

**Единая система защиты от коррозии и старения****ПОКРЫТИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ****Метод определения режима горячей сушки****ГОСТ  
9.405—83**

Unified system of corrosion and ageing protection.  
Paint coatings. Method for determination of hot drying conditions

МКС 25.220.60  
87.020  
ОКСТУ 0009

**Дата введения 01.07.84**

Настоящий стандарт устанавливает метод определения режима горячей сушки (конвективной, терморadiационной, терморadiационно-конвективной) лакокрасочных покрытий (далее — покрытия) на изделиях из черных и цветных металлов и их сплавов с толщиной стенок не более 15 мм.

Сущность метода заключается в определении режима сушки покрытия на образцах в лабораторных условиях и пересчете с помощью универсальной диаграммы на режим сушки покрытия изделия в производственных условиях.

Для проведения испытаний разрабатывают программу испытаний, в которой указывают порядок проведения работ, предполагаемый диапазон температур и продолжительностей сушки, материал образцов, их форму и размеры, способ подготовки поверхности, приборы и аппаратуру для оценки качества покрытий и др.

**1. ТРЕБОВАНИЯ К ОБРАЗЦАМ**

1.1. Материал образцов, число, форму и размеры устанавливают в программе испытаний. Толщина образцов должна быть 0,8—1 мм.

1.2. Технология получения покрытия на образцах должна соответствовать технологии получения покрытия на изделии.

1.3. Толщина покрытия на образцах должна быть равномерной и не отличаться от толщины покрытия изделия более чем на 10 %.

1.4. Для определения коэффициента теплообмена и температуры сушки применяют образцы с термопарой или без термопары.

1.5. Образцы с оборотной стороны должны иметь маркировку.

**2. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ**

Сушильные установки, снабженные приборами контроля и автоматического поддержания заданных параметров: температуры и скорости воздуха, температуры облучателей и образцов.

Потенциометры типа КСП-4 и другие.

Термометр контактный типа ТПК (ТК6) по ГОСТ 9871 с магнитной регулировкой.

Анемометр ручной крыльчатый и чашечный типа А по ГОСТ 6376.

Толщиномеры типов МТ-41НЦ, ВТ-50НЦ, МТ-50НЦ и другие с погрешностью не более 10 %.

Микрометр по ГОСТ 4381.

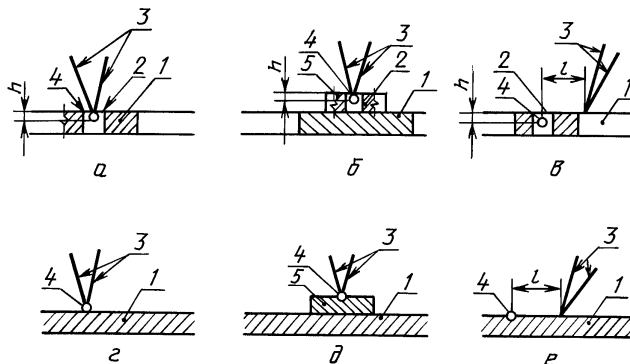
Лакокрасочные материалы по стандартам или техническим условиям.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**



### 3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

3.1. К образцам или пластинам из металла с большим коэффициентом теплопроводности прикрепляют термопару с помощью зачеканивания черт. 1 *a, б, в*, или сварки (пайки) черт. 1 *г, д, е*.



1 — образец; 2 — заклепка; 3 — электроды термопары; 4 — спай термопары; 5 — металлическая пластина

Черт. 1

Площадь пластины должна быть  $20 \times 30$  мм, толщина 1—2 мм.

Диаметр термоэлектродов ( $d$ ) не должен превышать 0,5 мм.

Глубина зачеканивания термопары ( $h$ ) не должна превышать 1 мм.

Длина прокладки термоэлектродов ( $l$ ) на поверхности образца должна быть равна  $150-200 d$ .

Закрепление термопары в соответствии с черт. 1 *в, е* дает наиболее точные результаты.

3.2. На образцы наносят лакокрасочный материал.

3.3. Окрашенные образцы до помещения их в сушильную установку выдерживают в условиях, соответствующих условиям выдержки окрашенного изделия.

3.4. Устанавливают режим работы сушильной установки в соответствии с программой испытаний.

3.5. Рядом с образцами, которые не имеют термопары, помещают пластину с закрепленной термопарой.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

3.6. Для определения коэффициента теплообмена сушильной установки образец (изделие) нагревают в сушильной установке, фиксируя его температуру через определенные промежутки времени до момента достижения им постоянной температуры.

### 4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.1. Образцы помещают в сушильную установку на теплоизолирующие подставки после установления заданного режима.

Способ подвода тепла к образцу должен быть аналогичен способу подвода тепла к изделию.

4.2. Образцы сушат при пяти различных значениях температуры с интервалами  $10-20$  °С, начиная с минимальной температуры, и различных продолжительностях.

4.3. За минимальную температуру сушки покрытия и максимальную продолжительность принимают температуру и продолжительность, установленные в стандартах или технических условиях на испытуемый лакокрасочный материал.

4.4. После сушки образцы извлекают из сушильной установки, выдерживают при температуре  $(20 \pm 2)$  °С и относительной влажности  $(65 \pm 5)$  % в течение 3 ч, если иное не указано в стандартах или технических условиях на лакокрасочный материал, и проводят оценку качества покрытия.

## 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Коэффициент теплообмена ( $\alpha$ ), Вт/(м<sup>2</sup> · °С), при нагреве образца (изделия) в сушильной упаковке вычисляют по формуле

$$\alpha = 3 \cdot \frac{c \rho}{\sigma \tau},$$

где 3 — безразмерный коэффициент;

$c$  — удельная теплоемкость материала образца (изделия), Дж/(кг · °С);

$\rho$  — плотность материала образца (изделия), кг/м<sup>3</sup>;

$\sigma$  — отношение поверхности образца (изделия), участвующей в конвективном теплообмене, к объему образца (изделия), м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;

$\tau$  — продолжительность нагрева образца (изделия) до постоянной температуры, с.

5.2. Оценку качества покрытия (твердость, адгезию, эластичность и др.) проводят в соответствии с требованиями стандартов на конкретный метод испытания.

5.3. За режим сушки образцов принимают температуру и продолжительность, обеспечивающие получение заданного показателя качества покрытия.

5.4. Пример определения числа измерений, необходимых для обеспечения требуемой точности определения физико-механических свойств и других показателей качества покрытия, приведен в приложении 1.

5.5. Вычисляют значение обобщенного безразмерного коэффициента ( $A$ ), характеризующего условия сушки покрытия образца, по формуле

$$A = \frac{\alpha \sigma \tau}{c \rho},$$

где  $\alpha$  — коэффициент теплообмена при нагреве образца в сушильной установке, вычисленный по формуле п. 5.1, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$\sigma$  — отношение поверхности образца, участвующей в конвективном обмене, к объему образца, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;

$\tau$  — продолжительность сушки покрытия до заданной степени высыхания, с;

$c$  — удельная теплоемкость материала образца, Дж/(кг · °С);

$\rho$  — плотность материала образца, кг/м<sup>3</sup>.

5.6. Вычисляют значение обобщенного безразмерного коэффициента ( $A_1$ ), характеризующего условия сушки покрытия изделия, по формуле

$$A_1 = \frac{\alpha_1 \sigma_1 \tau_1}{c \rho},$$

где  $\alpha_1$  — коэффициент теплообмена при нагреве изделия в сушильной установке, вычисленный по формуле п. 5.1, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

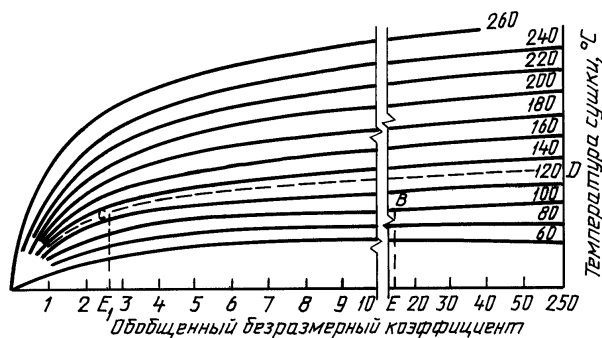
$\sigma_1$  — отношение поверхности изделия, участвующей в конвективном обмене, к объему изделия, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;

$\tau_1$  — продолжительность сушки покрытия изделия, определяемая параметрами технологического оборудования, с;

$c$  — удельная теплоемкость материала изделия, Дж/(кг · °С);

$\rho$  — плотность материала изделия, кг/м<sup>3</sup>.

5.7. Температуру сушки покрытия изделия определяют по универсальной диаграмме, приведенной на черт. 2.



Черт. 2

Через точку  $E$ , значение которой соответствует обобщенному безразмерному коэффициенту  $A$ , проводят прямую, параллельную оси ординат до пересечения в точке  $B$  с кривой, соответствующей температуре, установленной по п. 5.3.

Через точку  $B$  проводят прямую, параллельную оси абсцисс.

Через точку  $E_1$ , значение которой соответствует обобщенному безразмерному коэффициенту  $A_1$ , восстанавливают перпендикуляр до пересечения с прямой, параллельной оси абсцисс в точке  $C$ .

Через точку  $C$  интерполируют кривую до пересечения с осью ординат, точка  $D$ .

Численное значение температуры, полученное на оси ординат в точке  $D$ , уменьшают на значение поправки ( $K$ ), учитывающей неравномерность нагрева изделия, по толщине и значение поправки ( $K_1$ ), учитывающей высыхание покрытия при остывании изделия после извлечения его из сушильной установки, по таблице.

Поправка	Значение поправки, %, при отношении коэффициента $A$ к $A_1$									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
$K$	4	6	8	10	12	14	16	17	18	20
$K_1$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15

5.8. Пример расчета температуры сушки изделия приведен в приложении 2.

## 6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При изготовлении образцов для испытаний и при проведении испытаний должны соблюдаться требования пожарной безопасности и промышленной санитарии в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.005.

6.2. Метеорологические условия и содержание вредных примесей в рабочей зоне помещений не должны превышать норм, установленных ГОСТ 12.1.005.

6.3. Электробезопасность при испытаниях должна обеспечиваться в соответствии с действующими «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителем», утвержденными Госэнергонадзором.

## ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ

1. Необходимое число измерений ( $n$ ) вычисляют по формуле

$$n = t^2 \frac{\sigma_0^2}{\delta^2},$$

где  $t$  — критерий Стьюдента;

$\sigma_0^2$  — значение дисперсии случайной величины;

$\delta$  — необходимая точность оценки измерения.

2. Значение дисперсии случайной величины вычисляют по формуле

$$\sigma_0^2 = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2},$$

где  $\sigma_1$  — значение дисперсии случайной величины в первой выборке;

$\sigma_2$  — значение дисперсии случайной величины во второй выборке.

3. Значение критерия Стьюдента ( $t$ ) при различных доверительных вероятностях табулированы и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Доверительная вероятность $\left(\frac{P}{2}\right)$	Значение критерия Стьюдента ( $t$ )	Доверительная вероятность $\left(\frac{P}{2}\right)$	Значение критерия Стьюдента ( $t$ )
0,450	1,64	0,475	1,96
0,455	1,70	0,480	2,05
0,460	1,75	0,485	2,18
0,465	1,81	0,490	2,32
0,470	1,88	0,495	2,57

4. В качестве примера вычислим число параллельных измерений при оценке твердости покрытия по ГОСТ 5233 на основе эмали МЛ-12. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Твер- дость покры- тия в услов- ных едини- цах $H_i$	Число повто- рений $n_i$	Первая выборка				Твер- дость покры- тия в услов- ных едини- цах $H_i$	Число повто- рений $n_i$	Вторая выборка			
		$n_i \cdot H_i$	$H_i - \bar{H}$	$(H_i - \bar{H})^2$	$\Sigma(H_i - \bar{H})^2$			$n_i \cdot H_i$	$H_i - \bar{H}$	$(H_i - \bar{H})^2$	$\Sigma(H_i - \bar{H})^2$
0,525	1	0,525	0,017	0,000289	0,000289	0,430	2	0,860	0,032	0,001024	0,002048
0,520	1	0,520	0,012	0,000144	0,000144	0,425	1	0,425	0,027	0,000729	0,000729
0,510	5	2,550	0,002	0,000004	0,000020	0,410	4	1,640	0,012	0,000144	0,000576
0,505	4	2,200	−0,003	0,000009	0,000036	0,400	4	1,600	0,002	0,000004	0,000016
0,495	4	1,980	−0,013	0,000169	0,000676	0,395	3	1,185	−0,003	0,000009	0,000027
0,485	3	1,455	−0,023	0,000529	0,001587	0,380	2	0,760	−0,018	0,000324	0,000648
0,475	1	0,475	−0,033	0,001089	0,001089	0,375	3	1,125	−0,023	0,000529	0,001587
0,465	1	0,465	−0,043	0,001849	0,001849	0,365	1	0,365	−0,033	0,001089	0,001089
	$\Sigma 20$	$\Sigma 10,170$			$\Sigma 0,005690$		$\Sigma 20$	$\Sigma 7,960$			$\Sigma 0,006720$

5. Для первой выборки оценку математического ожидания вычисляют по формуле

$$\bar{H}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} = \frac{10,170}{20} = 0,508;$$

дисперсию по формуле

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum (H_i - \bar{H}) = \frac{0,005690}{19} = 0,000299.$$

6. Для второй выборки оценку математического ожидания вычисляют по формуле

$$\bar{H}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} = \frac{7,960}{20} = 0,398;$$

дисперсию по формуле

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{n-1} \times \sum (X - \bar{H}) = \frac{0,006720}{19} = 0,000354.$$

7. Среднеарифметическое заданных оценок дисперсии равно

$$\sigma_0^2 = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2} = \frac{0,000299 + 0,000354}{2} = 0,000326 .$$

8. Твердость покрытия в данном примере должна быть вычислена с точностью  $\delta = 0,015$  и доверительной вероятностью  $P = 0,95$ .

9. По табл. 1 находят значение критерия Стьюдента ( $t$ ) при доверительной вероятности  $\left(\frac{P}{2}\right)$ , равной 0,475.

10. Число параллельных определений равно

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,000326}{0,015^2} = 5,6.$$

После округления получаем  $n = 6$ .

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1. (Измененная редакция, Изм. № 1).**

## ПРИМЕР РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ СУШКИ ПОКРЫТИЯ ИЗДЕЛИЯ

1. Требуется определить температуру сушки покрытия в терморadiационной сушильной установке при продолжительности сушки 15 мин. Толщина стенок изделия 6 мм, материал — сталь, удельная теплоемкость материала 490 Дж/(кг · °С), плотность — 7800 кг/м<sup>3</sup>.

1.1. В соответствии с п. 5.3 покрытие образца сушат 15 мин при температуре 100 °С.

**1, 1.1. (Измененная редакция, Изм. № 1).**

1.2. По формуле п. 5.1 вычисляют коэффициент теплообмена при сушке покрытия образца толщиной 1 мм

$$\alpha = 3 \frac{490 \cdot 7800}{2000 \cdot 197} = 29,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

1.3. По формуле п. 5.5 вычисляют значение обобщенного безразмерного коэффициента при сушке покрытия образца

$$A = \frac{29,1 \cdot 2000 \cdot 900}{490 \cdot 7800} = 13,7.$$

1.4. По формуле п. 5.1 вычисляют коэффициент теплообмена при сушке покрытия изделия

$$\alpha_1 = 3 \frac{490 \cdot 7800}{333,3 \cdot 965} = 35,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

1.5. По формуле п. 5.6 вычисляют значение обобщенного безразмерного коэффициента при сушке покрытия изделия

$$A_1 = \frac{35,5 \cdot 333,3 \cdot 900}{490 \cdot 7800} = 2,8.$$

2. На универсальной диаграмме (черт. 2) через точку *E*, соответствующую значению, полученному по п. 1.3, проводят прямую, параллельную оси ординат до пересечения в точке *B* с кривой, соответствующей температуре 100 °С.

Через точку *B* проводят прямую, параллельную оси абсцисс.

Через точку *E*<sub>1</sub>, соответствующую значению, полученному по п. 1.5, проводят перпендикуляр до пересечения с прямой, параллельной оси абсцисс в точке *C*. Через точку *C* интерполируют кривую до пересечения с осью ординат, точка *D*. По диаграмме значение температуры в точке *D* соответствует 130 °С.

3. Значение температуры, полученное в точке *D*, снижают на значение поправок по п. 5.7.

Отношение  $\frac{A}{A_1}$  равно 5, по таблице  $K = 10 \%$ ,  $K_1 = 5 \%$ , следовательно, температура сушки может быть снижена на 10 % за счет неравномерности нагрева изделия

$$130 - (130 \cdot 0,10) = 117 \text{ °С}$$

и на 5 % за счет остывания изделия после извлечения его из сушильной камеры

$$117 - (117 \cdot 0,05) = 112 \text{ °С}.$$

4. Для определения температуры сушки покрытия изделия со стенками различной толщины определяют по универсальной диаграмме значение температуры сушки покрытия отдельно для тонкой и для толстой стенок.

Значение температуры сушки покрытия изделия должно быть не менее значения температуры, определенной для тонкой стенки, и не более значения температуры, определенной для толстой стенки.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Министерством химической промышленности СССР
2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25.07.83 № 3434
3. ВЗАМЕН ОСТ 6—10—412—77
4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер раздела, пункта, приложения
ГОСТ 12.1.005—88	6.2
ГОСТ 12.3.005—75	6.1
ГОСТ 4381—87	Разд. 2
ГОСТ 5233—89	Приложение 1
ГОСТ 6376—74	Разд. 2
ГОСТ 9871—75	Разд. 2

5. ИЗДАНИЕ с Изменением № 1, утвержденным в феврале 1992 г. (ИУС 5—92)