

ПРИБОР  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО  
ОБЪЕМА ЛЕГКИХ ПООЛ-1

ПАСПОРТ

МТ 082—59—00 ПС

1977

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Прибор для определения остаточного объема легких ПООЛ-1 предназначен для определения функциональной остаточной ёмкости легких, неравномерности легочной вентиляции, механики дыхания и потребления кислорода. Эксплуатируется в клиниках, больницах и научно-исследовательских лабораториях в интервале рабочих температур от 10 до 35°C и относительной влажности 80% при температуре 25°C.

Прибор состоит из двух блоков: спирографа СГ-ИМ и газоанализатора.

Спирограф СГ-ИМ является самостоятельным прибором, предназначенным для изучения механики дыхания и определения потребления кислорода. Описание его и указания по эксплуатации изложены в его паспорте.

Блок газоанализатор не является самостоятельным прибором и используется лишь совместно со спирографом СГ-ИМ при определении остаточного объема легких и неравномерности легочной вентиляции.

В настоящем паспорте приводится описание только блока газоанализатора и его общей работы со спирографом СГ-ИМ.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Пределы измерения концентрации гелия

в воздухе, %

от 0 до 5

Относительная погрешность показаний от диапазона измерений, %

±5

Относительная погрешность при определении остаточного объема легких, %

±10

Напряжение, В

220

Частота, Гц	50
Потребляемая мощность, ВА	400
Габаритные размеры, мм:	
длина	870
ширина	550
высота	1060
Масса, кг	72

### 3. СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ И КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Спирограф СГ-1М	1
Блок газоанализатор	1
Провод заземления	1
Трубка резиновая 4×2, длиной 720 мм	2
Трубка резиновая 4×2, длиной 1500 мм	1
Запасные части и принадлежности:	
Предохранитель ПК-45-1	4
✓ Кальций хлористый двуводный в герметичной упаковке 1 кг	
Запасные части к газоанализатору ТП7102:	
Согласно комплектующей ведомости завода-поставщика	1 компл.
Эксплуатационная документация:	
Паспорт спирографа СГ-1М МТ082-01-00ПС	1 экз.
Эксплуатационная документация к газоанализатору ТП7102	1 компл.

### 4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Остаточный объем легких — один из четырех основных объемов легких. Если дыхательный, дополнительный и резервный объемы (рис. 1) определяются непосредственно спирографией, то остаточный объем определяется косвенным путем, с использованием метода разведения воздушно-гелиевой смеси.

Этот метод заключается в том, что по изменению концентрации гелия в известном объеме под влиянием его смешения с воз-

духом, оставшимся в легких, можно рассчитать остаточный объем.

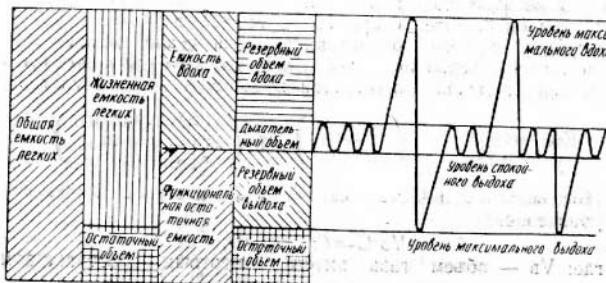


Рис. 1. Объемы легких, представленные на спирограмме.

Принцип действия прибора иллюстрируется следующим опытом (рис. 2).

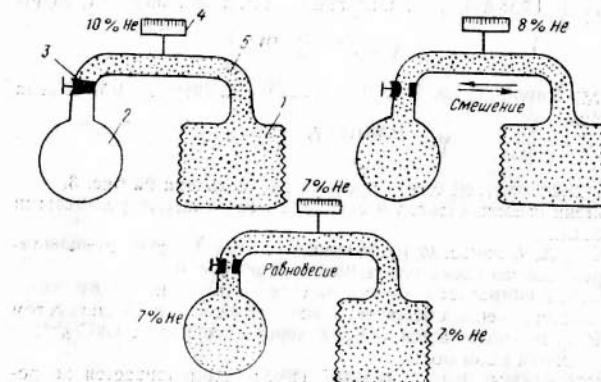


Рис. 2. Метод закрытой системы с гелием.  
1 — эластичный мешок; 2 — сосуд (дозированная емкость); 3 — кран; 4 — газоанализатор; 5 — воздуховоды.

Первоначальная концентрация гелия в сосуде 2 равна нулю, а в меже 1 равна, например, 10%. Обе емкости герметично соединены воздуховодом и в начале опыта отключены друг от друга краном 3. Затем открывают кран. Через некоторое время в сосуде и в меже концентрация гелия станет одинаковой.

После этого первоначальный объем газа в сосуде может быть рассчитан на основе постоянства количества гелия в системе.

$$\text{Количество гелия} = V \left( \frac{\text{объем газа}}{\text{объеме}} \right) \times D \left( \frac{\text{концентрация гелия в этом объеме}}{} \right)$$

Постоянство количества гелия в начале и в конце выражается уравнением:

$$V_b \cdot C = (Y + V_b) \cdot D,$$

где:  $V_b$  — объем газа вместе с мертвым пространством в меже;

$Y$  — первоначальный объем воздуха в сосуде;

$C$  — концентрация гелия в меже в начале опыта;

$D$  — концентрация гелия в сосуде и в меже в конце опыта.

Таким образом, из приведенного выше уравнения следует, что

$$Y = \frac{V_b \cdot (C - D)}{D}$$

Если  $V_b = 2000$  мл,  $C = 10\%$ ,  $D = 7\%$ , то искомый объем газа в сосуде

$$Y = \frac{2000 (10 - 7)}{7} = 857 \text{ мл}$$

Принципиальная схема прибора представлена на рис. 3.

Блоки газоанализатор и спирограф соединяются резиновыми трубками.

На рис. 4 показано размещение узлов в корпусе газоанализатора. Газовая схема блока показана на рис. 5.

Газ из спирографа просасывается мембранным вибрационным насосом через абсорбер с известковым химпоглотителем (ХПИ), где поглощается  $\text{CO}_2$ , и через абсорбер с  $\text{CaCl}_2$ , где поглощаются пары воды.

Необходимый расход газовой смеси устанавливается по ротаметру потенциометром.

В приемнике 5 (рис. 5) неэлектрическая величина (концентрация гелия) преобразуется в электрический сигнал, регистри-

руемый электроннодиодным прибором (на рис. 5 не показан).

Проанализированная смесь возвращается в спирограф.

К столику газоанализатора крепится баллон с гелем 7, на штуцер которого навинчен вентиль тонкой регулировки подачи гелия 8 в спирограф.

Газоанализатор питается от сети переменного тока 220 В при помощи стабилизатора напряжения.

## 5. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

Присоединять прибор к электросети можно только после его заземления.

Прибор выпускается с отдельным проводом заземления, что соответствует классу защиты 01 отраслевой нормали по электробезопасности.

Для экспортного исполнения предусмотрен класс защиты I.

## 6. ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЯ К РАБОТЕ

Перед эксплуатацией тщательно очистите все части от смазки.

Зарядите абсорбера: левый — ХПИ, правый  $\text{CaCl}_2$ . Под резиновые пробки абсорбера положите слой ваты толщиной 8—10 мм. Подсоедините прибор к контуру заземления.

Соедините резиновой трубкой, предварительно очищенной от пальца, штуцеры «вдох» и «выдох» блока газоанализатора. Включите газоанализатор в сеть.

Включите тумблер «прибор» и прогрейте газоанализатор в течение 40—45 минут.

Подготовьте к работе блок спирограф согласно паспорту МТО 82.01.00 ПС.

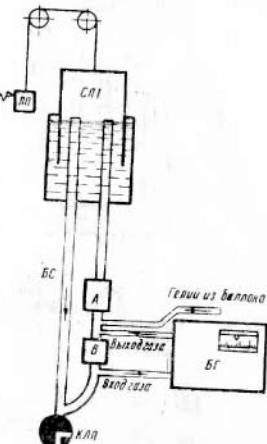


Рис. 3. Принципиальная газовая схема прибора определения остаточного объема легких.  
СПИ — спирометр; ПП — лиссажево-правильный; КЛА — кран лицевой правый; БЛ — блок газоанализатор; БС — блок спирограф

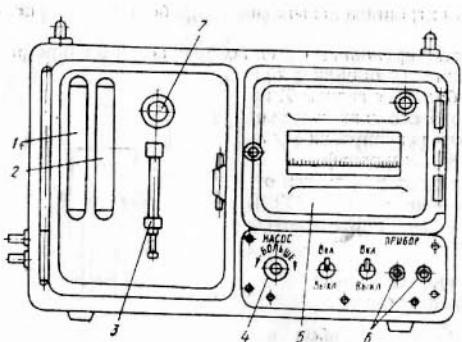


Рис. 4 Общий вид блока газоанализатора.

1 — абсорбер с известковым химико-гигиеническим (ХГИ); 2 — абсорбер с хлористым кальцием для поглощения воды; 3 — ротаметр; 4 — ручка регулировки производительности мембранных насосов; 5 — электронно-показывающий прибор; 6 — предохранитель; 7 — фильтр.

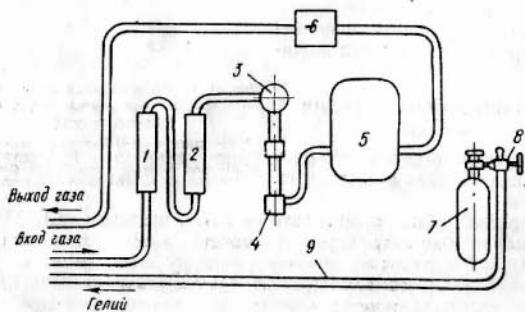


Рис. 5. Газовая схема газоанализатора.

1 — абсорбер с ХГИ для поглощения  $\text{CO}_2$ ; 2 — абсорбер с хлористым кальцием для поглощения воды; 3 — фильтр; 4 — ротаметр; 5 — приемник газоанализатора; 6 — мембранный насос; 7 — баллон с гелием; 8 — вентиль тонкой регулировки подачи геля в блок спирографа; 9 — трубка подвода геля к блоку спирографа.

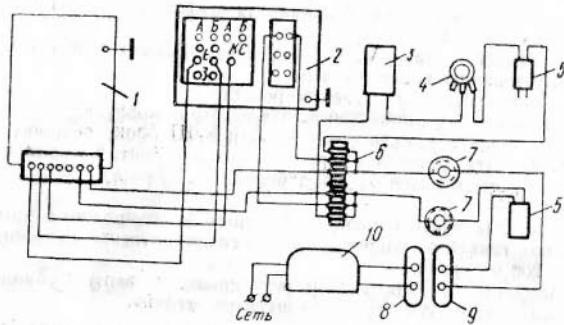


Рис. 6. Электрическая схема

1 — приемник; 2 — показывающий прибор; 3 — мембранный насос; 4 — потенциометр на 220 Ом; 5 — тумблер; 6 — плата соединительная; 7 — предохранитель; 8 — розетка; 9 — вилка; 10 — стабилизатор.

## 7. ПОРЯДОК РАБОТЫ

### Определение мертвого пространства спирографа.

Продуйте правую систему спирографа СГ-ИМ комнатным воздухом. Закройте кран КП (см. паспорт МТО 82.01.00 ПС (рис. 1)).

После прогрева газоанализатора соедините резиновыми трубками штуцер «выход» спирографа со штуцером «вход» блока газоанализатора, а штуцер «выход» газоанализатора — со штуцером «вход» спирографа.

Откройте лицевой кран КЛП спирографа и опустите правый колокол спирометра в нижнее положение.

Включите тумблер «насос» газоанализатора. Вращая ручку «насос», установите необходимый поток через газоанализатор. При этом поплавок ротаметра должен находиться на уровне красной риски. Показание газоанализатора должно соответствовать нулевому положению шкалы.

При отклонении указателя от нуля установите пузырь при помощи нулевого реостата, расположенного в приемнике газоанализатора, для чего:

— откройте дверцу корпуса блока газоанализатора;

- откинте правые барашки приемника газоанализатора;
- откройте крышку;
- отпустите цангу и, вращая отверткой винт нулевого реостата, установите шкалу на нуль;
- закрепите цангу нулевого реостата;
- закройте крышку приемника и дверцу корпуса;

< Соедините резиновой трубкой штуцер вентиля баллона с гелием и штуцер «гелий», находящийся на правой стороне спирографа.

Откройте вентиль баллона с гелием и, осторожно открывая вентиль тонкой регулировки подачи гелия, впустите в спирограф 150—200 мл гелия.

Закройте вентиль тонкой регулировки и вентиль баллона. Снимите резиновую трубку со штуцера «гелий».

**П р и м е ч а н и е:** Если количество введенного гелия будет больше 200 мл, то показания прибора превысят 5% и сигнальная лампочка показывающего прибора погаснет. В этом случае добавьте в спирограф воздух, для чего откроите правый лицевой кран и, подымая колокол, впустите в спирограф воздух. Закройте кран. После этого сигнальная лампочка снова загорится и прибор покажет полученную концентрацию гелия.

В блоке спирограф откроите кран впуска кислорода  $K_2$ , опустите колокол в нижнее положение и сразу закройте кран  $K_2$ . Запишите установившуюся концентрацию гелия (B).+

Откройте кран  $K_2$  и осторожно нажимая на правую ползушку, впустите в колокол спирометра 1000 мл воздуха и сразу закройте кран  $K_2$ , чтобы гелий не улетучился из системы. Запишите установившееся показание газоанализатора ( $C_1$ ). Добавьте еще 1000 мл воздуха и снова запишите показания газоанализатора ( $C_2$ ). Доведите добавленный объем воздуха ( $V_n$ ) до 5 литров.

В каждом случае добавленный объем воздуха отсчитывайте от 0 по шкале (в первом случае  $V_{n1}=1000$  мл, во втором  $V_{n2}=2000$  мл и т. д.).

Мертвое пространство системы X определите по формуле:

$$X = \frac{V_n \cdot C}{B - C},$$

где:  $V_n$  — добавленный объем воздуха, отсчитанный по шкале (по линейке)

B — концентрация гелия в объеме X

C — концентрация гелия в объеме X +  $V_n$ .

Для каждого замера подсчитайте величину X, а затем определите среднюю величину:

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{5}$$

### Определение функциональной остаточной емкости и остаточного объема легких

Блок газоанализатор подключите к спирографу так же, как и при определении мертвого пространства.

Продуйте правый колокол воздухом. Левый колокол промойте кислородом, а затем заполните кислородом (способы промывки спирографа см. паспорт МТО 82.01.00 ПС). Правый колокол заполните воздухом до объема 2—3 л, введите 150—200 мл гелия и закройте вентиль баллона. Концентрация гелия должна быть не более 5%.

Запишите объем колокола - ( $V_n$ ). Установите контактный стержень спирографа, включите питание магнитного клапана и откроите кран перекрытия (см. паспорт МТО 82.01.00 ПС).

Подсоедините пациента к лицевому крану с помощью загубника, на нос наложите носовой зажим.

Запишите показания газоанализатора (C), включите запись и переключите пациента на спирограф в конце нормального выдоха.

Записывайте показания газоанализатора каждую минуту. Опыт длится 7—10 минут. В конце опыта пациент должен сдуть форсированный, предельно глубокий выдох (рис. 7).

Расчет объема газа в легких производится по формуле:

$$V = \frac{(X - V_n)(C - D)}{D}$$

Остаточный объем легких получите вычитанием

$$V_o = V - V_p$$

Абсолютная погрешность при определении остаточного объема легких — 150—200 мл.

**Пример.** Расчет функциональной остаточной емкости и остаточного объема легких на основании спирограммы и кривой разведения воздушно-гелиевой смеси, приведенных на рис. 7.

а  $X=4730$  мл (мертвое пространство спирографа, определенное по формуле, см. паспорт МТО 82.01.00 ПС);

$V_n=2850$  мл (объем правого колокола после добавления комнатного воздуха и гелия);

$C=3,96$  (концентрация гелия в спирографе до подключения пациента);  
 $D$  = показание газоанализатора после смешивания позднего, оставшегося в легких с воздушно-гелиевой смесью, находившейся в спирографе.

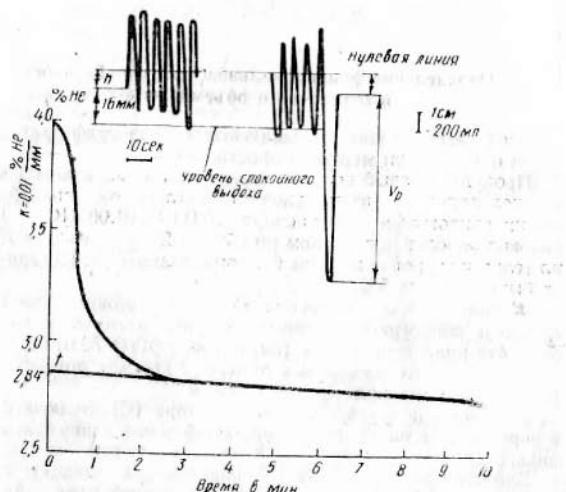


Рис. 7 Кривая разведения воздушно-гелиевой смеси.

#### ПОКАЗАНИЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ПО ВРЕМЕНИ ПОСЛЕ ПОДСОЕДИНЕНИЯ ПАЦИЕНТА

Время, мин	Концентрация гелия, % объем	Время, мин	Концентрация гелия, % объем
0	3,96	5	2,81
1	3,04	6	2,80
2	2,88	8	2,78
3	2,82	9	2,77
4	2,82		

По показаниям газоанализатора строится рис. 7.  
 По вертикали отложите проценты гелия: 1 мм — 0,01% He; по горизонтали — время в минутах: 1 мин. — 20 мм.

Величину D, подставляемую в формулу, определите проведением прямой линии через точки, соответствующие показанию газоанализатора в последние минуты, до пересечения с вертикальной осью в точке F. Затем, пользуясь указанным масштабом, определите величину D. В примере на рис. 7 расстояние между точкой F и делением 2,5% Не составляет 34 мм.

$$34 \text{ мм} \times 0,01 \frac{\% \text{ He}}{\text{мм}} = 0,34 \text{ He},$$

тогда величина D составит:  $2,5 + 0,34 = 2,84\%$  Не.

Если за величину D принимать последний расчет по газоанализатору, то будет допущена ошибка, связанная с растворением гелия в крови и тканях человека.

Описанный выше способ определения величины D исключает эту ошибку. Подставляя величину  $D=2,84$  Не в формулу, получите:

$$Y = \frac{(4730 + 2850) \cdot (3,96 - 2,84)}{2,84} = 2990 \text{ мл},$$

где: Y — объем воздуха, оставшегося в легких в момент преключения пациента с атмосферы на спирограф.

Эта величина несколько превышает функциональную остаточную емкость, поскольку подключение пациента произошло не точно на уровне спокойного выдоха пациента, а несколько выше его.

Чтобы получить функциональную остаточную емкость, необходимо вычесть из величины Y объем, соответствующий разнице между уровнем спокойного выдоха и уровнем, на котором пациент был переключен на дыхание в спирограф. Эта разница измеряется по спирограмме и в данном примере составляет 16 мм, что соответствует:

$$16 \text{ мм} \times 20 \text{ мл/мм} = 320 \text{ мл}$$

$$2990 - 320 = 2670 \text{ мл}$$

Для получения остаточного объема легких из величины Y необходимо вычесть объем Vp, который также замеряется по спирограмме:

$$Vp = 87 \text{ мм} \times 20 \text{ мл/мм} = 1740 \text{ мл}$$

$$Vo = V - Vp$$

$$Vo = 2990 - 1740 = 1250 \text{ мл}$$

Полученные величины приводятся либо к нормальным условиям, либо к температуре тела и состоянию насыщения водяными парами при температуре тела.

## 8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

По окончании работы отключите блок газоанализатор от блока спирографа.

Закройте штуцеры «вход» и «выход» этих блоков.

Периодически меняйте абсорбера. Срок работы абсорбера 8 часов.

Следите за тем, чтобы вентиль баллона с гелием всегда был закрыт.

## 9. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

№ п/п	Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
1.	Прибор не включается	Перегорел предохранитель	Проверить и заменить предохранитель
2.	Не горит сигнальная лампочка при нормальной работе прибора.	Перегорела лампочка	Заменить лампочку
3.	Газоанализатор не включается в работу	Перегорел предохранитель приемника газоанализатора	Открыть крышку приемника и заменить предохранитель

## 10. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

Приборы в упаковке предприятия-изготовителя должны храниться в закрытом помещении при температуре от минус 50 до плюс 40°C и относительной влажности 98% при 25°C и при более низких температурах без конденсации влаги.

## 11. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Результаты поверки прибора: величина мертвого пространства равна 5,2.

Прибор для определения остаточного объема легких ПООЛ-1, заводской №— соответствует техническим условиям 64-1-2127-72 и признан годным для эксплуатации.

м. п.

Дата выпуска Ноябрь 1978  
OTK 07Н-23

## 12. ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Изготовитель гарантирует нормальную работу прибора для определения остаточного объема легких в течение одного года при соблюдении правил хранения и эксплуатации.

Начало гарантийного срока исчисляется со дня получения изделия потребителем, но не позднее полугода со дня отгрузки предприятием-изготовителем.

Изготовитель систематически ведет работы по улучшению конструкции изделия. Поэтому в дальнейшем возможны некоторые ее изменения, не отраженных в настоящем описании.

Замечания о дефектах, обнаруженных во время эксплуатации прибора, а также пожелания по усовершенствованию его конструкции просим сообщать по адресу: 252655 ГСП, Киев-155, ул. Красноказачья, 21. Киевское производственное объединение «Медаппаратура».

По вопросу гарантийного ремонта обращайтесь в Киевское производственное объединение «Медаппаратура» или в ремонтные мастерские.

## 13. СВЕДЕНИЯ О КОНСЕРВАЦИИ И УПАКОВКЕ

Наружные металлические поверхности изделия, за исключением имеющих лакокрасочные покрытия, обезжирены и законсервированы консервационным маслом НГ-203 или ПВК.

Изделие обернуто парафинированной бумагой.

При соблюдении целостности упаковки и правил хранения предельный срок защиты без переконсервации — 5 лет.

Дата консервации 08.11.82

## ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВЫМИ СМЕСЯМИ

1. Изготовитель гарантирует сохранение состава газовой смеси согласно анализу в течение двух лет после аттестации газовой смеси. В случае наличия в газовой смеси аммиака более 1% объемных или гелия более 5 % объемных срок гарантии устанавливается 6 месяцев.
2. Данные анализа указанные в паспорте, гарантируются только для тары поставщика. Перепускать газовую смесь в другие емкости не рекомендуется.
3. При остаточном давлении в баллоне менее 10 кгс/см<sup>2</sup> данные, указанные в паспорте, не гарантируются.
4. Эксплуатация баллонов с данной газовой смесью разрешается при температуре от + 5°С до + 30°С.
5. Хранение, транспортирование и эксплуатация баллонов должны производиться согласно требованиям ГОСТ.

Начальник лаборатории  
газового анализа.

Лаборатория газового анализа  
Вилюсского завода газоанализа-  
торов

ПАСПОРТ

на газовую смесь № 2113  
Баллон № 2444

Емкость 1 л. Давление 50 кгс/см<sup>2</sup>

Количество газовой смеси 200 л

Компоненты	Объемные %	Погрешность анализа	Метод анализа
Водород			
Метан			
Двухатомный углерод			
Хлорород			
Азот			
Гелий	1,34	±0,04 по штату газод	
Воздух	ост.		
Аргон			

Данная газовая смесь соответствует требованиям

1325-05-1055

№ 2

Начальник лаборатории -

Ведомственный поверитель -

СССР

ИГС сертифицирована на установках, прошедших государственную поверку.

23 IX 1977