

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ  
И МЕТРОЛОГИИ (РОССТАНДАРТ)

ФГУП “РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИИ  
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И ОЦЕНКЕ СООТВЕТСТВИЯ”  
(ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ”)

Per. № 7279

**Стандартный метод определения свойств резиновых смесей  
– Вулканизация при использовании кюрметра с  
вибрирующим диском<sup>1</sup>**

*Standard test method for Rubber property – Vulcanization using Oscillating Disk Cure Meter<sup>1</sup>*

11 февраля 2005 г. создан ФГУП “Российский научно-технический центр информации по  
стандартизации, метрологии и оценке соответствия”  
(ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ”).

ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ” является правопреемником ФГУП “ВНИИКИ” по информации в  
области технического регулирования, метрологии  
и оценки соответствия и выполняет все его уставные функции.

Страна, № стандарта

**ASTM D2084-11**

Переводчик: Человечкова Т.Г.

ФГБУ ИППУ СО РАН

Редактор: ФГБУ ИППУ СО РАН

**Перевод аутентичен  
оригиналу**

Кол-во стр.: 23

Кол-во рис.: 11

Кол-во табл.: 7

Дата сдачи перевода: 19.10.2013

Редактирование выполнено: 29.11.2013

**Москва  
2013 г.**



ASTM D2084-11

**ASTM D2084-11**

**Стандартный метод определения свойств  
резиновых смесей – Вулканизация при  
использовании кюрметра с вибрирующим  
диском**

**ЗАРЕГИСТРИРОВАНО**

**Федеральное агентство по  
техническому регулированию  
и метрологии**

**ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ”**

Номер регистрации: 7279/ASTM

Дата регистрации: 29.11.2013

**Взамен:** D2084-07

**Утвержден:** 15 декабря 2011

**Вступил в действие:** в апреле 2012

**Название:** Standard test method for rubber property –  
Vulcanization using oscillating disk cure meter

**Источник:** ASTM Standards on Disk, 2012, v.09.01

**Язык оригинала:** английский

**Количество страниц:** 23

**Переводчик:** Т.Г. Человечкова

**Дата:** 19.10.2012



ASTM D2084-11

## Стандартный метод определения свойств резиновых смесей - Вулканизация при использовании кюрومتра с вибрирующим диском<sup>1</sup>

Настоящий стандарт издается под постоянным обозначением D2084; число, следующее непосредственно за обозначением, обозначает год первоначального принятия, или, если стандарт пересматривался, год последнего пересмотра. Число в скобках означает год последнего утверждения. Литера "эпсилон" ( $\epsilon$ ) над строкой указывает на редакционное изменение после последнего пересмотра или утверждения.

*Данный стандарт утверждён для использования организациями Министерства обороны США.*

### 1 Область применения

1.1 В данном стандарте описано использование кюрومتра с вибрирующим диском для определения вулканизационных свойств вулканизирующихся резиновых смесей.

1.2 Значения в единицах СИ следует считать стандартными. Значения в скобках приведены лишь для сведения.

1.3 Стандарт ИСО 3417, во многом аналогичный данному методу испытания, имеет небольшие технические отличия, которые считаются несущественными.

1.4 *В данном стандарте не рассмотрены все вопросы безопасности, связанные с его применением, если таковые имеются. Пользователь настоящего стандарта до его применения должен установить надлежащие меры по обеспечению безопасности и охране труда, а также определить применимость нормативных ограничений.*

### 2 Ссылки

#### 2.1 Стандарты ASTM<sup>2</sup>

- D1349 Методика для каучука. – Стандартные температуры, при которых проводятся испытания.
- D3185 Методы испытания каучука. – Оценка бутадиен-стирольного каучука (БСК) в смесях, включая смеси, наполненные маслом.
- D3186 Методы испытания каучука. – Оценка бутадиен-стирольного каучука (БСК) в смесях, содержащих технический углерод или технический углерод и масло.
- D3187 Методы испытания каучука. – Оценка бутадиенакрилонитрильного каучука (БАК).
- D3190 Методы испытания каучука. – Оценка хлоропренового каучука.
- D4483 Рекомендуемая методика определения точности результатов стандартных испытаний в резиновой промышленности и в промышленности технического углерода.

#### 2.2 Стандарты ISO

- ISO 3417 Резина. – Измерение вулканизационных свойств с помощью реометра с вибрирующим диском.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>Данный стандарт находится в ведении комитета D11 по техническому углероду Американского общества по испытаниям и материалам (ASTM) и в непосредственном ведении подкомитета D11.12 по испытаниям, связанным с определением обрабатываемости резиновых смесей.

Настоящее издание утверждено 15 декабря 2011 года. Опубликовано в апреле 2012 года. Первоначально стандарт был издан в 1971. Последнее предыдущее издание было утверждено в 2007 году под номером D2084-07. Буквенно-цифровой идентификатор стандарта (DOI): 10.1520/D2084-11.

<sup>2</sup>Стандарты ASTM, на которые сделана ссылка, можно запросить на Web-сайте ASTM ([www.astm.org](http://www.astm.org)) или через службу оказания услуг потребителям ([service@astm.org](mailto:service@astm.org)). Номера томов Ежегодника стандартов ASTM указаны на странице кратких данных по этим стандартам на Web-сайте ASTM.

<sup>3</sup>Стандарт можно приобрести в Американском национальном институте стандартов (25 W. 43<sup>rd</sup> St., 4<sup>th</sup> Floor, New York, NY 10036)



### 3 Терминология

#### 3.1 Описание специфических терминов данного стандарта

3.1.1 Нижеуказанные измерения можно выполнить при использовании графика зависимости крутящего момента от времени (Рисунок 1).

3.1.2 *Показатель скорости вулканизации* – критерий скорости вулканизации, базирующийся на разнице между оптимальным временем вулканизации и временем начала подвулканизации.

3.1.3 *Максимальная скорость вулканизации* – критерий скорости вулканизации, выраженный как максимальный наклон кривой зависимости крутящего момента от времени.

3.1.4 *Максимальный или наивысший крутящий момент (плато)* – критерий жёсткости или модуля упругости при сдвиге полностью вулканизированного испытываемого образца при температуре вулканизации.

3.1.5 *Минимальный крутящий момент* – критерий жёсткости невулканизированного испытываемого образца, определяемый в низшей точке на кривой.

3.1.6 *Время до начала вулканизации (время подвулканизации)* – критерий времени, при котором начинается вулканизация.

3.1.7 *Время достижения некоторого процента полной вулканизации* – критерий вулканизации, базирующийся на времени, необходимом для развития определённого процента наивысшего крутящего момента или появления разности между созданным крутящим моментом и минимальным крутящим моментом.

3.1.8 *Крутящий момент (для кюрометра с вибрирующим диском)* – значение, измеренное с помощью датчика крутящего момента при максимальной амплитуде деформации цикла вибрации.

3.1.9 *Оптимальное время вулканизации* – критерий времени, необходимого для достижения определённого процента полной вулканизации, соответствующего требуемому уровню какого-либо свойства вулканизированной смеси.

3.1.9.1 *Комментарий* - Время, необходимое для достижения 90%-ной вулканизации, соответствует максимальному пределу прочности некоторых резиновых смесей при растяжении. Это достоверно не для всех резиновых смесей.

### 4 Сущность метода испытания

4.1 Испытываемый образец вулканизирующейся резиновой смеси помещают в полость кюрометра и, плотно закрыв полуформы, выдерживают под положительным давлением. В полости поддерживается немного повышенная температура вулканизации. Резиновая смесь полностью окружает двухконусный диск после смыкания полуформ (Рисунок 2). Диск вибрирует с небольшой амплитудой ( $1^0$  или  $3^0$ ), что сообщает испытываемому образцу деформацию сдвига. Сила, необходимая для вибрации или вращения диска до максимальной амплитуды, непрерывно регистрируется в зависимости от времени, причём сила пропорциональна модулю упругости при сдвиге (жёсткости) испытываемого образца в условиях температуры, при которой проводится испытание. Жёсткость сначала понижается по мере нагревания образца, а затем повышается в результате вулканизации. Испытание завершается, когда записанный крутящий момент повышается до равновесного или максимального значения, либо когда истекает заданное время. Время, требуемое для получения кривой вулканизации, зависит от свойств резиновой смеси и температуры, при которой проводится испытание (типичные кривые вулканизации показаны на Рисунке 1).

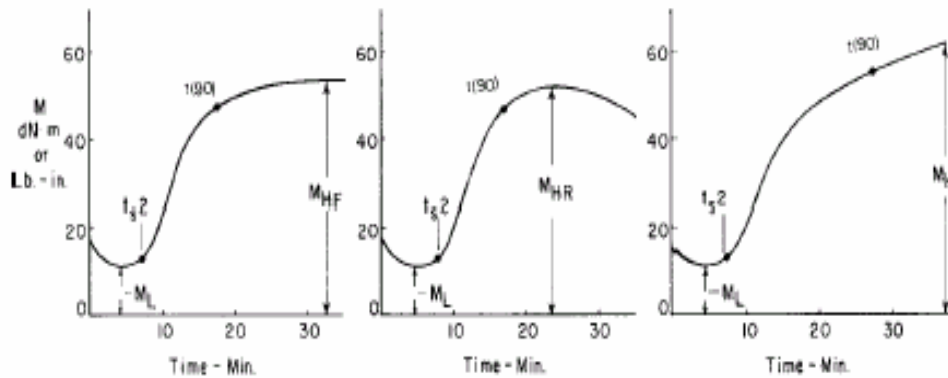


Рисунок 1- Типы кривых вулканизации

*Левая кривая:* вулканизация до равновесного крутящего момента.

*Средняя кривая:* вулканизация до максимального крутящего момента с реверсией.

*Правая кривая:* вулканизация в отсутствии равновесия при максимальном крутящем моменте.

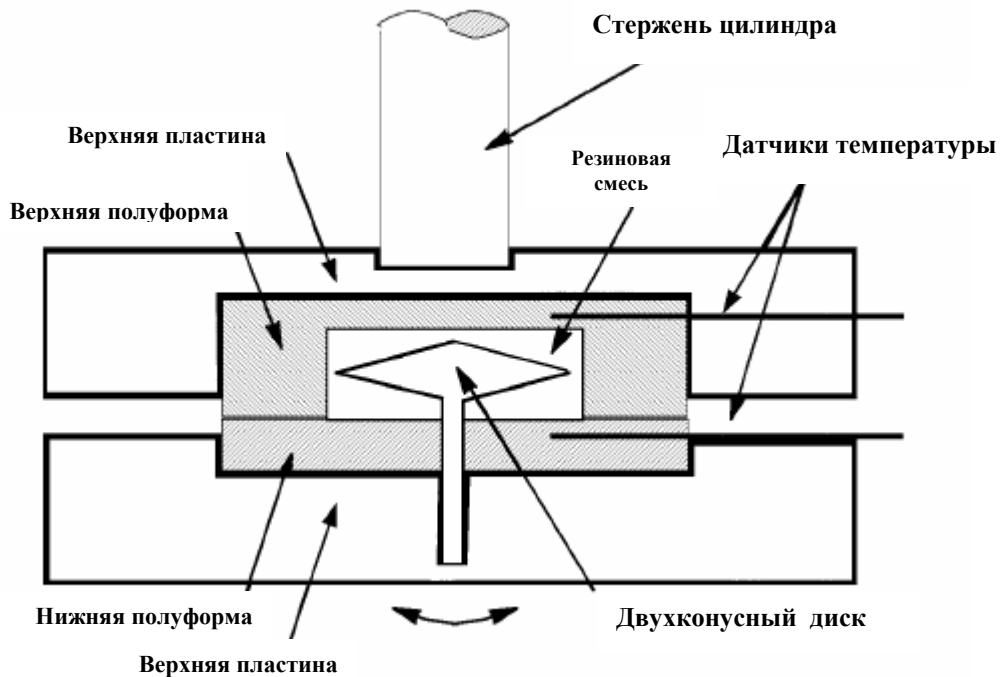


Рисунок 2 - Конструкция кюрметра

4.2 В настоящее время применяются кюрметры с вибрирующим диском нескольких типов. На Рисунке 3 иллюстрируются сдвиги кривой вулканизации в зависимости от конструкций кюрметров, которые описаны в данном стандарте. Результаты испытаний, полученные при быстром/медленном восстановлении температуры или при использовании нагреваемых/ненагреваемых дисков, не подлежат сравнению без учёта разности в температуре нагревания. Различия между графиками результатов испытаний находятся в зависимости от



## ASTM D2084-11

испытываемой резиновой смеси. Ниже перечислены особенности конструкций кюрометров, о которых говорится в настоящем стандарте.

4.2.1 Мембранные (диафрагменные) полуформы, ненагреваемый ротор, восстановление температуры в пределах 4,5 минуты.

4.2.2 Цельные полуформы, ненагреваемый ротор, восстановление температуры в пределах 4,5 минуты.

4.2.3 Цельные полуформы, ненагреваемый ротор, восстановление температуры в пределах 2 минут.

4.2.4 Цельные полуформы, нагреваемый ротор, восстановление температуры в пределах 2 минут.

Примечание 1 - Мембранными полуформами снабжены кюрометры, разработанные до внедрения процесса быстрого восстановления температуры и использования нагреваемых роторов. Конструкция, включающая мембранные полуформы в сочетании с быстрым восстановлением температуры или нагреваемыми роторами, не является типовой для кюрометров с вибрирующим диском.

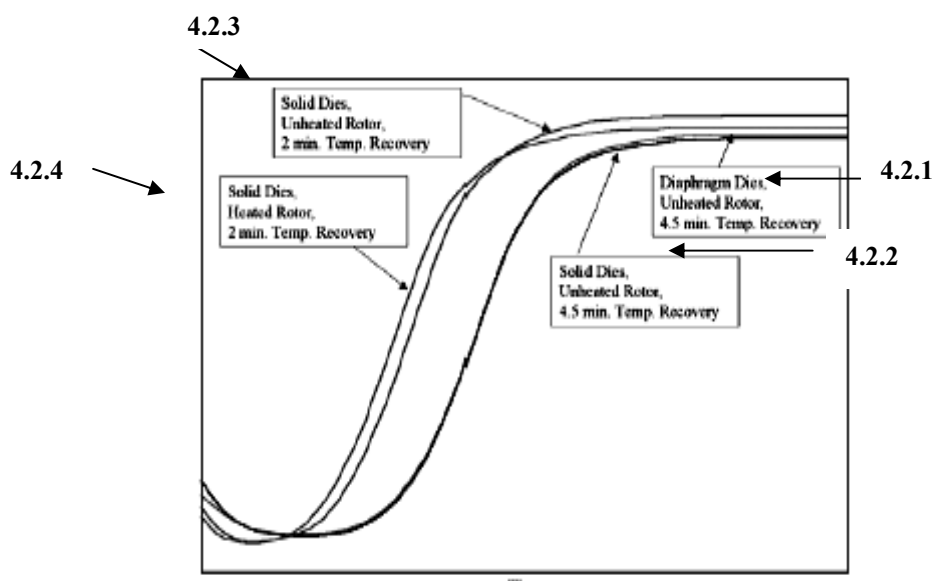


Рисунок 3 – Зависимость кривой вулканизации от типа кюрометра

## 5 Значение и применение

5.1 Настоящий метод испытания служит для определения вулканизационных характеристик (вулканизующихся) резиновых смесей.

5.2 Описанный метод испытания применим для контроля качества в процессах производства резины, в научно-исследовательских испытаниях сырого каучука при использовании оценочной композиции, а также для анализа действия разных ингредиентов, вводимых в (вулканизующиеся) резиновые смеси.



## 6 Оборудование

### 6.1 Кюрометр

Состоит из следующих основных элементов: камеры для образца и смыкающего устройства; системы контроля температуры; привода ротора и системы измерения крутящего момента (Рисунок 2).

### 6.2 Камера для образца

Включает пластины, полуформы и двухконусный диск.

#### 6.2.1 Пластины

Две пластины изготовлены из алюминиевого сплава. Каждая пластина снабжена электронагревателем, полостью в центре для полуформы и отверстием сбоку, в которое вставляют датчик температуры.

#### 6.2.2 Полуформы

Две полуформы, образующие полость при смыкании, изготовлены из инструментальной стали с минимальной твёрдостью 50 по шкале С Роквелла. Геометрия стандартных полуформ показана на Рисунках 4-6 с указанием размеров и допусков, расшифровка которых дана в Таблице 1. Верхняя и нижняя поверхности образуемой полуформами полости снабжены прямоугольными пазами, расположенными радиально относительно центра и отстоящими один от другого на  $20^{\circ}$ . Каждая полуформа имеет отверстие, просверленное сбоку для размещения датчика температуры, вставляемого через пластину. Верхняя полуформа может быть мембранного (**диафрагменного**) типа или цельной (**твёрдотельной**). Нижние полуформы снабжены отверстием в центре для установки стержня диска. Это отверстие должно иметь любое подходящее уплотнение с малым трением, предотвращающее утечку материала из полости.

##### 6.2.2.1 Верхняя полуформа мембранного типа

Верхняя полуформа изготовлена так, что её поверхность, снабжённая пазами, изгибается при смыкании над образцом и затем поддерживает практически постоянное давление по мере небольшого уменьшения объёма образца во время вулканизации. Для придания теплопроводности металлическому корпусу мембранной полуформы в мембранное пространство помещают вкладыш из алюминия или нержавеющей стали. Отверстие в мембранной полуформе предназначено для установки датчика температуры. Верхняя полуформа мембранного типа показана на Рисунке 5.

##### 6.2.2.2 Цельная верхняя полуформа

Верхняя полуформа, изготовленная из одного куска стали, показана на Рисунке 6.

#### 6.2.3 Диск

Двухконусный диск изготовлен из инструментальной стали с минимальной твёрдостью 50 по шкале С Роквелла (Рисунок 7). Он имеет стержень, который должен быть подогнан к внутренней части вала крутящего момента. Размеры диска указаны в Таблице 2.

##### 6.2.3.1 Нагреваемый диск

Некоторые производители выпускают кюрометры с вибрирующим диском, снабжённые нагреваемым ротором. Если диск нагревается, то это может привести к значительным изменениям значений крутящего момента и времени вулканизации. Нагреваемый диск - модифицированная разновидность двухконусного диска (Рисунок 7). Модификация даёт возможность непосредственного контроля температуры диска как показано на Рисунке 8. В этом примере электронагреватель и датчик температуры помещены в металлическую трубку, которая вставлена в диск через вертикальное углубление в вале диска. Углубление, диаметр которого, как правило, составляет 0,325см, проходит в верхнюю часть диска на расстояние в пределах 0,25см. Диаметр металлической трубки обычно на 0,0125см меньше диаметра углубления, что упрощает её извлечение для очистки.

6.2.3.2 Износ диска влияет на результаты испытания. Изношенный диск, диаметр которого становится меньше указанного минимального диаметра, не должен использоваться.



## ASTM D2084-11

6.2.3.3 Стандартная частота угловых колебаний вокруг оси диска постоянно должна быть на уровне 1,67 герц (100 циклов/мин)  $\pm 1\%$ . В случае необходимости можно использовать другие частоты.

6.2.3.4 Для вибрационного вращения диска предусмотрена система привода. Амплитуда колебания ненагруженного диска должна быть постоянно на уровне  $\pm 1,00^0$  с допуском  $\pm 0,03^0$  по центральному положению, т.е. суммарная амплитуда составляет  $2^0$ . Можно использовать другие амплитуды, если есть такие указания.

Примечание 2 – Загрязнение диска и поверхности полуформы способствует появлению проскальзывания. При крутящем моменте  $>40$  дН·м, как правило, возникает проскальзывание, приводящее к понижению значений крутящего момента. При значениях крутящего момента, достигающих 100 дН·м, обычно существует риск значительной деформации кручения вала диска. Когда проблемы проскальзывания или деформации кручения отсутствуют, возможна более высокая чувствительность определения вулканизационных характеристик при использовании дуги вибрации  $\pm 3^0$ .

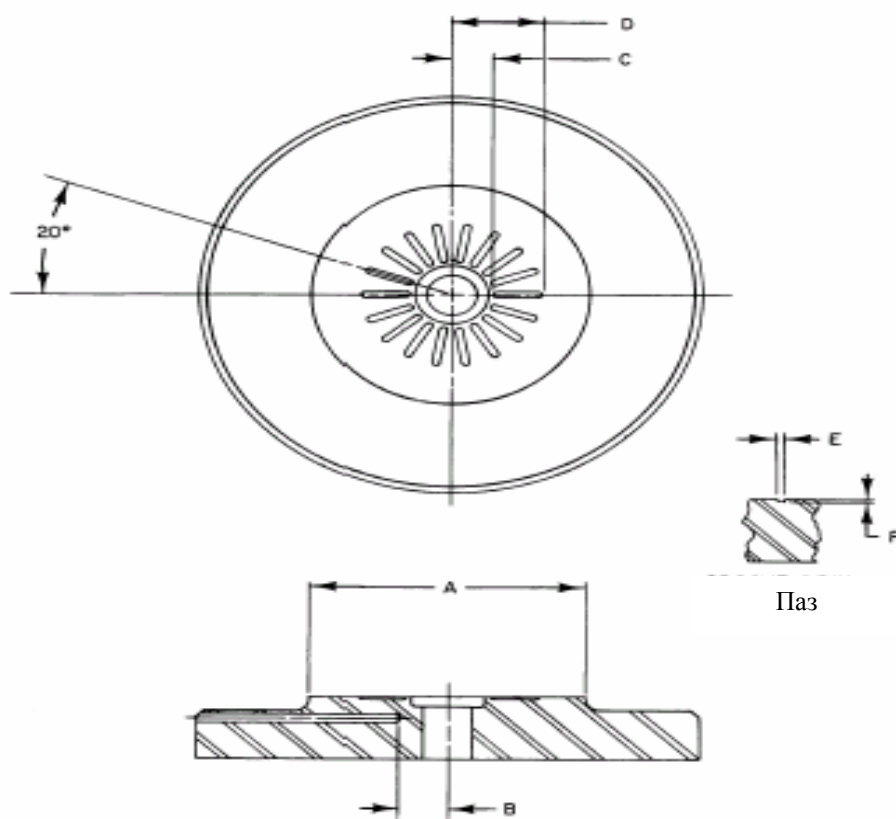
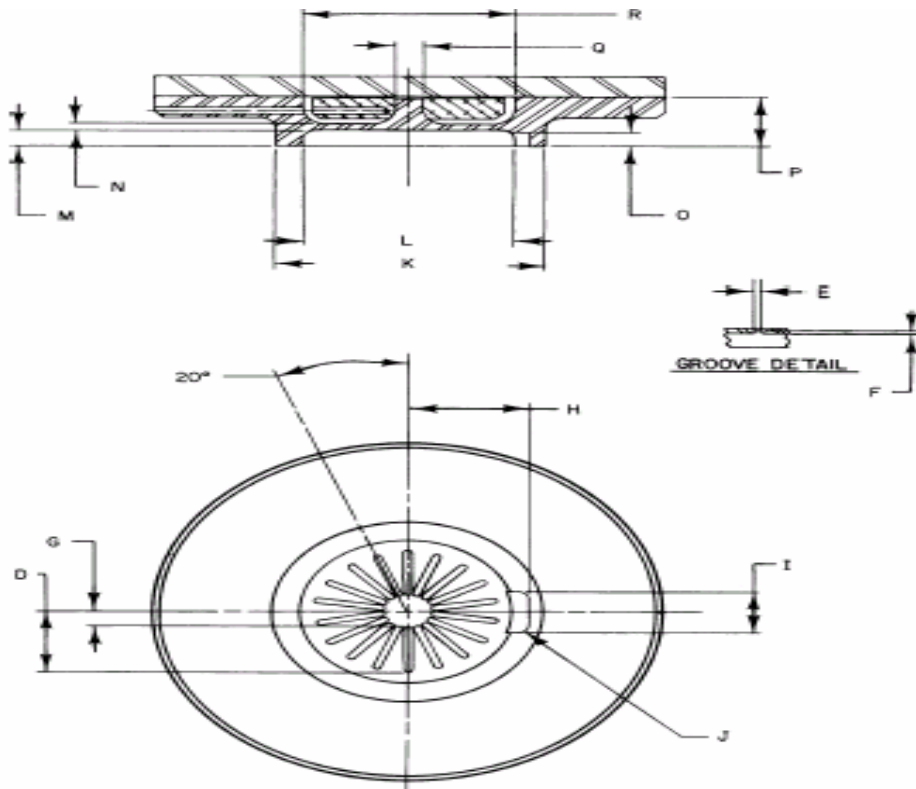


Рисунок 4 - Нижняя полуформа



**Рисунок 5 – Верхняя полуформа мембранного типа****6.2.4 Механизм смыкания полуформ**

Представляет собой пневматический цилиндр или другое аналогичное устройство, во время испытания держит полуформы закрытыми с приложением усилия  $11,0 \pm 0,5$  кН (2500±100 фунт-сил).

Примечание 3 – Один из производителей кюрметров рекомендует использовать источник давления воздуха, установленный на 345 кПа (50 фунтов/дюйм<sup>2</sup>). Прибор снабжён необходимыми средствами для такой настройки. Давление 345 кПа, производимое на пневматический цилиндр диаметром 203мм, создаёт усилие в 11кН (2500 фунт-сил), действующее на полуформы по следующей формуле:

$$F = P \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1)$$

где:

$F$  – сила смыкания полуформ;

$P$  – давление воздуха;

$D$  – диаметр поршня в пневматическом цилиндре.

Для определения максимального давления в полости можно вычислить эффект силы, действующей на площадь поверхности верхней полуформы:

$$P_c = \frac{4F}{\pi d^2}, \quad (2)$$

где:

$P_c$  – давление на образец в полости верхней полуформы;

$d$  – диаметр полости верхней полуформы (55,9 мм)



Пример:

$$P_c = \left( \frac{(4)(11)}{\pi (55,9)^2} \right) = 4485 \text{ кПа} = 650 \text{ фунт/дюйм}^2 \quad (3)$$

### 6.3 Система регулирования температуры

Предусматривают регулятор для поддержания заданной температуры, при которой проводится испытание, с точностью до  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  ( $\pm 1^\circ\text{F}$ ).

#### 6.3.1 Контроль температуры нагреваемого диска

Если диск подвергается нагреванию, специальный регулятор поддерживает его температуру на уровне температуры, при которой проводится испытание, с точностью до  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

### 6.4 Система измерения крутящего момента

Данная система должна включать устройство типа преобразователя крутящего момента, который создаёт сигнал, прямо пропорциональный крутящему моменту, требуемому для вибрации диска. В качестве регистрирующей системы может быть использовано любое устройство для сбора данных, включая компьютеры, принтеры, графопостроители, диаграммные самописцы. Время срабатывания регистрирующей системы при отклонении на полную шкалу крутящего момента должно составлять 1с или меньше с точностью регистрации крутящего момента  $\pm 0,5\%$  от диапазона крутящего момента. Предусматривают не менее четырёх диапазонов крутящего момента: 0 – 25; 0 – 50; 0 – 100 и 0 – 200 дН·м (0 – 25; 0 – 50; 0 – 100 и 0 – 200 фунт-сила·дюйм).

Примечание 4 - Прямая пропорциональная зависимость между крутящим моментом и жёсткостью не может быть гарантирована при всех условиях испытания, в частности, при повышенных диапазонах крутящего момента, т.к. необходимо учитывать упругую деформацию вала диска и приводного механизма. Повседневные испытания с целью контроля качества проводят без введения поправок.

## 7 Отбор проб

7.1 Пробы отбирают из вулканизирующейся резиновой смеси так, как это предусмотрено способом приготовления смеси, или в соответствии с другими инструкциями по отбору проб.

7.2 Пробу готовят в форме листа. Она должна иметь комнатную температуру и содержать как можно меньше воздуха.

7.3 Температура пробы и её тепловая предыстория могут оказывать значительное влияние на результаты испытания. В случае арбитражных испытаний и испытаний в контролируемых условиях пробу кондиционируют при температуре  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  не менее 1 часа перед проведением анализа.

7.4 При проведении контрольных испытаний в процессе производства пробы можно анализировать без кондиционирования, но перед проведением испытания доводят до минимума колебания температуры и тепловой предыстории.

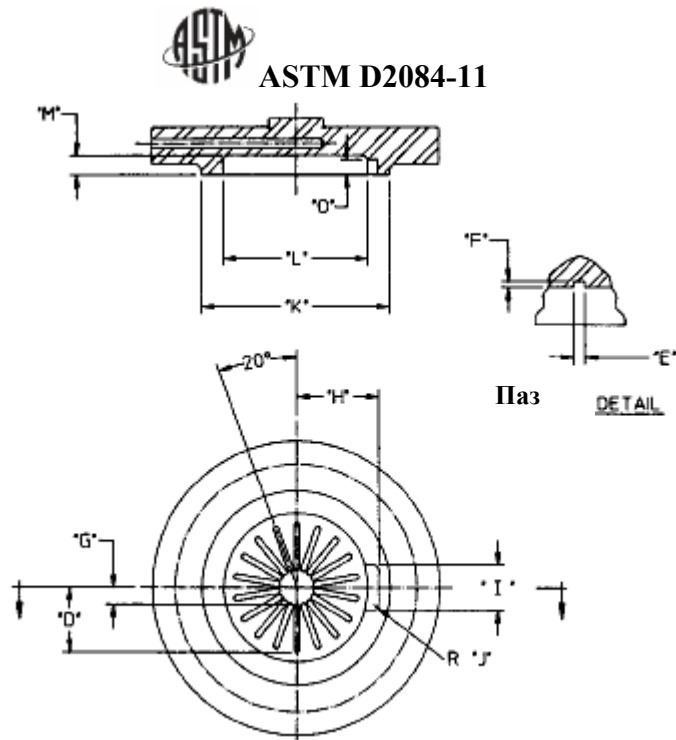


Рисунок 6 – Целая верхняя полуформа

Таблица 1 -Размеры полуформ

Обозначение	Размер, мм	Допуск, мм
A	55,88	±0,13
B	10,64	±0,25
C	7,94	±0,13
D	18,26	±0,13
E	1,57	±0,13
F	0,8	±0,1
G	4,76	±0,13
H	24,07	±0,06
I	12,70	±0,40
J	2,38	±0,40
K	54,61	±0,05
L	41,91	±0,03
M	5,35	±0,01
N	1,65	±0,03
O	4,57	±0,13
P	15,38	±0,03
Q	5,08	±0,05
R	41,91	±0,03

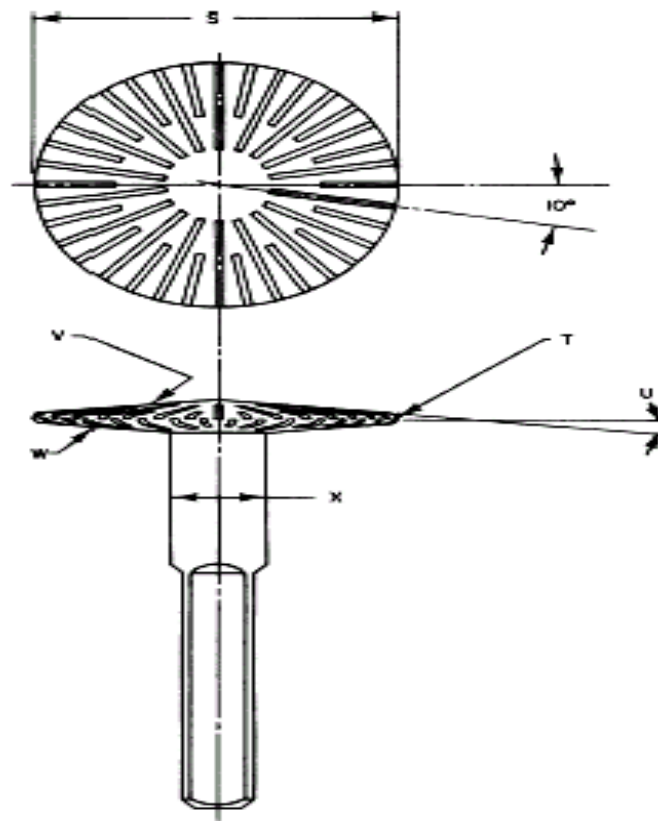
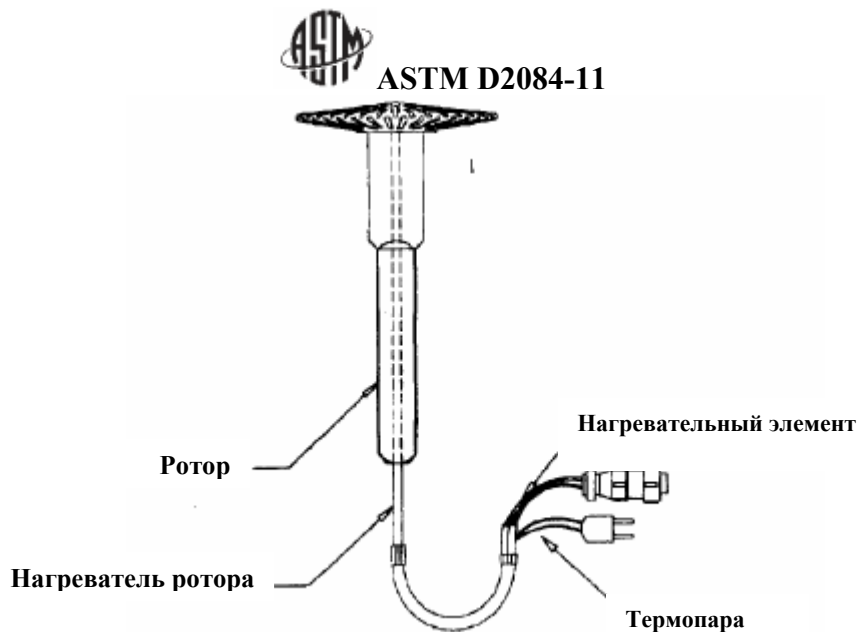


Рисунок 7 – Двухконусный диск

Таблица 2 - Размеры диска

Обозначение	Параметры	Размер, мм	Допуск, мм
S	Диаметр	35,55	$\pm 0,01$
T	Радиус	0,80	$\pm 0,03$
U		6,28 <sup>0</sup>	$\pm 0,08^0$
V <sup>A</sup>	Ширина паза	0,80	$\pm 0,05$
	Глубина паза	0,8	$\pm 0,1$
	Длина паза, мин	7,5	
W <sup>A</sup>	Ширина паза	0,80	$\pm 0,05$
	Глубина паза	0,8	$\pm 0,1$
	Длина паза, мин	7,5	
X	Диаметр	9,5	
		9,50	$\pm 0,02$ $-0,00$

<sup>A</sup> Пазы на верхней и нижней поверхностях должны быть смещены на 5°.



**Рисунок 8 – Пример ротора кюрметра со средствами нагрева**

## **8 Испытываемый образец**

8.1 Почти круглый испытываемый образец, взятый из пробы, должен быть объемом  $9,5 \pm 1,5 \text{ см}^3$  ( $0,58 \pm 0,09 \text{ дюйм}^3$ ) или, например, иметь диаметр  $\sim 30 \text{ мм}$  (1,2 дюйма) и толщину 13,5 мм (0,53 дюйма).

8.2 Считается, что образец имеет нужные размеры, когда небольшой шарик резиновой смеси шприцуются равномерно по периферии закрытых полуформ (116-160% объема испытательной полости. Это достигается, если объем образца составляет 8-11 см<sup>3</sup> (9-13 г резиновой смеси с удельным весом 1,15). Образцы меньших размеров могут обусловить низкое давление в полости и низкие показатели крутящего момента. Образцы, размер которых превышает указанные значения, приводят к чрезмерному охлаждению полуформ на начальной стадии цикла испытания, что сказывается на вулканизационных свойствах.

## **9 Температура, при которой проводятся испытания**

9.1 Стандартная температура при проведении испытания должна составлять  $160^{\circ}\text{C}$  ( $320^{\circ}\text{F}$ ).

9.2 Допустимое отклонение от стандартной температуры при проведении испытания может быть  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1,0^{\circ}\text{F}$ ).

9.3 В случае необходимости испытания могут проводиться при других температурах. Температуру следует выбирать в соответствии с требованиями стандарта D1349.

## **10 Калибровка**

10.1 Кюрметр калибруют механически в соответствии с инструкцией производителя.

10.2 Предусматривают средства для электронного контроля работы регистрирующей системы и калибровки преобразователя крутящего момента при использовании резистора, установленного в цепи измерения крутящего момента, которая моделирует создание крутящего момента заданного значения.

10.3 Кюрметр калибруют по механическому эталону крутящего момента, поставляемому производителем, в том случае, когда возникает сомнение в правильности



## ASTM D2084-11

результатов, а также после любого ремонта и любого изменения дуги. Эту процедуру достаточно часто проводят для поддержания надлежащей калибровки. Кюрометр должен показывать «0» в условиях холостого хода в отсутствие уплотнителя диска и значение, указанное в свидетельстве, при использовании эталона крутящего момента.

### 11 Проведение испытания

#### 11.1 Подготовка к испытанию

11.1.1 Установив диск, доводят температуру закрытых полуформ до температуры, при которой проводят испытание. Если используют диаграммный самописец, его настраивают на нуль, а перо самописца – на нулевой крутящий момент и нулевое время на ленте. Выбирают требуемое время работы и диапазон крутящего момента для отображения максимального крутящего момента в верхней половине ленты самописца. Для компьютерных систем сбора данных никакие настройки не требуются или нужны другие установки для надлежащей записи данных, но могут быть необходимы уставки по времени испытания.

11.1.2 На этом этапе можно проверить “плавающий нуль” при установленном уплотнителе диска. Отклонение нуля не должно превышать 0,5 дН·м (0,5 фунт-сила·дюйм). Если крутящий момент выше этого значения, проверяют кюрометр на сопротивление трения, которое может быть вызвано подшипниками плохого качества, неподходящим фрикционным уплотнением (6.2.2), смещением ротора или налипанием образца вокруг вала ротора. Если сбой не удаётся устранить, обращаются к инструкции производителя.

#### 11.2 Загрузка кюрометра

11.2.1 Открывают полуформы, помещают испытываемый образец (Примечания 5 и 6) на верхнюю часть диска и смыкают полуформы. Размещение образца и смыкание полуформ должно быть выполнено за время не более 20с. Когда перед проведением испытания полость пустая, устанавливают ротор за время не более 1 минуты перед размыканием полуформ для размещения образца. Если образец помещается в полость сразу после предыдущего испытания, извлечение ранее испытанного образца и загрузка нового образца выполняют за время не более 20 секунд. Если извлечение испытанного образца занимает более 20 секунд, устанавливают ротор и смыкают полуформы без материала на 1 минуту перед загрузкой очередного образца.

11.2.2 Регистрирующая система запускается в момент смыкания полуформ. Вибрирование диска может быть при нулевом времени или начаться не позднее чем через 1 мин после смыкания полуформ. В последнем случае регистрируют и вносят в протокол время предварительного нагрева, как требуется в пункте 12.1.8.

Примечание 5 - При испытании липких резиновых смесей можно положить тонкую плёнку, которая не расплавится при температуре испытания, под и над испытываемым образцом, но без соприкосновения с ротором. Это предотвращает прилипание резины к полуформам.

Примечание 6 - Остатки испытываемых резиновых смесей могут прилипнуть к диску и полуформам. Это может повлиять на конечное значение крутящего момента. Рекомендуют ежедневно испытывать постоянную вулканизирующуюся резиновую смесь для выявления фактора прилипания. Если загрязнение такого типа увеличивается, его можно снять некоррозионным составом или раствором, который не портит алюминиевый вкладыш, установленный в некоторых мембранных полуформах. После очистки растворителем необходимо провести одно или два испытания на второстепенных смесях, чтобы полностью удалить растворитель или его остатки. Абразивное очищающее средство может быть использовано с соблюдением осторожности. В качестве абразивного материала рекомендуется применять оксид алюминия под номером 220.



## 12 Протокол испытания

12.1 В протокол включают нижеуказанную информацию о пробе и применявшихся приборах.

12.1.1 Идентификация пробы.

12.1.2 Способ подготовки образца (например, степень пластикации).

12.1.3 Модель кюрометра, сведения по изготовителю аппарата.

12.1.4 Тип полуформ, нагреваемый/ненагреваемый ротор, классификация восстановления температуры.

12.1.5 Температура полуформ.

12.1.6 Используемая амплитуд колебания, записанная как половина размаха (например, дугу  $\pm 1^\circ$  регистрируют как дугу  $1^\circ$ )

12.1.7 Частота вибрации в герцах или циклах/мин.

12.1.8 Время испытания и время нагрева, если оно не нулевое.

12.1.9 Шкалы для регистрации времени и крутящего момента.

12.2 Результаты испытания, обычно выбираемые из перечисленных ниже параметров, (см. Рисунок 1 для справки). Преобразование дН·м в фунт-сила·дюйм: 1,13 дН·м = 1,00 фунт-сила·дюйм.

12.2.1  $M_L$  – минимальный крутящий момент, дН·м (фунт-сила·дюйм).

12.2.2 Максимальный крутящий момент – все значения в дН·м (фунт-сила·дюйм).

12.2.2.1  $M_{HF}$  – максимальный крутящий момент в точке, где кривая образует плато.

12.2.2.2  $M_{HR}$  – максимальный крутящий момент S-образной кривой.

12.2.2.3  $M_H$  – наивысший крутящий момент, получаемый в определённый период времени, когда ни плато, ни максимальный крутящий момент не достигаются.

12.2.3 Время подвулканизации, мин.

12.2.3.1  $t_{s1}$  - время до повышения значения  $M_L$  на 1 дН·м (1 фунт-сила·дюйм).

Используется с амплитудой вибрации  $1^\circ$ . 12.2.3.2  $t_{s2}$  - время до повышения значения  $M_L$  на 2 дН·м (2 фунт-силы·дюйм). Используется с амплитудой вибрации  $3^\circ$  (и  $5^\circ$ ).

12.2.4 Время вулканизации, мин.

12.2.4.1  $t_x$  (также TCx) - время до повышения крутящего момента на x % или

$t_x$  = минуты, прошедшие до достижения значения крутящего момента  $M_L + x(M_H - M_L)/100$ .

Примечание 7 - Данный метод определения времени вулканизации считается стандартным. Наиболее широко применяются значения x 10, 50 или 90.

12.2.4.2  $tx$  - время до повышения максимального крутящего момента на x% или  $tx$  = минуты, прошедшие до достижения значения крутящего момента  $x M_H/100$ .

Примечание 8 - Это альтернативный метод определения времени вулканизации.

12.2.5 Показатель скорости вулканизации =  $100/(\text{время вулканизации} - \text{время подвулканизации})$ .

12.2.6 Пиковая или максимальная скорость вулканизации (PCR или MCR) – наивысший наклон, достигаемый для кривой зависимости крутящего момента от времени после вычерчивания кривой минимального крутящего момента (обычно в дН·м).

12.2.6.1 Время до достижения пикового или максимального крутящего момента (TPCR или TMCR) – время испытания в точке, в которой достигается максимальная скорость вулканизации.



## 13 Точность и систематическая ошибка

13.1 Данный раздел по точности и систематической ошибке подготовлен в соответствии с методикой D4483, в которой приведены терминология и другие статистические данные.

13. Проводили два исследования по определению точности данного метода испытания. В одном из них применяли мембранную верхнюю полуформу (Рисунок 5), а во втором – цельную верхнюю полуформу (Рисунок 6).

13.3 Результаты по точности типа 1 и 2, полученные при использовании кюрметров с вибрирующим диском (ODC), снабжённых мембранными верхними полуформами, представлены в Таблице 3. Для точности двух типов сходимость и воспроизводимость определены в условиях краткосрочных испытаний. Дублирующие испытания проводили с разрывом в несколько дней. Согласно данному методу результатом испытания является значение, полученное при однократном определении или измерении конкретного свойства или параметра.

13.4 В испытаниях для оценки точности типа 1 четыре резиновые смеси (материала) испытывали в одиннадцати лабораториях в два разных дня (Таблица 3).

13.5 Результаты по точности типа 2 (Таблица 3) представляют собой усреднённые значения, полученные согласно требованиям четырёх других стандартов оценки резины: D3185 (БСК, маслonaполненный БСК); D3186 (маточная смесь на основе БСК, содержащая технический углерод); D3187 (бутадиенакрилонитрильный каучук) и D3190 (хлоропреновый каучук). Эти данные по точности были получены в ходе выполнения межлабораторных программ при использовании материалов двух разных типов (каучуки указаны выше). Испытания проводили в 7 лабораториях, причём приготовление резиновой смеси и её испытание выполняли в два разных дня с недельным разрывом между ними.

13.6 Технический комитет 45 ISO проводил исследование по оценке точности типа 1 при использовании ODC с цельными верхними полуформами в 1984 и 1985 годах в соответствии со стандартом ISO 3417, аналогичным стандарту ASTM D2084. Практика анализа и выражения результатов, применявшаяся техническим комитетом 45 ISO, эквивалентны основным принципам и формату, характерным для методики D4483.

### 13.7 Программа межлабораторных испытаний (ИТР), проведённая комитетом 45 ISO

13.7.1 ИТР проводили в конце 1984 года с целью получения данных по точности. Четыре смеси с разными вулканизационными свойствами, приготовленные в одной лаборатории, помещали в герметично закрываемые упаковки из металлической фольги и высылали в лаборатории, размещённые в 19 странах Европы, Азии, Северной/Южной Америк. Испытания выполняли в конце января и начале февраля 1985 года по нижеуказанной схеме.

13.7.1.1 Часть I (испытание при 160<sup>0</sup>С) – Одно испытание всех четырёх смесей в каждый из двух дней с промежутком в 1 неделю.

13.7.1.2 Часть II (испытание при 150<sup>0</sup>С) – Одно испытание всех четырёх смесей в каждый из двух дней с промежутком в 1 неделю.

13.7.2 Составы 4 резиновых смесей указаны в Таблице 4. Смесь А готовили со средней дозировкой технического углерода и вулканизирующей системой, содержащей несвободную серу (тетраметилтиурамдисульфид - TMTD). Смеси В и С отличались относительно высоким содержанием технического углерода и включали обычную вулканизирующую систему. Смесь D – ненаполненная резиновая смесь с традиционной вулканизирующей системой.





## ASTM D2084-11

Таблица 3 – Точность (мембранная верхняя полуформа)

Sr – внутрिलाбораторное среднеквадратическое отклонение; r – сходимости в единицах измерения; r) - сходимости в %; SR – межлабораторное среднеквадратическое отклонение; R – воспроизводимости в единицах измерения; (R) – воспроизводимости в %.

Определяемый параметр	Диапазон значений	Среднее значение	Внутрिलाбораторная			Межлабораторная		
			Sr	r	(r) <sup>A</sup>	SR	R	(R) <sup>A</sup>
<i>Точность типа 1</i>								
M <sub>L</sub> , дН·м	7,1-9,7	8,4	0,158	0,45	5,4	1,36	3,85	45,8
M <sub>H</sub> , дН·м	28,4-38,9	33,7	0,181	0,51	1,5	1,98	5,60	16,6
t <sub>s1</sub> , мин.	2,3-5,3	3,8	0,12	0,34	9,0	0,25	0,71	18,7
t' 50, мин.	3,9-8,8	6,4	0,15	0,43	6,7	0,34	0,96	15,0
t' 90, мин.	6,4-14,0	10,2	0,20	0,57	5,6	0,60	1,70	16,7
<i>Точность типа 2</i>								
M <sub>L</sub> , дН·м	7,6-9,8	8,7	0,215	0,61	7,0	0,735	2,08	23,9
M <sub>H</sub> , дН·м	32,0-47,7	39,9	0,35	0,99	2,5	2,60	7,36	18,4
t <sub>s1</sub> , мин.	4,4-5,8	5,1	0,12	0,34	6,7	0,37	1,05	20,6
t' 50, мин.	7,7-9,9	8,8	0,18	0,51	5,8	0,90	2,55	29,0
t' 90, мин.	15,9-18,0	17,0	0,19	0,54	3,2	1,50	4,25	25,0

<sup>A</sup> Расчётные значения, полученные при использовании средней точки интервала для среднего значения параметра. Точность типа 1 определяли при испытании полностью подготовленных образцов. Смеси готовили в одной лаборатории и рассылали всем лабораториям-участникам программы. Точность типа 2 определяли, высылая каждой лаборатории-участнице все ингредиенты резиновых смесей, полученные из одного источника поставок. Поскольку каждая лаборатория самостоятельно готовила смесь, вариация процедуры приготовления смеси является частью вариации полного испытания или точности испытания.

Таблица 4 – Состав резиновых смесей (ISO 3417-ИТР)

Ингредиенты	Резиновые смеси			
	A	B	C	D
БСК 1502	100,0	...	...	100,0
БСК 1712 <sup>A</sup>	...	68,8	137,5	...
Бутадиеновый каучук (СВ441) <sup>B</sup>	...	68,8	...	...
Оксид цинка	5,0	5,0	5,0	5,0
Стеариновая кислота	1,0	1,5	1,5	1,5
IRB № 5 <sup>C</sup>	...	80,0	60,0	...
N330	45,0	...	...	...
Технологическое масло <sup>D</sup>	...	8,8	5,0	5,0
DPPD <sup>E</sup>	...	1,5	1,5	1,5
Антиозонант <sup>F</sup>	...	1,5	1,5	1,5
TBBS <sup>G</sup>	...	1,2	1,0	1,0
TMTD <sup>H</sup>	3,0	...	...	...
Сера	...	2,0	2,0	2,0
Удельный вес	1,13	1,16	1,16	0,98

<sup>A</sup> БСК, содержащий масло (37,5ч/100ч каучука).

<sup>B</sup> Бутадиеновый каучук, содержащий масло (37,5ч/100ч каучука).

<sup>C</sup> Промышленный эталонный технический углерод №5 (комитет 24 ASTM).

<sup>D</sup> Sundex 7260Т или эквивалентное масло.

<sup>E</sup> Диметилбутилфинилфенилендиамин.

<sup>F</sup> Триметилдигидрохиолин.

<sup>G</sup> N-трет-бутил-2-бензотиазол-сульфенамид.

<sup>H</sup> Тетраметилтиурамдисульфид.



## ASTM D2084-11

13.7.3 Точность типа 1 определяли в ходе ИТР при использовании готовых резиновых смесей. Сходимость и воспроизводимость представлены для условий краткосрочных испытаний (дни).

13.7.4 В первой части программы участвовало 50 лабораторий. Во второй части программы испытания проводили 45 лабораторий, которые принимали участие и в первой части программы.

13.7.5 Результаты по точности ( $160^{\circ}\text{C}$ ), полученные в Части I программы, представлены в Таблице 5.

13.7.6 Результаты по точности ( $150^{\circ}\text{C}$ ), полученные в Части II программы, приведены в Таблице 6.

13.8 Точность данного метода испытания выражена в виде нижепредставленных формулировок, включающих термин «подходящее значение»  $r$ ,  $R$ , ( $r$ ) или ( $R$ ) из Таблиц 3, 5 и 6, которое можно использовать при оценке результатов, полученных по данному методу испытания.

13.9 *Сходимость*,  $r$ , данного испытания установлена как подходящее значение для любого параметра, представленного в Таблицах 3, 5 и 6. Если разность между двумя результатами однократных испытаний, проведённых в нормальных условиях, превышает табличное значение  $r$ , то это указывает на то, что они были получены при использовании разных или неидентичных совокупностей.

13.10 *Воспроизводимость*,  $R$ , данного испытания установлена как подходящее значение для любого параметра, представленного в Таблицах 3, 5 и 6. Если разность между двумя результатами однократных испытаний, проведённых в двух разных лабораториях в нормальных условиях, превышает табличное значение  $R$ , то это указывает на то, что они были получены при использовании неодинаковых или неидентичных совокупностей

13.11 Сходимость и воспроизводимость, выраженные в процентах от среднего уровня, ( $r$ ) и ( $R$ ), описываются формулировками, аналогичными формулировкам для  $r$  и  $R$  в пунктах 13.9 и 13.10. В формулировках ( $r$ ) и ( $R$ ) разность между двумя результатами единичных испытаний выражена в процентах от среднего арифметического двух результатов испытания.

### 13.12 *Систематическая ошибка*

По терминологии методов испытания систематическая ошибка – есть разность между средним значением, полученным при испытании и стандартным (истинным) значением определяемого свойства. Для данного метода не существует стандартных значений, т.к. значение определяемого свойства оценивают исключительно данным методом испытания. В связи с этим систематическую ошибку нельзя определить.

**Таблица 5 - ISO 3417: Тип I - Точность при  $160^{\circ}\text{C}$   
и использовании цельных верхних полуформ**

Параметр 1 - Минимальный крутящий момент  $M_L$ , Н·м, при  $160^{\circ}\text{C}$ .

Итоговая сводная таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания.

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
4. Смесью D	0,39	0,0315	0,0892	23,040	0,1404	0,3973	102,649
3. Смесью C	0,70	0,0316	0,0893	12,700	0,1997	0,5652	80,380
2. Смесью B	0,99	0,0339	0,0960	9,652	0,4399	1,2448	125,147
1. Смесью A	1,65	0,0656	0,1857	11,249	0,1442	0,4081	24,715
Усреднённые значения	0,92	0,0432	0,1223	13,298	0,2645	0,7486	81,422

**ASTM D2084-11**

Параметр 2 - Максимальный крутящий момент  $M_{HF}$ , Н·м, при 160<sup>0</sup>С.

Итоговая сводная таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания.

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
4. Смесь D	2,21	0,0582	0,1646	7,447	0,1996	0,5648	25,550
3. Смесь C	2,71	0,0511	0,1446	5,328	0,2207	0,6246	23,007
2. Смесь B	3,26	0,0750	0,2123	6,521	0,2625	0,7430	22,820
1. Смесь A	4,26	0,0546	0,1544	3,621	0,3628	1,0266	24,073
Усреднённые значения	3,11	0,0605	0,1713	5,506	0,2686	0,7602	24,432

Параметр 3 - Время подвулканизации, минуты, при 160<sup>0</sup>С.

Итоговая сводная Таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
1. Смесь A	1,41	0,1028	0,2910	20,580	0,1547	0,4377	30,957
4. Смесь D	5,04	0,2017	0,5708	11,324	0,7011	1,9842	39,364
2. Смесь B	5,08	0,1836	0,5197	10,222	0,7278	2,0598	40,512
3. Смесь C	5,57	0,2302	0,6515	11,689	0,6752	1,9109	34,284
Усреднённые значения	4,32	0,1854	0,5247	12,140	0,6234	1,7642	40,822

**Таблица 6 - ISO 3417: Тип I - Точность при 150<sup>0</sup>С  
(цельные верхние полуформы)**

Примечание - Sr – внутрилабораторное среднеквадратическое отклонение; r – сходимость в единицах измерения; r) - сходимость в %; SR – межлабораторное среднеквадратическое отклонение; R – воспроизводимость в единицах измерения; (R) – воспроизводимость в %.

Параметр 1 - Минимальный крутящий момент  $M_L$ , Н·м, при 150<sup>0</sup>С.

Итоговая сводная таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания.

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
4. Смесь D	0,40	0,0300	0,0848	21,000	0,1286	0,3639	90,135
3. Смесь C	0,69	0,0403	0,1141	16,448	0,1025	0,2901	41,798
2. Смесь B	0,77	0,0258	0,0730	9,511	0,0743	0,2101	27,376
1. Смесь A	1,74	0,0517	0,1463	8,399	0,1616	0,4574	26,250
Усреднённые значения	0,90	0,0384	0,1086	12,098	0,1221	0,3457	38,505

Параметр 2 - Максимальный крутящий момент  $M_{HF}$ , Н·м, при 150<sup>0</sup>С.

Итоговая сводная таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания.

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
4. Смесь D	2,31	0,0324	0,0916	3,960	0,1942	0,5495	23,768
3. Смесь C	2,82	0,0684	0,1937	6,861	0,2431	0,6878	24,364
2. Смесь B	3,39	0,0642	0,1818	5,354	0,2654	0,7511	22,124
1. Смесь A	4,34	0,0787	0,2228	5,134	0,2464	0,6972	16,066
Усреднённые значения	3,20	0,0633	0,1793	5,594	0,2397	0,6783	21,169

**ASTM D2084-11**

Параметр 3 - Время подвулканизации, минуты, при 150<sup>0</sup>С.

Итоговая сводная таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания.

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
1. Смесь А	1,99	0,1141	0,3230	16,265	0,2471	0,6992	35,214
2. Смесь В	8,61	0,4932	1,3958	16,213	1,2572	3,5577	41,325
4. Смесь D	8,77	0,2524	0,7143	8,149	0,6697	1,8951	21,621
3. Смесь С	9,73	0,3233	0,9150	9,406	1,3838	3,9161	40,257
Усреднённые значения	7,31	0,3266	0,9243	12,650	0,9867	2,7924	38,217

Параметр 4 - Время 50% ной вулканизации, минуты, при 150<sup>0</sup>С.

Итоговая сводная таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания.

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
1. Смесь А	5,56	0,2100	0,5943	10,691	0,4654	1,3172	23,696
2. Смесь В	13,34	0,5602	1,5852	11,882	0,9905	2,8032	21,011
3. Смесь С	17,20	0,3975	1,1250	6,539	1,1619	3,2883	19,113
4. Смесь D	17,56	0,3393	0,9603	5,470	1,1049	3,1269	17,812
Усреднённые значения	13,46	0,3983	1,1272	8,374	0,9726	2,7525	20,448

Параметр 5- Время 90% ной вулканизации, минуты, при 150<sup>0</sup>С.

Итоговая сводная таблица: значения по точности.

Средние значения указаны в порядке их возрастания.

Материал	Средний уровень	Внутрилабораторная			Межлабораторная		
		Sr	r	(r)	SR	R	(R)
1. Смесь А	11,91	0,6954	1,9680	16,521	1,2683	3,5894	30,133
2. Смесь В	19,90	0,7055	1,9964	10,031	1,4111	3,9934	20,065
3. Смесь С	30,07	0,6387	1,8075	6,010	2,1003	5,9439	19,763
4. Смесь D	33,52	0,9787	2,7699	8,264	2,5473	7,2088	21,507
Усреднённые значения	23,91	0,7671	2,1708	9,080	1,9092	5,4030	22,599

## 14 Ключевые слова

14.1 Резиновые смеси, кюрومتر с вибрирующим диском (ODC), вулканизационные характеристики.

**X1. История создания кюрометра  
с вибрирующим диском**

X1.1 Кюрометры с вибрирующим диском впервые появились на рынке в 1963 году. Первые устройства создавали частоту 3 цикла/минуту обычно при дуге  $\pm 3^0$ . Полуформы (SCD) первых кюрометров, как правило, образовывали 2х-дюймовую квадратную полость высотой 0,4 дюйма. В центре полости был помещён двухконусный ротор. Типичный образец резины с удельным весом 1,15, массой 22г, размещали двумя частями выше и ниже ротора. После смыкания полуформ перед сбором данных требовался подогрев в течение 20-60 секунд. При дуге  $3^0$  деформация образца составляла 21%.

X1.2 В последующие 5 лет были достигнуты вибрационные частоты 10, 100 и 900 циклов/минуту. При разных частотах получали кривые разной формы. Форма кривых была обусловлена теплотой, выделявшейся в полости при обработке каучука, разрушением структуры полимера в разных динамических условиях вулканизации и зависимостью сопротивления резины текучести от скорости сдвига. На Рисунке X1.1 сравниваются кривые, полученные с применением кюрометра с квадратными полуформами при дуге  $\pm 3^0$  и разных скоростях вибрации.

X1.3 Когда в 1968 году кюрометр с вибрирующим диском был впервые предложен в качестве стандартного оборудования ASTM, он представлял собой настольную модель меньшего размера с новой полуформой диаметром 2 дюйма (полуформы LPC). Высота круглых полуформ была аналогична высоте квадратных полуформ. В полости был установлен тот же ротор. При использовании LPC получали значения минимального и максимального крутящего момента, аналогичные значениям, которые достигались в случае SCD. Цельные образцы большинства смесей можно было разместить в верхней части ротора. Исключение времени подогрева при использовании LPC способствовало незначительному ускорению вулканизации. Ещё одним преимуществом круглых полуформ была их плоская нижняя поверхность, упрощавшая извлечение вулканизированных образцов большей части резиновых смесей.

X1.4 В 1971 году была утверждена полуформа MPC, соответствовавшая требованиям стандарта D2084, которая представляла собой меньший по размеру вариант полуформы LPC. В новой полуформе использовался ротор с другим углом конуса. При дуге  $3^0$  деформация составляла 48% против 21% для больших по размеру полуформ и роторов. Более высокий уровень деформации приводит к созданию более высоких крутящих моментов. При испытании образца меньшей массы (10-12г смеси с удельным весом 1,15) получают кривую вулканизации совершенно другой формы (Рисунок X2.2). При испытании многих смесей установили, что повышенный крутящий момент вызывает скольжение у поверхности ротора, которое может быть потенциальным источником изменения получаемых результатов. Исследования, проводившиеся при использовании меньших по размеру полуформ и роторов, показали, что скольжение в результате загрязнения ротора происходило, как правило, при крутящем моменте выше 50 дюйм-фунтов. В результате согласно методу испытания D2084 стандартная дуга колебания составляет  $1^0$  при деформации сдвига 16%.



## ASTM D2084-11

X1.5 Кривые, полученные с полуформами MPC при дуге  $1^{\circ}$ , использовали в качестве стандартных до 1987 года, когда усовершенствованные регуляторы температуры позволили ещё сократить время восстановления температуры.

X1.6 Другим усовершенствованием, внедрённым в то же время, было снижение податливости роторной приводной системы с целью повышения воспроизводимости между приборами. Улучшенная механическая конструкция дала возможность повысить максимальный крутящий момент, но понизить минимальный крутящий момент благодаря уменьшению трения. Более быстрое восстановление температуры имеет два преимущества: (1) температура вулканизации приближается к требуемой температуре, при которой проводится испытание, что обеспечивает более точные результаты; (2) существенно снижается вероятность изменения результатов под действием охлаждения ротора во время загрузки и извлечения образца. Таблица X1.1 иллюстрирует потенциальное влияние субъективного фактора (оператора) на результаты испытания.

X1.7 В процессе совершенствования конструкции устройства некоторые производители внедрили безроторные кюрометры. В безроторных кюрометрах используется образец массой 3-5г с меньшим поперечным сечением для ускорения восстановления температуры и более однородного распределения температуры по всему образцу. Восстановление температуры ускоряется за счёт обычно используемого прямого нагрева полуформ и их меньшей массы, чем в кюрометрах с вибрирующим диском. Исключение ротора приводит к уменьшению площади поверхности под нагрузкой. В результате достигаются меньшие значения крутящего момента. Более быстрое восстановление температуры обуславливает снижение времени вулканизации. На Рисунке X1.3 сравниваются типичные кривые вулканизации резиновой смеси на основе БСК при использовании безроторных кюрометров и кюрометров с вибрационным диском

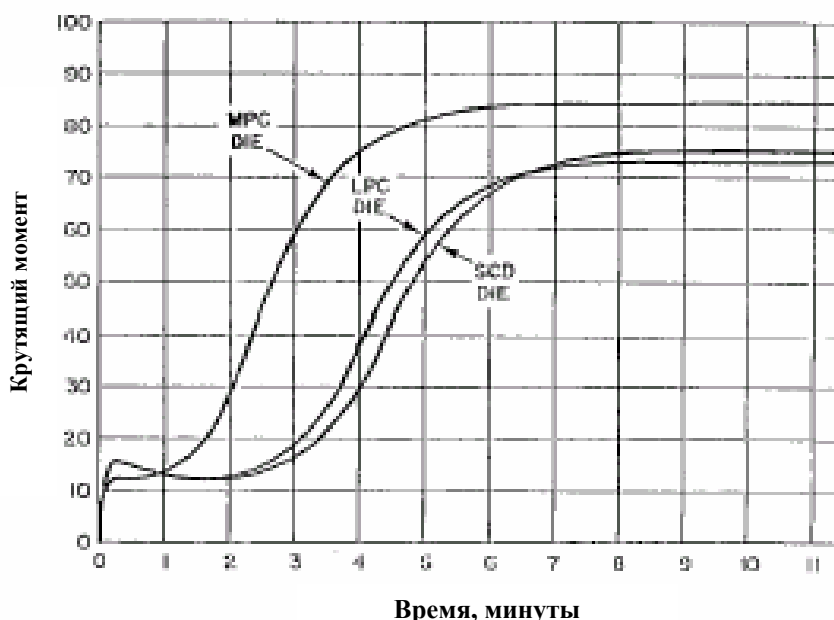


Рисунок X1.1 – Сравнение частот вибрации при использовании квадратной полуформы и дуги  $\pm 3^{\circ}$

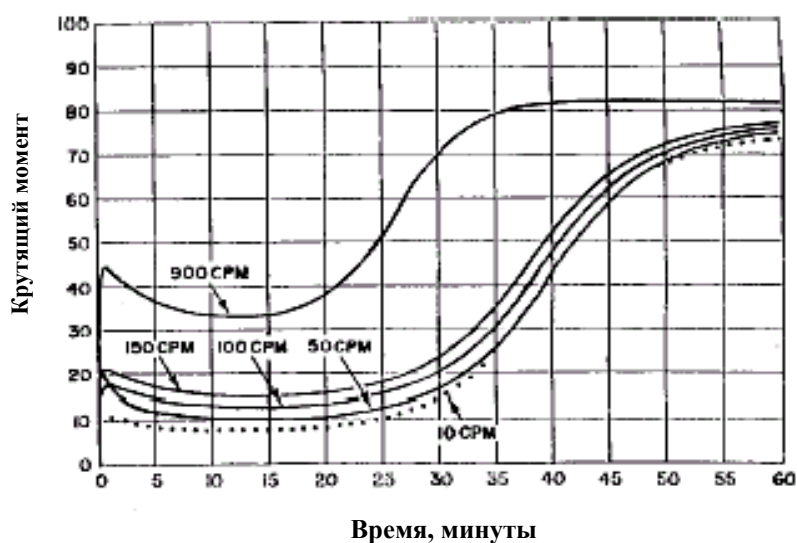


Рисунок X1.2 – Сравнение кривых вулканизации, полученных при использовании кюрометров с разными полуформами

Таблица X1.1 -Влияние субъективных факторов (оператора) на результаты испытаний, проводимых при использовании кюрометра ODR

Время загрузки образца	Время вулканизации, мин.		
	TS2	T'50	T'90
Медленное восстановление температуры:			
Оптимальное время загрузки (20 с)	2,01	3,51	5,86
2х-минутное время загрузки	2,33	3,90	6,33
% изменения в зависимости от времени загрузки	15,9	11,1	8,0
Быстрое восстановление температуры:			
Оптимальное время загрузки (20 с)	1,71	3,06	5,40
2х-минутное время загрузки	1,86	3,23	5,60
% изменения в зависимости от времени	8,8	5,6	3,7

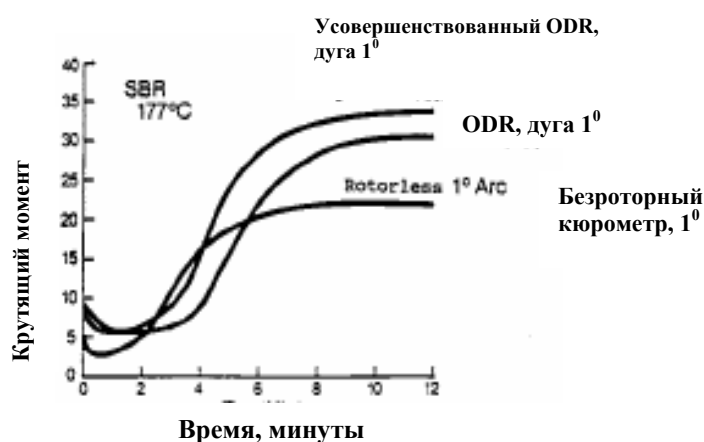


Рисунок X1.3 – Кривые вулканизации смесей на основе БСК, полученные при использовании кюрометров разного типа



*Международное Американское общество по испытаниям и материалам (ASTM International) не придерживается какой-либо конкретной позиции в отношении законности каких-либо патентных прав, отстаиваемых в связи с каким-либо положением, упомянутым в данном стандарте. Ответственность за определение законности любых таких патентных прав, а также риска их нарушения полностью лежит на тех, кто использует настоящий стандарт.*

*Данный стандарт подлежит пересмотру ответственным техническим комитетом в любое время и пересматривается каждые пять лет; в противном случае, он утверждается заново или аннулируется. Любые комментарии будут учтены как в процессе пересмотра данного стандарта, так и в процессе составления дополнительных стандартов. Направляйте Ваши комментарии в штаб-квартиру ASTM International. Все они будут тщательно рассмотрены собранием ответственного технического комитета, на котором Вы также можете присутствовать. Если Вы считаете, что Ваши комментарии не прошли объективного рассмотрения, Вы можете поставить об этом в известность Комитет по стандартам ASTM, обратившись по адресу, указанному ниже.*

*Настоящий стандарт охраняется авторским правом Международного Американского общества по испытаниям и материалам (адрес: 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States). Индивидуальные копии (одну или нескольких копий) настоящего стандарта можно заказать, обратившись в ASTM по вышеуказанному адресу, а также по телефону 610-832-9585, факсу 610-832-9555, по e-mail [service@astm.org](mailto:service@astm.org) или на сайт ASTM ([www.astm.org/COPYRIGHT/](http://www.astm.org/COPYRIGHT/)).*