



ОХРАНА ТРУДА, ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ/LABOR PROTECTION, FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY

DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3> EDN: ICPOBG**ЭВОЛЮЦИЯ МЕТОДОВ ТАГА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ И ВОСПЛАМЕНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ. 1. ТЕСТЕРЫ ПОЛУЗАКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ТИПА**

Обзор

Барбин Н.М.¹, Алексеев С.Г.^{2,*}¹ ORCID : 0000-0002-6709-4334;² ORCID : 0000-0001-8021-5279;¹ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Российская Федерация² Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (3608113[at]mail.ru)

Предложена: 30.06.2026; Принята: 24.08.2026; Опубликовано: 27.08.2026

Аннотация

Температура вспышки является одним из ключевых показателей пожаровзрывоопасности легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Она учитывается при определении требований к безопасному применению горючих веществ и технологических сред, классификации опасных грузов и установления категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Методы Тага наряду с другими методами широко применяются для определения температур вспышки и воспламенения различных жидкостей. Пирометр Джузеппе Тальябу (Тага) является одним из первых тестеров полузакрытого типа. Идея его конструкции проявляется во многих полузакрытых нафтометрах. Рассмотрено рождение метода закрытого тигля Чарльза Тальябу (Тага) и его эволюция в рамках стандарта ASTM D56. Показано закрепление метода и/или закрытого прибора Тага в других стандартах. Дан прогноз дальнейшего развития исследовательского оборудования, основанного на методах Тага.

Ключевые слова: температура вспышки, Таг, прибор, аппарат, тестер, нафтометр, температура воспламенения, нефтепродукт.

THE EVOLUTION OF TAG METHODS FOR DETERMINING THE FLASH POINT AND IGNITION TEMPERATURES OF PETROLEUM PRODUCTS. 1. SEMI-CLOSED AND CLOSED-TYPE TESTERS

Review article

Barbin N.M.¹, Alexeev S.G.^{2,*}¹ ORCID : 0000-0002-6709-4334;² ORCID : 0000-0001-8021-5279;¹ Ural Institute of The State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russian Federation² Science and Engineering Centre "Reliability and Safety of Large Systems and Machines" of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

* Corresponding author (3608113[at]mail.ru)

Suggested: 30.06.2026; Accepted: 24.08.2026; Published: 27.08.2026

Abstract

The flash point is one of the key indicators of the fire and explosion hazard posed by highly flammable and flammable liquids. It is considered when determining the requirements for the safe use of flammable substances and process media, classifying dangerous goods, and establishing the categories of premises, buildings and outdoor installations according to their explosion and fire hazard. Tag methods, along with other methods, are widely used to determine the flash point and ignition temperatures of various liquids. Giuseppe Tagliabue's (Tag) pyrometer was one of the first semi-enclosed type testers. The design concept is evident in many semi-enclosed naphthometers. The origin of Charles Tagliabue's (Tag) closed-crucible method and its evolution within the framework of the ASTM D56 standard are examined. The adoption of the Tag method and/or the closed Tag apparatus in other standards is demonstrated. A forecast is provided for the further development of research equipment based on Tag methods.

Keywords: flash point, Tag, instrument, apparatus, tester, naphthaometer, ignition temperature, petroleum product.

Введение

Температура вспышки является одним из ключевых показателей пожаровзрывоопасности легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (далее – ЛВЖ и ГЖ) и легкоплавких нефтепродуктов. Она учитывается при определении требований к безопасному применению горючих веществ и технологических сред, классификации опасных грузов и установления категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [1], [2]. Ранее отмечалось [3], [4], [5], [6], что интенсивному толчку развитию методов определения температуры вспышки и воспламенения ЛВЖ и ГЖ послужило наступление керосиновой эры, когда на рынке появились керосиновые лампы и керогазы и дешевый и доступный керосин во второй половине 19-го столетия. Это обусловлено тем, что широкое

применение небезопасного керосина привело к росту пожаров и взрывов. В связи с этим можно привести правило Чарльза Ф. Чандлера (Charles Frederick Chandler), которое гласит: из одиннадцати образцов осветительных масел (керосинов) только один является безопасным [7].

В 1862 году первоначально в Англии, а затем и в других странах на законодательном уровне устанавливаются лимиты для безопасного керосина [3], [4], [5], [6]. При этом необходимо отметить, что в этих правовых актах понятие «керосин» выступало в качестве эквивалента современного термина «ЛВЖ». В связи с этим потребовался переход от грубых методов установления температуры вспышки (воспламенения) к нормативным методикам с использованием легализованных приборов. В настоящей работе термины «прибор», «аппарат», «тестер», «пирометр» и «нафтометр» будут рассматриваться как синонимы.

В первой части нашей работы рассмотрены тестеры Джузеппе Тальябу (Giuseppe Tagliabue) и его сына Чарльза (Charles) полузакрытого и закрытого типов.

Пирометр Джузеппе Тальябу (Тага)

28 октября 1862 г. Джузеппе Тальябу изобретатель и производитель научных приборов запатентовал полузакрытый пирометр для определения температур вспышки и воспламенения нефтепродуктов (рис. 1а, б) [8], который в 1863 году был отмечен серебряной медалью Американского института города Нью-Йорка [9]. Полузакрытые аппараты характеризуются наличием не менее одного постоянно открытого отверстия в крышке тигля или в его корпусе, обеспечивающие постоянный контакт паров тестируемой жидкости с окружающей средой. В случае пирометра Джузеппе Тальябу поворот крышки или специальной шторки на крышке трансформирует его в нафтометр с открытым тиглем (см. рис. 1а), что позволяет с его помощью определять температуру воспламенения нефтепродуктов. На поздних моделях тестера (рис. 1б) вместо специальных вентиляционных шторок появляется нажимное устройство для притока свежего воздуха в паровое пространство тигля. Их кратковременно открывают перед тестом на вспышку тестируемой пробы жидкости.

Аппарат изготавливается из латуни и состоит из корпуса, в который устанавливаются 165 мл водяная баня, 125 мл масляный тигель и крышка, оснащенная колпачком для внесения запального фитиля и чехлом с термометром. В крышке также предусмотрено два закрывающихся отверстия для вентиляции. При испытаниях водяная баня заполняется водой на уровне 2-х дюймов от её края. Масляный тигель заполняют тестируемой пробой керосина с точностью до 1 дюйма от верха тигля. Далее устанавливают крышку прибора с термометром. С помощью спиртовки или масляной горелки нагревают водяную баню до температуры на 20 °F ниже ожидаемой температуры вспышки. Затем убирают спиртовку, открывают отверстия для вентиляции и для теста на вспышку вносят пламя свечи или бумажного фитиля в отверстие колпака крышки. В случае отказа осуществляют дальнейший нагрев с помощью спиртовки со скоростью 2–3 °F/мин с периодическим тестом на вспышку. Температуру вспышки определяют по термометру. Для нахождения температуры воспламенения поворачивают крышку прибора или открывают специальную шторку на крышке аппарата и продолжают испытание с периодическим подносом запального пламени в область парового пространства тигля до достижения положительного результата [10], [11].



Рисунок 1 - Различные модификации прибора Джузеппе Тальябу
DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.1>

Примечание: источники [8], [10], [12], [13], [14], а также [15], [16], [17], [18]

Сообщено, что при полукрытой крышке температура вспышки керосинов при скорости нагрева 5 °F/мин фиксируется на 2–10 °F ниже чем при закрытой крышке пирометра Джузеппе Тальябу, что указывает на большую тепловую инертность прибора. Уменьшение скорости нагрева в два раза также приводит к уменьшению этой разницы примерно в 2 раза [11].

В качестве неофициального тестера прибор Джузеппе Тальябу применялся в многих странах до начала 20-го столетия. Он выпускался в двух модификациях старый (малый) и новый (большой) пирометр, которые отличались только размерами. В случае испытаний керосина в новой приборе температура вспышки фиксировалась в среднем на 3–8 градусов выше чем в приборе старого образца [19].

В 1880 г. Френсис Пис (Francis S. Pease) на основе аппарата Джузеппе Тальябу сконструировал приборы с электрической системой зажигания (см. рис. 1в) [17], [18].

Из сопоставления конструкций аппаратов, приведенных на рисунках 2а-г, можно сделать вывод, что пирометр Джузеппе Тальябу послужил прототипом при создании нафтометров Артура Эллиота (Arthur H. Elliott), Дж. Скалвейта (J. Skalweit) и Эдварда Пэрриша (Edward Parrish).



Рисунок 2 - Полузакрываемые тестеры
DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.2>

Примечание: а – аппарат А.Х. Эллиота (A.H. Elliott) [10], [20], [72]; б – нафтометр У.Х. Фостера (W.H. Foster) [10], [20], [21], [22]; в – прибор Дж. Скалвейта (J. Skalweit) [20], [23]; г – пирометр Э. Пэрриша (E. Parrish) [10], [20]



Закрыты́й тэстэр Чарльза Тальябу (Тага)

В августе 1915 года сын Джузеппе Тальябу подает заявку патентование нового закрытого тестера для определения температуры вспышки (рис. 3а,б) и через два года ему выдается патент № 1236123 от 7 августа 1917 года [24], который в настоящее время известен как прибор Тага с закрытым тиглем (Tag closed cup tester) или просто закрытый тигель Тага (Tag closed cup) [25], [26], [27]. Задержка в выдаче патента очевидно связано с тем, что к этому моменту на территории США уже применялись закрытые приборы Пенски-Мартенса (Pensky-Martens) и Абеля-Пенского (Abel-Pensky) и их модификации, выполненные горным бюро США (Bureau of Mines) [28], однако стремление в получении чисто американского закрытого тестера склонило чашу весов в положительную сторону.

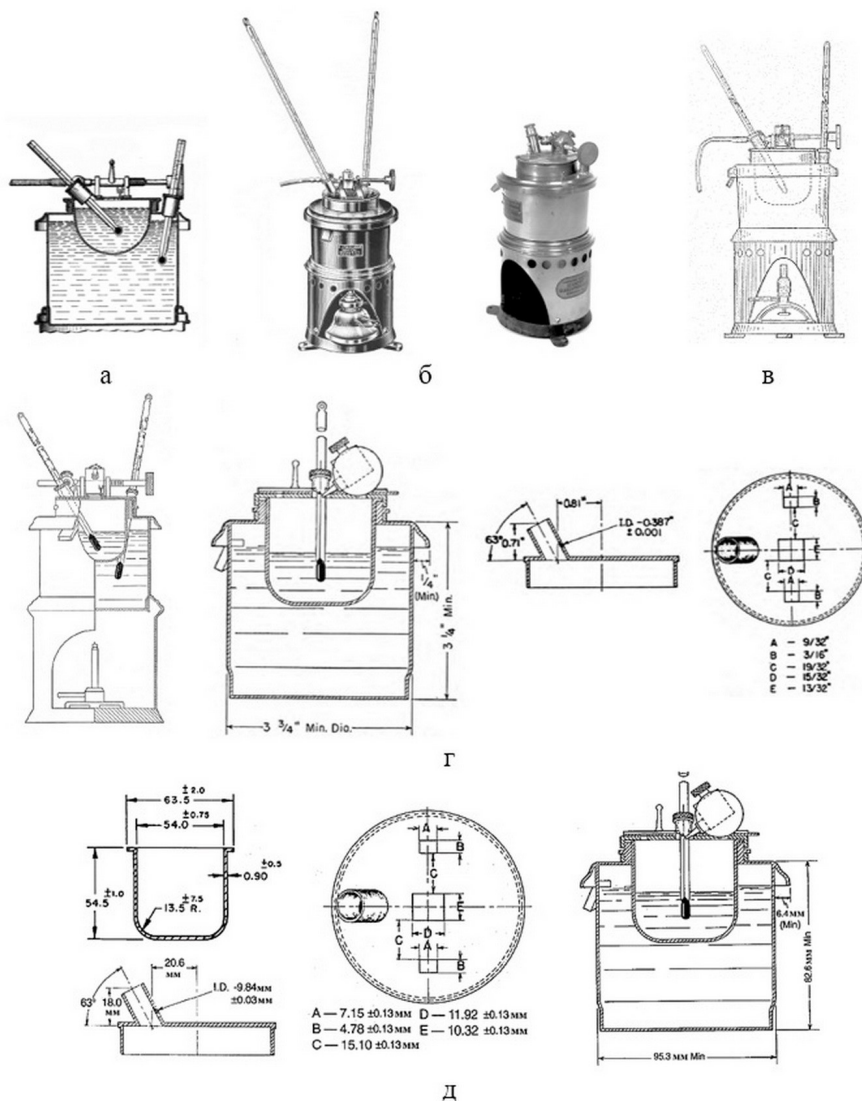


Рисунок 3 - Закрытый нафтометр Чарльза Тальябу
DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.3>

Примечание: а – устройство тестера [20], [24]; б – фабричные приборы начала 20-го столетия [29], [73]; в – аппарат по ASTM D56-21 [30]; пирометр по ASTM D56-52, D56-56, D56-70, D56-87 [31], [32], [33], [34]; д – тестер по ASTM D56-93, D56-97 [35], [36]

В июне 1917 года на конференции ASTM в отчете его подкомитета по растворителям для красок разработана инструкция по определению температуры вспышки в закрытом тигле Тага и сделан вывод, что данный метод является наиболее оптимальным на территории США [37]. На основании которого был разработан пробный (тестовый) стандарт ASTM D28-18Т (в технической литературе он иногда ошибочно обозначается как ASTM D56-18Т, согласно [34], [35], [36], а также [42], [43], [44], [45], [46]) с закреплением метода Тага и его закрытого прибора для определения температуры вспышки растворителей для красок за исключением скипидара [38], [39]. Следует заметить, что в данном стандарте отсутствует указание о размерах закрытого аппарата Тага, а методика испытаний не в достаточной мере детализирована, но при этом в неё отмечаются важные моменты:

- возможность замены спиртовки на газовую горелку;

– от влияния движения воздуха прибор должен защищен с 3-х сторон экраном высотой 2 фута и площадью 18 кв. дюймов;

– объем пробы 50 мл с температурой ниже предполагаемой температуры вспышки не менее чем на 10 °C;

– скорость нагрева $1 \pm 0,1$ град/мин;

– проверку на вспышку начинают за 5 °C до предполагаемой вспышки и повторяют её через каждые 0,5 °C до достижения вспышки;

– результаты 2-х тестов одного образца не должны отличаться более 0,5 °C, в противном случае проводится 3-й тест. В случае если максимальное отклонение результатов испытаний не отличается более 1 °C, то за температуру вспышки растворителя принимается среднее значение, скорректированное к стандартному атмосферному давлению по специальным таблицам, которые приложены к инструкции на закрытый тигель Тага [38].

На следующий год появляется полновесный стандарт ASTM D56-19 по процедуре определения температуры вспышки растворителей для красок по методу Тага. В котором закрепляются уровни заполнения водяной бани ($1 \frac{3}{32}$ дюйма до верха бани) и масляного тигля ($1 \frac{5}{32}$ дюйма до верха тигля), характеристики термометров и глубина погружения ртутного шарика масляного термометра ($1 \frac{5}{16}$ дюйма), масса пробы (68 г), внутренний диаметр тигля ($2 \frac{1}{8}$ дюйма). Незначительные изменения коснулись методики испытаний, в которой в частности указано:

– перед началом испытаний температура водяной бани и растворителя должна быть не менее чем на 20 °F (11 °C) ниже предполагаемой температуры вспышки;

– масса тигля 68 г;

– задается интервал для скорости нагрева тестируемого образца $1,8 \pm 0,2$ °F/мин ($1 \pm 0,1$ °C/мин);

– поправка на нормальное атмосферное давление осуществляется из расчета 1,6 °F (0,9 °C) на каждый дюйм рт. ст. (25 мм рт. ст.) [40].

В 1918 году для закрытых тестеров, включая аппарат Тага, была предложена универсальная запальная горелка, которая могла работать, как на газе, так и на масле [41], однако данное предложение не нашло практической реализации.

В 1920 году стандарт ASTM D56-19 был рекомендован бюро стандартов департамента коммерции США для определения температуры вспышки лаков для яхт [20].

При переходе к стандарту ASTM D56-21 (горным бюро США данный стандарт обозначен как метод 110.1 [47]) изменилась его название и расширилась область применения на все воспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки ниже 175 °F (79,4 °C), за исключением топлив. Впервые в стандарте ASTM D56 появляется общий вид закрытого тестера Тага (рис. 3в). При этом методика испытаний не претерпевает каких-либо качественных изменений, за исключением регламентирования температуры водяной бани и тестируемой пробы перед началом испытаний, которая должна быть ниже на 15 °F (8 °C) от ожидаемой температуры вспышки образца [30].

В стандарте ASTM D56-36 снова уточняется его название с исключением упоминания о воспламеняющихся жидкостях, а также удаляется некорректное указание массы испытуемой пробы жидкости [48]. В методике испытаний её разработчики возвращаются к положениям стандарта ASTM D56-19 [40] о начале испытаний при температуре водяной бани и тестируемой жидкости ниже 20 °F (11 °C) ожидаемой температуры вспышки образца. Нововведением стандарта ASTM D56-36 является появление общей методики для тестирования жидкостей с температурой вспышки ниже 40 °F (4,4 °C) с использованием охлаждающих смесей [48].

В 1952 году выходит новая редакция стандарта ASTM D56, в котором вносятся следующие изменения:

– корректируется название стандарта;

– вид стандартного прибора (рис. 3г) адаптируется под фабричные тестеры и регламентируются его размеры (см. рис. 3б и 3г);

– на 1 °F повышается разница между температурами пробы и ожидаемой её температуры вспышки;

– допускается применение электрического нагрева водяной бани;

– для коррекции температуры вспышки к нормальному атмосферному давлению используют формулу (1)

$$T_{\text{всп}} (760 \text{ мм рт. ст.}) = T_{\text{всп}} + 0,06(760 - P), \quad (1)$$

где $T_{\text{всп}}$ — наблюдаемая температура вспышки, °F; P — атмосферное давление, мм рт. ст.

– устанавливается воспроизводимость метода не более 2 °F;

– в качестве калибровочной жидкости утверждён 95 % пара-ксилол с плотностью 0,860–0,866 г/мл при 60 °F (15,6 °C) и температурой кипения $138,35 \pm 2,00$ °C;

– для удобства пользователей закрытого прибора Тага приведен адаптер для возможного применения термометров от тестера Пенски-Мартенса (Pensky-Martens);

– в стандарте удалена методика определения температуры вспышки для жидкостей с $T_{\text{всп}} \leq 40$ °F (4,4 °C) [31].

Таблица 1 - Стандартные допуски определения температуры вспышки по стандартам ASTM D56

DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.4>

Год	Температурный интервал $T_{\text{раб}}$, °F (°C)	Сходимость, °F (°C)	Воспроизводимость, °F (°C)
ASTM D56			
1952	$T_{\text{раб}} < 175$ (79)	–	2 (1,1)

Год	Температурный интервал $T_{\text{раб}}$, °F (°C)	Сходимость, °F (°C)	Воспроизводимость, °F (°C)
1956	$T_{\text{раб}} < 55$ (13) $T_{\text{раб}} \geq 55$ (13) $T_{\text{раб}} < 175$ (79)	— — 2 (1,1)	6 (3,3) 4 (2,2) —
1970, 1987	$T_{\text{раб}} < 55$ (13) от 55 (13) $\leq T_{\text{раб}} \leq 139$ (59) $T_{\text{раб}} < 140$ (60) 140 (60) $\leq T_{\text{раб}} \leq 199^*$ (93)	— — 2 (1,1) 3 (1,7)*	6 (3,3) 4 (2,2)* — 6 (3,3)
1993, 1997, 2000, 2001, 2002, 2005, 2016,	$T_{\text{раб}} < 140$ (60) 140 (60) $\leq T_{\text{раб}} < 200^*$ (93)	2,0 (1,2) 3,0 (1,6)*	8 (4,3) 10 (5,8)
2021, 2022	$T_{\text{раб}} < 140$ (60) 140 (60) $\leq T_{\text{раб}} < 200^*$ (93)	0,0685($x - 20$), °C 3,0 (1,6)	0,0685($x - 20$), °C 10 (5,8)

Примечание: * – различие связано с различными подходами разработчика стандартов ASTM D56 к округлению значения температуры при переходе из одной температурной шкалы в другую; x – среднее значение двух тестов, °C

В стандарте ASTM D56-56 введены следующие новеллы и изменения:

- появляется новый раздел «Проба» ("Sample"), в котором отмечается, что тестируемая жидкость должна храниться в специальных закрытых контейнерах. Их открытие осуществляется при температуре не менее за 20 °F (11 °C) до предполагаемой температуры вспышки. Запрещается использовать образцы из дырявых контейнеров;

- для жидкостей с $T_{\text{всп}} \geq 55$ °F (13 °C) используется водяная баня, в других случаях смесь воды и этиленгликоля или иная подходящая низкотемпературная жидкость. Также отмечено, что запрещается охлаждать жидкостную баню путем добавления сухого льда. При этом сам способ охлаждения жидкостной бани тестера в стандарте ASTM D56-56 отсутствует;

- установлена сходимость и скорректирована воспроизводимость метода Тага в закрытом тигле (см. табл. 1);

- предложен 2-й адаптер для использования термометров от прибора Пенски-Мартенса [32].

В стандарте от 1970 года:

- повышается верхняя граница области применения метода Тага с закрытым тиглем на жидкости с вязкостью до 45 SUS (универсальные единицы Сейболта) при 100 °F и температурой вспышки до 200 °F (93 °C);

- уточнено, что для определения температур вспышки ниже 55 °F (12,8 °C) или выше 140 °F (60 °C) в жидкостной бане используется 50% водный раствор этиленгликоля. В других случаях применяется водяная баня или также 50% раствор этиленгликоля;

- отмечается, что размер запального пламени должен соответствовать эталону, размещенному на крышке прибора, а время его ввода, воздействия и удаления должно быть примерно 1 с, что эквивалентно времени для произнесения фразы "thousand and one" («тысяча и один»);

- испытания начинаются при температуре пробы в интервале от 80 ± 10 °F (27 ± 5 °C) до 20 °F (11 °C) до ожидаемой температуры вспышки;

- скорость нагрева (ω) при испытании зависит от ожидаемой температуры вспышки. При $T_{\text{всп}} < 140$ °F (60 °C) $\omega = 2$ °F (1 °C)/мин ± 6 с, а при $T_{\text{всп}} \geq 140$ °F (60 °C) $\omega = 5$ °F (3 °C)/мин ± 6 с;

- разработчики стандарта ASTM D56-70 для приведения температуры вспышки к нормальному давлению отказываются от формулы (1) и возвращаются к методу, который использовался ими до 1952 года;

- приводится лимитированная температура вспышки (81 ± 1 °F ($27,2 \pm 0,6$ °C)) стандартного образца (95% параксилола) [33].

В стандарте ASTM D56-87 вносятся следующие дополнения и изменения:

- в название стандарта вносится указание, что это стандартный метод определения температуры вспышки;

- появляется новые разделы «2. Ссылочные нормативно-технические документы» "Referenced Documents" и «5. Значимость и применение» ("5. Significance and Use"). В разделе 2 даются ссылки родственные американские стандарты (ASTM D93, D850, D1015, D1078, D1310, D3143, D3828, D3941 и E1). В разделе 5 отмечается, что температура вспышки измеряет тенденцию тестируемой пробы образовывать горючую паровоздушную смесь в условиях испытаний. Указывается, что она является одним из важных показателей пожарной опасности материалов и используется для классификации ЛВЖ и ГЖ, а также указывает на присутствие легколетучих компонентов в относительно нелетучих и невоспламеняющихся жидкостях;

- дается определение температуры вспышки "flash point — the lowest temperature corrected to a pressure of 760 mm Hg (101,3 kPa, 1013 m bar) at which application of a test flame causes the vapors of a portion of the sample to ignite under specified conditions of test" [34], [45] («Температура вспышки — это наименьшая температура, скорректированная к нормальному атмосферному давлению, при которой под действием запального пламени происходит воспламенение паров образца в условиях стандартных испытаний». Эволюция термина «температура вспышки» рассмотрена в работе [52]);

- в разделе «Проба» вводится запрет на хранение образцов в пластиковых бутылках для исключения диффузии легколетучих компонентов через стенку бутылки;
- для начала тестирования образца на вспышку задается температурный интервал от 80 ± 10 °F (27 ± 5 °C) до 20 °F (11 °C) до ожидаемой температуры вспышки;
- для коррекции температуры вспышки к нормальному атмосферному давлению осуществляется возврат к уравнению (1), также приводятся аналогичные уравнения для температуры вспышки в шкале Цельсия. Результаты коррекции округляются до целых значений в шкале Фаренгейта или до 0,5 °C [34], [45].

В стандарте от 1993 года:

- основными единицами измерения в стандарте ASTM D56-93 становятся градусы Цельсия и миллиметры вместо градусов Фаренгейта и дюймов (см. рис. 3д);
- в раздел «Ссылочные нормативно-технические документы» добавляются ссылки на стандарты ASTM D3278, D3798, D4057 и на федеральные стандарты на методы испытаний № 1101 и № 4291;
- изменяется название раздела «Проба» ("Sample") на «Пробоподготовка» ("Sampling");
- редактируется раздел «Значимость и применение» и в нем дополнительно отмечается, что температура вспышки учитывается при перевозках водным транспортом;
- появляется указание о возможности применения как ручных, так и автоматических тестеров;
- редактируется определение температуры вспышки без потери первоначального смысла, приведенного в стандарте ASTM D56-87 [34], которое практически не отражается при переводе на русский язык. При этом в рамках дискуссии вводятся уточнения о том, что при вспышке пламя должно распространяться по всей поверхности и увеличение запального пламени или появление дополнительного синего ореола у запального пламени (это необходимо для отличия всполохов от вспышки тестируемой жидкости. В действительности при испытаниях в закрытых аппаратах эти явления достаточно сложно выявить и проконтролировать в отличие от тестов в приборах с открытым тиглем);
- в п. 3.2.1 и п. 3.2.2 стандарта ASTM D56-93 вводятся определения динамического (неравновесного) и равновесного типов тестеров для определения $T_{всп}$. К динамическому типу нафтометров относятся аппараты, в которых при испытаниях температура паровой фазы отстает от температуры тестируемого образца. Из этого следует, что в равновесных аппаратах требуется уравнивание температур паровой и жидкой фаз при определении температуры вспышки (Фактически это условия необходимы в первую очередь для определения нижнего температурного предела воспламенения [2], который ранее рассматривался как низшая или истинная температура вспышки [53]);
- удалено сравнение 1 с, необходимой для ввода и удаления тестового пламени в паровую область тигля, со временем для произношения фразы "thousand and one" [35];
- верхняя граница температурного интервала начала испытаний с 11 до 10 °C до ожидаемой температуры вспышки;
- испытания начинаются при температуре пробы в интервале от 80 ± 10 °F (27 ± 5 °C) до 20 °F (11 °C) до ожидаемой температуры вспышки;
- вводится раздел "Procedure (Automatic)" («Проведение испытаний на автоматических тестерах»), в котором рекомендуется придерживаться руководства по использованию автоматического прибора, с регламентацией основных положений методики при использовании ручного способа определения температуры вспышки. В случае расхождения результатов испытаний полученных на ручном и автоматическом приборах, предпочтение отдается ручному способу;
- появляется раздел «Ключевые слова», в который попадают следующие термины: горючий (combustible), пожарный риск (fire risk), (легко)воспламеняющийся (flammable), температура вспышки (flash point), закрытый тигель Taga (Tag closed cup) [35].

При переходе на стандарт ASTM D56-97 каких-либо изменений не было внесено, за исключением добавления декана и ундекана в качестве калибровочных жидкостей с температурами вспышки $50,9 \pm 2,3$ и $67,1 \pm 2,3$ °C соответственно, а также установлены геометрические размеры тигля закрытого тестера Taga (рис. 5д) [35].

В стандарте ASTM D56-97:

- в раздел «Ссылочные нормативно-технические документы» добавлены ссылки на два руководства ISO (Guides 34 и Guides 35);
- в разделах «Подготовка ручного аппарата к работе» ("Preparation of apparatus (manual)") и «Подготовка автоматического аппарата к работе» ("Preparation of apparatus (Automated Instrument)") появляются дополнительные пункты, в которых отмечается о необходимости ежегодной проверки работоспособности тестера с помощью сертифицированных эталонных соединений (декана и ундекана). Также рекомендуется периодически проводить проверку с помощью «вторичных рабочих стандартов». В случае получения неудовлетворительных результатов проверки прибора рекомендуется проверить размеры основных его компонентов (включая угол наклона муфты для термометра), приведенных в стандарте (см. рис. 5д) и повторить тест на вспышку с новым эталонным образцом;
- в качестве сертифицированных эталонных соединений в стандарте ASTM D56-97 установлены 99+% декан ($T_{всп} = 50,9 \pm 2,3$ °C) и 99+% ундекан ($T_{всп} = 67,1 \pm 2,3$ °C). В качестве вторичных рабочих стандартов может использоваться любой углеводород или нефтепродукт с постоянным составом и чистотой не менее 99%;
- старый эталон (пара-ксилол) рекомендуется применять для калибровки закрытого тестера Taga [36].

При переходе на стандарт ASTM D56-00 внесены следующие изменения и дополнения:

- в разделе «Ссылочные нормативно-технические документы» появляется ссылка на ASTM E502;
- разделы «Ручные аппараты» ("Apparatus (manual instrument)") и «Пробоподготовка» меняются местами;
- удалено указание о возможности калибровки закрытого прибора Taga с помощью калибровочной жидкости (пара-ксилол. При этом допущено применение 99+% пара-ксилола в качестве вторичного рабочего стандарта) [42].

В стандартах ASTM D56-01 и ASTM D56-02a существенных изменений не было сделано, кроме исключения п. 12.4 из стандарта ASTM D56-00, в котором предписывалось вносить значение ожидаемой температуры вспышки в автоматический тестер и добавление необязательных приложений с указанием особенностей испытаний галогенсодержащихся соединений и смесей из горючих и негорючих компонентов [43], [44]. В стандарт от 2002 года внесена ссылка на ASTM D6300 [44].

В стандарте ASTM D56-05(2010) добавлены пункт об опасности паров ртути и необходимости проявлять осторожность при работе со ртутьсодержащими продуктами, ссылка на ASTM D6299 и указание, что измерение температуры может осуществляться не только жидкостными термометрами, но также электронными устройствами [49].

Переход от ASTM D56-05(2010) к ASTM D56-16 ограничился небольшими редакционными правками без изменения сути положений стандарта [50].

В стандарте ASTM D56-21 внесены следующие дополнения и изменения:

- небольшая редакционная правка раздела «Введение»;
- добавление в раздел «Область применения» указания о том, что методы определения температуры вспышки делятся на два типа: низкотемпературные ("Low temperature" или "LT") с ожидаемой $T_{всп} < 60$ °C и высокотемпературные ("High temperature" или «HT») с предполагаемой $T_{всп} \geq 60$ °C. Также в данном разделе появляется дополнительный пункт, в котором указывается, что ASTM D56-21 разработан в соответствии с принципами международных стандартов, руководством и рекомендациями ВТО (Всемирной торговой организации);
- ссылка на руководство ISO Guide 34 заменяется на стандарт ISO 17034;
- разделы «Ручные аппараты» и «Автоматические аппараты» сокращены и объединены в один раздел «Аппараты» ("Apparatus"). В новом разделе заложена цена деления 0,5 кПа для барометра для определения атмосферного давления и не рекомендовано пользоваться сведениями станций метеослужбы и аэропортов. Также отмечено, что в случае "LT" испытаний может потребоваться источник охлаждения зоны нагрева тигля;
- появляется новый раздел «Реагенты и материалы» ("Reagents and Materials"), в котором предлагается для очистки тигля и крышки прибора применять наиболее подходящий растворитель. При этом отмечено, что многие растворители являются пожароопасными и представляют угрозу для здоровья человека;
- разделы «Подготовка ручных аппаратов» и «Подготовка автоматических аппаратов», а также разделы и разделы «Проведение испытаний на ручных тестерах» и «Проведение испытаний на автоматических тестерах» "Procedure (Automatic)" сокращены и объединены в разделы «Подготовка аппаратов» ("Preparation of Apparatus") и "Проведение испытаний" ("Procedure");
- для LT тестов изменился порядок определения допустимых погрешностей (см. табл. 1 и 2) [51].

Таблица 2 - Стандартные допуски для LT тестов определения температуры вспышки по ASTM D56-21(22)

DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.5>

$T_{всп}, ^\circ\text{C}$	Сходимость, $^\circ\text{C}$	Воспроизводимость, $^\circ\text{C}$	$T_{всп}, ^\circ\text{C}$	Сходимость, $^\circ\text{C}$	Воспроизводимость, $^\circ\text{C}$
34	1,0	3,0	48	1,9	3,4
36	1,1	3,1	50	2,1	3,5
38	1,2	3,1	52	2,2	3,6
40	1,4	3,2	54	2,3	3,6
42	1,5	3,2	56	2,5	3,7
44	1,6	3,3	58	2,6	3,8
46	1,8	3,4	59,5	2,7	3,8

Примечание: источники [25], [51]

Изменения в стандарте ASTM D56-22 ограничиваются несущественными редакционными правками пунктов 6.6, 11.2.1 и раздела 14 [25].

Адаптация метода ASTM D56 и закрытого тестера Тага в других стандартах и методиках

В стандартах других стран метод Тага (ASTM D92) нашел меньшее распространение, чем метод Кливленда (Cleveland, ASTM D92) [54], но тем не менее на территории ряда бывших республик Советского союза, в Эквадоре, Японии и других государств на базе ASTM D56 на его основе созданы межгосударственные и национальные стандарты [26], [27], а также [55], [56], [57], [58].

В России закрытый метод Тага в версиях стандарта ASTM D56 от 2005, 2005(2010) и 2022 годов отражен в ГОСТ Р 53717-2009, ГОСТ 33192-2014 и ГОСТ 33192-2024 соответственно [26], [27], [55]. В настоящее время на территории нашей страны независимо друг от друга действуют 2 версии метода Тага (ASTM D56-05 и ASTM D56-22), при отмене версий стандарта ASTM D56-05(2010). Разрешение данной коллизии требует замены ГОСТ Р 53717-2009 на ГОСТ 33192-2024.

Необходимо отметить, что ГОСТ 33192-2024 в отличие от ГОСТ Р 53717-2009 и ГОСТ 33192-2014 является модифицированной версией стандарта ASTM D56-22, в нем изменены отдельные фразы, слова и ссылки, а также

переформатирована структура самого документа. Остановимся на основных изменениях и дополнениях, внесенных в ГОСТ 33192-2024:

- убрано упоминание об опасности ртути, вместо этого отмечено, что в стандарте не рассматриваются все вопросы обеспечения требований правил техники безопасности и ответственность за их соблюдение несет сам пользователь;
- отмечено, что в стандарте применены термины по ГОСТ 26098-84 и отредактированы термины «динамическое (неравновесное) состояние» ("dynamic (non-equilibrium)") и «равновесные условия» ("equilibrium") без потери физического смысла;
- указано, что при определении температуры вспышки ниже 13 °C или выше 60 °C в качестве жидкости для бани можно использовать 50% водный раствор пропиленгликоля вместо смеси вода–этиленгликоль в соотношении 1:1;
- для низкотемпературных испытаний добавлено примечание: «Температуру вспышки ниже 60,0 °C после поправки считают соответствующей условиям, при этом повторное определение не требуется. Температура вспышки выше 60 °C после поправки требует повторного определения в высокотемпературных условиях» [26];
- для высокотемпературных испытаний вставлено примечание: «Температура вспышки ниже 60,0 °C после поправки требует повторного определения в низкотемпературных условиях» [26];
- в пункте «Отчет об испытаниях» ("Report") отмечены основные элементы его содержания (обозначение стандарта ГОСТ 33192-2024, дата проведения испытания, идентификация образца, результат испытания, любые отклонения от процедуры проведения испытания);
- по аналогии с ГОСТ Р 53717-2009 и ГОСТ 33192-2014 раздел «Ключевые слова» исключен.

ГОСТ 33192-2024 является межгосударственным стандартом, поэтому его действие также распространяется на территориях Азербайджана, Армении, Белоруссии, Казахстана, Киргизии, Таджикистана и Узбекистана.

Тигель с крышкой от закрытого прибора Тага, погруженный в водяную баню может применяться в равновесном методе наряду с тиглями от аппаратов Пенски-Мартенса и Абея, что нашло отражение в стандартах ASTM D3934, ASTM D3941, BS 3900-A8:1986 BS 6664-1:1986, BS 3900-A9:1986 BS 6664-2:1986, ISO 1516:2002, ISO 1523:2002 [59], [60], [61], [62], [63], [64]. Равновесный метод определения температуры вспышки по ASTM D3941 [60] заключается в следующем:

- 1) в результате предварительного испытания устанавливают примерную температуру вспышки тестируемого образца;
- 2) в тигель заливают образец с температурой ниже не менее 10 °C от ожидаемой температуры вспышки и удаляют пузырки;
- 3) закрытый тигель крышкой быстро помещают в жидкостную баню (Вода или 50% водный раствор этиленгликоля) так, чтобы уровень жидкости образца в тигле совпадал с уровнем жидкости в бане. Температура в бане должна быть на 5 °C ниже предполагаемой температуры вспышки образца;
- 4) зажигают запальную горелку с диаметром шарика пламени 4,0 мм;
- 5) при достижении равной температуры образца и бани равной температуре испытаний вносят запальное пламя во внутреннее пространство тигля. В случае вспышки с новым образцом повторяют процедуры пунктов 2–5 при температуре на 5 °C ниже первоначальной температуры испытаний;
- 6) в случае отказа медленно нагревают баню чтобы разница температур образца и бани не превышала 2 °C. При повышении температуры образца на 0,5 °C повторяют тест на вспышку. В случае отказа процедуру п. 6 повторяют до фиксации вспышки;
- 7) повторный тест проводят по пунктам 2–6 с учетом установленной температуры вспышки в пункте 6.

Процедура испытаний по ASTM D3934 [59] аналогично выше написанной, за исключением того, что в ней отсутствует пункт 6. Области применения стандартов ASTM D3934 и ASTM D3941 также отличаются. Применение первого стандарта ограничивается требованиями правительства или соглашением между продавцом и покупателем, а второго стандарта условиями при которых достигается равновесие паровой и жидкостной фазами образца [59], [60].

В целом процедура испытаний по стандартам BS 3900-A8:1986 BS 6664-1:1986 [61] и ISO 1516:2002 [63] аналогична методике ASTM D3941 за исключением следующего:

- диаметр запального пламени составляет 3–4 мм;
- после повышения температуры пробы на 0,5 °С, внесение источника зажигания осуществляют только после 10-минутной выдержке при новой температуре.

Методики испытаний по стандартам BS 3900-A9:1986 BS 6664-2:1986 [62] и ISO 1523:2002 [64] практически не отличается от американской методики ASTM D3941 [60].

Тигель с крышкой от закрытого тестера Тага в специальной жидкостной бане используется в равновесном методе определения температуры вспышки по ASTM D3934-20 [59]. В качестве наполнителя бани используется вода или 50% водный раствор этиленгликоля.

В NASA (National Aeronautics and Space Administration) для тестирования высоко энергонасыщенных жидкостей предложена специальный латунный вкладыш с никелевым тиглем, который вставлялся в стандартный тигель Тага (рис. 4). Данная модификация позволяет уменьшить 50 мл объем стандартной пробы до 1–2 мл и обеспечивает безопасность при проведении испытаний. Данные таблицы 3 показывают, что результаты измерения температуры вспышки в минитестере и стандартного закрытого прибора Тага практически не выходят за рамки стандартного допуска измерения по ASTM D56 (см. табл. 1) [65].

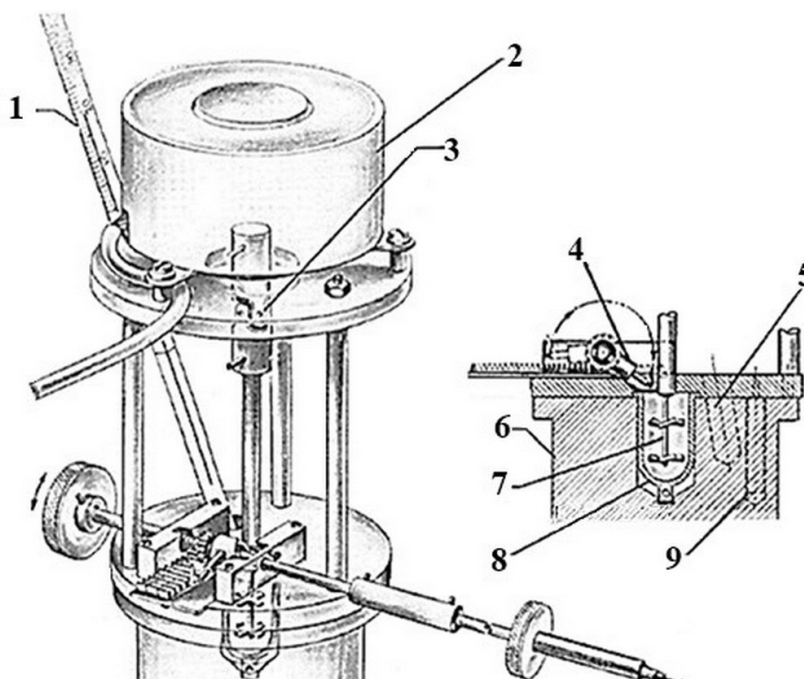


Рисунок 4 - Минитестер NASA
DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.6>

Примечание: источник [65].

1 – термометр; 2 – синхронный индукторный двигатель 100 об/мин; 3 – гибкая муфта; 4 – горелка; 5 – канал для термометра; 6 – латунный вкладыш; 7 – мешалка; 8 – никелевый тигель; 9 – крепежное отверстие

Таблица 3 - Сравнительные результаты определения температуры вспышки в минитестере и стандартном закрытом приборе Тага

DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.7>

Углеводород	Температура вспышки, °С	
	Минитестер (1 мл)	Закрытый тигель Тага (50 мл)
Нонан	34	33
Кумол	33	30
1-метил-4-изопропилбензол	54	51
1,4-диэтилбензол	59	58
Додекан	80	78
Гексадекан	121	122

Примечание: источник [65]

В настоящее время электрический нагрев жидкостной бани закрытого тестера Тага практически вытеснил применение для этой цели газовой или масляной горелки. На рисунке 5 примеры некоторых современных приборов Тага закрытого типа.



Рисунок 5 - Современные закрытые приборы Тага

DOI: <https://doi.org/10.60797/CHEM.2026.10.3.8>

Примечание: а – ручной аппарат K14671 и автоматический прибор K87790 [66]; б – ручной тестер и вязкомер B092A-KIT [67]; в – автоматический нафтометр TAG 500 [68]; г – полуавтоматический тестер 13220-2 [69], автоматический прибор ЛинтеЛ АТВТ-20 [70]

Заключение

Пирометр Джузеппе Тальябу явился одним из первых полузакрытых приборов для определения температуры вспышки керосина и других жидкостей. На основе его принципа работы была создана целая серия различных тестеров, из которых до настоящего времени дожил только аппарат Люшера (Luchaire), но при этом от идеи создания новых полузакрытых аппаратов не отказались совсем [20], [71].

Внедрению в практику закрытого тестера Чарльза Тальябу (Тага) в большей степени способствовала государственная позиция США в желании иметь чисто американский метод и прибор закрытого типа, поэтому метод закрытого тигля Тага менее распространен по миру по сравнению с методами Пенски-Мартенса и Абея-Пенского.

Рассмотренная эволюция метода ASTM D56 показывает, что вряд ли сама процедура испытаний индивидуальных жидкостей подвергнется существенным изменениям в будущем. Возможно следует ожидать новшеств в тестировании образцов смесового состава, поскольку потеря легколетучих горючих компонентов в процессе испытаний до сих пор

остается проблемой. Также видится более широкое появление полуавтоматических тестеров Тага, как наиболее доступных более широкому кругу пользователей.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : [принят Государственной Думой 4 июля 2008 г. : одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 г.]. — Москва : Собрание законодательства РФ, 2008. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 27.06.2026)..
2. ГОСТ 12.1.044-2018. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — Введ. 2019-05-01. — Москва : Стандартинформ, 2018. — 211 с.
3. Алексеев С.Г. История возникновения классификации легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в Великобритании / С.Г. Алексеев, В.В. Смирнов, Н.М. Барбин // История науки и техники. — 2017. — № 12. — С. 60–66.
4. Алексеев С.Г. История классификации легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в США / С.Г. Алексеев, В.В. Смирнов, Н.М. Барбин // Вопросы истории естествознания и техники. — 2018. — Т. 39. — № 3. — С. 510–522. — DOI: 10.31857/S020596060001121-5.
5. Алексеев С.Г. Рождение немецкой классификации горючих жидкостей и первые тестеры температуры вспышки в Германии / С.Г. Алексеев, В.В. Смирнов, Н.М. Барбин // История и педагогика естествознания. — 2019. — № 1. — С. 45–51. — DOI: 10.24411/2226-2296-2019-10109.
6. Alexeev S.G. Evolution of the classification of flammable and combustible liquids in Russia / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin [et al.] // Process Safety Progress. — 2019. — Vol. 37. — № 2. — P. 230–236. — DOI: 10.1002/prs.11949.
7. Merrick J.M. Chemical analyses of articles liable to adulteration / J.M. Merrick // Second Annual Report of the Board of Health of the Boston. — Boston : Board of Health of the Boston, 1874. — P. 91–126.
8. Tagliabue G. Improved apparatus for testing coal-oil : pat. 36488 USA / G. Tagliabue; the applicant and the patentee G. Tagliabue. — № 36488; appl. 1862-09-16; publ. 1862-09-16. — 3 p.
9. Giuseppe Tagliabue's patent coal-oil pyrometer // Annual Report of the American Institute of the City of New York for the Years 1862, '63. — Albany : Comstock & Cassidy, Printers, 1863. — P. 50–51.
10. Redwood B. Petroleum / B. Redwood. — London : Charles Griffin & Company, Ltd., 1922. — Vol. 3. — 630 p.
11. Spicer G.T. Report / G.T. Spicer // Report upon the Inspection of Kerosene in the City of Providence. — Providence : Angell, Burlingame & Co., Printers to the City, 1877. — P. 5–24.
12. Elliott A.H. Methods and apparatus for testing inflammable oils / A.H. Elliott. — Albany : Weed, Parsons and Co., Printers, 1882. — 44 p.
13. Kopp E. Bolley's Handbuch der technisch-chemischen Untersuchungen / E. Kopp, R. Gnehm, G. Wyss. — Leipzig : Verlag von Arthur Felix, 1874. — 607 s.
14. Pyrometer. CH.315168 // National Museum of American History. — URL: https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_1747 (accessed: 02.03.2026).
15. 1860 Patent Tag Cup Antique Flash Point Tester // LiveAuctioneers. — URL: https://www.liveauctioneers.com/item/42421344_1860-patent-tag-cup-antique-flash-point-tester-tallahassee-fl (accessed: 02.03.2026).
16. Apparatus for testing the explosive points of coal oils // The American Annual Cyclopædia and Register of important events of the year 1863. — New York : D Appleton & Co., 1864. — P. 514-515.
17. New oil-testing apparatus // Scientific American. — 1880. — Vol. 42. — № 21. — P. 323. — DOI: 10.1038/scientificamerican05221880-323.
18. Pat. 226187 USA. Apparatus for testing oil by electricity / Pease F.S.; the applicant and the patentee Pease F.S. — № 226187; appl. 1879-10-14; publ. 2026-06-30. — 3 p.
19. Долинин В.К. Температура вспышки керосина и приборы (нафтометры) Абея-Пенского и Бейльштейна, служащие для определения ея / В.К. Долинин // Горный журналъ. — 1887. — Т. 1 (март). — С. 442–478.
20. Alexeev S.G. First naphthometers to determine the flash point of liquids: II. Semiclosed testers / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin // Russian Journal of General Chemistry. — 2021. — Vol. 91. — № 3. — P. 508–519. — DOI: 10.1134/S1070363221030191.
21. Jensen W.B. Stumping the curator / W.B. Jensen // Museum Notes. — 2015. — Vol. 31. — P. 1–2.



22. Early Petro Flash Point Tester C.J. Tagliabue // Ebay. — URL: <https://www.ebay.com/itm/Early-Petro-Flash-Point-Tester-C-J-Tag-liabue-Looks-to-be-Complete-Great-Cond/253982723532?hash=item3b228ccdcc:g:o6wAAOSwBMpb4HPg:rk:41:pf:0> (accessed: 18.11.2018).
23. Skalweit J. Untersuchung des Petroleums / J. Skalweit, A. Wagner // Zeitschrift für analytische Chemie. — 1881. — Bd. 20. — № 1. — S. 305–307. — DOI: 10.1007/BF01374745.
24. Pat. 1236123 USA. Closed oil-tester / Tagliabue C.J.; the applicant and the patentee Tagliabue C.J. — № 45466; appl. 1915-08-14; publ. 1917-08-07. — 4 p.
25. ASTM D56-22. Standard test method for flash point by Tag closed cup tester. — Introd. 2022-07-01. — West Conshohocken : ASTM, 2022. — 13 p. — DOI: 10.1520/D0056-22.
26. ГОСТ 33192-2024. Нефтепродукты и другие жидкости. Метод определения температуры вспышки на приборе Тага с закрытым тиглем. — Введ. 2025-10-06. — Москва : Российский институт стандартизации, 2024. — 18 с.
27. ГОСТ Р 53717-2009. Нефтепродукты. Определение температуры вспышки в закрытом тигле Тага. — Введ. 2011-01-01. — Москва : Стандартинформ, 2019. — 20 с.
28. Allen I.C. The flash point of oils. Methods and apparatus for its determination / I.C. Allen, A.S. Crossfield // Technical Paper. — 1914. — Vol. 49. — P. 1–38.
29. Wilhelm R.M. New and Revised Tag Manual for Inspectors of Petroleum / R.M. Wilhelm. — New York : C.J. Tagliabue MFG. Co., 1923. — 120 p.
30. ASTM D56-21. Flash point of volatile flammable liquids by Tag closed tester. — Introd. 1921. — Philadelphia : ASTM, 1922. — 4 p.
31. ASTM D56-52. Flash point by Tag closed tester. — Introd. 1952. — Philadelphia : ASTM, 1953. — 6 p.
32. ASTM D56-56T. Flash point by Tag closed tester. — Introd. 1956. — Philadelphia : ASTM, 1959. — 6 p.
33. ASTM D56-70. Flash point by Tag closed tester. — Introd. 1970-09-11. — Philadelphia : ASTM, 1971. — 7 p.
34. 1991 Annual Book of ASTM Standards. — Philadelphia : ASTM, 1991. — Vol. 05.01. — 844 p.
35. Hookey G.J. Standard test method for flash point by Tag closed tester / G.J. Hookey // National Transportation Safety Board. Docket № SA 516. Exhibit № 8I. — Washington : NTSB, 2017. — P. 1–9.
36. ASTM D56-97a. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 1997-05-10. — West Conshohocken : ASTM, 1998. — 10 p.
37. Chapman C.M. Report of sub-committee XI on paint thinners other than turpentine / C.M. Chapman // Proceedings of the Twentieth Annual Meeting. — Philadelphia : ASTM, 1917. — P. 402–450.
38. ASTM D28-18T. Flash point of paint thinners other than turpentine / Anonymous Anonymous // Proceedings of the Twenty-First Annual Meeting. — Vol. 18. — № 1. — University of Pennsylvania : ASTM, 1919. — P. 685–688.
39. ASTM D28-18T. Flash point of paint thinners other than turpentine. — Introd. 1918 // ASTM Tentative Standards 1918. — Philadelphia : ASTM, 1919. — P. 685–688.
40. ASTM D56-19. Flash point of volatile paint thinners. — Introd. 1919 // ASTM Standards Adopted in 1919. — Philadelphia : ASTM, 1920. — P. 51–54.
41. Pat. 1275223 USA. Burner for closed oil-testers / Chapman C.M.; the applicant and the patentee Chapman C.M. — № 83757; appl. 1916-03-13; publ. 1918-08-13. — 3 p.
42. ASTM D56-00. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2000-08-10. — West Conshohocken : ASTM, 2000. — 11 p. — DOI: 10.1520/D0056-00.
43. ASTM D56-01. Standard test method for flash point by Tag closed tester — Introd. 2001-05-10. — West Conshohocken : ASTM, 2001. — 11 p. — DOI: 10.1520/D0056-01.
44. ASTM D56-02. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2002-06-10. — West Conshohocken : ASTM, 2002. — 11 p. — DOI: 10.1520/D0056-02.
45. Wray H.A. Manual on Flash Point Standards and Their Use: Methods and Regulations / H.A. Wray. — Philadelphia : ASTM, 1992. — 168 p.
46. White W. The Practice of Flash Point Determination: A Laboratory Resource / W. White, R.G. Montemayor. — West Conshohocken : ASTM, 2013. — 91 p. — DOI: 10.1520/MNL72-EB.
47. Method 110.1 – Flash point of volatile flammable liquids by Tag closed tester // Methods for Testing Petroleum Products. A Handbook for Inspecting Laboratories. — Washington : Government Printing Office, 1922. — P. 18–22.
48. ASTM D56-36. Flash point by means of the Tag closed tester // 1946 Book of ASTM Standards Including Tentatives (A Triennial Publication). — Philadelphia : ASTM, 1946. — Part II (Nonmetallic Materials – Constructional). — P. 1101–1104.
49. ASTM D56-05(2010). Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2010-10-01. — West Conshohocken : ASTM, 2010. — 12 p. — DOI: 10.1520/D0056-05R10.
50. ASTM D56-16a. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2016-10-01. — West Conshohocken : ASTM, 2016. — 12 p. — DOI: 10.1520/D0056-16A.
51. ASTM D56-21a. Standard test method for flash point by Tag closed cup tester. — Introd. 2021-04-01. — West Conshohocken : ASTM, 2021. — 13 p. — DOI: 10.1520/D0056-21A.
52. Алексеев С.Г. Эволюция понятия «температура вспышки» / С.Г. Алексеев, В.В. Смирнов, Н.М. Барбин // Техносферная безопасность. — 2016. — № 4. — С. 35–53.
53. Alexeev S.G. Non-Standard devices for determination of temperature flammability limits / S.G. Alexeev, K.S. Alexeev, V.V. Smirnov [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. — 2021. — Vol. 91. — Suppl. 1. — P. S1–S12. — DOI: 10.1134/S1070363221130326.



54. Алексеев С.Г. Эволюция метода определения температур вспышки и воспламенения в открытом приборе Кливленда / С.Г. Алексеев, К.С. Алексеев, Б.А. Лукичев [и др.] // Российский химический журнал. — 2025. — Т. 69. — № 2. — С. 129–155. — DOI: 10.6060/rcj.2025692.15.
55. ГОСТ 33192-2014. Нефтепродукты и другие жидкости. Метод определения температуры вспышки на приборе Тага с закрытым тиглем. — Введ. 2021-01-01. — Москва : Стандартинформ, 2020. — 24 с.
56. NTE INEN 1047:2013. Productos de petróleo. Determinación del punto de inflamación. Método tag en copa cerrada [NTE INEN 1047:2013. Petroleum products. Determination of the flash point. Closed-cup TAG method]. — Introd. — 2013-09-01. — Quito : INEN, 2013. — 16 p. [in Spanish]
57. JISK2265-1:2007. 引火点の求め方 – 第 1 部 : タグ密閉法. — 制定 2019-07-01. — URL: <https://kikakurui.com/k2/K2265-1-2007-01.html> (АкуссесД: 24.06.2026).
58. СТ РК 2424-2013. Тага жабық отбақырашында тұтану температурасын анықтау әдісі. — Енгізілген күні 2014-07-01. — Астана : Қазақстан Республикасы Индустрия және жаңа технологиялар министрлігінің Техникалық реттеу және метрология комитеті, 2013. — 72 б.
59. ASTM D3934-20. Standard test method for flash/no flash test – equilibrium method by a closed-cup apparatus. — Introd. 2020-06-01. — West Conshohocken : ASTM, 2020. — 3 p. — DOI: 10.1520/D3934-20.
60. ASTM D3941-20. Standard test method for flash point by the equilibrium method with a closed-cup apparatus. — Introd. 2020-06-01. — West Conshohocken : ASTM, 2020. — 4 p. — DOI: 10.1520/D3941-20.
61. BS 3900-A8:1986 BS 6664-1:1986. Flashpoint of petroleum and related products – Part 1: Method of test for flash/no flash (closed cup equilibrium method) – [ISO title: Paints, varnishes, petroleum and related products – Flash/no flash test – Closed cup equilibrium method]. — Introd. 1986-02-26. — London : BSI, 1999. — 14 p.
62. BS 3900-A9:1986 BS 6664-2:1986. Flashpoint of petroleum and related products – Part 2: Method for determination of flashpoint (closed cup equilibrium method) – [ISO title: Paints, varnishes, petroleum and related products – Determination of flashpoint – Closed cup equilibrium method]. — Introd. 1986-02-28. — London : BSI, 1999. — 14 p.
63. ISO 1516:2002(E). Determination of flash/no flash – Closed cup equilibrium method. — Introd. 2002-03-01. — Geneva : ISO, 2002. — 16 p.
64. ISO 1523:2002(E). Determination of flash point – Closed cup equilibrium method. — Introd. 2002-03-01. — Geneva : ISO, 2002. — 18 p.
65. Pusanski B. Self-ignition and flash points of some high-energy fuels / B. Pusanski // NASA RM E56C16a. — Washington : NASA, 1957. — P. 1–21.
66. Koehler Instrument Company. — URL: https://koehlerinstrument.com/products/?search=tester+Tag&route=product%2Fsearch&sub_category=true&description=true (accessed: 28.06.2026).
67. Tag Closed-Cup Viscometer, Flash Point // Matest. — URL: <https://www.matest.com/en/product/b092-kit-tag-closed-cup-viscometer-flash-point> (accessed: 28.06.2026).
68. TAG Flash Point Tester // Anton Paar GmbH. — URL: https://www.anton-paar.com/corp-en/products/details/tag/?srsltid=AfmBOorUDwBFZQ4Nt09uui47sDwZN_F3O8e4JzLEacrA3K7CBwE3Afs&sku=263908 (accessed: 28.06.2026).
69. Seta Semi-Automatic Tag Flash Point Tester - 13220-2 // Stanhope-Seta. — URL: <https://www.stanhope-seta.co.uk/product/tag-flash-point-tester/#> (accessed: 28.06.2026).
70. ЛинтеЛ АТБТ-20. Аппарат автоматический для определения температуры вспышки в закрытом тигле Тага // АО БСКБ «Нефтехимавтоматика». — URL: https://bashnxa.ru/catalog/kontrol_kachestva_topliv/321/ (дата обращения: 28.06.2026).
71. Алексеев С.Г. II этап развития экспериментальных методов определения температуры вспышки. Ч. 1 / С.Г. Алексеев // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2025. — № 3 (75). — С. 111–121. — DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-111-121.
72. Flash Point Tester. CH.316215 // National Museum of American History. — URL: https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_1988 (accessed: 02.03.2026).
73. Flash Point Tester. CH.336674 // National Museum of American History. — URL: https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_2966 (accessed: 02.03.2026).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rossijskaja Federacija. Zakony. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyakh pozharnoj bezopasnosti [Technical Regulations on Fire Safety Requirements] : Federal Law № 123-FZ of July 22, 2008 : [adopted by the State Duma on July 4, 2008 : approved by the Federation Council on July 11, 2008]. — Moscow : Collection of Legislation of the Russian Federation, 2008. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (accessed: 27.06.2026).. [in Russian]
2. GOST 12.1.044-2018. SSBT. Pozharovzrivoopasnost veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazatelei i metodi ikh opredeleniya [Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination]. — Introd. 2019-05-01. — Moscow : Standartinform, 2018. — 211 p. [in Russian]
3. Alexeev S.G. Istoriya vozniknoveniya klassifikatsii legkovosplamenyayushchikhsya i goryuchikh zhidkostei v Velikobritanii [The history of flammable and combustible liquids classification In the UK] / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin // Istoriya nauki i tekhniki [History of Science and Engineering]. — 2017. — № 12. — P. 60–66. [in Russian]
4. Alexeev S.G. Istoriya klassifikatsii legkovosplamenyayushchikhsya i goryuchikh zhidkostej v SSHa [The history of flammable and combustible liquids classifications in the USA] / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin // Voprosi istorii yestestvoznaniya i tekhniki [Studies in the History of Science and Technology]. — Vol. 39. — № 3. — P. 510–522. — DOI: 10.31857/S020596060001121-5. [in Russian]



5. Alexeev S.G. Rozhdenie nemetskoi klassifikatsii goryuchikh zhidkostei i pervie testeri temperaturi vspishki v Germanii [The birth of the German classification of flammable liquids and first testers of flash point in Germany] / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin // Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya [History and Pedagogy of Natural Science]. — 2019. — № 1. — P. 45–51. — DOI: 10.24411/2226-2296-2019-10109. [in Russian]
6. Alexeev S.G. Evolution of the classification of flammable and combustible liquids in Russia / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin [et al.] // Process Safety Progress. — 2019. — Vol. 37. — № 2. — P. 230–236. — DOI: 10.1002/prs.11949.
7. Merrick J.M. Chemical analyses of articles liable to adulteration / J.M. Merrick // Second Annual Report of the Board of Health of the Boston. — Boston : Board of Health of the Boston, 1874. — P. 91–126.
8. Tagliabue G. Improved apparatus for testing coal-oil : pat. 36488 USA / G. Tagliabue; the applicant and the patentee G. Tagliabue. — № 36488; appl. 1862-09-16; publ. 1862-09-16. — 3 p.
9. Giuseppe Tagliabue's patent coal-oil pyrometer // Annual Report of the American Institute of the City of New York for the Years 1862, '63. — Albany : Comstock & Cassidy, Printers, 1863. — P. 50–51.
10. Redwood B. Petroleum / B. Redwood. — London : Charles Griffin & Company, Ltd., 1922. — Vol. 3. — 630 p.
11. Spicer G.T. Report / G.T. Spicer // Report upon the Inspection of Kerosene in the City of Providence. — Providence : Angell, Burlingame & Co., Printers to the City, 1877. — P. 5–24.
12. Elliott A.H. Methods and apparatus for testing inflammable oils / A.H. Elliott. — Albany : Weed, Parsons and Co., Printers, 1882. — 44 p.
13. Kopp E. Bolley's Handbuch der technisch-chemischen Untersuchungen [Bolley's Handbook of Technical and Chemical Analyses] / E. Kopp, R. Gnehm, G. Wyss. — Leipzig : Arthur Felix Publishing House, 1874. — 607 p. [in German]
14. Pyrometer. CH.315168 // National Museum of American History. — URL: https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_1747 (accessed: 02.03.2026).
15. 1860 Patent Tag Cup Antique Flash Point Tester // LiveAuctioneers. — URL: https://www.liveauctioneers.com/item/42421344_1860-patent-tag-cup-antique-flash-point-tester-tallahassee-fl (accessed: 02.03.2026).
16. Apparatus for testing the explosive points of coal oils // The American Annual Cyclopædia and Register of important events of the year 1863. — New York : D Appleton & Co., 1864. — P. 514–515.
17. New oil-testing apparatus // Scientific American. — 1880. — Vol. 42. — № 21. — P. 323. — DOI: 10.1038/scientificamerican05221880-323.
18. Pat. 226187 USA. Apparatus for testing oil by electricity / Pease F.S.; the applicant and the patentee Pease F.S. — № 226187; appl. 1879-10-14; publ. 2026-06-30. — 3 p.
19. Dolinin V.K. Temperatura vspishki kerosina i pribori (naftometri) Abelya-Penskago i Beilshteina, sluzhashchie dlya opredeleniya yeya [The flash point of kerosene and the Abel-Pensky and Beilstein devices (naphtometers) used to determine it] / V.K. Dolinin // Gornii zhurnal [Mine Zhurnal]. — 1887. — Vol. 1 (March). — P. 442–478. [in Russian]
20. Alexeev S.G. First naphthometers to determine the flash point of liquids: II. Semiclosed testers / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin // Russian Journal of General Chemistry. — 2021. — Vol. 91. — № 3. — P. 508–519. — DOI: 10.1134/S1070363221030191.
21. Jensen W.B. Stumping the curator / W.B. Jensen // Museum Notes. — 2015. — Vol. 31. — P. 1–2.
22. Early Petro Flash Point Tester C.J. Tagliabue // Ebay. — URL: <https://www.ebay.com/itm/Early-Petro-Flash-Point-Tester-C-J-Tagliabue-Looks-to-be-Complete-Great-Cond/253982723532?hash=item3b228ccdcc:g:o6wAAOSwBmpb4HPg;rk:41;pf:0> (accessed: 18.11.2018).
23. Skalweit J. Untersuchung des Petroleums [Study of petroleum] / J. Skalweit, A. Wagner // Zeitschrift für analytische Chemie [Journal of Analytical Chemistry]. — 1881. — Vol. 20. — № 1. — P. 305–307. — DOI: 10.1007/BF01374745. [in German]
24. Pat. 1236123 USA. Closed oil-tester / Tagliabue C.J.; the applicant and the patentee Tagliabue C.J. — № 45466; appl. 1915-08-14; publ. 1917-08-07. — 4 p.
25. ASTM D56-22. Standard test method for flash point by Tag closed cup tester. — Introd. 2022-07-01. — West Conshohocken : ASTM, 2022. — 13 p. — DOI: 10.1520/D0056-22.
26. GOST 33192-2024. Nefteprodukty i drugie zhidkosti. Metod opredeleniya temperaturi vspishki na pribore Taga s zakritim tiglem [Petroleum products and other liquids. Method for determination of flash point by Tag closed cup tester]. — Introd. 2025-10-06. — Moscow : Russian Institute of Standardization, 2024. — 18 p. [in Russian]
27. GOST R 53717-2009. Nefteprodukty. Opredelenie temperaturi vspishki v zakritom tigre Taga [GOST R 53717-2009. Petroleum products. Test method for flash point by Tag closed cup tester]. — Introd. 2011-01-01. — Moscow : Standartinform, 2019. — 20 p. [in Russian]
28. Allen I.C. The flash point of oils. Methods and apparatus for its determination / I.C. Allen, A.S. Crossfield // Technical Paper. — 1914. — Vol. 49. — P. 1–38.
29. Wilhelm R.M. New and Revised Tag Manual for Inspectors of Petroleum / R.M. Wilhelm. — New York : C.J. Tagliabue MFG. Co., 1923. — 120 p.
30. ASTM D56-21. Flash point of volatile flammable liquids by Tag closed tester. — Introd. 1921. — Philadelphia : ASTM, 1922. — 4 p.
31. ASTM D56-52. Flash point by Tag closed tester. — Introd. 1952. — Philadelphia : ASTM, 1953. — 6 p.
32. ASTM D56-56T. Flash point by Tag closed tester. — Introd. 1956. — Philadelphia : ASTM, 1959. — 6 p.
33. ASTM D56-70. Flash point by Tag closed tester. — Introd. 1970-09-11. — Philadelphia : ASTM, 1971. — 7 p.
34. 1991 Annual Book of ASTM Standards. — Philadelphia : ASTM, 1991. — Vol. 05.01. — 844 p.



35. Hookey G.J. Standard test method for flash point by Tag closed tester / G.J. Hookey // National Transportation Safety Board. Docket № SA 516. Exhibit № 8I. — Washington : NTSB, 2017. — P. 1–9.
36. ASTM D56-97a. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 1997-05-10. — West Conshohocken : ASTM, 1998. — 10 p.
37. Chapman C.M. Report of sub-committee XI on paint thinners other than turpentine / C.M. Chapman // Proceedings of the Twentieth Annual Meeting. — Philadelphia : ASTM, 1917. — P. 402–450.
38. ASTM D28-18T. Flash point of paint thinners other than turpentine / Anonymous Anonymous // Proceedings of the Twenty-First Annual Meeting. — Vol. 18. — № 1. — University of Pennsylvania : ASTM, 1919. — P. 685–688.
39. ASTM D28-18T. Flash point of paint thinners other than turpentine. — Introd. 1918 // ASTM Tentative Standards 1918. — Philadelphia : ASTM, 1919. — P. 685–688.
40. ASTM D56-19. Flash point of volatile paint thinners. — Introd. 1919 // ASTM Standards Adopted in 1919. — Philadelphia : ASTM, 1920. — P. 51–54.
41. Pat. 1275223 USA. Burner for closed oil-testers / Chapman C.M.; the applicant and the patentee Chapman C.M. — № 83757; appl. 1916-03-13; publ. 1918-08-13. — 3 p.
42. ASTM D56-00. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2000-08-10. — West Conshohocken : ASTM, 2000. — 11 p. — DOI: 10.1520/D0056-00.
43. ASTM D56-01. Standard test method for flash point by Tag closed tester — Introd. 2001-05-10. — West Conshohocken : ASTM, 2001. — 11 p. — DOI: 10.1520/D0056-01.
44. ASTM D56-02. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2002-06-10. — West Conshohocken : ASTM, 2002. — 11 p. — DOI: 10.1520/D0056-02.
45. Wray H.A. Manual on Flash Point Standards and Their Use: Methods and Regulations / H.A. Wray. — Philadelphia : ASTM, 1992. — 168 p.
46. White W. The Practice of Flash Point Determination: A Laboratory Resource / W. White, R.G. Montemayor. — West Conshohocken : ASTM, 2013. — 91 p. — DOI: 10.1520/MNL72-EB.
47. Method 110.1 – Flash point of volatile flammable liquids by Tag closed tester // Methods for Testing Petroleum Products. A Handbook for Inspecting Laboratories. — Washington : Government Printing Office, 1922. — P. 18–22.
48. ASTM D56-36. Flash point by means of the Tag closed tester // 1946 Book of ASTM Standards Including Tentatives (A Triennial Publication). — Philadelphia : ASTM, 1946. — Part II (Nonmetallic Materials – Constructional). — P. 1101–1104.
49. ASTM D56-05(2010). Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2010-10-01. — West Conshohocken : ASTM, 2010. — 12 p. — DOI: 10.1520/D0056-05R10.
50. ASTM D56-16a. Standard test method for flash point by Tag closed tester. — Introd. 2016-10-01. — West Conshohocken : ASTM, 2016. — 12 p. — DOI: 10.1520/D0056-16A.
51. ASTM D56-21a. Standard test method for flash point by Tag closed cup tester. — Introd. 2021-04-01. — West Conshohocken : ASTM, 2021. — 13 p. — DOI: 10.1520/D0056-21A.
52. Alexeev S.G. Evolyutsiya ponyatiya "temperatura vspishki" [Evolution of the definition of "flash point"] / S.G. Alexeev, V.V. Smirnov, N.M. Barbin // Tekhnosferная bezopasnost [Technosphere safety]. — 2016. — № 4. — P. 35–53. [in Russian]
53. Alexeev S.G. Non-Standard devices for determination of temperature flammability limits / S.G. Alexeev, K.S. Alexeev, V.V. Smirnov [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. — 2021. — Vol. 91. — Suppl. 1. — P. S1–S12. — DOI: 10.1134/S1070363221130326.
54. Alexeev S.G. Evolyutsiya metoda opredeleniya temperatur vspishki i vosplameneniya v otkritom pribore Klivlenda [Evolution of test method for flash and fire points by Cleveland open cup tester] / S.G. Alexeev, K.S. Alexeev, B.A. Lukichev [et al.] // Rossiiskii khimicheskii zhurnal [Russian Chemical Journal]. — 2025. — Vol. 69. — № 2. — P. 129–155. — DOI: 10.6060/rcj.2025692.15. [in Russian]
55. GOST 33192-2014. Nefteprodukty i drugie zhidkosti. Metod opredeleniya temperaturi vspishki na pribore Taga s zakritim tiglem [GOST 33192-2014. Petroleum products and other liquids. Method for determination of flash point by tag closed cup tester]. — Introd. 2021-01-01. — Moscow : Standartinform, 2020. — 24 p. [in Russian]
56. NTE INEN 1047:2013. Productos de petróleo. Determinación del punto de inflamación. Método tag en copa cerrada [NTE INEN 1047:2013. Petroleum products. Determination of the flash point. Closed-cup TAG method]. — Introd. — 2013-09-01. — Quito : INEN, 2013. — 16 p. [in Spanish]
57. JISK2265-1:2007. Inka-ten no motome-kata – Dai 1-bu: Tag mitsu-hō [Determination of flash point – Part 1: Tag closed cup method]. — Introd. 2007-03-20. — URL: <https://kikakurui.com/k2/K2265-1-2007-01.html> (accessed: 24.06.2026). [in Japanese]
58. ST RK 2424-2013. Taga zhabyyq otbaqyrasynda tutanu temperaturasy anyqtau әdisi [Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Cup Tester]. — Introd. 2014-07-01. — Astana : Committee for Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Kazakhstan, 2013. — 72 p. [in Kazakh]
59. ASTM D3934-20. Standard test method for flash/no flash test – equilibrium method by a closed-cup apparatus. — Introd. 2020-06-01. — West Conshohocken : ASTM, 2020. — 3 p. — DOI: 10.1520/D3934-20.
60. ASTM D3941-20. Standard test method for flash point by the equilibrium method with a closed-cup apparatus. — Introd. 2020-06-01. — West Conshohocken : ASTM, 2020. — 4 p. — DOI: 10.1520/D3941-20.
61. BS 3900-A8:1986 BS 6664-1:1986. Flashpoint of petroleum and related products – Part 1: Method of test for flash/no flash (closed cup equilibrium method) – [ISO title: Paints, varnishes, petroleum and related products – Flash/no flash test – Closed cup equilibrium method]. — Introd. 1986-02-26. — London : BSI, 1999. — 14 p.



62. BS 3900-A9:1986 BS 6664-2:1986. Flashpoint of petroleum and related products – Part 2: Method for determination of flashpoint (closed cup equilibrium method) – [ISO title: Paints, varnishes, petroleum and related products – Determination of flashpoint – Closed cup equilibrium method]. — Introd. 1986-02-28. — London : BSI, 1999. — 14 p.
63. ISO 1516:2002(E). Determination of flash/no flash – Closed cup equilibrium method. — Introd. 2002-03-01. — Geneva : ISO, 2002. — 16 p.
64. ISO 1523:2002(E). Determination of flash point – Closed cup equilibrium method. — Introd. 2002-03-01. — Geneva : ISO, 2002. — 18 p.
65. Pusanski B. Self-ignition and flash points of some high-energy fuels / B. Pusanski // NASA RM E56C16a. — Washington : NASA, 1957. — P. 1–21.
66. Koehler Instrument Company. — URL: https://koehlerinstrument.com/products/?search=tester+Tag&route=product%2Fsearch&sub_category=true&description=true (accessed: 28.06.2026).
67. Tag Closed-Cup Viscometer, Flash Point // Matest. — URL: <https://www.matest.com/en/product/b092-kit-tag-closed-cup-viscometer-flash-point> (accessed: 28.06.2026).
68. TAG Flash Point Tester // Anton Paar GmbH. — URL: https://www.anton-paar.com/corp-en/products/details/tag/?srsId=AfmBOorUDwBFZQ4Nt09uui47sDwZN_F3O8e4JzLEacrA3K7CBwE3Afs&sku=263908 (accessed: 28.06.2026).
69. Seta Semi-Automatic Tag Flash Point Tester - 13220-2 // Stanhope-Seta. — URL: <https://www.stanhope-seta.co.uk/product/tag-flash-point-tester/#> (accessed: 28.06.2026).
70. Lintel ATVT-20. Apparat avtomaticheskij dlya opredeleniya temperatury vspyshki v zakrytom tigre Taga [Lintel ATVT-20. An automatic device for determining the flash point in a closed Tag crucible] // AO BSKB "Neftekhimavtomatika" [JSC BSKB "Neftekhimavtomatika"]. — URL: https://bashnxa.ru/catalog/kontrol_kachestva_topliv/321/ (accessed: 28.06.2026).
71. Alexeev S.G. II etap razvitiya eksperimentalnykh metodov opredeleniya temperaturi vspishki. Ch. 1 [The second phase development of experimental methods for determining flash point. Part 1] / S.G. Alexeev // Problemi upravleniya riskami v tekhnosfere [Problems of technosphere risk management]. — 2025. — № 3 (75). — P. 111–121. — DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-111-121. [in Russian]
72. Flash Point Tester. CH.316215 // National Museum of American History. — URL: https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_1988 (accessed: 02.03.2026).
73. Flash Point Tester. CH.336674 // National Museum of American History. — URL: https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_2966 (accessed: 02.03.2026).