



## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

---

### МАСЛА МОТОРНЫЕ

Метод определения кажущейся вязкости при температуре от минус 5 °С до минус 35 °С с использованием имитатора холодной прокрутки

### СТ РК АСТМ Д 5293-2011

*ASTM D5293 - 10 Standard Test Method for Apparent Viscosity of Engine Oils Between 5 and 35°C Using the Cold Cranking Simulator (IDT)*

### Издание официальное

Данный государственный стандарт основан на стандарте ASTM D5293 - 10 «Standard Test Method for Apparent Viscosity of Engine Oils Between 5 and 35°C Using the Cold Cranking Simulator», авторское право принадлежит ASTM Интернешнел, 100 Барр Харбор Драйв, Вест Конекшен, Штат Пенсильвания, 19428, США. Переиздается с разрешением ASTM Интернешнел.

**Комитет технического регулирования и метрологии  
Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан  
(Госстандарт)**

**Астана**

## Предисловие

**1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН** республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт стандартизации и сертификации» и Техническим комитетом по стандартизации № 33 «Нефтегазмаш».

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от 12 августа 2011 года № 411-од.

**3 Настоящий стандарт идентичен** ASTM D5293 - 10 Standard Test Method for Apparent Viscosity of Engine Oils Between 5 and 35°C Using the Cold Cranking Simulator (Масла моторные. Метод определения кажущейся вязкости при температуре от от -5 °С до -35°С с использованием имитатора холодной прокрутки), авторское право принадлежит АСТМ Интернешнел, 100 Барр Харбор Драйв, Вест Конекшен, Штат Пенсильвания, 19428, США. Переиздается с разрешением АСТМ Интернешнел.

ASTM D5293 - 10 разработан подкомитетом D02.07 Комитета ASTM D02 «Нефтепродукты и смазочные материалы».

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте стандарта ссылочные международные стандарты актуализированы.

Перевод с английского языка (en).

Степень соответствия – идентичная (IDT).

**4 СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ  
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ**

2017 год  
5 лет

**5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Нормативные документы по стандартизации», а текст изменений и поправок - в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Государственные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Государственные стандарты»*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан.

---

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

---

**МАСЛА МОТОРНЫЕ****Метод определения кажущейся вязкости при температуре от минус 5 °С до минус 35 °С с использованием имитатора холодной прокрутки**

---

Дата введения 2012-07-01

**1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает метод определения кажущейся вязкости (далее - вязкость) масел с использованием имитатора холодной прокрутки (далее - CCS) в интервале температур от минус 5 °С до минус 35 °С при напряжениях сдвига от 50000 Па до 100000 Па, скоростях сдвига от  $10^5$  до  $10^4$  с<sup>-1</sup> и вязкостях от 900 мПа·с до 25000 мПа·с. Диапазон измерений зависит от модели и программного обеспечения CCS.

Результаты определения связаны с характеристиками моторных масел при прокрутке двигателя.

Специальная методика определения кажущейся вязкости масел с высокими упруговязкими свойствами приведена в Приложении X.

Определение кажущейся вязкости моторных масел проводят ручным или автоматическим способом на имитаторе холодной прокрутки.

Значения должны выражаться в единицах величин Международной системы единиц.

Настоящий стандарт не устанавливает требований, связанных с безопасностью применения настоящего метода. Необходимые требования по безопасности, охране здоровья и соответствующие ограничения устанавливает пользователь настоящего стандарта. Особые требования к мерам предосторожности приведены в 7.1, 7.2, 7.3 и в Разделе 8.

**2 Нормативные ссылки**

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

СТ РК 1.9-2007 Государственная система технического регулирования Республики Казахстан. Порядок применения международных, региональных и национальных стандартов иностранных государств, других нормативных документов по стандартизации в Республике Казахстан.

ASTM D 2162-06\* Standard Practice for Basic Calibration of Master Viscometers and Viscosity Oil Standards (Руководство по калибровке образцов вискозиметров и стандартов вязкости).

ASTM D4057-06\* Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products (Руководство по ручному отбору проб нефти и нефтепродуктов).

**ПРИМЕЧАНИЕ** При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по ежегодно издаваемому информационному указателю «Нормативные документы по стандартизации» по состоянию на текущий год и соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

---

\* Применяется в соответствии с СТ РК 1.9.

### 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **Ньютоновское масло или жидкость (Newtonian oil or fluid):** Масло или жидкость с постоянной вязкостью при всех скорости или напряжения сдвига.

3.2 **Неньютоновское масло или жидкость (non-Newtonian oil or fluid):** Масло или жидкость, вязкость которых изменяется при изменении скорости или напряжения сдвига.

3.3 **Вязкость,  $\eta$  (viscosity,  $\eta$ ):** Свойство жидкости, определяющее ее внутреннее сопротивление напряжению сдвига по Формуле (1)

$$\eta = \tau / v, \quad (1)$$

где,

$\tau$  -напряжение на единицу площади;

$v$  - скорость сдвига.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Вязкость  $\eta$  называют коэффициентом динамической вязкости. Таким образом, данный коэффициент является мерой сопротивления жидкости течению.

3.4 **Кажущаяся вязкость (apparent viscosity):** Вязкость, определенная по методу, приведенному в настоящем стандарте.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Так как многие моторные масла при низких температурах являются неньютоновскими жидкостями, их кажущаяся вязкость может изменяться с изменением скорости сдвига.

3.5 **Градуировочные образцы масел (calibration oils):** Масла с известными вязкостью и вязкостно-температурной зависимостью, используемые для установления градуировочного соотношения между вязкостью и скоростью вращения ротора CCS.

3.6 **Проверочное масло (check oil):** Партия испытуемого масла, применяемого для контроля выполнения испытания.

3.7 **Испытуемое масло (test oil):** Любое масло, вязкость которого определяют по настоящему методу.

3.8 **Масло, обладающее упруговязкими свойствами (viscoelastic oil):** Ньютоновское масло или жидкость, которые могут подниматься вверх по валу CCS при вращении ротора.

### 4 Сущность метода

4.1 Электромотор приводит в действие ротор, установленный внутри статора. Пространство между ротором и статором CCS заполняют маслом. Температуру испытания измеряют около внутренней стенки статора и поддерживают регулируемым потоком хладагента, протекающим через статор. Скорость ротора является функцией вязкости масла. По градуировочной кривой и измеренной скорости ротора определяют вязкость испытуемого масла.

### 5. Значение и использование

5.1 Кажущаяся вязкость масел для автомобильных двигателей, измеренная на имитаторе холодной прокрутки CCS, коррелирует с прокруткой двигателя стартером при низкой температуре.

Показатель «кажущаяся вязкость», определенный на CCS, нельзя использовать для прогнозирования прокачиваемости масла при низкой температуре в системе смазки двигателя.

5.2 Корреляция между работой CCS, кажущейся вязкостью и работой коленчатого вала натурального двигателя подтверждена испытанием при температуре от минус 1 °С до минус 40 °С семнадцати образцов товарных моторных масел классов вязкости SAE 5W, 10W, 15W, 20W.

5.3 Корреляция между пусковыми свойствами нефорсированных двигателей и кажущейся вязкостью, измеренной на CCS, была установлена исследованием работы двигателя при низкой температуре. В этом исследовании были использованы 10 двигателей в интервале температур от минус 5 °С до минус 40 °С шести образцов товарных моторных масел (SAE 0W, 5W, 10W, 15W и 20W).

5.4 Измерение пусковых свойств базовых компонентов осуществляется для определения его пригодности и использования в формулировках моторного масла.

## 6 Аппаратура

6.1 При испытании по настоящему методу используют CCS: ручной по 6.2, полуавтоматический по 6.3 и автоматический по 6.4.

6.2 Ручной CCS (см. Рисунок 1) включает в себя: электромотор постоянного тока, вращающий ротор, находящийся внутри статора; датчик скорости или тахометр, измеряющий скорость ротора; амперметр постоянного тока со шкалой тонкой регулировки контроля тока; систему контроля температуры статора, поддерживающую температуру в пределах  $\pm 0,05$  °С от заданной температуры, и циркуляционный насос для хладагента, совместимый с системой контроля температуры.

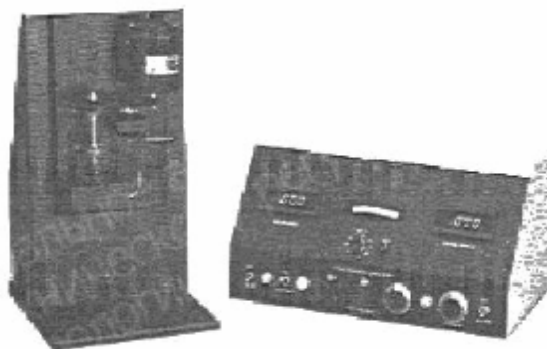


Рисунок 1 – Ручной CCS

6.3 Полуавтоматический CCS (см. Рисунок 2), кроме указанного в 6.2, включает в себя компьютер, интерфейс компьютера и дозирующий насос для испытуемого образца.



**Рисунок 2 – Полуавтоматический CCS**

Циркуляционный насос для метанола не используют, так как при вводе испытуемого образца предыдущий испытуемый образец вытесняется.

6.4 Автоматический CCS (см. Рисунок 3), кроме указанного в 6.2, включает в себя автоматизированный стол для образцов, позволяющий испытывать одновременно до 30 образцов под контролем компьютера, без вмешательства оператора.



**Рисунок 3 - Автоматический CCS**

6.5 Градуировочный термистор-датчик, устанавливаемый в тепловой канал CCS около внутренней поверхности статора для определения температуры испытания.

6.6 Система охлаждения

6.6.1 Холодильник для жидкого хладагента, необходимый для поддержания температуры хладагента приблизительно на 10 °C ниже температуры испытания. Предпочтительным является механическое охлаждение, но допускается применять и

охлаждающие смеси с сухим льдом. Соединительные шланги между CCS и системой охлаждения должны быть как можно короче и хорошо изолированы.

6.6.2 Для обеспечения необходимого теплового контакта с датчиком температуры тепловой канал статора следует периодически очищать и помещать в него маленькую каплю ртути. Если применение ртути не приемлемо из-за ее токсичности, необходимо использовать теплоноситель с высоким содержанием серебра. Температура хладагента, подаваемого к вискозиметрической ячейке, должна быть не менее чем на 10 °С ниже температуры испытания.

6.6.3 Когда маловязкий испытуемый образец находится в вискозиметрической ячейке и двигатель привода ротора включен, то для обеспечения оптимального контроля температуры при использовании системы охлаждения с сухим льдом клапан циркуляционного насоса для регулирования подачи хладагента открывают.

6.7 Циркуляционный насос любого типа для хладагента (только для ручного CCS), обеспечивающий циркуляцию теплового хладагента через статор для замены образца и испарения растворителей.

## 7 Реактивы и материалы

### 7.1 Ацетон, х.ч.

ПРИМЕЧАНИЕ Опасен, чрезвычайно воспламеняем, пары могут стать причиной пожара.

### 7.2 Хладагенты

В качестве хладагента используют обезвоженные метанол, этанол и изопропанол. Если при работе в условиях повышенной влажности в хладагент попадает вода, его заменяют обезвоженным хладагентом, чтобы обеспечить постоянный контроль температуры, особенно в системах с сухим льдом.

#### 7.2.1 Метанол, х.ч.

ПРИМЕЧАНИЕ Опасен, воспламеняем, пары вредны.

#### 7.2.2 Этанол (технический).

#### 7.2.3 Изопропанол, х.ч.

### 7.3 Бензин-растворитель

ПРИМЕЧАНИЕ Пары вредны.

7.4 Градуировочные образцы масел – ньютоновские масла с низкой температурой помутнения, известными вязкостью и зависимостью «вязкость-температура».

Вязкость градуировочных образцов масел приведена в Таблице 1; точные значения вязкости прилагаются к каждому стандартному веществу.

ПРИМЕЧАНИЕ Информация о прослеживаемости градуировочных образцов масел приведена в ASTM D 2162.

**Таблица 1 – Вязкость градуировочных образцов масел**

Градуировочные образцы масел	Приблизительная вязкость <sup>1)</sup> , мПа · с, при температуре, °С						
	- 5	- 10	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35
CL-10	-	-	-	-	-	-	1700
CL-12	-	-	-	-	800	1600	3200
CL-14	-	-	-	-	1600	3250 <sup>2)</sup>	7000 <sup>2)</sup>
CL-16	-	-	-	-	2500	5500	11000
CL-19	-	-	-	1800	3500 <sup>2)</sup>	7400	17000

Таблица 1 (продолжение)

Градуировочные образцы масел	Приблизительная вязкость <sup>1)</sup> , мПа·с, при температуре, °С						
	- 5	- 10	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35
CL-22	-	-	1300	2500	5100	11000	-
CL-25	-	-	1800	3500 <sup>2)</sup>	7400	17000	-
CL-28	-	1200	2500	5000	9300	-	-
CL-32	-	1800	3500 <sup>2)</sup>	7300	15900	-	-
CL-38	-	2900	5000	13000	-	-	-
CL-48	2300	4500 <sup>2)</sup>	9500	21000	-	-	-
CL-60	3700	7400	15600	-	-	-	-
CL-74	6000 <sup>2)</sup>	12000	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup> По конкретным следует консультироваться с поставщиком.

<sup>2)</sup> Масло, используемое для градуировки, проверяют с помощью CCS-28, CCS-4, CCS-5 по программным версиям 3.x или 5.x – по пластичным материалам (продуктам).

<sup>3)</sup> Масло, используемое для градуировки, проверяют с помощью CCS-4 или CCS-5 по программным версиям 4.x или 6.x

**ПРИМЕЧАНИЕ** Градуировочные образцы масел используют для проверки скорости сдвига и правильности проведения испытания в целом.

## 8 Меры предосторожности

8.1 При работе с метанолом, ацетоном и бензином-растворителем необходимо применять соответствующие меры безопасности, т.к. указанные вещества токсичны и воспламеняемы.

8.2 Если в процессе испытания или до его начала обнаружена утечка хладагента из CCS, то ее следует устранить.

## 9 Отбор проб

9.1 Для получения достоверных результатов образец испытуемого масла не должен содержать суспендированные частицы твердого вещества и воду. Соответствующие способы отбора проб приведены в ASTM D4057.

Если температура образца в контейнере ниже температуры точки росы, то перед тем как открыть контейнер его необходимо нагреть до комнатной температуры.

Если образец содержит взвешенные твердые частицы, то его предварительно фильтруют или центрифугируют, чтобы удалить частицы размером более 5 мкм.

Образец испытуемого масла не встряхивают, т.к. это приводит к вовлечению в него воздуха и получению недостоверных результатов.

## 10 Градуировка

### 10.1 Градуировка ручного CCS

10.1.1 При запуске нового CCS, замене любой части вискозиметрической ячейки или компонента приводного механизма (двигателя, привода, тахометра-генератора и т.д.) определяют необходимую силу тока двигателя.

Силу тока проверяют один раз в месяц по 10.1.2 до тех пор, пока отклонение показаний силы тока не будет менее 0,020 А, затем – один раз в три месяца.

#### 10.1.2 Определение силы тока на приводе

Вставляют штекер тахометра в гнездо «CAL» CCS. Испытание стандартного образца вязкостью 3500 мПа·с в соответствии с требованиями Раздела 11.

При работающем двигателе устанавливают на шкале CCS показание скорости (0,240 ± 0,010) ед., регулируя силу тока. Значение силы тока должно оставаться неизменным при последующих градуировках и измерениях при всех температурах.



Если силу тока необходимо изменить, сохранив при этом показание скорости, равное  $(0,240 \pm 0,010)$  ед. для стандартного масла вязкостью  $3500 \text{ мПа}\cdot\text{с}$  при температуре минус  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . проводят повторную градуировку CCS по любой из двух процедур, приведенных в 10.1.3.

### 10.1.3 Проведение градуировки

Используя соответствующие масла для каждой температуры испытания (см. Таблицу 1). калибруют CCS в соответствии с требованиями Раздела 11.

10.1.3.1 При испытании жидкостей с узким диапазоном вязкости используют не менее трех градуировочных образцов масел, диапазон вязкостей которых соответствует испытываемым маслам.

### 10.1.4 Построение диаграммы градуировки

В логарифмической системе координат или на специальной бумаге наносят значения вязкости градуировочных образцов масел как функцию скорости ротора и по полученным точкам очень точно строят диаграмму градуировки.

Типичная диаграмма приведена на Рисунке 4.

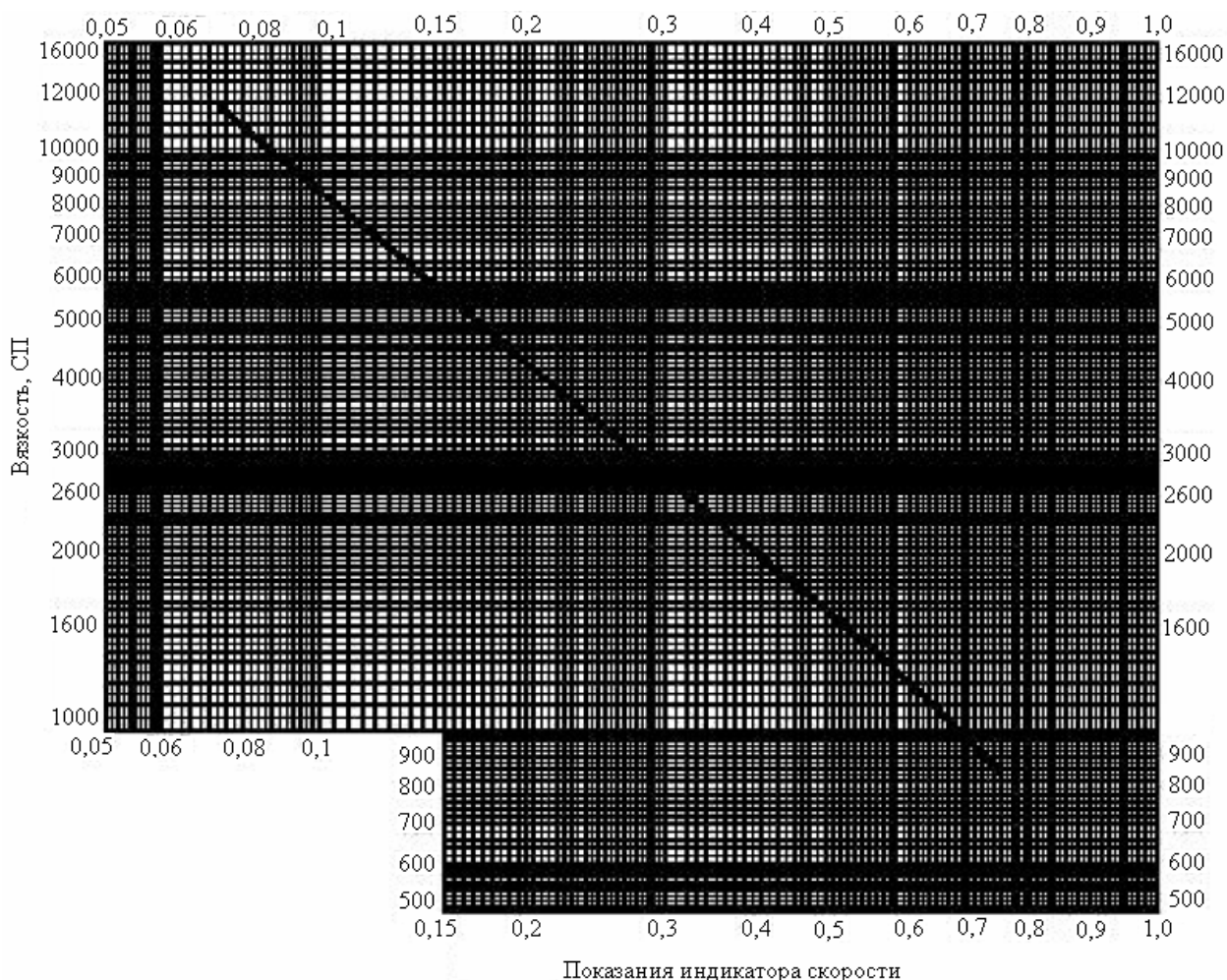


Рисунок 4 – Типичная диаграмма градуировки

В качестве альтернативы графическому методу допускается использовать метод уравнения.

## СТ РК АСТМ Д 5293-2011

### 10.1.4.1 Результаты градуировки, полученные по методу уравнения

Градуировочные данные по ограниченному диапазону вязкости определяют по следующей Формуле (2).

$$\eta = b_0 / N + b_1 + b_2 N, \quad (2)$$

где,

$\eta$  — вязкость;

$b_0, b_1, b_2$  — константы, определенные при испытании не менее трех градуировочных образцов масел;

$N$  — наблюдаемое показание индикатора скорости.

10.1.4.2 При наличии более трех пар данных их подставляют в нижеследующее Формулу (3), чтобы определить значения констант  $b_0, b_1$  и  $b_2$ .

$$\eta N = b_0 + b_1 N + b_2 N^2, \quad (3)$$

10.1.5 Если результаты проверочных испытаний градуировочных образцов масел не попадают в пределы  $\pm 5\%$  значений, рассчитанных по градуировочной кривой, перепроверяют градуировку температурного датчика или проводят повторные испытания градуировочных образцов масел.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Каждой температуре испытания предназначается отдельная кривая или отдельное уравнение. Однако если градуировочные данные при двух или более температурах соответствуют единичной кривой или уравнению без отклонения, то единичную кривую или уравнение можно использовать для этих температур.

## 10.2 Градуировка автоматического CCS

10.2.1 При использовании нового автоматического CCS или замене любой части вискозиметрической ячейки или комплектующих деталей привода определяют необходимую силу тока двигателя, которую проверяют один раз в месяц по 10.2.2 до тех пор, пока отклонение показаний не будет менее 0,020 А, а затем — один раз в 3 мес.

### 10.2.2 Определение силы тока двигателя

Испытание градуировочного стандарта, имеющего вязкость 3500 мПа·с проводят при минус 20 °С по Разделу 12. При включенном двигателе устанавливают показание скорости  $(0,240 \pm 0,005)$  ед. («SPEED» на мониторе компьютера) по шкале регулировки силы тока. Значение силы тока должно оставаться постоянным при всех последующих градуировках и измерениях при всех температурах.

Если силу тока необходимо изменить, сохранив при этом показание на шкале прибора  $(0,240 \pm 0,005)$  ед. для градуировочных образцов масел вязкостью 3500 мПа·с при температуре минус 20 °С, проводят повторную градуировку CCS по любой из двух процедур, приведенных в 10.2.3.

### 10.2.3 Проведение градуировки

Используя образцы градуировочных образцов масел, указанных в Таблице 1, калибруют CCS для каждой температуры в соответствии с требованиями Раздела 12.

10.2.3.1 При необходимости измерения узкого диапазона вязкости испытуемых жидкостей используют не менее четырех образцов градуировочных образцов масел, диапазон вязкости которых соответствует испытуемым маслам.

### 10.2.4 Уравнение для градуировки

Программа компьютера описывает градуировочные данные по диапазону вязкости при каждой температуре градуировки как указано в 10.1.4.1. Для каждой температуры

должно быть определено не менее четырех пар градуировочных данных (вязкость и скорость).

10.2.5 Если результаты проверочных испытаний градуировочных образцов масел не соответствуют диапазону  $\pm 5\%$  значений, рассчитанных по Формуле (2), то проверяют градуировку датчика температуры и проводят повторные испытания градуировочных образцов масел.

## 11 Испытание на ручном CCS, автоматическом и полуавтоматическом CCS

**ПРИМЕЧАНИЕ** Во время испытания должно быть обеспечено непрерывное перемешивание хладагента в охлаждающей бане во избежание больших перепадов температур, что приводит к уменьшению точности измерения вязкости.

### 11.1 Испытание на ручном CCS

11.1.1 Выводят градуировочное уравнение или строят градуировочную диаграмму (см. Раздел 10). Перед началом любой серии измерений проверяют работоспособность CCS, испытывая не менее одного градуировочного образца масел при каждой температуре, представляющей интерес.

Если сила тока привода для градуировочных образцов масел, используемых при проверке градуировки (см. Таблицу 1), отличается более чем на 0,005 А от значения, определенного по 10.1.2, устанавливают силу тока, полученную по 10.1.2, через 15 с. После запуска CCS проводят необходимые корректировки.

Если расхождение измеренной вязкости градуировочных образцов масел превышает  $\pm 5\%$  определенного значения, то проводят повторное испытание. При подтверждении расхождения проводят повторную градуировку по 10.1.3.

**ПРИМЕЧАНИЕ** При полной проверке режима работы через каждые 6 мес (см. Примечание к 7.4) рекомендуется применять три «слепых» градуировочных масла.

11.1.2 Испытуемый образец вводят пипеткой в заправочную трубку CCS так, чтобы масло заполнило зазор между ротором и статором с избытком над ротором и полностью заполнило ячейку. Затем поворачивают ротор рукой, чтобы обеспечить лучшее распределение образца между ротором и статором. После этого полностью заполняют испытуемым образцом заправочную трубку и закрывают ее резиновой пробкой; при испытании масел с высокими упруговязкими свойствами пробку при включении двигателя следует плотно прижать, чтобы предотвратить выталкивание образцом пробки из трубки и последующее вытекание образца из рабочей области вискозиметрической ячейки. Метод испытания таких образцов приведен в Приложении X.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Вязкость некоторых масел может быть достаточно высокой при комнатной температуре, что затрудняет попадание масла в зазор между ротором и статором. Если кинематическая вязкость образца масла при температуре окружающей среды превышает  $100 \text{ мм}^2/\text{с}$  (сСт), то перед заполнением ячейки образец нагревают до температуры не более  $50^\circ\text{C}$ .

11.1.2.1 Включают контроль температуры и подают хладагент для охлаждения статора. Контроль температуры проводят по 6.6. Фиксируют время начала подачи хладагента (по секундомеру или другому устройству учета времени в секундах). Контрольная температура образца должна достигнуть необходимого значения от 30 с до 60 с при температуре испытания не ниже минус  $20^\circ\text{C}$  и от 60 с до 90 с при температуре не ниже минус  $30^\circ\text{C}$ . Если образец не достигает необходимого значения температуры за

## СТ РК АСТМ Д 5293-2011

установленный период времени, заменяют хладагент по 6.6 или регулируют его температуру.

Нулевое показание на индикаторе температуры и установление циклической подачи хладагента показывают, что температура испытания достигнута. Устанавливают стрелку измерительного прибора немного левее нуля, чтобы после начала вращения ротора потребовалась минимальная дополнительная регулировка температуры испытания.

11.1.2.1.1 Если необходимое значение температуры устанавливается медленнее, чем указано выше, заменяют хладагент (см. 7.2) или снижают его температуру (см. 6.6).

11.1.2.1.2 Если контрольная температура достигается быстрее, чем указано выше, повышают температуру хладагента, чтобы обеспечить нормальный ход испытания.

11.1.2.2 Через  $(180 \pm 3)$  с после начала подачи хладагента включают привод ротора.

11.1.2.3 Вставляют штекер тахометра в гнездо «CAL» прибора и регистрируют показание измерителя скорости сразу же после включения двигателя.

Быстрое снижение показаний тахометра, по крайней мере, на 5 % меньше самого высокого значения, указывает на то, что в измерительной ячейке присутствуют остатки растворителя. Колебание показаний тахометра может также произойти в результате неудовлетворительного теплообмена (на что указывает датчик температуры), чаще всего вызываемого плохим тепловым контактом между тепловым каналом статора и термистором. В таких случаях прекращают испытание, удаляют образец и проводят очистку измерительной ячейки по 11.3. Повторяют процедуру на свежем образце, начиная с 11.2.

11.1.2.4 Регистрируют показание тахометра через  $(60 \pm 5)$  с после запуска ротора, оценивая показание измерительного прибора с точностью 1/10 от наименьшего деления прибора аналогового, если не применяют цифровой измерительный прибор.

Выключают привод ротора и прекращают подачу хладагента.

11.1.3 Очистку CCS проводят следующим образом.

11.1.3.1 Во время очистки хладагент (при температуре от 35 °C до 45 °C) должен циркулировать вокруг статора. Поддачу теплого хладагента поддерживают до завершения операции по 11.3.2. Допускается проводить подачу хладагента по 11.3.3.

11.1.3.2 Соблюдая меры предосторожности, измерительную ячейку моют сначала бензином-растворителем, а затем — ацетоном, после чего высушивают с помощью вакуума.

По окончании высушивания вакуумом поворачивают ротор несколько раз рукой и визуально убеждаются в том, что зазор между ротором и статором очищен и высушен.

11.1.3.3 В качестве альтернативы взамен растворителей по 11.3.2 в измерительную ячейку заливают 30 мл нового образца для смывания предыдущего, после чего заливают в ячейку новый образец по 11.2.

11.1.3.4 После испытания оставляют в измерительной ячейке последний испытуемый образец, чтобы предотвратить поломку прибора при случайном включении CCS. Кроме того, последний образец можно использовать для первого прогона после нерабочего периода, что дает возможность электронным деталям и двигателю достичь температуры испытания при работе с уже помещенным в прибор образцом. При запуске новой серии испытаний данные индикатора скорости по последнему образцу не учитывают.

### 11.2 Испытания на автоматическом и полуавтоматическом CCS

11.2.1 Определяют градуировочные данные по 10.2.4.

11.2.2 При использовании автоматического CCS в емкость вместимостью 60 мл, приспособленную для аппарата, помещают не менее 55 см<sup>3</sup> испытуемого образца.

При использовании полуавтоматического CCS помещают  $55 \text{ см}^3$  испытуемого образца в подходящий по объему контейнер и присоединяют к нему инжекторную трубочку CCS, которая не должна доставать до дна контейнера во избежание попадания любого осадка в CCS. После этого идентифицируют испытуемый образец с помощью компьютерной программы.

11.2.2.1 При использовании автоматического CCS в него помещают емкости с образцами. Фиксируют положение емкости в лотке и устанавливают температуру испытания для каждого образца по компьютерной программе. В лоток для образца рекомендуется помещать градуировочные образцы и вторичные стандарты, как указано выше, которые допускается рассматривать как проверочные градуировочные образцы.

11.2.2.2 Результат испытания считают сомнительным, если результаты проверочных испытаний градуировочных образцов или вторичных стандартов превышают  $\pm 5 \%$  предполагаемого значения.

11.2.3 Испытание проводят, используя компьютерную программу. Новый образец автоматически вытесняет предыдущий испытуемый образец из вискозиметрической ячейки без применения растворителя. Компьютерная программа автоматически контролирует температуру и работу двигателя CCS, а также проводит измерение скорости ротора и расчет вязкости, что отображается на экране компьютера.

11.2.3.1 Для заправки следующего образца нет необходимости в нагревании и очистке вискозиметрической кюветы растворителем.

## **12 Протокол испытания**

### **12.1 Протокол испытания на ручном CCS**

12.1.1 Рассчитывают кажущуюся вязкость испытуемого образца по градуировочной кривой (10.1.4) или по Формуле (2).

12.1.2 Записывают значение вязкости, определенное по 13.1.1, с точностью до 10 мПа·с и температуру испытания.

### **12.2 Протокол испытания на автоматическом CCS**

Записывают значения кажущейся вязкости и температуры, отображаемые на мониторе компьютера. Фиксируемое на дисплее значение вязкости округляют с точностью 10 мПа·с.

## **13 Прецизионность и смещение (отклонение)**

### **13.1 Прецизионность при испытании на ручном CCS**

Прецизионность настоящего метода испытания с применением ручного CCS, определенная статистическим исследованием результатов межлабораторных испытаний по температурному диапазону от минус  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  до минус  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  и диапазону вязкости от 1560 мПа·с до 10200 мПа·с, должна соответствовать указанной в 14.1.1 и 14.1.2.

#### **13.1.1 Повторяемость (сходимость)**

Разность последовательных результатов испытаний, полученных одним и тем же оператором на одной и той же аппаратуре в постоянно действующих условиях на идентичном материале в течение длительного периода времени при нормальном и правильном выполнении метода испытания, может превышать следующее значение только в одном случае из двадцати:

$$\text{повторяемость (сходимость)} = 5,4 \text{ \% среднего значения}$$

### 13.1.2 Воспроизводимость

Разность двух единичных и независимых результатов испытаний, полученных разными операторами, работающими в разных лабораториях на идентичном исследуемом материале в течение длительного периода времени, может превышать следующее значение только в одном случае из двадцати.

воспроизводимость = 8,9 % среднего значения

### 13.2 Прецизионность при испытании на автоматическом CCS

Прецизионность метода испытания с применением автоматического CCS-4/5, определенная статистическим исследованием межлабораторных результатов испытания в температурном диапазоне от минус 10 °С до минус 35 °С и диапазоне вязкости от 2800 мПа·с до 18000 мПа·с по варианту 4.x или выше для пластичных материалов (продуктов) должна соответствовать указанному в 14.2.1 и 14.2.2.

#### 13.2.1 Повторяемость (сходимость)

Разность последовательных результатов испытаний, полученных одним и тем же оператором на одной и той же аппаратуре при постоянно действующих условиях на идентичном исследуемом материале в течение длительного периода времени при нормальном и правильном выполнении метода испытания, может превышать следующее значение только в одном случае из двадцати:

повторяемость (сходимость) = 2,6 % среднего значения

#### 13.2.2 Воспроизводимость

Разность двух единичных и независимых результатов испытаний, полученных разными операторами, работающими в разных лабораториях на идентичном исследуемом материале в течение длительного периода времени при нормальном и правильном выполнении метода испытания, может превышать следующее значение только в одном случае из двадцати:

воспроизводимость = 7,3 % среднего значения

#### 13.2.3 Краткое описание межлабораторного исследования

В межлабораторном исследовании участвовали девять лабораторий, которые оценивали 10 масел для двигателей с диапазоном вязкости от 2800 мПа·с до 18000 мПа·с при температурах от минус 10 °С до минус 35 °С. Все лаборатории, которые измеряли кажущуюся вязкость, применяли CCS 4/5 с версией программного обеспечения 4.x или выше.

### 13.3 Смещение (отклонение)

Процедура настоящего метода испытания для измерения кажущейся вязкости моторных масел при низких температурах не имеет отклонений, потому что кажущаяся вязкость моторных масел при низкой температуре определяется только с помощью настоящего метода испытания.

### 13.4 Прецизионность, полученная при использовании автоматических CCS

Смещение (отклонение) результатов испытаний, полученных на автоматических CCS и ручных CCS2, отсутствует и прецизионность соответствует прецизионности ручного CCS.

**Приложение X**  
**(обязательное)**

**Специальная методика испытания масел с высокими  
упруговязкими свойствами на ручном CCS**

Х.1 При испытании на ручном CCS при низкой температуре испытуемые образцы могут характеризоваться разным поведением, поэтому необходимы процедурные изменения.

Некоторые образцы закручиваются в виде спирали вокруг вала ротора при запуске привода ротора. Если образец поднимается из зоны сдвига, то скорость ротора заметно увеличивается.

Применение резиновой пробки в заправочной трубке (см. 11.2) обычно обеспечивает удовлетворительные результаты испытания, но для испытания высоковязких образцов может потребоваться применение специальной методики.

Методику, приведенную в X. 2 — X. 7, применяют для испытаний как вязких, так и невязких образцов. При испытании по X. 5 требуется больше манипуляций через более короткие промежутки времени, чем при испытании по 11.2.

Испытания градуировочных образцов масел должны проводиться по той же методике, по которой проводились испытания образцов, так как градуировочные кривые могут слегка различаться.

Х.2 Испытуемый образец с помощью капельной пипетки вводят в заправочную трубку, заполняя зазор между ротором и статором с небольшим избытком, чтобы образец закрывал ротор приблизительно на 1 мм.

Для обеспечения лучшего распределения образца между статором и ротором прокручивают ротор рукой до тех пор, пока часть образца не стечет со стенок ротора.

Х.3 Включают контроль температуры и подачу хладагента, дают охладиться статору. Температура испытания должна быть достигнута через 30 с - 60 с для температур испытания до минус 20 °С и через 60 с - 90 с – для температур испытания до минус 30 °С.

Для обеспечения оптимального контроля температуры на циркуляционном насосе, подающем хладагент, открывают клапан насоса для регулирования подачи хладагента, когда испытуемый маловязкий образец находится в вискозиметрической ячейке, а двигатель CCS включен.

Температура хладагента, поступающего к вискозиметрической ячейке, должна быть приблизительно на 10 °С ниже температуры испытания.

Необходимо обеспечить хороший тепловой контакт с датчиком температуры в тепловом канале статора, который следует периодически очищать по 6.6.

Х.4 Устанавливают стрелку измерительного прибора на более низкое значение температуры испытания, чтобы при включении двигателя ротора не требовалось дальнейшей настройки температуры испытания.

Х.5 При достижении температуры испытания (на что указывает индикатор измерителя температуры, контролирующей температуру циклического потока хладагента), включают таймер.

Через  $(10 \pm 2)$  с после включения таймера непосредственно в ячейку вводят дополнительное количество образца так, чтобы ячейка была полностью заполнена.

Х.6 Через  $(30 \pm 2)$  с после запуска таймера включают привод двигателя.

Х.7 Через  $(10 \pm 2)$  с после запуска ротора регистрируют показание индикаторного измерителя скорости с точностью 0,001 ед. Затем включают привод ротора и начинают подачу хладагента.

Х.8 Очищают CCS по 11.3.1 — 11.3.3.

## СТ РК АСТМ Д 5293-2011

Х.9 Прецизионность измерения кажущейся вязкости моторных масел с упруговязкими свойствами не установлена, поэтому можно ожидать, что отчасти она будет хуже той, которая указана в 14.1 — 14.3.

---

УДК 621.892.097.2:006.354

МКС 75.080

**Ключевые слова:** меркаптановая сера, нефтепродукты, раствор, титр, меркаптаны; потенциометрическое титрование

---