

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР**  
**ЕДИНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ И СТАРЕНИЯ**  
**ПОКРЫТИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ**  
**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМА ГОРЯЧЕЙ СУШКИ**  
**Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. Method for determination of hot drying**  
**conditions**  
**ГОСТ 9.405-83**  
**(в ред. Изменения N 1, утв. в феврале 1992 г.)**

Группа Т94

ОКП 0009

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 июля 1983 г. N 3434 срок введения установлен с 01.07.1984 г.

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ**

1. Разработан и внесен Министерством химической промышленности СССР.

Разработчики: А.М. Елисаветский, канд. хим. наук; Л.Л. Павловский, д-р техн. наук; Г.К. Козловцева, А.Т. Щеголева, О.А. Барышева.

2. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25.07.1983 N 3434.

3. Взамен ОСТ 6-10-412-77.

4. Ссылочные нормативно-технические документы

-----Т-----  
Обозначение НТД, | Номер раздела, пункта, Приложения  
на который дана ссылка |

-----+-----  
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. Переиздание (июнь 1993 г.) с Изменением N 1, утвержденным в феврале 1992 г. (ИУС 5-92).

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 9871-75 с магнитной регулировкой.

Анемометр ручной крыльчатый и чашечный типа А по ГОСТ 6376-74.

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

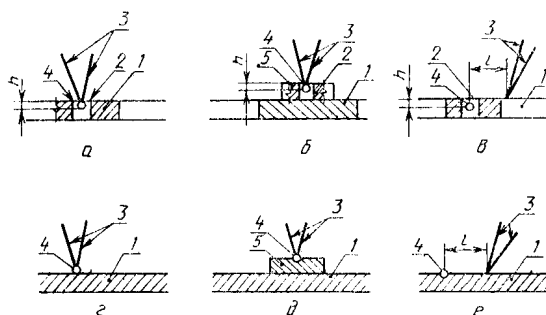
Микрометр по ГОСТ 4381-87.

Лакокрасочные материалы по стандартам или техническим условиям.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

## 3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

3.1. К образцам или пластинам из металла с большим коэффициентом теплопроводности прикрепляют термопару с помощью зачеканивания черт. 1 а, 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 x 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. N 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 +/- 2) °С и относительной влажности (65 +/- 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 ( $\alpha$ ),  $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$ , при нагреве образца (изделия) в сушильной упаковке вычисляют по формуле

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

где 3 - безразмерный коэффициент;

c - удельная теплоемкость материала образца (изделия),  $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$ ;

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

$\tau$  - 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,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\sigma$  - отношение поверхности образца, участвующей в конвективном обмене, к объему образца,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ;

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

$c$  - удельная теплоемкость материала образца,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\rho$  - плотность материала образца,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

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

$$A = \frac{\alpha_1 \sigma_1 \tau_1}{c_1 \rho_1}$$

где  $\alpha_1$  - коэффициент теплообмена при нагреве изделия в сушильной установке, вычисленный по формуле п. 5.1,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

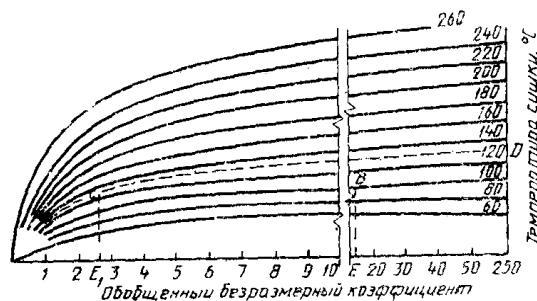
$\sigma_1$  - отношение поверхности изделия, участвующей в конвективном обмене, к объему изделия,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ;

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

$c_1$  - удельная теплоемкость материала изделия,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\rho_1$  - плотность материала изделия,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

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 значению поправки ( $K_1$ ), учитывающей высыхание покрытия при остывании изделия после извлечения его из сушильной установки, по таблице.

-----Т-----

Поправка | Значение поправки, %, при отношении коэффициента А к А

	1										
	+-----T-----T-----T-----T-----T-----T-----T-----T-----T-----										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	
	-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----										
К	4	6	8	10	12	14	16	17	18	20	
	-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----										
К	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	
1											

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 12.3.005-75.

6.2. Метеорологические условия и содержание вредных примесей в рабочей зоне помещений не должны превышать норм, установленных ГОСТ 12.1.005-88.

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

Приложение 1

Справочное

## ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ

1. Необходимое число измерений (n) вычисляют по формуле

$$n = t \frac{\sigma}{\delta}$$

где t - критерий Стьюдента;

$\sigma$  - 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  $\sigma_1^2$  - значение дисперсии случайной величины в первой выборке;

$\sigma_2^2$  - значение дисперсии случайной величины во второй выборке.

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

Таблица 1

Доверительная вероятность (P)		Значение критерия Стьюдента (t)	
2	1	2	1
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 5233-89 на основе эмали МЛ-12. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Твердость покрытия		Первая выборка		Твердость покрытия		Вторая выборка	
в условных единицах	число измерений n	среднее значение $\bar{x}$	дисперсия $s^2$	в условных единицах	число измерений n	среднее значение $\bar{x}$	дисперсия $s^2$
0,525	1	0,525	0,017	0,430	2	0,860	0,032
0,520	1	0,520	0,012	0,425	1	0,425	0,027
0,510	5	2,550	0,002	0,410	4	1,640	0,012
0,505	4	2,200	0,003	0,400	4	1,600	0,002
0,495	4	1,980	0,013	0,395	3	1,185	0,003
0,485	3	1,455	0,023	0,380	2	0,760	0,018
0,475	1	0,475	0,033	0,375	3	1,125	0,023
0,465	1	0,465	0,043	0,365	1	0,365	0,033

Сумма 20	Сумма	Сумма 0,005690	Сумма 20	Сумма	Сумма 0,006720
10,170		7,960			

5. Для первой выборки оценку математического ожидания вычисляют по формуле

$$\bar{H} = \frac{\sum H}{n} = \frac{10,170}{20} = 0,508$$

дисперсию по формуле

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum (H - \bar{H})^2 = \frac{0,005690}{19} = 0,000299$$

6. Для второй выборки оценку математического ожидания вычисляют по формуле

$$\bar{H} = \frac{\sum H}{n} = \frac{7,960}{20} = 0,398$$

дисперсию по формуле

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

7. Среднее арифметическое заданных оценок дисперсии равно

$$\sigma^2 = \frac{\sigma^2 + \sigma^2}{2} = \frac{0,000299 + 0,000354}{2} = 0,000326$$

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

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

После округления получаем  $n = 6$ .

Приложение 1. (Измененная редакция, Изм. N 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  $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$ , 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. N 1).

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

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

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

$$\alpha = 3 \cdot \frac{490 \cdot 7800}{333,3 \cdot 965} = 35,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

(Измененная редакция, Изм. N 1).

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

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

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 В с кривой, соответствующей температуре 100 °С.

Через точку В проводят прямую, параллельную оси абсцисс.

Через точку  $E_1$ , соответствующую значению, полученному по п. 1.5, проводят перпендикуляр до пересечения с прямой, параллельной оси абсцисс в точке С. Через точку С интерполируют кривую до пересечения с осью ординат, точка Д. По диаграмме значение температуры в точке Д соответствует 130 °С.

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

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

$$130 - (130 \cdot 0,10) = 117 \text{ } ^\circ\text{C},$$



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

$$117 - (117 \cdot 0,05) = 112 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

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.