


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ  
(ФГУП ВНИИР)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ФГУП ВНИИР  
по научной работе

 М.С. Немиров  
"24" \_\_\_\_\_ 2007 г.



**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ И ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ 7827 И 7829  
МЕТОДИКА ГРАДУИРОВКИ**

*МИ 3120-2008*

Казань

2007

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

<b>1 РАЗРАБОТАНА</b>	<b>Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии (ФГУП ВНИИР)</b>
<b>ИСПОЛНИТЕЛИ</b>	<b>Фишман И.И., Ибрагимов Т.Ф., Мубаракшин М.Р.</b>
<b>РАЗРАБОТАНА</b>	<b>ООО "ИМС Индастриз"</b>
<b>ИСПОЛНИТЕЛИ</b>	<b>Аблина Л.В., Быкадоров С.В., Ремеева А.Ф., Сафонов А.В.</b>
<b>2 УТВЕРЖДЕНА</b>	<b>ФГУП ВНИИР</b>
	<b>21 декабря 2007 г.</b>
<b>3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА</b>	<b>ФГУП «ВНИИМС»</b>
	<b>04 июня 2008 г.</b>
<b>4 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ</b>	

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения ОАО «АК «Транснефть» и ООО «Балтнефтепровод»

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Операции градуировки.....	1
4 Средства измерений, вспомогательные устройства и материалы.....	1
5 Требования безопасности.....	3
6 Условия градуировки.....	3
7 Подготовка к градуировке.....	3
8 Проведение градуировки.....	4
9 Обработка результатов измерений.....	5
10 Оформление результатов градуировки.....	7
Приложение А Подготовка градуировочных жидкостей.....	8
Приложение Б Схема градуировки преобразователя вязкости на месте эксплуатации.....	9
Приложение В Схема градуировки преобразователя вязкости в лаборатории.....	10
Приложение Г Форма протокола градуировки преобразователя вязкости.....	11
Приложение Д Форма сертификата градуировки преобразователя вязкости.....	12

<b>ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</b> <b>Преобразователи плотности и вязкости жидкости измерительные модели 7827 и 7829</b> <b>Методика градуировки</b>	<b>МИ 3120-2007</b>
---	---------------------

### **1 Область применения**

Настоящая рекомендация распространяется на преобразователи плотности и вязкости жидкости измерительные модели 7827 в комплекте со вторичными преобразователями сигналов (контроллерами) типов 7945V, 7946V, 7951, 7955, либо со вторичными преобразователями сигналов других типов, внесенными в Государственный реестр СИ в установленном порядке и имеющими аналогичные характеристики, а также на преобразователи плотности и вязкости жидкости измерительные модели 7829 (далее - преобразователи вязкости), и устанавливает методику градуировки канала измерения динамической вязкости.

Градуировку вискозиметра проводят в динамическом режиме.

### **2 Нормативные ссылки**

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 982-80 Масла трансформаторные. Технические условия

ГОСТ 5789-78 Реактивы. Тoluол. Технические условия

ГОСТ 14710-78 Тoluол нефтяной. Технические условия

ГОСТ 20799-88 Масла индустриальные. Технические условия

### **3 Операции градуировки**

При проведении градуировки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (8.1);
- опробование (8.2);
- определение коэффициента вискозиметра V1 на месте эксплуатации (8.3);
- определение коэффициентов вискозиметра V0, V1, V2 в лаборатории (8.4).

### **4 Средства измерений, вспомогательные устройства и материалы**

4.1 При проведении градуировки применяют поверочную установку УППВ составе:

4.1.1 Вискозиметр Штабингера SVM3000 с относительной погрешностью измерения динамической вязкости не более 0,35 %.

4.1.2 Преобразователь плотности и вязкости жидкости измерительный модели 7829М эталонный (далее - эталонный преобразователь вязкости) с пределами допускаемой приведенной погрешности измерения вязкости  $\pm 0,5$  %, с пределами допускаемой погрешности измерения температуры  $\pm 0,05$  °С в диапазоне измерения температур от 0 до 50 °С.

4.1.3 Компьютер (ноутбук) с лицензионным программным обеспечением ADView фирмы «Solartron Mobrey Limited», аттестованным в установленном порядке.

4.1.4 Термометр цифровой малогабаритный ТЦМ 9410 с абсолютной погрешностью не более  $\pm 0,03$  °С в диапазоне измерения температур от 0 до 50 °С.

4.1.5 Насос для перекачивания поверочной (градуировочной) жидкости с возможностью регулирования расхода в диапазоне от 1 до 2 м<sup>3</sup>/час.

4.1.6 Термостат с абсолютной погрешностью поддержания температуры не более 0,05 °С.

4.1.7 Набор термометров с абсолютной погрешностью не более  $\pm 0,03$  °С в диапазоне измерения температур от 0 до 50 °С

4.1.8 Расходомер CRA с MRT 97 с относительной погрешностью не более 5 %.

4.1.9 Преобразователь сигналов (конвертер) RS485/RS232 ADAM 4520, ADAM 4561.

4.1.10 Компьютерный кабель-переходник RS232/USB или RS232/ RS232.

4.1.11 Кабель из двух пар экранированных проводов для подключения питания эталонного преобразователя вязкости и преобразователя (конвертера) RS485/RS232.

4.1.12 Блок питания постоянного тока  $\pm 24$  В для эталонного преобразователя вязкости, в соответствии с руководством по эксплуатации преобразователя вязкости.

4.1.13 Измерительная камера для эталонного преобразователя вязкости, изготовленная в соответствии с требованиями фирмы-изготовителя, изготовленная по чертежу Приложения Е.

4.2 Градуировочные жидкости для каждого поверяемого поддиапазона измерения вязкости поверяемого преобразователя вязкости, подготовленные в соответствии с Приложением А и имеющие значения вязкости приблизительно равные начальной, средней и верхней точке поверяемого диапазона измерения вязкости.

4.3 Тoluол по ГОСТ 5789 или ГОСТ 14710.

4.4 Ветошь.

Применяемые средства измерений должны быть поверены, иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм.

## 5 Требования безопасности

При проведении градуировки выполняют следующие требования:

- градуировку проводят в помещениях, оборудованных средствами пожаротушения и оснащенных приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжными шкафами;
- легковоспламеняющиеся жидкости хранят в стеклянных бутылках с притертыми пробками или в металлических канистрах в специально предназначенных для этого металлических шкафах или помещениях;
- соблюдают правила безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на установку для поверки вискозиметров УППВ и градуируемый вискозиметр;
- соблюдают правила безопасности труда, действующие на объекте, где проводят градуировку.

## 6 Условия градуировки

При проведении градуировки на месте эксплуатации должны соблюдаться следующие условия:

- время между началом пуска потока нефти через градуируемый и эталонный преобразователи вязкости и началом снятия показаний не менее 30 мин;
- разность температуры нефти по показаниям градуируемого и эталонного преобразователей вязкости, не более суммы их допускаемых абсолютных погрешностей.
- изменение температуры нефти за время одного измерения не более чем  $0,05^{\circ}\text{C}$ ;
- изменение вязкости нефти за время одного измерения не более чем  $0,1\text{ сПз}$  ( $0,1\text{ мПа}\cdot\text{с}$ ) при значениях вязкости до  $10\text{ сПз}$  ( $10\text{ мПа}\cdot\text{с}$ ) включительно, и не более чем  $0,2\text{ сПз}$  ( $0,2\text{ мПа}\cdot\text{с}$ ) при значениях вязкости от  $10\text{ сПз}$  ( $10\text{ мПа}\cdot\text{с}$ ) до  $100\text{ сПз}$  ( $100\text{ мПа}\cdot\text{с}$ ).

При проведении градуировки в лаборатории должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха в помещении лаборатории,  $^{\circ}\text{C}$   $20\pm 5$ ;
- атмосферное давление, кПа  $101,3\pm 4$ ;
- относительная влажность окружающего воздуха в помещении лаборатории не более, %  $80$ ;
- температура градуировочной жидкости в момент снятия показаний,  $^{\circ}\text{C}$   $20\pm 0,1$ ;
- монтаж градуируемого вискозиметра произведен в соответствии с требованиями технической документации.

## 7 Подготовка к градуировке

Перед проведением градуировки выполняют следующие работы:

## 7.1 При градуировке в БИК:

7.1.1 Подготавливают средства градуировки и градуируемый преобразователь вязкости к работе в соответствии с требованиями технической документации и со схемой, приведенной в приложении Б.

7.1.2 Устанавливают расход нефти в БИК в пределах рабочего диапазона расхода.

7.1.3 Проверяют отсутствие протечек в местах соединения.

7.1.4 Подключают эталонный преобразователь вязкости к компьютеру и питанию в соответствии с требованиями технической документации.

7.1.5 Запускают на компьютере программу ADView, проверяют правильность подключения и конфигурирования эталонного преобразователя вязкости.

## 7.2 При градуировке на поверочной установке в лаборатории:

7.2.1 Подготавливают средства градуировки и градуируемый преобразователь вязкости к работе в соответствии с требованиями технической документации и со схемой градуировки, которая приведена в приложении В.

7.2.2 Устанавливают температуру градуировочной жидкости согласно разделу 6.

## 8 Проведение градуировки

### 8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Проверяют соответствие комплектности, типа, маркировки и заводского номера градуируемого преобразователя вязкости заводскому сертификату калибровки. Проверяют отсутствие механических повреждений и дефектов покрытия виброэлемента (типа камертонной вилки).

8.1.2 Проверяют значения градуировочных коэффициентов, а так же значение коэффициента масштабирования динамической вязкости (значение коэффициента масштабирования для сПз должно быть установлено равным единице), введенных в контроллер (или в электронный блок) градуируемого преобразователя вязкости.

### 8.2 Опробование

Проверяют исправность электрической схемы и работу преобразователя вязкости согласно инструкции по эксплуатации.

### 8.3 Определение коэффициента преобразователя вязкости $V_1$ .

8.3.1 Выполняют измерение, при этом фиксируют не менее 20-ти значений наблюдений:

- коэффициента добротности градуируемого преобразователя вязкости;
- динамической вязкости по эталонному преобразователю вязкости, сПз (мПа·с).

8.3.2 За результаты измерения вязкости эталонным преобразователем вязкости и коэффициента добротности градуируемого преобразователя вязкости принимают

соответствующие средние арифметические значения серии наблюдений.

8.3.3 Вычисляют градуировочный коэффициент преобразователя вязкости  $V1'$  по п.8.1. и определяют погрешность измерений вязкости градуируемым преобразователем вязкости с новым коэффициентом  $V1'$  по рекомендации «Преобразователи плотности и вязкости жидкости измерительные модели 7827 и 7829. Методика поверки на месте эксплуатации». Если погрешность измерений вязкости не превышает предела допускаемой погрешности, указанного в рекомендации «Преобразователи плотности и вязкости жидкости измерительные модели 7827 и 7829. Методика поверки на месте эксплуатации», то коэффициенты  $V0$ ,  $V2$  не определяют. Если погрешность измерений вязкости превышает предела допускаемой погрешности, указанного в рекомендации «Преобразователи плотности и вязкости жидкости измерительные модели 7827 и 7829. Методика поверки на месте эксплуатации», то проводят градуировку преобразователя вязкости на поверочной установке.

8.4 Определение коэффициентов вискозиметра  $V0$ ,  $V1$ ,  $V2$  производится на трех градуировочных жидкостях (30 %, 60 %, 90 % от калиброванного диапазона).

8.4.1 Заполняют установку градуировочной жидкостью с наименьшей вязкостью (30% от калиброванного диапазона). Включают циркуляционный насос.

8.4.2 Устанавливают температуру жидкости  $20 \pm 0,1$  °С.

8.4.3 Термостатируют градуировочную жидкость не менее 30 мин.

- изменение температуры нефти за время одного измерения не более чем  $0,05$  °С;

- изменение вязкости нефти за время одного измерения не более чем  $0,1$  сПз ( $0,1$  мПа·с) при значениях вязкости до  $10$  сПз ( $10$  мПа·с) включительно, и не более, чем  $0,2$  сПз ( $0,2$  мПа·с) при значениях вязкости от  $10$  сПз ( $10$  мПа·с) до  $100$  сПз ( $100$  мПа·с).

8.4.4 Фиксируют не менее 15-ти значений наблюдений:

- коэффициента добротности градуируемого преобразователя вязкости;

- динамической вязкости по эталонному преобразователю вязкости, сПз (мПа·с).

8.4.5 За результаты измерения вязкости эталонным преобразователем вязкости и коэффициента добротности градуируемого преобразователя вязкости принимают соответствующие средние арифметические значения серии наблюдений.

8.4.6 Операции по п.п. 8.3.1-8.3.4 повторяют при среднем и наибольшем значениях каждого градуируемого поддиапазона.

8.4.7 Вычисляют градуировочные коэффициенты преобразователя вязкости  $V0$ ,  $V1$ ,  $V2$  по п.9.2.

## 9 Обработка результатов измерений

9.1 Значение коэффициента  $V1'$  рассчитывают по формуле



$$V1' = V1 + Q^2 * (\eta_0 - \eta_{расч}) \quad (1)$$

где  $V1'$  - новое значение калибровочного коэффициента  $V1$ ;

$V1$  – калибровочный коэффициент из сертификата градуировки;

$Q$  - результат измерения коэффициента добротности градуируемого вискозиметра;

$\eta_0$  – результат измерения динамической вязкости эталонным преобразователем вязкости, сПз;

$\eta_{расч}$  – значение динамической вязкости, рассчитанное по формуле

$$\eta_{расч} = V0 + V1/Q^2 + V2/Q^4, \quad (2)$$

где  $V0, V1, V2$  – градуировочные коэффициенты градуируемого преобразователя вязкости из сертификата градуировки.

9.2 Значения коэффициентов  $V0, V1, V2$  для каждого поддиапазона измерения динамической вязкости преобразователя вязкости рассчитывают по формулам (3), (4) и (5), соответственно:

$$V0 = \frac{\alpha_4 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_{01} + \alpha_3 \cdot \alpha_{11} \cdot \alpha_2 + \alpha_{21} \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_1 - \alpha_{21} \cdot \alpha_2^2 - \alpha_3^2 \cdot \alpha_{01} - \alpha_4 \cdot \alpha_{11} \cdot \alpha_1}{\alpha_4 \cdot \alpha_2 + 2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 - \alpha_2^3 - \alpha_4 \cdot \alpha_1^2 - \alpha_3^2}, \quad (3)$$

$$V1 = \frac{\alpha_4 \cdot \alpha_{11} + \alpha_{21} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_{01} - \alpha_2^2 \cdot \alpha_{11} - \alpha_4 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_{01} - \alpha_{21} \cdot \alpha_3}{\alpha_4 \cdot \alpha_2 + 2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 - \alpha_2^3 - \alpha_4 \cdot \alpha_1^2 - \alpha_3^2}, \quad (4)$$

$$V2 = \frac{\alpha_{21} \cdot \alpha_2 + \alpha_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_{01} + \alpha_2 \cdot \alpha_{11} \cdot \alpha_1 - \alpha_2^2 \cdot \alpha_{01} - \alpha_{21} \cdot \alpha_1^2 - \alpha_3 \cdot \alpha_{11}}{\alpha_4 \cdot \alpha_2 + 2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 - \alpha_2^3 - \alpha_4 \cdot \alpha_1^2 - \alpha_3^2}, \quad (5)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_{01}, \alpha_{11}, \alpha_{21}$  – коэффициенты, рассчитываемые по формулам (6), (7), (8), (9), (10), (11) и (12), соответственно

$$\alpha_1 = \Sigma(1/Q_j^2)/3, \quad (6)$$

$$\alpha_2 = \Sigma(1/Q_j^2)^2/3, \quad (7)$$

$$\alpha_3 = \Sigma(1/Q_j^2)^3/3, \quad (8)$$

$$\alpha_4 = \Sigma(1/Q_j^2)^4/3, \quad (9)$$

$$\alpha_{01} = \Sigma \eta_{oj}/3, \quad (10)$$

$$\alpha_{11} = \Sigma((1/Q_j^2) \cdot \eta_{oj})/3, \quad (11)$$

$$\alpha_{21} = \Sigma((1/Q_j^2)^2 \cdot \eta_{oj})/3, \quad (12)$$

где  $j$  – номер градуировочной жидкости (для каждого поддиапазона измерения динамической вязкости преобразователя вязкости значение  $j$  изменяется от 1 до 3);

$\eta_{oj}$  – результат измерения динамической вязкости  $j$ -той градуировочной жидкости

эталонным преобразователем вязкости, мПа·с (сПз);

$Q_j$  – результат измерения коэффициента добротности градуируемого вискозиметра на  $j$ -той градуировочной жидкости.

## **10 Оформление результатов градуировки**

10.1 Результаты градуировки оформляют в виде протокола по форме, приведенной в приложении Г.

10.2 По результатам градуировки преобразователя вязкости выдается сертификат градуировки по форме, приведенной в приложении Д.

10.3 Положительные результаты градуировки могут использоваться для оформления свидетельства о поверке.

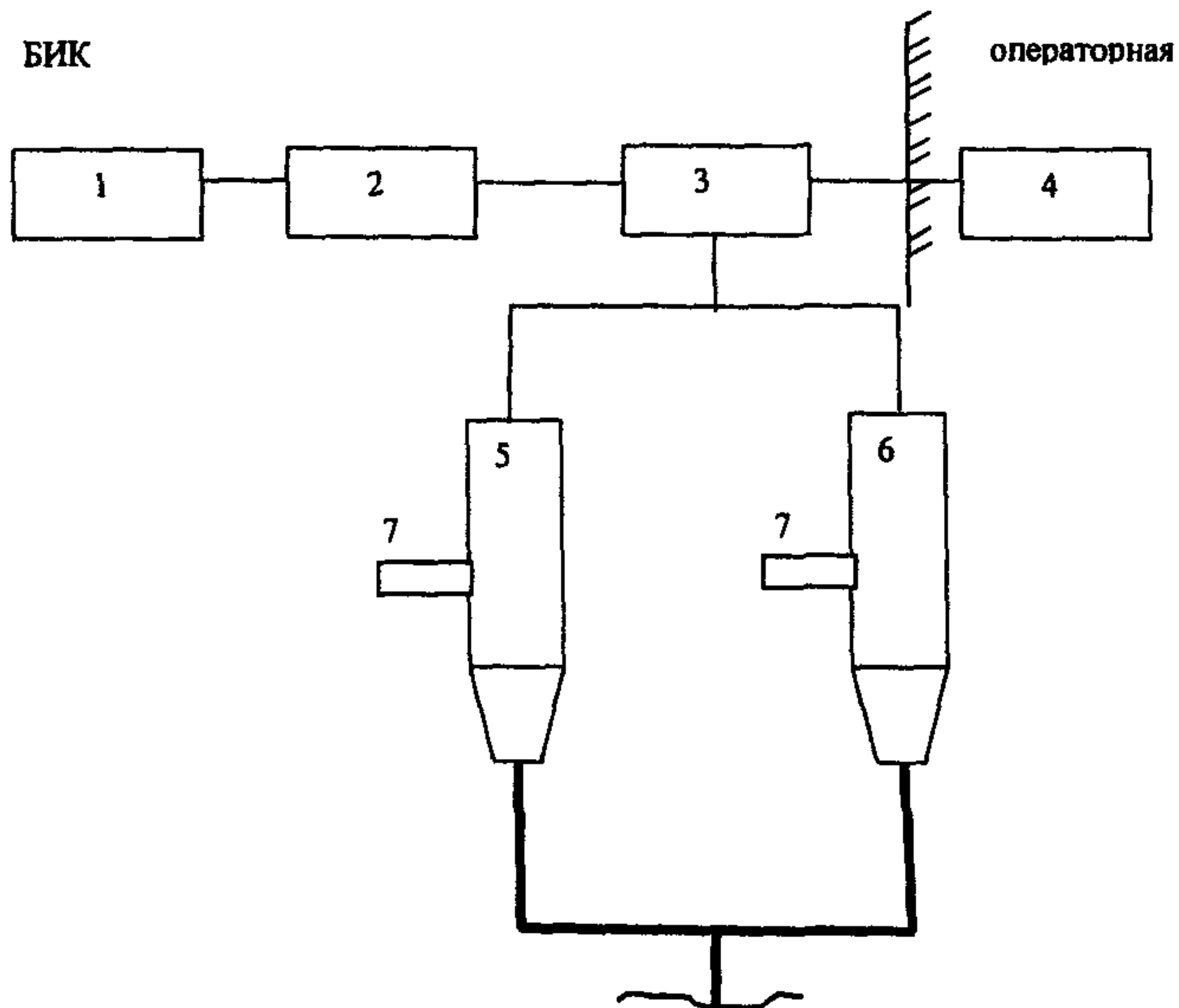
**Приложение А**  
**(рекомендуемое)**  
**Подготовка градуировочных жидкостей**

В качестве градуировочных жидкостей применяют следующие жидкости или смеси жидкостей, приготовленные из двух компонентов

Состав поверочной жидкости	Номинальное значение динамической вязкости при 20 °С, мПа·с (сПз)
Осветительный керосин [1] – 100 %	1,6
Осветительный керосин [1] – 65 % трансформаторное масло по ГОСТ 982 – 35 %	4
Осветительный керосин [1] – 38 % трансформаторное масло по ГОСТ 982 – 62 %	9
Осветительный керосин [1] – 24 % трансформаторное масло по ГОСТ 982 – 76 %	12
Осветительный керосин [1] – 13 % трансформаторное масло по ГОСТ 982 – 87 %	17
Индустриальное масло И-20А по ГОСТ 20799 – 100 %	59
Трансформаторное масло по ГОСТ 982 – 38 % индустриальное масло И-50А по ГОСТ 20799 – 62 %	90
Трансформаторное масло по ГОСТ 982 – 12 % индустриальное масло И-50А по ГОСТ 20799 – 88 %	180

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

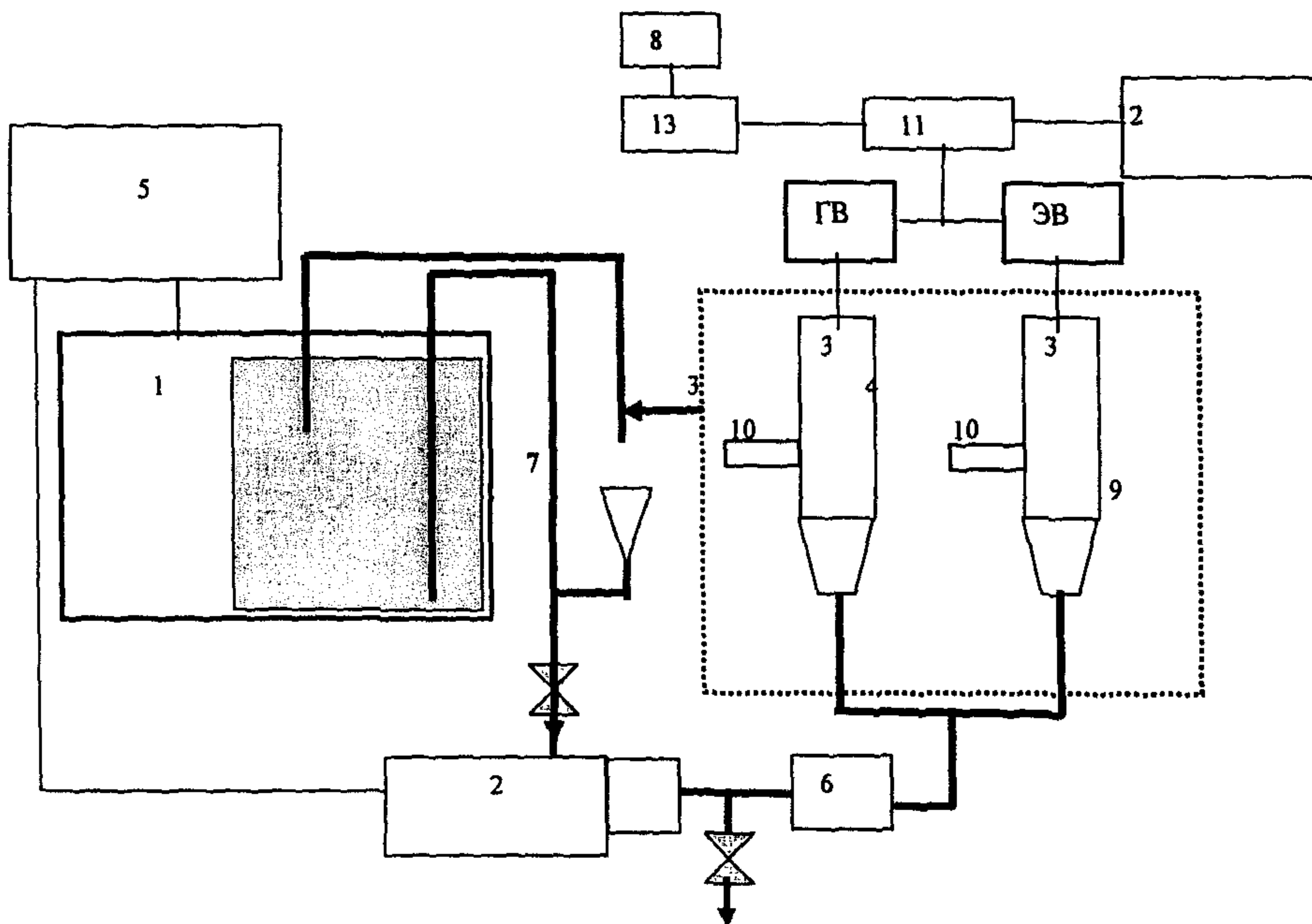
**Схема градуировки преобразователя вязкости на месте эксплуатации**



1. Блок питания вискозиметров
2. Блок искробезопасных барьеров
3. Преобразователи интерфейса RS 232/RS 485 (2шт.)
4. Компьютер (ноутбук)
5. Измерительная камера градуируемого вискозиметра
6. Измерительная камера эталонного вискозиметра
7. Термокарманы

**Приложение В**  
**(рекомендуемое)**

**Схема градуировки преобразователей вязкости в лаборатории**



1. Термостат с градуировочной жидкостью
2. Насос
3. Измерительная камера градуируемого вискозиметра
4. Измерительная камера эталонного вискозиметра
5. Блок контроля и управления насоса и термостата
6. Расходомер
7. Узел заливочный
8. Блок питания вискозиметров
9. Технологическая сборка вискозиметров в термоизоляции
10. Термокарманы
11. Преобразователи интерфейса RS 232/RS 485 (2шт.)
12. Компьютер (ноутбук)
13. Блок искробезопасных барьеров

**Приложение Г  
(рекомендуемое)**

**Форма протокола градуировки преобразователя вязкости**

**ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_  
градуировки преобразователя вязкости**

Тип градуируемого преобразователя вязкости \_\_\_\_\_ Тип эталонного преобразователя вязкости \_\_\_\_\_

Заводской номер \_\_\_\_\_ Заводской номер \_\_\_\_\_

Тип контроллера \_\_\_\_\_

Год выпуска \_\_\_\_\_

Владелец \_\_\_\_\_

Место проведения градуировки \_\_\_\_\_

Верхний предел измерений вязкости  
диапазона калибровки преобразователя вязкости:  $\eta_{max} =$  \_\_\_\_\_ сПз (мПа·с).

Условия проведения градуировки: температура \_\_\_\_\_ °С; влажность \_\_\_\_\_ %; давление \_\_\_\_\_ кПа.

**Исходные данные**

Поддиапазон измерения динамической вязкости преобразователя вязкости, сПз (мПа·с) от _____ до _____	Градуировочные коэффициенты градуируемого преобразователя вязкости		
	V0	V1	V2

**Результаты измерений и градуировки**

Номер градуировочной жидкости, j	Результат измерения температуры, °С	Результат измерения коэффициента добротности градуируемого вискозиметра $Q_{грj}$	Результат измерения динамической вязкости эталонным преобразователем вязкости $\eta_{oj}$ , сПз (мПа·с)
1			
2			
3			

**Новые значения коэффициентов для данного поддиапазон измерения динамической вязкости преобразователя вязкости:**

V0	V1	V2

Заключение \_\_\_\_\_

Подпись лица, проводившего градуировку

Дата градуировки

\_\_\_\_\_/и.о., фамилия/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г

Приложение Д  
(рекомендуемое)

Форма сертификата градуировки преобразователя вязкости

СЕРТИФИКАТ  
градуировки преобразователя вязкости модели \_\_\_\_\_

Заводской номер \_\_\_\_\_

Тип контроллера \_\_\_\_\_

Условия проведения градуировки: температура \_\_\_\_\_ °С; влажность \_\_\_\_\_ %; давление \_\_\_\_\_ кПа.

Результаты градуировки  
Показания преобразователя вязкости при температуре 20 °С

Вязкость (сПз)

Коэффициент добротности

$$\eta = V_0 + V_1 * 1/Q^2 + V_2 * 1/Q^4$$

Поддиапазон измерения динамической вязкости преобразователя вязкости, сПз (мПа•с)

от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_

от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_

V0 =

V0 =

V1 =

V1 =

V2 =

V2 =

Должность, подпись, И.О.Фамилия лица, проводившего градуировку

\_\_\_\_\_  
Дата градуировки « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

## **Библиография**

[1] ТУ 38401-58-10-90 Керосин осветительный. Технические условия