ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

МЕТОДИКА

ПОВЕРКИ ОБРАЗЦОВ ЦВЕТА

МИ 25—74

МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1979

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

МЕТОДИКА
ПОВЕРКИ ОБРАЗЦОВ ЦВЕТА
МИ 25—74

МОСКВА 1979

©Издательство стандартов, 1979

УДК 535.65

МЕТОДИКА

ПОВЕРКИ ОБРАЗЦОВ ЦВЕТА
МИ 25—74

Настоящая методика распространяется на твердые нелюминесцирующие прозрачные и отражающие образцы цвета, служащие образцовыми и рабочими мерами цвета, и устанавливает методы и средства их поверки при выпуске из производства, ремонта и в процессе эксплуатации.

В методике учтены требования рекомендаций СЭВ по стандартизации — РС 2265—69 и РС 2266—69.

1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номера пунктов настоящей методики	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
Чистка поверхности	3.1	Нейтральное мыло, дистиллированная вода, спирт-ректификат по ГОСТ 5962—67, замша, стираные шелковая и хлопчатобумажная ткани и поролоновая губка
Внешний осмотр	4.1	Лупа с 2- или 3-кратным увеличением, люксметр
Проверка однородности по цвету	4.2	Компаратор цвета типа ЭКЦ-1 или типа ФКЦ-ШМ наборы стандартных* образцов цвета (прозрачных и отражающих)
Нанесение обозначения	4.4	Алмазный карандаш, пантограф, вращающийся алюминиевый диск

* Здесь и далее термином «стандартный образец цвета» условно обозначена образцовая мера цвета более высокого разряда, чем поверяемая. Образец цвета, подлежащий поверке, обозначают термином «поверяемый образец» или «исследуемый образец» независимо от того, является ли он стандартным или нет.

Продолжение табл. 1

Наименование операции	Номера пунктов настоящей методики	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
Определение метрологических параметров	4.5	—
Определение спектральных коэффициентов пропускания и отражения	4.5.2	Спектрофотометр типа СФ-10 или СФ-14; стандартные образцы белой поверхности из молочного стекла МС-14 или МС-20 Металлическая масштабная линейка Набор прозрачных стандартных образцов цвета (34 образца)
Определение координат цвета	4.5.3	Спектрофотометр типа СФ-10 или типа СФ-14 Визуальный колориметр ВНИИМ. Набор стандартных прозрачных образцов цвета (34 образца) Набор стандартных отражающих образцов цвета (15 образцов) Атлас стандартных образцов цвета Стандартный образец белой поверхности из молочного стекла МС-14 или МС-20 Источник освещения *А* и стеклянные светофильтры дневного света для воспроизведения источников *В* и *С* (ГОСТ 7721—76) Компараторы цвета типа ЭКЦ-1 или типа ФКЦ-ШМ Таблицы основных колориметрических величин (М., Издательство комитета стандартов при СМ СССР, 1967)

1.2. Допускается применять другие средства поверки, удовлетворяющие по точности требованиям настоящей методики.

1.3. Вышеуказанные средства измерений должны иметь действующий документ об аттестации или поверке.

1.4. Работу со средствами поверки и поверяемыми образцами следует проводить согласно инструкциям по эксплуатации.

1.5. Образцы цвета поверяют при помощи образцов более высокого разряда, чем исследуемые.

1.6. Краткие описания спектрофотометров, визуального колориметра ВНИИМ и компараторов цвета приведены в приложениях 1—3.

2. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия.

2.1.1. Необходимо соблюдать режим эксплуатации источника освещения, при котором обеспечивается спектральное распределение энергии источника и цветовая температура в соответствии с требованиями ГОСТ 7721—76.

2.1.2. С образцами цвета необходимо аккуратно обращаться:

не допускается прикосновение к поверхности металлическими предметами;

держатели образцов на приборах должны быть оклеены замшей, сукном, резиной и т. п.;

брать образцы руками допускается только за торцы.

2.1.3. Температура воздуха в помещении, где проводят поверку, должна быть 20±5°С, а относительная влажность воздуха 65±15%.

3. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

3.1. Перед проведением поверки поверхности образцов должны быть очищены.

Образцы цвета (прозрачные и отражающие) моют теплой водой с мылом мягкой поролоновой губкой и вытирают мягкой стираной хлопчатобумажной тканью, после чего протирают спиртом, вытирают мягкой шелковой тканью и окончательно протирают замшей.

Примечание. Образцы, защищенные бутиральной пленкой, следует мыть только водой с мылом. Применять спирт запрещается.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие образца цвета следующим требованиям. Поверхность образца не должна иметь царапин, трещин, свилей, вкраплений и т. п. Осмотр производят при освещенности не менее 300 лк через лупу. Незначительные дефекты — выколки, пузыри, раковины — допускаются лишь по краям в неиспользуемой зоне образцов.

4.2. Проверка однородности образцов по цвету.

Различные участки поверхности исследуемого образца (четыре угла и центр) сравнивают на компараторе по цвету с одним и тем же участком любого образца, близкого по цвету к поверяемому. Разница между получаемыми отсчетами при определении отношения каждой из координат цвета в разных участках образца не должна превышать 0,002.

4.3. Образцы цвета, не удовлетворяющие требованиям пп. 4.1 и 4.2, дальнейшей поверке не подлежат.

4.4. Нанесение обозначений

4.4.1. Обозначение наносят на образец только один раз при первой поверке. Перед измерениями на образцах должны быть поставлены порядковые номера, месяц и год поверки, а также клей-

мо поверяющей организации (например, 5-III-72, ВНИИМ). Обозначение наносят алмазным карандашом, пантографом или вращающимся алюминиевым диском. На прозрачных образцах обозначение наносят в левом верхнем углу или на торце образца (при достаточной толщине образца). На отражающих образцах обозначение наносят на торце образца или на обратной нерабочей стороне и в исключительных случаях в левом верхнем углу. Размер цифр не должен превышать 3×3 мм.

4.5. Определение метрологических параметров

4.5.1. Поверка прозрачных и отражающих образцов цвета заключается в определении спектральных коэффициентов пропускания (отражения) в видимой области спектра от 400 до 750 нм и определении координат цвета при заданном источнике освещения. Эти величины для прозрачных образцов измеряют относительно свободного пучка света, а для отражающих образцов — относительно стандартного образца белой поверхности с известными спектральным и общим коэффициентами отражения.

4.5.2. Определение спектральных коэффициентов пропускания и отражения

а) Настройка спектрофотометра

Перед началом работы необходимо настроить спектрофотометр и проверить его состояние. Для этого выполняют следующее:

включают поочередно тумблеры прибора (сеть, лампа, модулятор);

открывают окно в кожухе и, перемещая юстировочные рукоятки лампы (вправо, влево, вверх и вниз), добиваются, чтобы изображение нити лампы перекрывало входное отверстие объектива;

блок записи аккуратно подрезают снизу (под осью длин волн) по прямой линии, параллельной оси длин волн, строго по указанным рискам.

Примечание. Правильность изготовления бланка записи проверяют масштабной линейкой. Размер сетки на бланке должен быть:
по абсциссе (по шкале длины волн) — 218,7 мм;
по ординате — 250,0 мм;

при навивке бланка на барабан длин волн необходимо следить за тем, чтобы край бланка упирался в правый ограничитель барабана. Указатель шкалы длин волн при этом должен быть поставлен на отметку 400 нм, а барабан с навитым бланком затем должен быть повернут вхолостую так, чтобы острие пера пришлось против отметки 400 нм по шкале длин волн. Правильность навивки бланка проверяют при включении прибора в сеть. При любой заданной длине волны и изменении направления движения пера включением тумблера «изменение направления» перо самописца должно следовать вдоль ординат графика;

проверяют запись так называемой «стопроцентной линии», когда оба пучка в приборе остаются свободными, а в нижнее отверстие светоизмерительного шара помещены два любых образца

белой поверхности с одинаковыми коэффициентами отражения по спектру, определенными с той точностью, которую обеспечивает данный спектрофотометр. Перо самописца при включенных тумблерах «развертка спектра» и «отработка» должно провести прямую линию, параллельную оси абсцисс, с ординатой $100 \pm 0{,}5\%$. Это достигается регулированием призмы Рошона при помощи юстировочного винта.

Примечание. Если применяют образец с двумя аттестованными поверхностями, то во избежание повреждения штифтом от прижима спектрофотометра стороны, противоположной используемой, подкладывают гладкую мягкую прокладку;

проверяют правильность градуировки шкалы длин волн путем записи спектра пропускания стандартного образца из неодимового стекла. Значения длин волн в минимумах и максимумах пропускания неодимового стекла должны быть указаны в свидетельстве на этот образец.

Примечание. Шкалу длин волн можно проверить также по линиям ртути с длинами волн 404,7; 435,8; 491,6; 546,1; 577,0; 623,4 и 690,7 нм;

проверяют показания прибора по фотометрической шкале по любому прозрачному образцу цвета из набора;

выбирают скорость записи в соответствии с характером кривой коэффициента отражения (пропускания) исследуемого образца. Для образцов насыщенных цветов скорость выбирают минимальной, для белых, серых и слабоокрашенных — максимальной.

б) Проведение измерения

Для измерения спектрального коэффициента пропускания $\tau(\lambda)$ исследуемый прозрачный образец укрепляют в специальный держатель, который помещают в левый (если наблюдатель стоит лицом к панели управления прибором) пучок света, сдвигая держатель вдоль направляющей до упора. Включают сначала тумблер «отработка», а затем тумблер «развертка спектра». Кривая записи на бланке в этом случае дает изменение коэффициента пропускания исследуемого образца при длинах волн от 400 до 750 нм.

При измерении спектрального коэффициента отражения $\varrho(\lambda)$ исследуемый образец помещают перед левым отверстием шара вместо образца белой поверхности (поставленного при настройке). Если требуется измерить коэффициент отражения блестящего образца при условии исключения зеркальной составляющей, то в фотометрическом шаре против образца устанавливается «ловушка».

Кривая записи на бланке в этом случае характеризует спектральный коэффициент отражения этого образца относительно коэффициента отражения $\varrho_0(\lambda)$ образца белой поверхности и выражается формулой

$$n(\lambda) = \frac{\varrho(\lambda)}{\varrho_0(\lambda)},$$

где $n(\lambda)$ — значение ординаты кривой на графике.

Следовательно, для получения значений $\varrho(\lambda)$ необходимо ординаты кривой, взятые через определенные интервалы длин волн, умножить на значения $\varrho_0(\lambda)$.

Примечания:

1. При особо точных измерениях коэффициентов пропускания и отражения следует учитывать отступления «стопроцентной линии» от идеального значения. Для этого полученные при измерении значения ординаты кривых следует разделить на значения соответствующих ординат «стопроцентной линии».

2. Для определения правильности установки образца перед отверстием фотометрического шара (если размеры образца меньше размеров отверстия), устанавливают область спектра, при которой образец отражает достаточное для наблюдения количество света. Открывают верхнюю «заглушку» шара и через отверстие в нем наблюдают световое пятно на образце, которое при правильной установке образца должно проектироваться в его центре.

Абсолютная погрешность измерений — 0,5%. Результаты измерений воспроизводятся при одной и той же настройке прибора с отклонениями, не превышающими 0,1%.

в) Порядок представления результатов при измерениях спектральных коэффициентов пропускания (отражения) приведен в приложении 4.

4.5.3. Определение координат цвета

4.5.3.1. Визуальный метод

Визуальный метод применяют в двух формах:

в форме визуального сличения цвета поверяемого образца с цветом образца из атласа стандартных образцов цвета. Из аттестата, прилагаемого к атласу, определяют координаты цвета образца по международной колориметрической системе *XYZ* при стандартном источнике света, при котором производились визуальные сличения;

в форме визуального уравнения измеряемого цвета с цветом поля сравнения, образованного смешением трех основных цветов визуального колориметра.

Измеряемый цвет $\vec{Ц}$ выражается как сумма трех цветов прибора — $\vec{К}$; $\vec{З}$; $\vec{С}$, взятых в определенных количествах $\bar{к}$; $\bar{з}$; $\bar{с}$, которые являются отсчетами по шкалам прибора и выражают координаты измеряемого цвета в системе КЗС. Результат измерений записывают в виде равенства

$$\vec{Ц}=\bar{к}\vec{К}+\bar{з}\vec{З}+\bar{с}\vec{С}.$$

В том случае, когда измеряемый цвет обладает высокой насыщенностью и его не удается уравнять смешением трех цветов прибора, прибегают к методу разбавления. В этом случае к цвету $\vec{Ц}$ добавляют какой-либо цвет $\vec{Б}$, например белый, или дополнительный к измеряемому цвету и измеряют суммарный цвет.

Цветовое равенство записывают в виде

$$\vec{Ц}+\vec{Б}=\bar{к}_1\vec{К}+\bar{з}_1\vec{З}+\bar{с}_1\vec{С}.$$

Координаты цвета $\vec{Б}$ — $\bar{к}_0$; $\bar{з}_0$; $\bar{с}_0$ — измеряют затем на том же колориметре и записывают результат в виде

$$\vec{Б}=\bar{к}_0\vec{К}+\bar{з}_0\vec{З}+\bar{с}_0\vec{С}.$$

Подставляя значение цвета $\vec{Б}$ в предыдущее уравнение, получают цветовое равенство для цвета $\vec{Ц}$ с известными координатами:

$$\vec{Ц}=(\overline{к_1}-\overline{к_0})\vec{К}+(\overline{з_1}-\overline{з_0})\vec{З}+(\overline{с_1}-\overline{с_0})\vec{С}.$$

Результаты измерений на приборе необходимо выразить в международной колориметрической системе *XYZ*, пользуясь уравнениями градуировки (см. п. 4.5.3.1.*а*), которые выражают единичные цвета прибора через единичные цвета системы *XYZ*.

а) Градуировка колориметра

Непосредственно перед измерениями необходимо произвести градуировку приборов. Для этого первоначально фотометрированием сравнивают яркость белого экрана *5* (см. приложение 2), освещаемого поочередно каждой из трех ламп *6*, *7* и *8* с яркостью такого же белого экрана *1*, помещаемого вместо образца, и освещаемого лампой *18*. При этом цветные светофильтры (*9*, *10*, *11* и *19*) снимают, а свет от двух других ламп заслоняют непрозрачными щитками. Такие визуальные уравнивания для лампы повторяют от трех до пяти раз, а затем определяют средние значения. В результате этих измерений определяют относительные значения энергетических яркостей χ_1, χ_2 и χ_3 ламп *6*, *7*, *8* и *18*. При этом яркость χ_4 принимают за единицу. Затем получают уравнения градуировки следующим образом. Из аттестата прибора берут значения цветовых координат трех цветов $\vec{К}$; $\vec{З}$ и $\vec{С}$, выбранных в данных измерениях за основные, и записывают уравнения

$$\vec{К}=\overline{x_1}\vec{X}+\overline{y_1}\vec{Y}+\overline{z_1}\vec{Z},$$
$$\vec{З}=\overline{x_2}\vec{X}+\overline{y_2}\vec{Y}+\overline{z_2}\vec{Z},$$
$$\vec{С}=\overline{x_3}\vec{X}+\overline{y_3}\vec{Y}+\overline{z_3}\vec{Z},$$

где $\overline{x_i}$, $\overline{y_i}$, $\overline{z_i}$ — координаты цветов $\vec{К}$; $\vec{З}$ и $\vec{С}$ прибора;

$i=1, 2$ и 3;

$\vec{X}\vec{Y}\vec{Z}$ — единичные цвета международной системы.

Умножив цвета $\vec{К}$, $\vec{З}$ и $\vec{С}$ на χ_1, χ_2, χ_3 соответственно, получаем единичные цвета системы прибора, выраженные через единичные цвета системы *XYZ*, т. е. уравнения градуировки прибора.

$$\vec{F}_1=\chi_1\vec{К}=\overline{a_1}\vec{X}+\overline{b_1}\vec{Y}+\overline{c_1}\vec{Z},$$
$$\vec{F}_2=\chi_2\vec{З}=\overline{a_2}\vec{X}+\overline{b_2}\vec{Y}+\overline{c_2}\vec{Z},$$
$$\vec{F}_3=\chi_3\vec{С}=\overline{a_3}\vec{X}+\overline{b_3}\vec{Y}+\overline{c_3}\vec{Z},$$

где $\overline{a_i}$, $\overline{b_i}$, $\overline{c_i}$ — коэффициенты градуировки или координаты цветов $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ прибора в системе *XYZ*.

$i=1; 2$ и 3

б) Измерения на колориметре

Устанавливают визуальное колориметрическое равенство полей зрения и получают четыре отсчета по соответствующим шкалам

прибора. Равенство устанавливают от 3 до 5 раз, при этом один отсчет положения лампы *18* необходимо сохранять постоянным. Форма протокола измерений и порядок расчета координат цвета в системе приведены в приложении 4, п. 2.

в) Координаты цвета измеряют на колориметре с относительной погрешностью порядка

$$\frac{\Delta\bar{x}}{\bar{x}}\cdot 100=1{,}5\%;\ \frac{\Delta\bar{y}}{\bar{y}}\cdot 100=1{,}5\%;\ \frac{\Delta\bar{z}}{\bar{z}}\cdot 100=3{,}0\%.$$

При измерении насыщенных цветов погрешность удваивается.

4.5.3.2. Расчетный метод

Расчетный метод основан на данных измерений спектральных коэффициентов отражения (пропускания) образцов (см. п. 4.5.2) и последующем вычислении координат цвета по формулам

$$\bar{x}=\sum_{\lambda=400}^{750}E(\lambda)\tau(\lambda)\bar{x}(\lambda)\Delta\lambda,$$

$$\bar{y}=\sum_{\lambda=400}^{750}E(\lambda)\tau(\lambda)\bar{y}(\lambda)\Delta\lambda,$$

$$\bar{z}=\sum_{\lambda=400}^{750}E(\lambda)\tau(\lambda)\bar{z}(\lambda)\Delta\lambda,$$

где $E(\lambda)$ — спектральное распределение энергии источника излучения (по таблицам основных колориметрических величин);

$\tau(\lambda)$ — спектральный коэффициент пропускания (отражения);

$\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ — международные стандартизованные функции сложения цветов (по таблицам основных колориметрических величин);

$\Delta\lambda$ — ширина спектрального интервала.

Расчет может быть выполнен как способом взвешенных ординат, так и способом избранных ординат. При этом необходимо пользоваться спектральными интервалами или числом ординат, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Поверяемые образцы	$\Delta\lambda$, нм (способ взвешенных ординат)	Число избранных ординат (способ избранных ординат)
Неселективные (прозрачные и отражающие)	20	10
Прозрачные и отражающие, за исключением желтых, оранжевых, красных, а также неселективных	10	30
Прозрачные и отражающие желтые, оранжевые и красные	5	100

4.5.3.3. Объективный метод

а) Объективный метод заключается в замене глаза человека при измерениях цвета фотоэлектрическим приемником, спектральная чувствительность которого при помощи цветных светофильтров или путем наложения механических масок на спектр пропускания и отражения образца корригируется так, чтобы она соответствовала функциям сложения цветов среднего стандартного наблюдателя.

Колориметрическую аттестацию и поверку проводят при помощи фотоэлектрических компараторов цвета, используя при этом наборы стандартных образцов цвета.

б) Перед началом измерений прибор рекомендуется включить на 20—30 мин, чтобы прогреть фотоэлектрическую сеть.

Далее, для настройки в оба световых пучка необходимо поставить образцы белой поверхности с одинаковыми коэффициентами отражения по спектру (прилагаются к прибору) и привести показания гальванометров в нулевое положение при помощи ослабителей поворотом сеток в компараторе типа ЭКЦ-1 или изменением отверстия компенсационной диафрагмы в компараторе типа ФКЦ-ШМ.

Примечание. Измерительная диафрагма в приборе типа ФКЦ-ШМ должна быть при этом выставлена на деление «100».

Из соответствующего набора стандартных образцов выбирают образец, близкий по цвету исследуемому. Различия в цвете не должны превышать пределов измерений шкалы компаратора.

Заменяя вышеупомянутые образцы белой поверхности исследуемым образцом и близким к нему по цвету стандартным образцом, включают гальванометр и берут отсчет по микроамперметру (в случае измерений на компараторе типа ЭКЦ-1) или компенсируют различие фототоков при помощи измерительной диафрагмы (в случае измерений на компараторе типа ФКЦ-ШМ) и берут отсчет по шкале барабана измерительной диафрагмы.

Такую операцию повторяют для всех трех корригирующих светофильтров. При этом используют источник света требуемый по условиям измерений (*A*, *B* или *C* в компараторе типа ЭКЦ-1 и *A* или *C* в компараторе ФКЦ-ШМ).

Примечание. На компараторе типа ЭКЦ-1 для получения отношения координаты цвета поверяемого образца к координате цвета стандартного образца необходимо поверяемый образец поместить в ближний к оператору пучок света, а на компараторе типа ФКЦ-ШМ поверяемый образец следует помещать в левый от наблюдателя пучок.

В компараторах типа ЭКЦ-1 и ФКЦ-ШМ поставлен светофильтр *X*, который корригирует кривую чувствительности фотоумножителя ЭКЦ-1 или фотоэлемента ФКЦ-Ш не под кривую $\bar{x}(\lambda)$ международной системы *XYZ*, а под кривую $\bar{x}_{\text{н}}(\lambda)$ (новую), которая представляет собой линейную комбинацию международных функций сложения цветов, представляемую уравнением

$$\bar{x}_{\text{н}}(\lambda) = 0{,}833\bar{x}(\lambda) + 0{,}33\bar{y}(\lambda) - 0{,}167\bar{z}(\lambda). \qquad (1)$$

В результате измерений на компараторе получают три отсчета — m_x, m_y, m_z, которые представляют собой (при заданном источнике освещения) отношение координат цвета исследуемого образца $\bar{x}_н$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ к координатам цвета стандартного образца

$$m_x = \frac{\bar{x}_н}{\bar{x}_{н0}} \quad m_y = \frac{\bar{y}}{\bar{y}_0} \quad m_z = \frac{\bar{z}}{\bar{z}_0}.$$

Из этих выражений определяют координаты $\bar{x}_н$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ (значения $\bar{x}_0$, $\bar{y}_0$, $\bar{z}_0$ берут из аттестата образца). Координату $x_{н0}$ вычисляют по формуле (1), затем определяют координату $\bar{x}$ исследуемого образца по формуле

$$\bar{x} = 1{,}20\bar{x}_н - 0{,}40\bar{y} + 0{,}20\bar{z}.$$

Измерения следует повторять по три раза, каждый раз заново настраивая прибор и устанавливая образцы. За результат измерения принимается среднее арифметическое для каждой координаты.

в) Измерения на компараторах цвета можно производить также методом замещения. При этом кроме стандартного образца необходимо иметь другой близкий по цвету компенсационный образец. По этим образцам настраивают прибор, т. е. получают нулевой отсчет на гальванометре и затем стандартный образец заменяют исследуемым. Обработку результатов проводят по тем же формулам, что и в подпункте *б*.

Примечание. Преимущество метода замещения перед методом непосредственного сличения состоит в том, что он исключает влияние возможной спектральной селективности пучков. Методом замещения следует пользоваться при измерениях на приборе типа ФКЦ-Ш, так как этот метод устраняет влияние возможного различия спектральной чувствительности фотоэлементов в дифференциальной фотоэлектрической схеме этого прибора. Форма протокола измерений приведена в приложении 5, п. 3.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Результаты поверки образцов цвета, выпускаемых по существующим стандартам или занесенных в Государственный реестр, оформляют следующим образом.

5.1.1. Если полученные координаты цвета образцов удовлетворяют требованиям, указанным в упомянутых стандартах или в Государственном реестре, на образцы выдают свидетельство о поверке по установленной форме.

5.1.2. Если полученные координаты цвета не удовлетворяют соответствующим требованиям или если образцы не удовлетворяют требованиям п. 4.1 или 4.2, на них выдают извещение о непригодности с указанием причин.

5.2. На образцы цвета, выпускаемые не по стандартам и не занесенные в Государственный реестр, выдают удостоверение. На образцы, не удовлетворяющие требованиям п. 4.1 или 4.2, выдают извещение о непригодности с указанием причин.

5.3. В свидетельство (удостоверение) заносят следующие данные:

обозначение, нанесенное на образец при первой поверке (по п. 4.4);

наименования, номера и дату выпуска образцовых средств измерений, по которым проводилась поверка;

таблицу полученных значений коэффициентов пропускания (отражения) по длинам волн;

значение координат цвета поверяемого образца по системе *XYZ*;

тип примененного источника освещения. В специальных случаях следует указывать спектральное распределение энергии источника, а для вольфрамовых ламп — цветовую температуру;

размер участка образца, на котором проводились измерения и местоположение его на образце;

условия измерений (уровень яркости, угол падения света на образец, угол наблюдения).

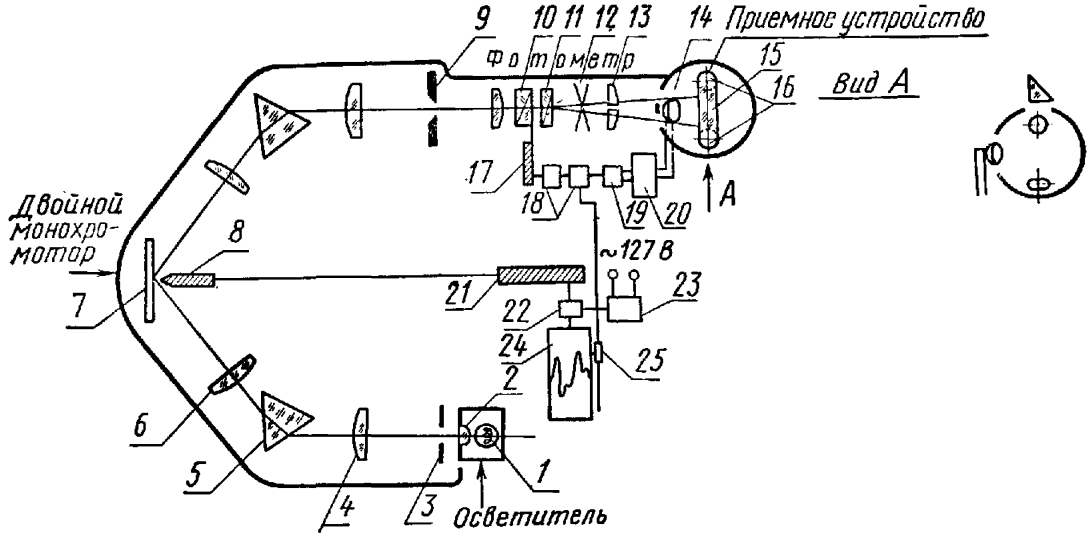
В свидетельстве (п. 5.1.1) дополнительно указывают разряд образца (или то, что он является рабочей мерой), а для образцов, входящих в наборы, заносят также номер набора и номер образца в наборе.

СПЕКТРОФОТОМЕТРЫ ТИПОВ СФ-10 и СФ-14
(краткое описание)

Приборы имеют принципиально одинаковую конструкцию и отличаются лишь в деталях.

Оптическая схема прибора изображена на чертеже.

Оптическая схема спектрофотометра СФ-10 (СФ-14)



1—вольфрамовая лампа К-30,17 В (100 Вт); *2*—конденсатор; *3*—входная щель с диапазоном раскрытия 0,1—0,3 мм; *4*—объектив коллиматора, F =250 мм, относительное отверстие 1 : 7; *5*—дисперсионная призма 60° из тяжелого флинта ТФ=3; *6*—объектив; *7*—зеркало; *8* — средняя щель; *9*—выходная щель; 10—призма Рошона (анализатор); *11*—призма Волластона (поляризатор); *12*—модулятор (механический прерыватель) света; *13*—билинза; *14*—мульти-щелочной фотоэлемент; *15*—прямоугольная призма; *16*—окно в сфере для установки отражающих образцов; *17*—кулачок, связанный с поворотом призмы; *18*—редукторы изменения скорости вращения призмы-анализатора; *19*—реверсивный мотор отработки; *20*—усилитель тока фотоэлемента; *21*—кулачок длин волн; *22*—редуктор изменения скорости поворота барабана длин волн; *23*—мотор к барабану длин волн; *24*—барабан записи; *25*—муфта с пером.

Главными узлами прибора являются:

1) осветитель (лампа *1*, конденсатор *2*);

2) двойной призменный монохроматор (*3*—*9*);

3) поляризационная фотометрическая система (фотометр), осуществляющая модуляцию света, компенсирующая и автоматически регистрирующая различие световых потоков между измеряемым и стандартным образцом (*10*—*13*);

4) приемное устройство в виде мульти-щелочного фотоэлемента с усилительной схемой (*14—16*).

Двойной монохроматор построен по схеме сложения дисперсий, но благодаря наличию плоского зеркала *7*, выполняющего роль одного из ножей средней щели, в нем сохранено преимущество схемы вычитания дисперсий, т. е. его выходная щель остается неподвижной, а длина волны изменяется передвижением средней щели.

Прибор имеет равномерную шкалу длин волн. Эта равномерность достигается следующим путем. Перемещение средней щели *8* вдоль спектра механически связано с вращением специального кулачка, управляющего поворотом шкалы длин волн. Форма кулачка подобрана с таким расчетом, чтобы дисперсионный спектр преобразовывался в линейный. Кроме того, щели *3*, *8* и *9* монохроматора при помощи соответствующих кулачков автоматически изменяют свою ширину по спектру так, чтобы пропускаемый ими интервал длин волн оставался на протяжении всего спектра приблизительно постоянным.

Приемное устройство состоит из вакуумного фотоэлемента *14*, помещенного перед окном интегрирующей сферы с побеленной внутренней поверхностью. Через другие два окна сфера освещается двумя взаимно перпендикулярно поляризованными пучками монохроматического света. Роль поляризатора в фотометрическом устройстве выполняет призма Волластона *11*, которая образует два пучка. В одном из них помещается исследуемый образец, в другом — стандартный (если измеряют коэффициент пропускания, то другой пучок остается свободным). Интенсивность обоих пучков модулируется по трапециевидному закону с частотой 50 Гц благодаря периодическому вращению механического модулятора *12*.

Интенсивность двух пучков всего находится в противоположных фазах. Полному гашению света в одном пучке соответствует максимальная интенсивность в другом пучке, и наоборот. Таким образом, если интенсивности пучков равны, то внутренняя поверхность сферы будет иметь постоянную освещенность; если же интенсивности пучков не равны, то освещенность на стенке шара будет периодически изменяться с частотой 50 Гц. Соответственно в фотоэлементе *14* будет возникать переменный или пульсирующий фототок. Усиленный ток фотоэлемента питает обмотку якоря реверсивного двигателя *19*, который вращается только от переменного тока и при изменении фазы изменяет направление движения.

В фотометрической схеме имеется призма Рошона *10*, выполняющая роль анализатора. Поворот реверсивного двигателя связан с механизмом, управляющим углом поворота этой призмы, причем таким образом, что при повороте призмы интенсивности обоих пучков стремятся к уравниванию. При равенстве интенсивностей реверсивный мотор останавливается.

Механизм, поворачивающий призму Рошона, связан с пером. Благодаря наличию специального кулачка и периодического механизма угловые повороты призмы α преобразовываются в значения пропускания, равные $tg^2\alpha$, и передаются в виде линейного перемещения пера по шкале пропусканий бланка.

Цилиндрический барабан записи *24* с навитым на него специально изготовленным бланком с координатной сеткой поворачивается вокруг оси специальным мотором. На барабане длин волн расположены по окружности значения пропусканий — по образующей.

Если измеряемый образец обладает переменным пропусканием по спектру, то реверсивный мотор, все время восстанавливая нарушенное равновесие освещенностей, ведет за собой перо, которое вычерчивает кривую коэффициента отражения (или пропускания) на бланке в интервале длин волн от 400 до 750 нм. Переключение кулачка пропусканий на кулачок оптических плотностей позволяет автоматически производить запись кривой оптической плотности.

Для измерения коэффициентов отражения или пропускания темных образцов в приборе СФ-14 предусмотрен сменный кулачок пропускания, который растягивает интервал шкалы 0—10% на весь диапазон бланка записи 0—100%.

Абсолютная погрешность измерений на приборах составляет 0,5%. Время записи от 3 до 10 мин. Результаты измерений воспроизводятся при одной и той же настройке прибора с абсолютной погрешностью, не превышающей 0,1%*.

* Более подробные сведения о работе приборов можно получить в Инструкциях к пользованию, изданных Ленинградским оптико-механическим объединением (1969—1972 гг.), а также в книге М. М. Гуревича «Цвет и его измерение». М-Л, Изд-во АН СССР, 1950.

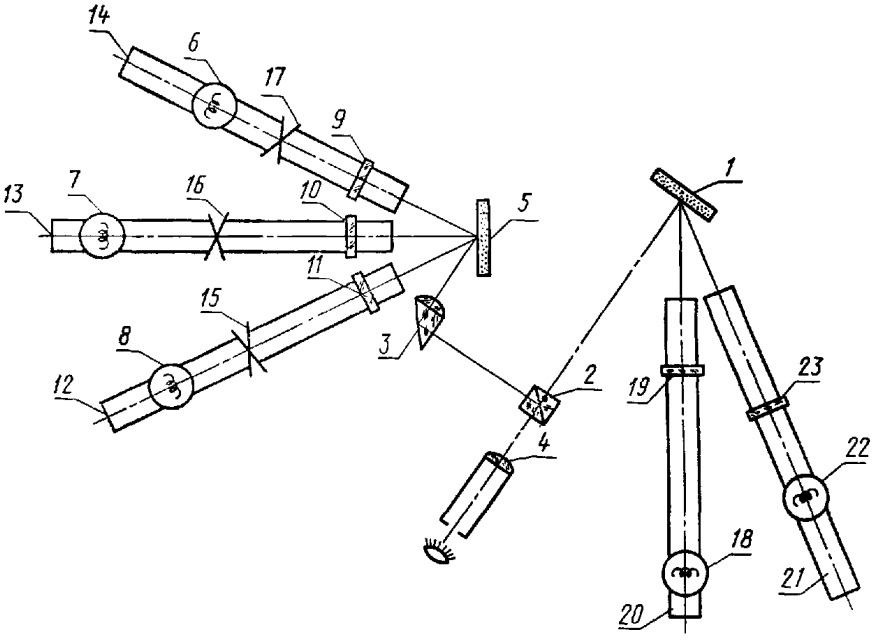
ВИЗУАЛЬНЫЙ КОЛОРИМЕТР ВНИИМ
(краткое описание)

Визуальный колориметр ВНИИМ представляет собой трехцветный аддитивный колориметр для измерения цвета отражающих и прозрачных объектов, а также координат цветности самосветящихся образцов.

Цвет измеряемого образца уравнивается с цветом поля сравнения, составленным в определенных пропорциях из суммы трех основных цветов прибора.

Оптическая схема прибора изображена на чертеже.

Оптическая схема визуального колориметра ВНИИМ



Кубик Люммера *2*, прямоугольная призма *3* и окуляр *4* составляют оптические элементы колориметрической головки, обеспечивающей наблюдения в условиях непосредственной близости поля исследуемого цвета и поля цвета сравнения.

Основные цвета прибора образуются на белом экране *5* в результате прохождения световых потоков от ламп *6—8* через цветные светофильтры *9—11*.

Пропорции основных цветов изменяются перемещением ламп по фотометрическим скамьям *12—14* и фиксированием расстояний между нитями ламп и белым экраном *5*. Диапазон фотометрических шкал расширяется при помощи вращающихся секторных дисков *15—17*.

Исследуемый образец *1* освещается лампой *18*, которая снабжена светофильтром дневного света *19* и перемещается по четвертой скамье *20*.

Основные особенности прибора:

1) насыщенные спектральные цвета можно измерять без разбавления путем переноса одного из трех основных цветов в пучок измеряемого цвета. Для

этой цели в приборе предусмотрена пятая скамья *21* с лампой *22*, перед которой стоит колориметрический светофильтр *23*;

2) угловые размеры полей зрения составляют 10°, что соответствует рекомендации МКО № 15 1971 г. (Publication CJE № 15 E—1.3.1., 1971);

3) предусмотрена возможность смены светофильтров с целью осуществления колориметрических равенств в условиях близости спектральных составов полей сравнения.

Эти особенности прибора существенно повышают точность визуальных цветовых измерений, и, в частности, существенно снижают систематические погрешности: расхождения результатов отдельных наблюдателей не превышают

$$\Delta x = \Delta y = 0{,}001,$$

где x, y — координаты цветности по системе XYZ.

Случайная погрешность измерений белых цветов на приборе не превышает $\Delta x = \Delta y = 0{,}0005$*.

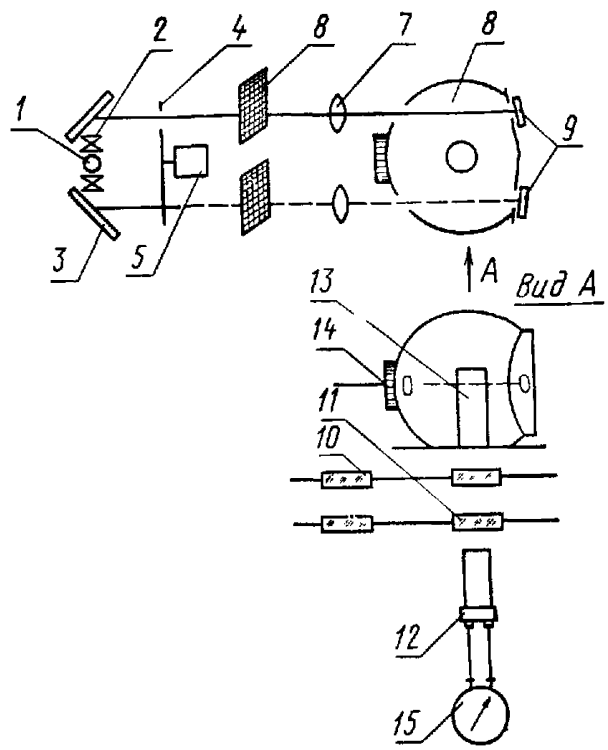
---

* Подробное описание прибора дано в Трудах ВНИИМ, вып. 56(116), с. 66, 1961.

КОМПАРАТОРЫ ЦВЕТА ТИПОВ ЭКЦ-1 и ФКЦ-Ш
(краткое описание)

На черт. 1 и 2 показаны оптические схемы компараторов типов ЭКЦ-1 и ФКЦ-Ш.

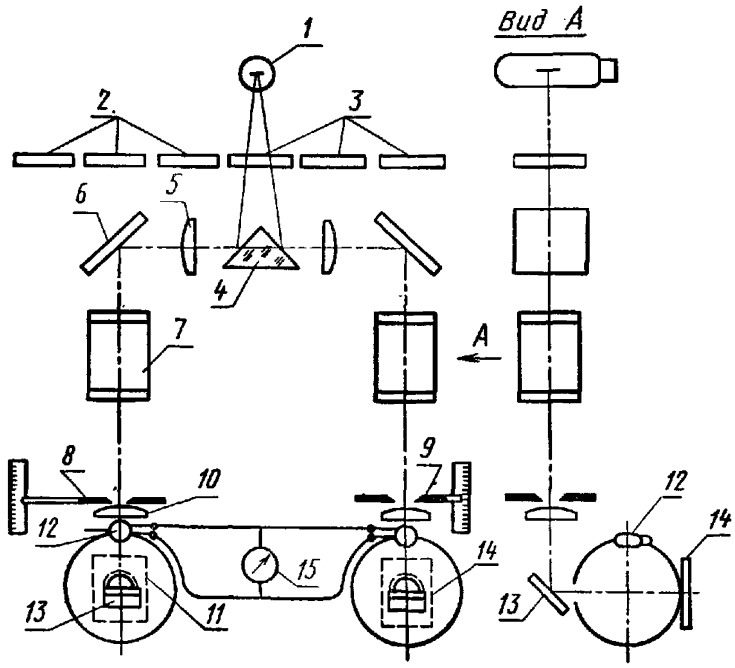
Оптическая схема компаратора типа ЭКЦ-1



1 — вольфрамовая лампа СЦ-70; *2* — объектив; *3* — призма прямоугольная; *4*—модулятор света; *5*—асинхронный мотор 2АСМ-50; *6*—сетчатые поглотители; *7*—объектив; *8*—светомерный шар; *9*—сравниваемые по цвету образцы; *10*—светофильтры дневного света *B* и *C*; *11*—светофильтры колориметрические; *12*—фотоумножитель ФЭУ-27; *13*—светопровод; *14*—ловушка для зеркальной составляющей; *15*—микроамперметр.

Черт. 1

Оптическая схема компаратора типа ФКЦ-ШМ



1—Вольфрамовая лампа СЭ—98; *2*—корригирующие светофильтры для источника *А*; *3*—корригирующие светофильтры для источника *С*; *4*—призма, разделяющая пучки; *5*—объектив; *6*—зеркало; *7*—кювета для жидких образцов; *8*—измерительная диафрагма; *9* — компенсационная диафрагма; *10* — объективы; *11* — светомерный шар.

Черт. 2

Компараторы имеют двухлучевые симметричные оптические системы. Различие заключается в следующем.

В компараторе типа ФКЦ-Ш применена дифференциальная схема фотоэлементов *12* с внешним фотоэффектом и нулевой метод компенсации световых потоков при помощи диафрагм *9* «кошачий глаз».

В компараторе типа ЭКЦ-1 (черт. 1) исследуемый и стандартный образцы *9* освещаются поочередно модулированным (модулятор *4*), светом, исходящим от одного и того же источника *1* и отраженный свет, проинтегрированный фотометрическим шаром *8*, попадает на фотоумножитель *12*. Если интенсивности пучков света, отраженных от исследуемого образца и стандартного образца различны, то возникает пульсирующая освещенность, а в сети фотоумножителя *12* переменный ток, который регистрируется микроамперметром *15*.

При равенстве интенсивности пучков микроамперметр показывает «0». Цветовые различия на обоих приборах можно измерять при освещении образцов источниками *А* и *С* (на черт. 1 светофильтр *10*, на черт. 2 светофильтры *2* и *3*), а в компараторе типа ЭКЦ-1 есть еще третий источник — *В*.

По своему назначению и точности измерений оба компаратора отвечают одной и той же цели — измеряют малые цветовые различия между исследуемым и стандартным образцами с относительной погрешностью от 0,1 до 0,5%*.

---

* Более подробное ознакомление с приборами можно получить из следующих источников:

Гуревич М. М. и Мейер Л. Н. Фотоэлектрический компаратор цвета. «Светотехник», 1955, № 6, с. 18. Компаратор фотоэлектрический ФКЦ-ШМ (техническое описание и инструкция по эксплуатации).

Рымов А. И. и Шкловер Д. А. Электронный компаратор цвета ЭКЦ-1. «Светотехника», 1961, № 10, с. 14. Электронный компаратор цвета ЭКЦ-1 (описание и инструкция по проведению измерений).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ФОРМЫ ПРОТОКОЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения на спектрофотометре

Результаты измерений спектрального коэффициента пропускания (отражения) представляют в виде записанной на бланке кривой.

На бланке необходимо проставить дату поверки, номер спектрофотометра, номера исследуемых образцов и номер стандартного образца белой поверхности, условия измерения (исключалась или не исключалась зеркальная составляющая), подпись лица, производящего поверку.

Форма протокола измерений на визуальном колориметре ВНИИМ

Дата измерения _____

Измерительный прибор (название и номер) _____

Напряжение на осветительных лампах измерительного прибора _____

Характеристика градуировочных светофильтров КЗС по системе XYZ (по паспорту) _____

Номер поверяемого образца _____

Размер площади, выделяемой на образце при измерениях _____

Запись результатов наблюдений при градуировке

Номер лампы	1	2	3	4
Отсчеты по фотометрическим шкалам n				
Среднее значение $n_{ср}$				

Продолжение

Номер лампы	1	2	3	4
Поправка Δn				
Действительное значение расстояния от плоскости нити лампы до белого экрана $r=n_{ср}+\Delta n$				
r^2				
Относительные яркости ламп $\chi=\frac{r_1^2}{r_4^2}$				

Примечания:

1. Поправку Δn на смещение нити лампы относительно указателя тележки определяют при установке и настройке прибора.
2. Отсчеты ведут в одних и тех же единицах длины.

Составление уравнений градуировки прибора

$$\vec{F}_1=\chi_1\vec{K}=\overline{a_1}\,\vec{X}+\overline{b_1}\,\vec{Y}+\overline{c_1}\,\vec{Z}$$
$$\vec{F}_2=\chi_2\vec{\Im}=\overline{a_2}\,\vec{X}+\overline{b_2}\,\vec{Y}+\overline{c_2}\,\vec{Z}$$
$$\vec{F}_3=\chi_3\vec{C}=\overline{a_3}\,\vec{X}+\overline{b_3}\,\vec{Y}+\overline{c_3}\,\vec{Z}$$

Запись результатов измерений цвета $\vec{D}$ образцов

Номер лампы	1	2	3	4
Отсчеты по фотометрическим шкалам m				
Среднее значение $m_{ср}$				
Поправка Δn				
Расстояние $R=m_{ср}+\Delta n$				
Координаты цвета $f_i=\frac{R_4^2}{R_i^2}$ $i=1,2,3$				

Примечание. Отсчеты ведут в одних и тех же единицах длины.

Измеряемый цвет $\vec{D}$ в системе цветов прибора $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ записывают в виде уравнения

$$\vec{D}=\overline{f_1}\vec{F}_1+\overline{f_2}\vec{F}_2+\overline{f_3}\vec{F}_3$$

Вычисление координат цвета $\vec{D}$ в системе XYZ

$$\overline{x}=\overline{f_1}\overline{a_1}+\overline{f_2}\overline{a_2}+\overline{f_3}\overline{a_3}$$
$$\overline{y}=\overline{f_1}\overline{b_1}+\overline{f_2}\overline{b_2}+\overline{f_3}\overline{b_3}$$
$$\overline{z}=\overline{f_1}\overline{c_1}+\overline{f_2}\overline{c_2}+\overline{f_3}\overline{c_3}$$

Определение координат цветности x, y

$$x=\frac{\overline{x}}{\overline{x}+\overline{y}+\overline{z}};\quad y=\frac{\overline{y}}{\overline{x}+\overline{y}+\overline{z}}$$

(Подпись поверителя)

Форма протокола измерений координат цвета на компараторе

Дата измерения _____

Измерительный прибор типа _____заводской №_____

Номер поверяемого образца_____

Номер используемого набора стандартных образцов _____

Размер пятна светового пучка на образце _____

Источник света_____

Запись измерений

Отношение координат	$\overline{x}_н/\overline{x}_{но}$	$\overline{y}/\overline{y}_0$	$\overline{z}/\overline{z}_0$
Отсчеты по шкалам m			
Среднее значение $m_{ср}$			
Координаты цвета стандартного образца (из аттестата)			
Координаты цвета испытуемого образца			

Определение $\overline{x}_{но}$: $\overline{x}_{но}=0,833x_0+0,33y_0-0,167.$

Определение $\overline{x}_н$: $\overline{x}_н=m_{ср}\overline{x}_{но}$

Определение $\overline{x}$: $\overline{x}=1,20\overline{x}_н-0,40\overline{y}+0,20\overline{Z}$

(Подпись поверителя)

Редактор *М. В. Глушкова*
Технический редактор *Н. П. Замолодчикова*
Корректор *Е. И. Евтеева*

Сдано в наб. 28.02.78 Подп. в печ. 12.02.79 1,5 п. л. 1,15 уч.-изд. л. Тир. 1500 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. Москва, Д-557, Новопресненский пер., 3.
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1006

gost.e-ecolog.ru