ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ
СОЮЗА ССР

ТРАНЗИСТОРЫ БИПОЛЯРНЫЕ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 18604.0—83 (СТ СЭВ 1622—79), ГОСТ 18604.1—80 (СТ СЭВ 3993—83), ГОСТ 18604.2—80(СТ СЭВ 4288—83), ГОСТ 18604.3—80 (СТ СЭВ 3999—83), ГОСТ 18604.4—74 (СТ СЭВ 3998—83), ГОСТ 18604.5—74 (СТ СЭВ 3998—83), ГОСТ 18604.6—74 (СТ СЭВ 3998—83), ГОСТ 18604.7—74, ГОСТ 18604.8—74, ГОСТ 18604.9—82, ГОСТ 18604.10—76, ГОСТ 18604.11—76 (СТ СЭВ 3996—83), ГОСТ 18604.13—77, ГОСТ 18604.14—77, ГОСТ 18604.15—77, ГОСТ 18604.16—78—ГОСТ 18604.19—78, ГОСТ 18604.20—78 (СТ СЭВ 3996—83), ГОСТ 18604.22—78 (СТ СЭВ 4289—83), ГОСТ 18604.23—80, ГОСТ 18604.24—81

Издание официальное

Цена 50 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ
СОЮЗА ССР

ТРАНЗИСТОРЫ БИПОЛЯРНЫЕ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 18604.0—83 (СТ СЭВ 1622—79), ГОСТ 18604.1—80 (СТ СЭВ 3993—83), ГОСТ 18604.2—80(СТ СЭВ 4288—83), ГОСТ 18604.3—80 (СТ СЭВ 3999—83), ГОСТ 18604.4—74 (СТ СЭВ 3998—83), ГОСТ 18604.5—74 (СТ СЭВ 3998—83), ГОСТ 18604.6—74 (СТ СЭВ 3998—83), ГОСТ 18604.7—74, ГОСТ 18604.8—74, ГОСТ 18604.9—82, ГОСТ 18604.10—76, ГОСТ 18604.11—76 (СТ СЭВ 3996—83), ГОСТ 18604.13—77, ГОСТ 18604.14—77, ГОСТ 18604.15—77, ГОСТ 18604.16—78— ГОСТ 18604.19—78, ГОСТ 18604.20—78 (СТ СЭВ 3996—83), ГОСТ 18604.22—78 (СТ СЭВ 4289—83), ГОСТ 18604.23—80, ГОСТ 18604.24—81

Издание официальное

Москва—1986

© Издательство стандартов, 1986

УДК 621.382.3:621.391.822.08:006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ТРАНЗИСТОРЫ БИПОЛЯРНЫЕ

Метод измерения коэффициента шума на высоких и сверхвысоких частотах

Transistors bipolar.
Noise figure measurement technique at high and ultra high frequencies

ГОСТ 18604.11—76*

(СТ СЭВ 3996—83)

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 2 июня 1976 г. № 1363 срок введения установлен

с 01.01.78

Проверен в 1982 г. Постановлением Госстандарта от 27.04.82 № 1682 срок действия продлен

до 01.01.88

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на биполярные транзисторы и устанавливает метод измерения коэффициента шума на высоких и сверхвысоких частотах в диапазоне 100 кГц—12 ГГц.

Общие условия при измерении коэффициента шума должны соответствовать требованиям ГОСТ 18604.0—83.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3996—83 в части измерения коэффициента шума на высоких и сверхвысоких частотах (справочное приложение 3).

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

1. АППАРАТУРА

1.1. Измерительные установки, предназначенные для измерения коэффициента шума транзистора, должны обеспечивать основную погрешность в пределах ±1 дБ, на частотах измерения ниже 180 МГц и в пределах ±0,6 дБ, на частотах измерения со 180 МГц и выше.

1.2. Измерение коэффициента шума производят на фиксированной частоте.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

* *Переиздание (декабрь 1985 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в июле 1979 г., апреле 1984 г. (ИУС 9—79, 8—84).*

1.3. Конкретная схема, режим и условия измерения коэффициента шума (частота измерения, тока эмиттера, напряжение коллектора, входное сопротивление генератора шума и пр.) указывают в стандартах или технических условиях на транзисторы конкретных типов.

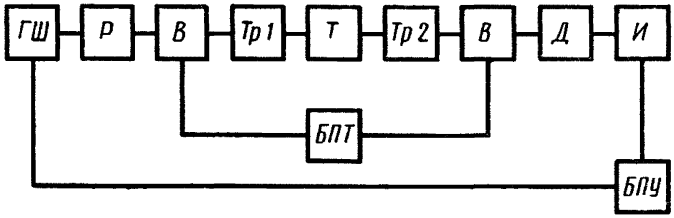
В справочных приложениях 1 и 2 приведены методы измерения коэффициента шума.

Температура окружающей среды при измерении должна быть в пределах (25±10) °С.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2. ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЮ

2.1. Структурная схема измерения коэффициента шума должна соответствовать указанной на чертеже.



ГШ—генератор шума; *Р*—развязка генератора шума (в ряде случаев может отсутствовать); *Тр1*—входной трансформатор полных сопротивлений; *Т*—измеряемый транзистор; *Тр2*—выходной трансформатор полных сопротивлений; *И*—индикатор; *БПУ*—блок питания и управления измерителя коэффициента шума; *БПТ*—блок питания транзистора по постоянному току; *В*—ввод питания (при подаче питания через контактное устройство *В* может отсутствовать); *Д*—вентиль (в ряде случаев может отсутствовать)

2.2. Элементы, входящие в электрическую схему, должны удовлетворять следующим требованиям.

2.2.1. В качестве генератора шума применяют источники шумового сигнала. В случае использования вакуумного шумового диода значение мощности шума на 1 Гц полосы $P_{гш}$ в ваттах определяют по формуле

$$P_{гш}=0{,}5qI_aR_г,$$

где I_a — ток анода шумового диода, А;

$R_г$ — сопротивление генератора шума, Ом;

q — заряд электрона, Кл.

При использовании других генераторов шума (например полупроводникового или газоразрядного) выходной уровень значения спектральной плотности шума приводят в градуировочном графике паспортных данных генератора шума.

Генератор шума должен быть откалиброван в единицах шумовой мощности, напряжения шума или относительной шумовой температуры.

Допускается калибровка генератора шума в единицах избыточной шумовой температуры или в единицах коэффициента шума.

Допускается измерение коэффициента шума при работе генератора шума как в непрерывном режиме, так и в режиме импульсной модуляции.

Выходное сопротивление генератора шума должно быть равно 50 или 75 Ом.

2.2.2. Развязку *Р* применяют для снижения спектральной плотности мощности шума генератора шума. В качестве развязки генератора шума используют резистивный аттенюатор или ферритовый вентиль, либо направленный ответвитель.

При применении развязки градуировку генератора шума рекомендуется проводить совместно с развязкой.

2.2.3. Входной трансформатор полных сопротивлений *Тр1* предназначен для преобразования выходного сопротивления генератора шума в комплексно-сопряженное значение входному полному сопротивлению измеряемого транзистора или в оптимальное полное сопротивление, обеспечивающее минимальное значение коэффициента шума.

Рекомендуется применять регулируемые трансформаторы полных сопротивлений *Тр1*.

При определенных условиях измерения коэффициента шума, указанных в стандартах или технических условиях на транзисторы конкретных типов, трансформатор полных сопротивлений *Тр1* в схеме может отсутствовать.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

2.2.4. Выходной трансформатор полных сопротивлений *Тр2* применяют для согласования полного выходного сопротивления измеряемого транзистора с полным входным сопротивлением индикатора *И*. Рекомендуется применять регулируемые трансформаторы *Тр2*.

Выходная цепь измеряемого транзистора может быть нагружена элементом с фиксированным полным сопротивлением, значение которого устанавливается в стандартах или технических условиях на транзисторы конкретных типов. В этом случае выходной трансформатор полных сопротивлений *Тр2* в схеме может отсутствовать.

2.2.5. Индикатор *И* должен реагировать на среднее квадратическое значение подаваемого сигнала. Шкалу индикатора рекомендуется градуировать непосредственно в единицах коэффициента шума или в децибелах.

При отсчете измеряемого коэффициента шума по шкале калибровочного генератора шума допускается шкалу индикатора

градуировать в единицах напряжения, мощности или относительной шумовой температуры в зависимости от калибровочного параметра генератора шума.

Собственный уровень шумов индикатора должен быть таким, чтобы обеспечивать требуемую погрешность измерения. Должна быть предусмотрена возможность компенсации собственных шумов индикатора, либо должен производиться их учет.

2.2.4, 2.2.5. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1. Транзистор включают в схему и устанавливают режим по постоянному току.

3.2. Измерение проводят следующим образом.

3.2.1. Перед измерением проводят калибровку. При выключенном генераторе шума устанавливают определенное показание α индикатора *И*, регулируя его коэффициент усиления.

3.2.2. Включают генератор шума.

Если уровень мощности на выходе генератора шума регулируется, изменяют уровень выходного сигнала генератора шума до тех пор, пока уровень шумов на выходе транзистора не увеличится в n раз.

Если уровень мощности на выходе генератора шума не регулируется, измеряют показания на выходе индикатора α' и вычисляют отношение показаний

$$n = \frac{\alpha'}{\alpha} .$$

Допускается до включения генератора шума снизить коэффициент усиления по мощности индикатора в n раз и затем, включив генератор, изменить уровень его выходного сигнала до тех пор, пока не будет достигнуто прежнее показание α индикатора *И*.

3.2.3. Если в стандарте на конкретный тип транзистора задан оптимальный коэффициент шума, то трансформатор *Тр2* настраивают на максимальное усиление, а трансформатор *Тр1* — на минимальный коэффициент шума.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Значение коэффициента шума $K_ш$ отсчитывают по шкале генератора шума и определяют в относительных единицах или в децибелах ($K_ш$ (дБ) $= 10 \lg K_ш$ (ед)) по формуле

$$K_ш = \frac{U^2_{гш}}{4KT_0R_г(n-1)} = \frac{U^2_г}{4KT_0R_г(n-1)\Delta f} = \frac{P_{гш}-KT_0}{KT_0(n-1)} = \frac{T_{гш}-T_0}{T_0(n-1)} ,$$

где $U_{гш}$ — среднее квадратическое значение напряжения шума генератора шума *ГШ* на 1 Гц полосы;

$U_г$ — значение напряжения генератора шума;

$P_{гш}$ — мощность шума генератора шума на 1 Гц полосы;

$R_г$ — выходное сопротивление источника сигнала (генератора шума *ГШ* или значение резистора);

T_0 — температура, K, $T_0=293$ К;

$T_{гш}$ — шумовая температура генератора шума;

Δf — ширина эффективной шумовой полосы пропускания;

K — постоянная Больцмана, $K=1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Справочное

МЕТОД УДВОЕНИЯ

1. Аппаратура

1.1. Аппаратура — в соответствии с требованиями разд. 1 настоящего стандарта.

2. Подготовка к измерению

2.1. Структурная схема измерения коэффициента шума должна соответствовать указанной на чертеже настоящего стандарта.

2.2. Требования к основным элементам, входящим в схему, должны соответствовать установленным в п. 2.2 настоящего стандарта.

2.3. Для уменьшения погрешности отсчета рекомендуется в измерительный тракт включать трехдецибельный ослабитель, который позволяет осуществлять отсчет первоначальной и удвоенной мощности на выходе в одной и той же точке шкалы.

3. Проведение измерения и обработка результатов

3.1. Измерение коэффициента шума $K_ш$ проводят в соответствии с требованиями, изложенными в пп. 3.1—3.2.2 настоящего стандарта при $n=2$.

3.2. Значение коэффициента шума $K_ш$ отсчитывают по шкале генератора шума в соответствии с соотношением:

$$K_ш=\frac{U^2_{гш}}{4KT_0R_г}=\frac{U^2_г}{4KT_0R_г\Delta f}=\frac{P_{гш}-KT_0}{KT_0}=\frac{T-T_0}{T_0}\ .$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

МОДУЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

Принцип метода основан на отделении измеряемого шумового сигнала от прочих шумовых сигналов посредством его модуляции. Применение модуляции шумового сигнала позволяет в течение одного полупериода модуляции проводить отсчет одного из измеряемых уровней шумовой мощности, а в течение другого полупериода — отсчет другого измеряемого уровня шумовой мощности.

Рекомендуется применять электронную обработку сигнала, обеспечивающую непосредственный отсчет коэффициента шума.

Модуляционный метод измерения коэффициента шума по принципу модуляции генератора шума делится на:

метод измерения коэффициента шума с модуляцией генератора шума между двумя фиксированными уровнями мощности, один из которых соответствует шумовой температуре T_1, а другой — шумовой температуре T_2;

метод измерения коэффициента шума с модуляцией генератора шума между фиксированным и переменным уровнем.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА С МОДУЛЯЦИЕЙ ГЕНЕРАТОРА ШУМА МЕЖДУ ДВУМЯ ФИКСИРОВАННЫМИ УРОВНЯМИ

1. Аппаратура

1.1. Аппаратура — в соответствии с разд. 1 настоящего стандарта.

2. Подготовка к измерению

2.1. Структурная схема измерения коэффициента шума $K_{ш}$ соответствует указанной на чертеже настоящего стандарта.

2.2. Требования к основным элементам, входящим в схему измерения, должны удовлетворять установленным в п. 2.2 настоящего стандарта.

3. Проведение измерения и обработка результатов

3.1. Генератор шума градуируется в значениях избыточной шумовой температуры, которая в относительных единицах выражается в виде

$$t=\frac{T_2-T_1}{T_1}=\frac{T_2}{T_1}-1.$$

Обычно $T_1=T_0=293$ К. При измерении малых значений коэффициента шума (менее 2 ед.) рекомендуется использовать генератор шума с охлажденной нагрузкой ($T_1<T_0$).

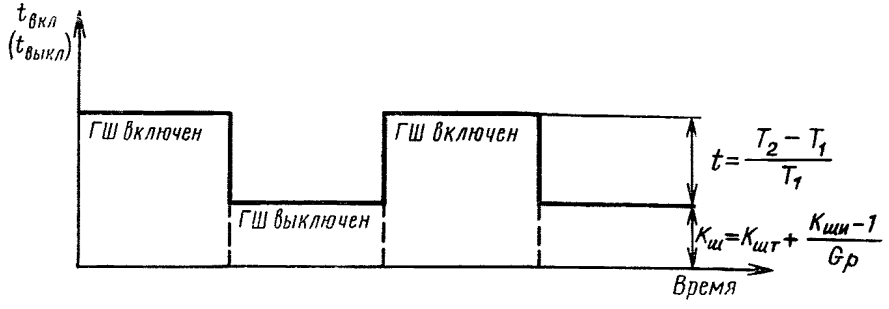
В случае охлаждения генератора жидким азотом эффективная температура на его выходе лежит в пределах 80—100 К.

График изменения шумовой мощности от времени на выходе генератора шума и на входе измеряемого транзистора представлен на чертеже настоящего приложения.

3.2. Индикатор *И* настраивают на частоту модуляции сигнала.

3.3. Чтобы обеспечить постоянство калибровки при настройке входного трансформатора *Тр1* на минимальный коэффициент шума, а также при изменении режима питания транзистора, рекомендуется применение системы автоматической регулировки усиления (АРУ), которая должна обеспечивать постоянство усиления тракта между генератором шума и индикатором.

В результате работы АРУ, несмотря на перестройку трансформаторов на входе и выходе транзистора, усиление в тракте остается постоянным и равным тому значению, которое устанавливается при калибровке.



3.4. Измерение коэффициента шума $K_ш$ соответствует требованиям, изложенным в разд. 3 настоящего стандарта.

3.5. Перед измерением проводят калибровку индикатора $И$ — выставляют на шкале индикатора значение β_1, пропорциональное относительной избыточной шумовой температуре t.

3.6. В режиме измерения в индикаторе включается дополнительная модуляция, которая выключает измерительный тракт в тот полупериод, когда генератор шума включен. Следовательно, в режиме измерения показание индикатора, равное β_2, пропорционально

$$K_ш=\frac{T_1+T_{вх}}{T_1},$$

где $T_{вх}$ — шумовая температура, пересчитанная ко входу измеряемого транзистора.

При $T_1<T_0$ измеряют коэффициент шума по отношению к шумовой температуре охлажденного генератора T_1, который обозначают $K_{ш\,хол}$.

Значение коэффициента шума по отношению к генератору шума с температурой T_0 определяют

$$K_ш=(K_{ш\,хол.}-1)\frac{T_1}{T_0}+1.$$

2.7. Значение коэффициента шума $K_ш$ вычисляют по формуле

$$K_ш=\frac{\beta_2}{\beta_1}t.$$

Если численное значение $\beta_1=t$, то $K_ш=\beta_2$.

3.8. Измеренный коэффициент шума транзистора $K_ш$ определяют по формуле

$$K_ш=K_{шт}+\frac{K_{ши}-1}{G_p},$$

где $K_ш$ — измеренный коэффициент шума;

$K_{ши}$ — коэффициент шума индикатора;

G_p — коэффициент усиления по мощности транзистора;

$K_{шт}$ — коэффициент шума транзистора.

Если собственные шумы индикатора скомпенсировать таким образом, чтобы $K_{ши}=1$, то значение коэффициента шума транзистора будет равно измеренному.

Компенсацию собственных шумов индикатора осуществляют при включении между входным и выходным зажимами короткозамыкающей перемычки вместо транзистора.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА С МОДУЛЯЦИЕЙ ГЕНЕРАТОРА ШУМА МЕЖДУ ФИКСИРОВАННЫМ И ПЕРЕМЕННЫМ УРОВНЕМ

1. Аппаратура

1.1. Аппаратура — в соответствии с разд. 1 настоящего стандарта.

2. Подготовка и проведение измерения

2.1. Структурная схема измерения коэффициента шума $K_{ш}$ соответствует указанной на чертеже настоящего стандарта. В качестве *ГШ* допускается применять электровакуумный генератор шума.

2.2. В структурную схему измерения дополнительно включают ослабитель на 3 дБ, который модулируется синхронно с генератором шума. В первый полупериод, когда генератор шума включен на уровень шумовой мощности, соответствующей некоторому значению $T_{гш}$, ослабитель имеет затухание по мощности в 2 раза (3 дБ). В следующий полупериод ослабитель имеет нулевое затухание, а шумовая температура генератора шума равна T_0.

Автоматика системы измерения управляет током генератора шума таким образом, чтобы переменная огибающая шумового сигнала на выходе трехдецибельного ослабителя обращалась в нуль.

2.3. Требования к основным элементам, входящим в схему измерения, должны соответствовать установленным в п. 2.2 настоящего стандарта.

3. Обработка результатов

3.1. Коэффициент шума $K_{ш}$ определяется током электровакуумного генератора шума в момент нулевого баланса

$$K_{ш}=20I_{a}R_{0},$$

где I_a — ток электровакуумного генератора шума, А;

R_0 — сопротивление электровакуумного генератора шума, Ом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Справочное

Информационные данные о соответствии ГОСТ 18604.11—76 СТ СЭВ 3996—83

Раздел или пункт ГОСТ 18604,11—76	Раздел или пункт СТ СЭВ 3996—83
П. 1.1	Разд. 3
П. 2.1	П. 4.1
П. 2.2.2	Пп. 4.2, 4.6
П. 2.2.3	П. 4.3
П. 2.2.4	П. 4.4
П. 2.2.5	Пп. 4.5, 4.7
Разд. 3	Разд. 5
Разд. 4	Разд. 6
Приложение 1, п. 3.3	П. 4.10

(Введено дополнительно, Изм. № 2).

СОДЕРЖАНИЕ

ГОСТ 18604.0—83 (СТ СЭВ 16622—79)	Транзисторы биполярные. Общие требования при измерении электрических параметров	3
ГОСТ 18604.1—80 (СТ СЭВ 3993—83)	Транзисторы биполярные. Метод измерения постоянной времени цепи обратной связи на высокой частоте	7
ГОСТ 18604.2—80 (СТ СЭВ 4288—83)	Транзисторы биполярные. Методы измерения статического коэффициента передачи тока	21
ГОСТ 18604.3—80 (СТ СЭВ 3999—83)	Транзисторы биполярные. Метод измерения емкостей коллекторного и эмиттерного перехода	36
ГОСТ 18604.4—74 (СТ СЭВ 3998—83)	Транзисторы. Метод измерения обратного тока коллектора	45
ГОСТ 18604.5—74 (СТ СЭВ 3998—83)	Транзисторы. Метод измерения обратного тока коллектора-эмиттера	49
ГОСТ 18604.6—74 (СТ СЭВ 3998—83)	Транзисторы. Метод измерения обратного тока эмиттера	53
ГОСТ 18604.7—74	Транзисторы. Метод измерения коэффициента передачи тока	57
ГОСТ 18604.8—74	Транзисторы. Метод измерения выходной проводимости	65
ГОСТ 18604.9—82	Транзисторы биполярные. Методы определения граничной и предельной частот коэффициента передачи тока	70
ГОСТ 18604.10—76	Транзисторы биполярные. Метод измерения входного сопротивления	87
ГОСТ 18604.11—76 (СТ СЭВ 3996—83)	Транзисторы биполярные. Метод измерения коэффициента шума на высоких и сверхвысоких частотах	97
ГОСТ 18604.13—77	Транзисторы биполярные СВЧ генераторные. Метод измерения выходной мощности и определение коэффициента усиления по мощности и коэффициента полезного действия коллектора	107
ГОСТ 18604.14—77	Транзисторы биполярные СВЧ генераторные. Метод измерения модуля коэффициента обратной передачи	114
ГОСТ 18604.15—77	Транзисторы биполярные СВЧ генераторные. Методы измерения критического тока	117
ГОСТ 18604.16—78	Транзисторы биполярные. Метод измерения коэффициента обратной связи по напряжению в режиме малого сигнала	119
ГОСТ 18604.17—78	Транзисторы биполярные. Метод измерения плавающего напряжения эмиттер-база	123
ГОСТ 18604.18—78	Транзисторы биполярные. Методы измерения статической крутизны прямой передачи	125
ГОСТ 18604.19—78	Транзисторы биполярные. Методы измерения граничного напряжения	131

ГОСТ 18604.20—78 (СТ СЭВ 3996—83) Транзисторы биполярные. Методы измерения коэффициента шума на низкой частоте . . . 136

ГОСТ 18604.22—78 (СТ СЭВ 4289—83) Транзисторы биполярные. Методы измерения напряжения насыщения коллектор-эмиттер и база-эмиттер 142

ГОСТ 18604.23—80 Транзисторы биполярные. Метод измерения коэффициентов комбинационных составляющих . 149

ГОСТ 18604.24—81 Транзисторы биполярные высокочастотные генераторные. Метод измерения выходной мощности и определение коэффициента усиления по мощности и коэффициента полезного действия коллектора 156

Редактор *В. С. Бабкина*
Технический редактор *Л. Я. Митрофанова*
Корректор *О. Я. Чернецова*

Сдано в наб. 13.03.85 Подп. в печ. 19.02.86 10,25 п. л. 10,38 усл. кр.-отт. 9,97 уч.-изд. л. Тир. 10000 Цена 50 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256, Зак. 256