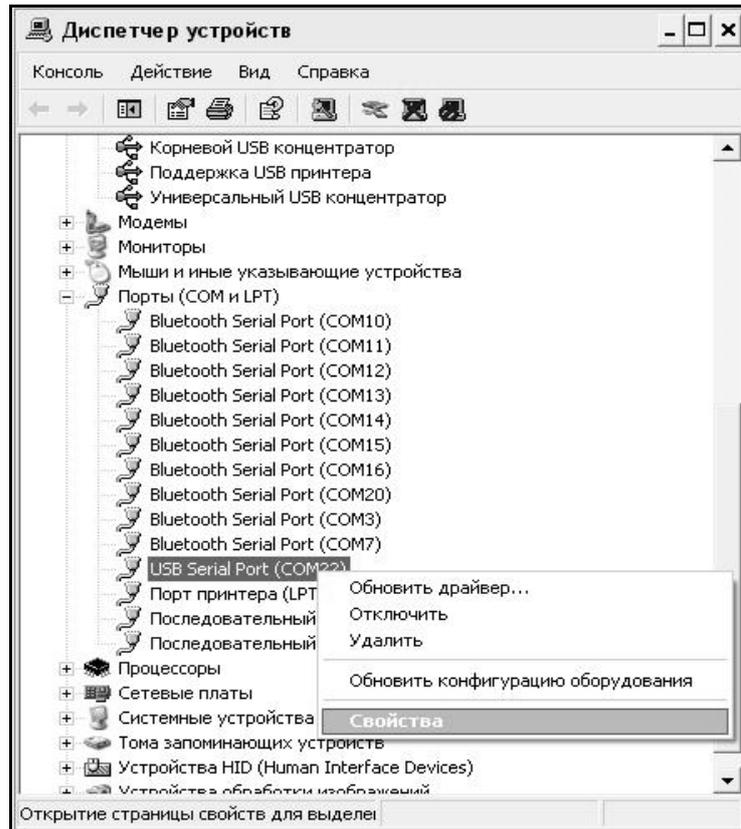


Рисунок 2.4 – Окно диспетчера устройств

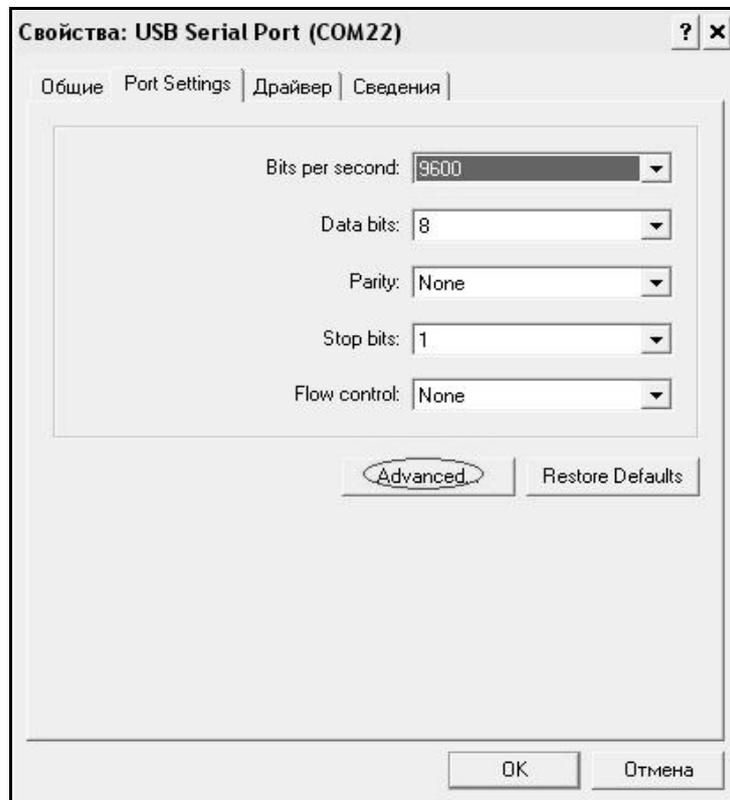


Рисунок 2.5 – Окно свойств USB-порта

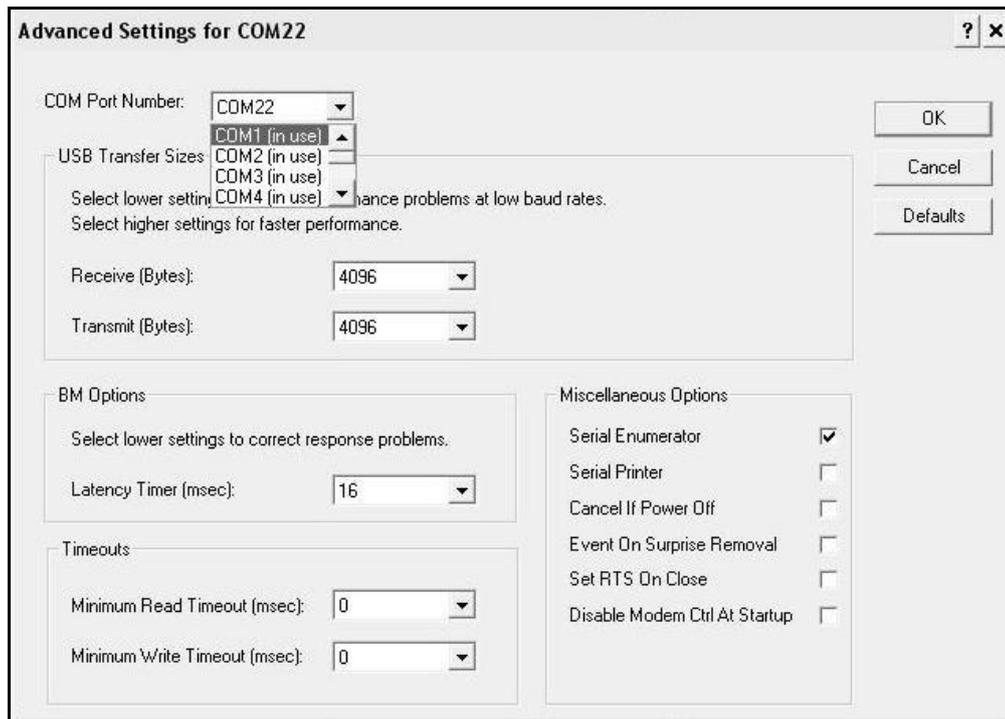


Рисунок 2.6 – Дополнительные настройки драйвера

2.3.4.4.3 В программе для приема данных нажать на панели кнопку «Создать».

2.3.4.4.4 Ввести имя файла для будущей базы данных и нажать кнопку «Сохранить».

На экране отобразится процесс передачи данных с пенетрометра на компьютер.

После передачи на экране данные будут отображены в табличном виде. Теперь можно:

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

2.3.4.4.5 Подробное описание работы с программой находится в файле справки «Пуск» – «Программы» – «Стройприбор» – «Помощь – ПСГ-МГ4».

2.3.4.4.6 Если во время передачи данных произошел сбой, на экране ПК появляется сообщение: «Прибор не обнаружен. Проверить правильность подключения пенетрометра согласно

*инструкции и убедиться, что пенетрометр находится в режиме связи с ПК». В этом случае необходимо проверить подключение пенетрометра, целостность кабеля и работоспособность USB-порта компьютера, к которому подключен пенетрометр, и повторить попытку, нажав кнопку «Создать».*

2.3.4.5 Для возврата в основное меню нажать клавишу РЕЖИМ.

### **3 Техническое обслуживание**

#### **3.1 Меры безопасности**

3.1.1 К работе с пенетрометром допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с приборами в условиях дорожного строительства.

3.1.2 Не оставлять пенетрометр в вертикальном положении с внедренным в грунт наконечником. При падении пенетрометр может нанести серьезные травмы.

3.1.3 Переносить пенетрометр следует в футляре со снятыми удлинительными штангами и наконечником.

#### **3.2 Порядок технического обслуживания пенетрометра**

3.2.1 Техническое обслуживание пенетрометра включает:

- обслуживание после окончания работы;
- профилактический осмотр;
- планово-профилактический и текущий ремонт, калибровку пенетрометра.

3.2.2 После окончания работы с пенетрометром поверхность наконечника и удлинительных штанг очистить от загрязнений мягкой ветошью. Перевозить пенетрометр только в специальном футляре.

3.2.3 Периодичность профилактических осмотров устана-

вливается в зависимости от интенсивности эксплуатации пенетрометра, но не реже одного раза в год.

При профилактическом осмотре проверяется четкость работы клавиатуры, состояние соединительных элементов, кабелей и лакокрасочного покрытия.

3.2.4 Планово-профилактический ремонт проводится после истечения гарантийного срока не реже одного раза в год. Ремонт включает в себя внешний осмотр, замену рабочих наконечников (в случае уменьшения диаметра в результате износа более 0,1 мм) замену органов управления и соединительных элементов (при необходимости).

3.2.5 При текущем ремонте устраняют неисправности, обнаруженные при эксплуатации пенетрометра. После ремонта проводится калибровка/поверка пенетрометра.

Планово-профилактический ремонт, текущий ремонт и калибровка пенетрометра проводятся разработчиком-изготовителем.

## **4 Методика поверки**

До ввода в эксплуатацию, а так же после ремонта пенетрометры подлежат первичной, а в процессе эксплуатации периодической поверке.

Интервал между поверками 24 мес.

### **4.1 Операции поверки**

4.1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции указанные в таблице 4.1.

4.1.2 Если при проведении той или иной операции получен отрицательный результат, дальнейшую поверку прекращают, а пенетрометр бракуют.

## 4.2 Средства поверки

4.2.1 При проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 4.2.

Таблица 4.1

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	4.4.1	да	да
Опробование	4.4.2	да	да
Определение метрологических параметров: – определение относительной погрешности измерения силы – определение отклонения диаметра основания наконечников от номинального значения – определение погрешности вычислительного устройства	4.4.3	да	да
	4.4.4	да	да
	4.4.5	да	нет

Таблица 4.2

Номер пункта МП	Наименование и тип средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и метрологические характеристики средства поверки
1	2
4.4.3	Динамометры электронные сжатия по ГОСТ 8.640-2014, диапазон измерений от 0,1 до 1 кН, предел допускаемых значений доверительных границ относительной суммарной погрешности при $p=0,95$ – 0,24 %. Нагружающее устройство.

Продолжение таблицы 4.2

1	2
4.4.4	Микрометр гладкий МК-25, диапазон измерений от 0 до 25 мм, класс точности 2.
4.4.5	Рабочий эталон четвертого разряда, гиря массой 10 кг, КТ М1

4.2.2 Допускается при поверке пенетрометров применение средств поверки не приведенных в табл.4.2, но обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

### **4.3 Условия поверки и подготовка к ней**

4.3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5
- относительная влажность, % 65 ± 15

Изменение температуры за время поверки не должно быть более 3 °С.

4.3.2 Время выдержки распакованных пенетрометров в лабораторном помещении в условиях по п.4.3.1 должно быть не менее четырех часов.

### **4.4 Проведение поверки**

#### **4.4.1 Внешний осмотр**

4.4.1.1 При внешнем осмотре проверяют комплектность проверяемых пенетрометров, отсутствие видимых повреждений, сколов, царапин, наличие необходимой маркировки, соответствие внешнего вида требованиям конструкторской документации.

#### **4.4.2 Опробование**

4.4.2.1 При опробовании проверяют: взаимодействие частей пенетрометра, обращая внимание на то, чтобы подвижные части перемещались плавно, без рывков и заеданий; наличие индика-

ции; функциональность клавиатуры; соответствие программного обеспечения.

#### 4.4.2.2 Проверка соответствия программного обеспечения (ПО)

Для проверки идентификационных данных ПО необходимо нажать и удерживать клавишу **РЕЖИМ** при включении электронного блока клавишей **ВКЛ**. Идентификационные данные ПО должны соответствовать таблице 1.2 РЭ.

#### 4.4.3 *Определение относительной погрешности измерения силы*

4.4.3.1 Для проведения измерений необходимо войти в режим «**Настройки**» (п.п. 1.4.3.4, 2.3.3.12 РЭ), выбрать, используя клавиши «**↑**, **↓**», пункт «**Проверка**» и нажать клавишу **ВВОД**.

По окончании автоподстройки пенетрометр готов к измерениям.

4.4.3.2 Для определения относительной погрешности измерения силы тензометрическое силоизмерительное устройство (ТСУ) пенетрометра установить на силоизмерительный датчик динамометра и разместить их по центру опорной плиты нагружающего устройства. Провести предварительное обжатие динамометра и ТСУ нагрузкой, равной наибольшей предельной нагрузке пенетрометра, если после снятия нагрузки пенетрометр не возвращается к нулю, обжатие повторить.

Нагружать динамометр, с установленным на нем ТСУ, тремя рядами силы с возрастающими значениями и регистрировать соответствующие показания  $F_{i1}$ ;  $F_{i2}$ ;  $F_{i3}$ . Каждый ряд нагружения должен содержать не менее пяти ступеней, равномерно распределенных по диапазону измерений, в это число должны входить нижний и верхний пределы измерений, например: 100, 300, 500, 700, 950 Н. Перед каждым рядом нагружения необходимо выполнять автоподстройку. На каждой ступени нагружения снимать показания пенетрометра ( $F_i$ ), и динамометра при достижении контролируемой ступени по

показаниям динамометра ( $F_{\delta}$ ). Результаты измерений заносить в протокол.

Для каждой ступени нагружения рассчитать относительную погрешность по формуле:

$$\delta_i = \frac{\overline{F_i} - F_{\delta}}{F_{\delta}} \cdot 100\% , \quad (4.1)$$

Где:  $\overline{F_i} = \frac{F_{i1} + F_{i2} + F_{i3}}{3}$  ;

$F_{\delta}$  – среднее арифметическое из трех результатов измерений силы на  $i$ -той ступени по показаниям динамометра, кН

#### 4.4.4 *Определение отклонения диаметра основания наконечников от номинального значения*

4.4.4.1 Диаметр основания наконечника измеряют микрометром гладким с диапазоном измерений от 0 до 25 мм. Отклонение от номинального значения диаметра не должно превышать  $\pm 0,1$  мм.

#### 4.4.5 *Определение погрешности вычислительного устройства*

4.4.5.1 Включить пенетрометр в режим «Измерение», после автоподстройки в открывшемся окне выбрать диаметр наконечника 6 мм. Провести три ряда нагружения пенетрометра гирей массой 10 кг, после чего при нажатии клавиши **ВВОД**, на дисплей выводится результат измерений силы ( $F$ ) и расчетное значение удельного сопротивления пенетрации ( $P$ ).

Провести измерения, устанавливая поочередно диаметр наконечника 8, 11,3, 16 и 22 мм, снимая показания с дисплея пенетрометра.

4.4.5.2 Вычислить удельное сопротивление пенетрации по формуле  $P = \frac{F}{S}$ , где

$F$  – значение силы по показаниям пенетрометра, Н;

$S = 1 / 4 \pi D^2$  – площадь наконечника, мм;

$D$  = диаметр наконечника, мм.

Сравнить значение  $P$ , вычисленное по формуле, со значением  $P$  по показаниям пенетрометра.

Результаты поверки считают положительными, если разница между показаниями пенетрометра и вычисленным значением  $P$  не превышает 1 %.

## 4.5 Оформление результатов поверки

4.5.1 Результаты поверки пенетрометра оформляются протоколом поверки.

4.5.2 Положительные результаты поверки удостоверяются знаком поверки, который наносится на свидетельство о поверке.

4.5.3 Если пенетрометр по результатам поверки признан непригодным к применению, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности к применению.

## 5 Хранение

5.1 Упакованные пенетрометры должны храниться в закрытых сухих вентилируемых помещениях в не распакованном виде. Условия хранения в части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе условий 1Л по ГОСТ 15150.

Условия хранения без упаковки – 1Л по ГОСТ 15150.

5.2 В воздухе помещения для хранения пенетрометров не должно присутствовать агрессивных примесей (паров кислот, щелочей).

5.3 Срок хранения пенетрометров в потребительской таре без переконсервации – не более одного года.

## 6 Транспортирование

6.1 Допускается транспортирование пенетрометров в транспортной таре всеми видами транспорта, в том числе в отапливаемых герметизированных отсеках самолетов без ограничения расстояния. Условия транспортирования в части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 1Л по ГОСТ 15150.

6.2 При транспортировании пенетрометров должна быть предусмотрена защита от попадания пыли и атмосферных осадков.

Приложение А

**Методика установления зависимостей между сопротивлением пенетрации и плотностью песчаных грунтов**

В пенетрометре ПСГ-МГ4 предусмотрена возможность записи в программное устройство до 4 индивидуальных градуировочных характеристик, установленных пользователем по результатам испытаний различных видов песчаных грунтов с помощью прибора стандартного уплотнения ПСУ.

1 Подготовка образцов к испытаниям и проведение испытаний производятся в соответствии с требованиями ГОСТ 22733 (разделы 6 и 7).

2 Для каждого вида песчаного грунта (в зависимости от гранулометрического состава) устанавливается индивидуальная зависимость.

3 Для каждого вида песчаного грунта определяется оптимальная влажность.

4 Взвешивают форму в собранном виде ( $m_c$ ).

5 Загружают в собранную форму ПСУ слой песчаного грунта при оптимальной влажности, толщиной 5-6 см и слегка уплотняют рукой его поверхность. Проводят уплотнение 4-5 ударами груза с высоты 30 см. Аналогичную операцию проводят с каждым из трех слоев грунта, последовательно загружаемых в форму. Перед загрузкой второго и третьего слоев поверхность предыдущего уплотненного слоя взрыхляют ножом на глубину 1-2 мм. Перед укладкой третьего слоя на форму устанавливают насадку.

После уплотнения третьего слоя снимают насадку и срезают выступающую часть заподлицо с торцом формы. Взвешивают форму с уплотненным грунтом и вычисляют плотность грунта  $\rho_w$ , г/см<sup>3</sup>, по формуле:

$$\rho_w = \frac{m_w - m_c}{V}$$

где  $m_w$  – масса груза с формой, г;

$m_c$  – масса формы, г;

$V$  – объем формы, см<sup>3</sup>.

Вычисляют значение плотности сухого грунта по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_w}{1 + 0,01w}$$

где  $w$  – влажность грунта, %.

6 Включают пенетрометр в режиме  $\rho(P)$ , устанавливают наконечник диаметром 22 мм, вводят в пенетрометр значение диаметра наконечника и вид грунта.

*При последующих измерениях устанавливают наконечник диаметром 16 мм.*

Плавно, без резких усилий, вводят наконечник в грунт в центре формы на глубину до 75 мм в течении не менее 5 секунд. Фиксируют измеренное значение сопротивления пенетрации  $P$ , МПа.

Проводят не менее двух измерений плотности и сопротивления пенетрации грунта при одной и той же степени уплотнения.

7 Извлекают из формы образец грунта.

8 Проводят еще четыре измерения сопротивления пенетрации и плотности грунта при различном количестве ударов (п.п. 5-7). Рекомендуется следующее количество ударов для каждого слоя:

- вторая точка – 8 – 10 ударов;
- третья точка – 20 ударов;
- четвертая точка – 30 ударов;
- пятая точка (максимальная плотность) – 40 ударов.

9 Результаты испытаний заносятся в Таблицу 1. Для линеаризации зависимости логарифмируют числовое значение сопротивления пенетрации  $P_L$  и числовое значение плотности грунта  $\rho_L$ .

$$P_L = \ln(P) ;$$

$$\rho_L = \ln(\rho)$$

Таблица 1

№	Тип грунта	P, МПа	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$P_L = \ln(P)$	$\rho_L = \ln(\rho)$
1	Песок мелкий	0,428	1,380	-0,849	0,322
2		0,458	1,370	-0,781	0,315
3		0,463	1,420	-0,771	0,351
4		0,463	1,380	-0,771	0,322
5		0,637	1,450	-0,451	0,372
6		0,637	1,470	-0,451	0,385
7		0,682	1,500	-0,383	0,405
8		0,697	1,480	-0,361	0,392
9		0,731	1,530	-0,313	0,425
10		1,040	1,600	0,039	0,470

10 Строят график  $\rho_L(P_L)$  и методом наименьших квадратов определяют коэффициенты линейного уравнения  $\rho_L = aP_L + b$ .

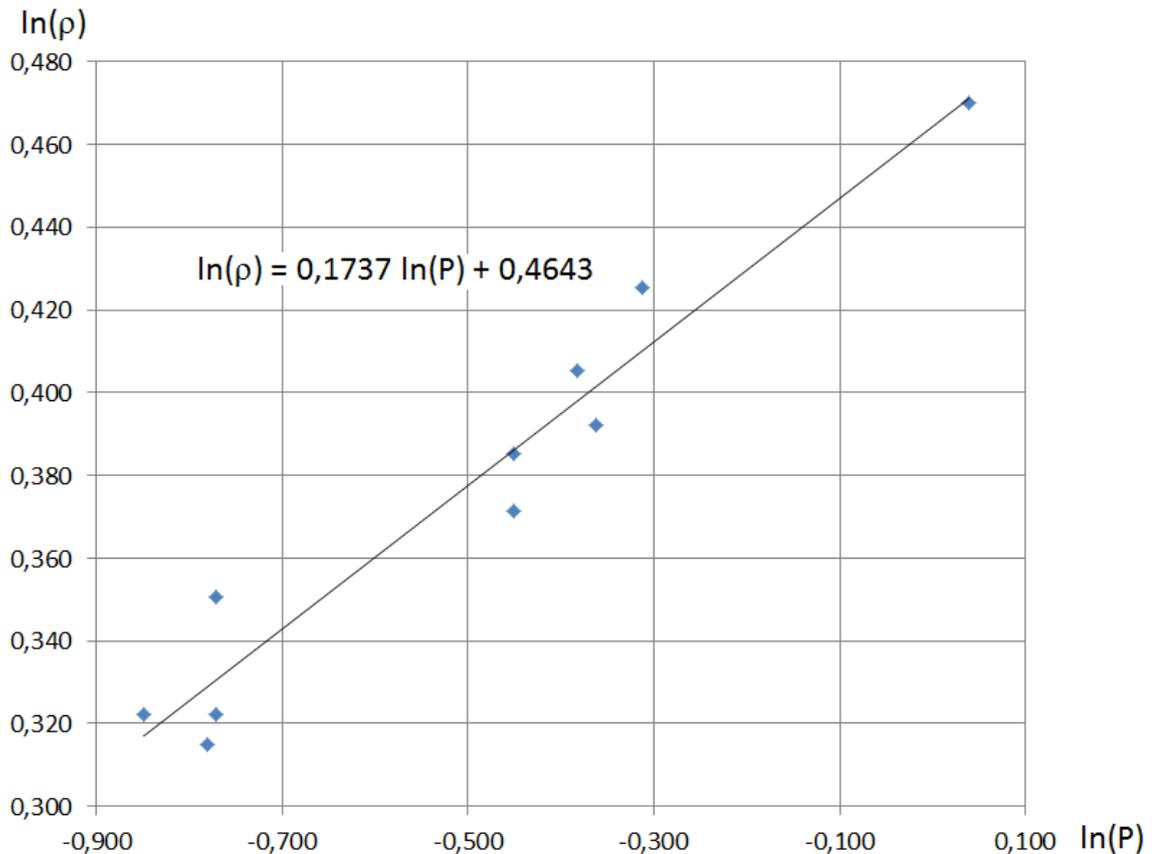


Рисунок А.1 - График зависимости  $\rho_L(P_L)$

Для определения коэффициентов  $a$  и  $b$  заполняют таблицу 2.  
Таблица 2

	$P_{Li}$	$\rho_{Li}$	$\rho_{Li} \cdot P_{Li}$	$P_{Li}^2$
$i=1$	-0,849	0,322	-0,273	0,721
$i=2$	-0,781	0,315	-0,246	0,610
$i=3$	-0,771	0,351	-0,271	0,594
$i=4$	-0,771	0,322	-0,248	0,594
$i=5$	-0,451	0,372	-0,168	0,203
$i=6$	-0,451	0,385	-0,174	0,203
$i=7$	-0,383	0,405	-0,155	0,147
$i=8$	-0,361	0,392	-0,142	0,130
$i=9$	-0,313	0,425	-0,133	0,098
$i=10$	0,039	0,470	0,018	0,002
$\sum_{i=1}^n$	-5,092	3,759	-1,791	3,303

Коэффициенты  $a$  и  $b$  определяются по формулам:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n P_{Li} \cdot \rho_{Li} - \sum_{i=1}^n P_{Li} \sum_{i=1}^n \rho_{Li}}{n \sum_{i=1}^n P_{Li}^2 - \left( \sum_{i=1}^n P_{Li} \right)^2} = \frac{10 \cdot (-1,791) - (-5,092 \cdot 3,759)}{10 \cdot 3,303 - (-5,092)^2} = 0,1737$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_{Li} - a \sum_{i=1}^n P_{Li}}{n} = \frac{3,759 - 0,1737(-5,092)}{10} = 0,4643$$

11 Зависимость между сопротивлением пенетрации  $P$  и плотностью грунта  $\rho$  определяется выражением  $\rho = C \cdot P^n$

где  $C = e^b = 2,718^{0,4643} = 1,591$ ;  $n = a = 0,1737$ .

12 По полученной зависимости определяют пять точек равномерно расположенных во всем диапазоне от минимума до

максимума, заносят в таблицу 3 и в режиме «Настройки  $\rho(P)$ » вводят в память пенетрометра.

Таблица 3

№	P, МПа	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
1	0,40	1,357
2	0,55	1,434
3	0,70	1,495
4	0,85	1,547
5	1,04	1,602

На рисунке 2 приведен график зависимости плотности песчаного грунта (песок мелкий) от сопротивления пенетрации.

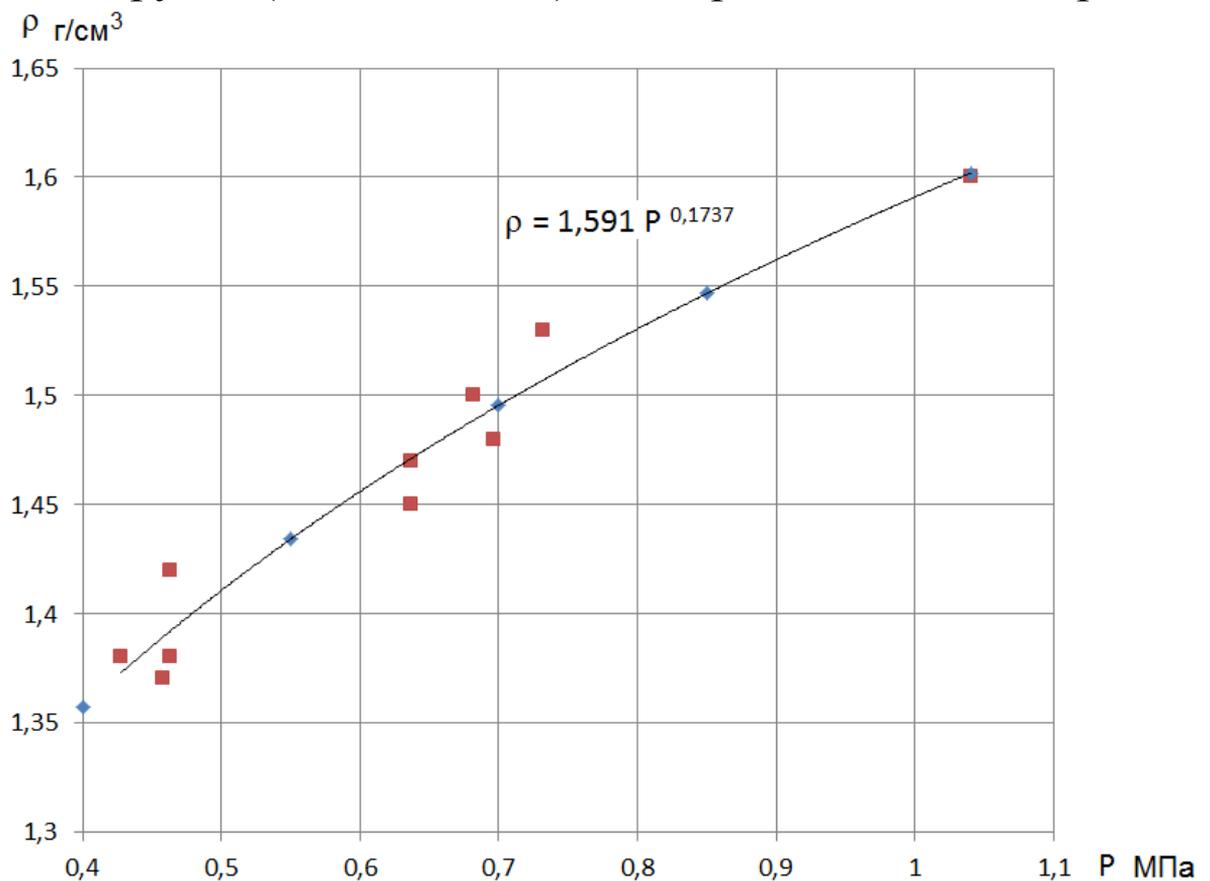


Рисунок 2 – Зависимость между плотностью песчаного грунта и сопротивлением пенетрации.

**Паспорт  
Пенетрометр грунтовый ПСГ-МГ4**

**1 Назначение и область применения**

1.1 Пенетрометр грунтовый ПСГ-МГ4 (далее по тексту – пенетрометр) предназначен для измерений силы, воздействующей на наконечник при внедрении его в грунт и вычисления, на основе прямых измерений силы и диаметра наконечника, удельного сопротивления пенетрации.

1.2 Область применения – контроль качества уплотнения грунтов и оснований при строительстве дорог, мостов, опор, железнодорожного полотна, фундаментов, каналов, траншей, на предприятиях стройиндустрии, научно-исследовательских, дорожных и строительных лабораториях.

1.3 Рабочие условия измерений:

- температура окружающего воздуха от 0 °С до 40 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа. (630..800 мм рт. ст).

**2 Метрологические и технические характеристики**

2.1 Основные метрологические и технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
1	2
Диапазон измерений силы, Н	от 100 до 950
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения силы, %	±1,5
Номинальное значение диаметра основания рабочих наконечников, мм	22,0; 16,0; 11,3; 8,0; 6,0

Продолжение таблицы 1

1	2
Допускаемое отклонение от номинального значения диаметра основания рабочего наконечника, мм	±0,1
Погрешность вычислительного устройства, %	±1
Параметры электрического питания: – напряжение постоянного тока, В – напряжение сигнализации о замене элементов питания, В	3±0,2 1,8±0,2
Потребляемая мощность, мВт: – с подсветкой дисплея – без подсветки дисплея	380 160
Габаритные размеры, мм, не более: – высота – ширина – длина	155 295 745
Масса, кг, не более	2,8
Условия эксплуатации: – температура окружающей среды, °С – относительная влажность, % – атмосферное давление, кПа	от 0 до 40 до 80 от 84 до 106
Средний срок службы, лет	10
Средняя наработка на отказ, ч	5000

1.2 Идентификационные данные программного обеспечения (ПО) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	PSG-MG4 V1.03
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V1.03
Цифровой идентификатор ПО	0x59A5

### **3 Комплект поставки**

Наименование	Количество	Примечание
Пенетрометр грунтовый ПСГ-МГ4	1 шт.	
Удлинительные штанги	2 шт.	
Рабочие наконечники диаметр 22,0; 16,0; 11,3; 8,0; 6,0 мм	5 шт.	
Кабель для передачи данных в ПК	1 шт.	
USB-флеш-накопитель с программным обеспечением	1 шт.	
Руководство по эксплуатации с разделом 4 «Методика поверки»	1 экз.	
Укладочный кейс	1 шт.	

### **4 Свидетельство о приемке**

4.1 Пенетрометр грунтовый ПСГ-МГ4 № \_\_\_\_\_ соответствует техническим условиям КБСП.427333.037 ТУ и признан годным к эксплуатации.

4.2 Дата выпуска « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Дата продажи « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

М.П. \_\_\_\_\_  
(подпись лиц, ответственных за приемку)

### **5 Гарантийные обязательства**

5.1 Изготовитель гарантирует соответствие пенетрометра требованиям технических условий КБСП.427333.037 ТУ при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации и хранения, установленных в настоящем руководстве по эксплуатации.

5.2 Гарантийный срок эксплуатации пенетрометра – 18 месяцев с даты продажи, указанной в паспорте на пенетрометр.

5.3 В течение гарантийного срока безвозмездно устраняются выявленные дефекты.

Гарантийные обязательства не распространяются на пенетрометры с нарушенным клеймом изготовителя, имеющие грубые механические повреждения, а также на элементы питания.

Адрес разработчика-изготовителя ООО «СКБ Стройприбор»:

Фактический: г. Челябинск, ул. Калинина, 11-г

Почтовый: 454084 г. Челябинск, а/я 8538

Телефон/факс: в Челябинске:(351) 277-8-555;

в Москве:(495) 134-3-555;

в Санкт-Петербурге:(812) 430-20-65.

[info@stroypribor.ru](mailto:info@stroypribor.ru)

[www.stroypribor.com](http://www.stroypribor.com)