

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «5» ноября 2019 г. № 2622

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТЕЙ**

1. Область применения

1.1. Государственная поверочная схема для средств измерений вязкости жидкостей устанавливает порядок передачи единиц¹ динамической и кинематической вязкости жидкостей – Паскаль-секунда (Па·с) и метра квадратного на секунду ($\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$) – от Государственного первичного эталона единиц динамической и кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17-2018) (далее – ГПЭ) рабочим эталонам и средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов передачи единицы.

1.2. Графическая часть государственной поверочной схемы для средств измерений вязкости жидкостей представлена в Приложении А.

Примечания:

допускается осуществлять передачу единиц динамической и кинематической вязкости средствам измерений с помощью эталонов более высокой точности, чем предусмотрено настоящей государственной поверочной схемой;

допускается осуществлять передачу единиц динамической и кинематической вязкости жидкости средствам измерений, не указанным в настоящей государственной поверочной схеме, при условии их прослеживаемости к Государственному первичному эталону единиц динамической и кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17-2018).

2. Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений;

ГОСТ 33-2016 Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости;

РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения;

МИ 1289-86 Методические указания. Жидкости градуировочные. Методика приготовления.

Примечание – При использовании Государственной поверочной схемы целесообразно проверять действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января 2019 года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный документ заменён (изменён), то при использовании государственной поверочной схемы следует руководствоваться заменяющим изменённым документом. Если ссылочный документ отменён без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

¹ Передача единиц динамической и кинематической вязкости жидкости с помощью рабочих эталонов осуществляется при поверке, калибровке, испытаниях средств измерений, аттестации методик измерений, контроле точности измерений, выполняемых по аттестованным методикам (термины и соответствующие определения установлены в РМГ 29-2013 и ГОСТ Р 8.563-2009).

3. Термины и определения

В настоящем документе применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1. кинематическая вязкость: Сопротивление жидкости течению под действием гравитации.

Примечание – При движении жидкости под действием силы тяжести при данном гидростатическом давлении давление жидкости пропорционально её плотности ρ . Для всех вискозиметров время истечения определенного объёма жидкости прямо пропорционально её кинематической вязкости ν :

$$\nu = \frac{\eta}{\rho},$$

где η – динамическая вязкость, Па·с; ρ – плотность, кг·м⁻³.

3.2. плотность: Величина, определяемая отношением массы вещества к занимаемому им объёму.

3.3. динамическая вязкость: Отношение применяемого напряжения сдвига к скорости сдвига жидкости. Иногда его называют коэффициентом динамической вязкости или просто вязкостью. Таким образом, динамическая вязкость является мерой сопротивления истечению или деформации жидкости.

Примечание – Термин «динамическая вязкость» можно также применять для обозначения вязкости в зависимости от времени, в течение которого напряжение сдвига и скорость сдвига имеют синусоидальную зависимость.

3.4. ньютоновская жидкость: Жидкость, вязкость которой не зависит от касательного напряжения и градиента скорости, т.е. если отношение касательного напряжения к градиенту скорости непостоянно, жидкость не является ньютоновской.

3.5. градуировочная жидкость (компаратор): Жидкость, предназначенная для проведения поверки или калибровки средств измерений вязкости, приготовленная и аттестованная в соответствии с документом МИ 1289-86.

4. Государственный первичный эталон

4.1. Государственный первичный эталон единиц динамической и кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17-2018) состоит из четырёх эталонных комплексов:

эталонного комплекса (ЭК ГЭТ 17/1-КВИ), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы кинематической вязкости в диапазоне значений температуры от 20 до 40 °С;

эталонного комплекса (ЭК ГЭТ 17/2-КВН), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы кинематической вязкости в диапазонах значений температуры от минус 40 до 20 °С и от 40 до 150 °С;

эталонного комплекса (ЭК ГЭТ 17/3-ДВП), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы динамической вязкости жидкости в потоке в диапазоне значений температуры от 20 до 40 °С и в диапазоне значений давления от 0,5 до 4,0 МПа;

эталонного комплекса (ЭК ГЭТ 17/4-ДВД), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы динамической вязкости

жидкости в диапазоне значений температуры от 20 до 40 °С и в диапазоне значений давления от 0,1 до 4,0 МПа.

4.2. Диапазон значений динамической и кинематической вязкости жидкости составляет:

от $4,0 \cdot 10^{-7}$ до $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ – воспроизводимых и хранимых эталонными комплексами ГЭТ 17/1-КВИ и ГЭТ 17/2-КВН;

от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – воспроизводимых и хранимых эталонным комплексом ГЭТ 17/3-ДВП;

от $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $3,0 \cdot 10^{-1} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – воспроизводимых и хранимых эталонным комплексом ГЭТ 17/4-ДВД.

4.3. Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение и передачу единиц динамической и кинематической вязкости жидкости с характеристиками точности, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики точности ГЭТ 17-2018

Оценка случайной погрешности воспроизведения единиц		
Наименование эталонного комплекса	Название величины и единицы измерений	Значение
ЭК ГЭТ 17/1-КВИ	Относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений при 10 независимых измерениях, не превышает	$1,5 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/2-КВН	Относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений при 10 независимых измерениях, не превышает	$1,5 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Среднее квадратическое отклонение результата измерений при 10 независимых измерениях, не превышает, Па·с	$5,2 \cdot 10^{-5}$
ЭК ГЭТ 17/4-ДВД	Относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений при 10 независимых измерениях, не превышает	$7,0 \cdot 10^{-4}$
Оценка неисключенной систематической погрешности воспроизведения		
Наименование эталонного комплекса	Название величины и единицы измерений	Значение
ЭК ГЭТ 17/1-КВИ	Относительная неисключённая систематическая погрешность, не превышает	$2,0 \cdot 10^{-3}$
ЭК ГЭТ 17/2-КВН	Относительная неисключённая систематическая погрешность, не превышает	$2,2 \cdot 10^{-3}$
ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Неисключённая систематическая погрешность, не превышает, Па·с	$1,9 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/4-ДВД	Относительная неисключённая систематическая погрешность, не превышает	$4,4 \cdot 10^{-3}$

Продолжение таблицы 1

Стандартная неопределённость		
оцененная по типу А		
Наименование эталонного комплекса	Название величины и единицы измерений	Значение
ЭК ГЭТ 17/1-КВИ	Относительная стандартная неопределённость, оценённая по типу А, не превышает	$1,5 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/2-КВН	Относительная стандартная неопределённость, оценённая по типу А, не превышает	$1,5 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Стандартная неопределённость, оценённая по типу А, Па·с, не превышает	$5,2 \cdot 10^{-5}$
ЭК ГЭТ 17/4-ДВД	Относительная стандартная неопределённость, оценённая по типу А, не превышает	$7,0 \cdot 10^{-4}$
оцененная по типу В		
Наименование эталонного комплекса	Название величины и единицы измерений	Значение
ЭК ГЭТ 17/1-КВИ	Относительная стандартная неопределённость, оценённая по типу В, не превышает	$8,4 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/2-КВН	Относительная стандартная неопределённость, оценённая по типу В, не превышает	$9,7 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Стандартная неопределённость, оценённая по типу В, Па·с, не превышает	$1,15 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/4-ДВД	Относительная стандартная неопределённость, оценённая по типу В, не превышает	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Суммарная стандартная неопределённость		
Наименование эталонного комплекса	Название величины и единицы измерений	Значение
ЭК ГЭТ 17/1-КВИ	Относительная суммарная стандартная неопределённость, не превышает	$8,5 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/2-КВН	Относительная суммарная стандартная неопределённость, не превышает	$9,8 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Суммарная стандартная неопределённость, Па·с, не превышает	$1,26 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/4-ДВД	Относительная суммарная стандартная неопределённость, не превышает	$2,6 \cdot 10^{-3}$

Продолжение таблицы 1

Расширенная неопределённость при коэффициенте охвата $k = 2$ ($P=0,95$)		
Наименование	Название величины и единицы измерений	Значение

эталонного комплекса		
ЭК ГЭТ 17/1-КВИ	Относительная расширенная неопределённость, не превышает	$1,7 \cdot 10^{-3}$
ЭК ГЭТ 17/2-КВН	Относительная расширенная неопределённость, не превышает	$2,0 \cdot 10^{-3}$
ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Расширенная неопределённость, Па·с, не превышает	$2,5 \cdot 10^{-4}$
ЭК ГЭТ 17/4-ДВД	Относительная расширенная неопределённость, не превышает	$5,2 \cdot 10^{-3}$

4.4. Государственный первичный эталон применяют для передачи единиц динамической и кинематической вязкости жидкости рабочим эталонам 1-го и 2-го разряда:

методом сличения при помощи компаратора, эталонным комплексам, предназначенным для хранения и передачи единицы кинематической вязкости жидкости в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С;

методом непосредственного сличения, эталонным поточным преобразователям вязкости и установкам для поверки поточных вискозиметров, а также стендам для поверки средств измерений вязкости;

методом прямых измерений, стандартным образцам вязкости жидкости (градуировочным жидкостям), аттестованным в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С и стандартным образцам вязкости жидкости (градуировочным жидкостям), аттестованным в диапазоне значений давления от 0,1 до 4,0 МПа.

5. Рабочие эталоны, заимствованные из других поверочных схем

5.1. В качестве заимствованных рабочих эталонов применяют:

стандартные образцы плотности жидкости в диапазоне значений плотности от $6,50 \cdot 10^2$ до $1,65 \cdot 10^3$ кг·м⁻³;

установки гидростатического взвешивания, пикнометры, ареометры, плотномеры автоматические лабораторные, анализаторы плотности жидкостей в диапазоне значений плотности от $6,5 \cdot 10^2$ до $2,0 \cdot 10^3$ кг·м⁻³ и в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С;

установки пикнометрические, плотномеры автоматические поточные, анализаторы плотности жидкостей поточные в диапазоне значений плотности от $6,5 \cdot 10^2$ до $2,0 \cdot 10^3$ кг·м⁻³;

плотномеры автоматические лабораторные, анализаторы плотности жидкостей в диапазоне значений плотности от $2,8 \cdot 10^2$ до $2,0 \cdot 10^3$ кг·м⁻³ и в диапазоне значений давления от 0,1 до 4,0 МПа.

5.2. Границы доверительной абсолютной погрешности (Δ) заимствованных рабочих эталонов при доверительной вероятности $P=0,95$ составляют:

от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ для стандартных образцов плотности жидкости в диапазоне значений плотности от $6,50 \cdot 10^2$ до $1,65 \cdot 10^3$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

от $9 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ для установок гидростатического взвешивания, пикнометров, ареометров, плотномеров автоматических лабораторных, анализаторов плотности жидкостей в диапазоне значений плотности от $6,5 \cdot 10^2$ до $2,0 \cdot 10^3$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ и в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С;

от $5,0 \cdot 10^{-2}$ до $1,5 \cdot 10^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ для установок пикнометрических, плотномеров автоматических поточных, анализаторов плотности жидкостей поточных

в диапазоне значений плотности от $6,5 \cdot 10^2$ до $2,0 \cdot 10^3$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

от $1,0 \cdot 10^{-1}$ до $5,0 \cdot 10^{-1}$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ для плотномеров автоматических лабораторных, анализаторов плотности жидкостей в диапазоне значений плотности от $2,8 \cdot 10^2$ до $2,0 \cdot 10^3$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ и в диапазоне значений давления от 0,1 до 4,0 МПа.

5.3. Заимствованные рабочие эталоны применяют для передачи размера единицы плотности:

средствам измерений (вискозиметрам Штабингера) методом косвенных измерений;

средствам измерений плотности, применяемым для аттестации стандартных образцов вязкости жидкости (градуировочных жидкостей) в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С и в диапазоне значений давления от 0,1 до 4,0 МПа методом косвенных измерений;

средствам измерений (преобразователям плотности и вязкости, вискозиметрам поточным) методом непосредственного сличения.

6. Рабочие эталоны

6.1. Рабочие эталоны 1-го разряда

6.1.1. В качестве рабочих эталонов 1-го разряда применяют:

эталонные комплексы, предназначенные для хранения и передачи единицы кинематической вязкости жидкости в диапазоне значений от $4,0 \cdot 10^{-7}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ и в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С. Основными средствами измерений, входящими в состав данных эталонных комплексов, являются наборы вискозиметров стеклянных капиллярных образцовых;

эталонные преобразователи вязкости поточные и установки для поверки поточных вискозиметров, а также стенды для поверки средств измерений вязкости в диапазоне значений от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ $\text{Па} \cdot \text{с}$;

стандартные образцы вязкости жидкости в интервале аттестованных значений от $1,0 \cdot 10^{-6}$ до $3,0 \cdot 10^{-4}$ $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ для кинематической вязкости и от $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $3,0 \cdot 10^{-1}$ $\text{Па} \cdot \text{с}$ для динамической вязкости, аттестованные в диапазоне значений давления от 0,1 до 4,0 МПа.

6.1.2. Границы доверительной относительной погрешности (δ_0) рабочих эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности $P=0,95$ составляют:

от $4,0 \cdot 10^{-4}$ до $3,3 \cdot 10^{-3}$ для эталонных комплексов, предназначенных для хранения и передачи единицы кинематической вязкости жидкости в диапазоне значений от $4,0 \cdot 10^{-7}$ до $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ и в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С (не более $2,5 \cdot 10^{-3}$ в диапазоне значений температуры от 20 до 100 °С, не более $3,3 \cdot 10^{-3}$ в диапазонах значений температуры от минус 40 до ниже 20 °С и свыше 100 до 150 °С);

$5,0 \cdot 10^{-3}$ для эталонных преобразователей вязкости поточных и установок для поверки поточных вискозиметров, а также стендов для поверки средств измерений вязкости в диапазоне значений от $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

от $2,0 \cdot 10^{-3}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ для стандартных образцов вязкости жидкости в интервале аттестованных значений от $1,0 \cdot 10^{-6}$ до $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ для кинематической вязкости и от $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $3,0 \cdot 10^{-1} \text{ Па} \cdot \text{с}$ для динамической вязкости и в диапазоне давления от 0,1 до 4,0 МПа.

6.1.3. Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единиц динамической и кинематической вязкости жидкости:

рабочим эталонам 2-го разряда (вискозиметрам Штабингера в диапазоне значений температуры от минус 40 до 100 °С) и высокоточным средствам измерений (капиллярным вискозиметрам) методом сличения при помощи компаратора;

рабочим эталонам 2-го разряда (стандартным образцам вязкости жидкости (градуировочным жидкостям), аттестованным в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С, и средствам измерений методом прямых измерений;

средствам измерений (преобразователям плотности и вязкости, вискозиметрам поточным) методом непосредственного сличения.

6.3. Рабочие эталоны 2-го разряда

6.3.1. В качестве рабочих эталонов 2-го разряда применяют:

вискозиметры Штабингера в диапазоне значений от $2,0 \cdot 10^{-7}$ до $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ для кинематической вязкости и от $2,0 \cdot 10^{-4}$ до $4,0 \cdot 10^1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ для динамической вязкости в диапазоне значений температуры от минус 40 до 100 °С;

стандартные образцы вязкости жидкости (градуировочные жидкости) в интервале допускаемых аттестованных значений от $4,0 \cdot 10^{-7}$ до $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ для кинематической вязкости и от $4,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^2 \text{ Па} \cdot \text{с}$ для динамической вязкости в диапазоне значений температуры от минус 40 до 150 °С.

6.3.2. Границы доверительной относительной погрешности (δ_0) рабочих эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности $P=0,95$ составляют:

от $3,5 \cdot 10^{-3}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ для вискозиметров Штабингера в диапазоне значений от $2,0 \cdot 10^{-7}$ до $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ для кинематической вязкости и от $2,0 \cdot 10^{-4}$ до $4,0 \cdot 10^1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ для динамической вязкости в диапазоне значений температуры от минус 40 до 100 °С (не более $3,5 \cdot 10^{-3}$ в диапазоне значений температуры от 20 до 100 °С, не более $2,0 \cdot 10^{-3}$ в диапазоне значений

температуры

от минус 40 до ниже 20 °С);

от $2,0 \cdot 10^{-3}$ до $4,0 \cdot 10^{-3}$ для стандартных образцов вязкости жидкости (градуировочных жидкостей) в интервале допускаемых аттестованных значений от $4,0 \cdot 10^{-7}$ до $6,0 \cdot 10^{-2}$ $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ для кинематической вязкости и от $4,0 \cdot 10^{-4}$ до $6,0 \cdot 10^1$ Па·с для динамической вязкости в диапазоне значений температуры от минус 40 до 0 °С;

от $2,0 \cdot 10^{-3}$ до $3,5 \cdot 10^{-3}$ для стандартных образцов вязкости жидкости (градуировочных жидкостей) в интервале допускаемых аттестованных значений от $4,0 \cdot 10^{-7}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ для кинематической вязкости и от $4,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^2$ Па·с для динамической вязкости в диапазоне значений температуры свыше 0 до 150 °С.

6.3.3. Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для поверки и калибровки средств измерений вязкости жидкостей методом прямых измерений и методом сличения при помощи компаратора.

7. Средства измерений

7.1. В качестве средств измерений применяют: капиллярные, ротационные, колебательные, вибрационные, вискозиметры условной вязкости, вискозиметры с падающим шаром, вискозиметры Гепплера, вискозиметры Штабингера, реометры, имитаторы холодной прокрутки двигателя, минироторные вискозиметры, анализаторы вязкости, установки для измерения вязкости, системы измерения вязкости, автоматические измерители вязкости, средства измерений, оснащённые каналом измерения вязкости. преобразователи плотности и вязкости поточные, поточные вискозиметры с падающим шаром, поточные ротационные и колебательные вискозиметры и другие средства измерений вязкости.

7.2. Пределы допускаемой относительной погрешности (δ_0) средств измерений вязкости составляют от $2,0 \cdot 10^{-3}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$.