

ИСТОРИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ И ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ В США

СЕРГЕЙ ГЕННАДЬЕВИЧ АЛЕКСЕЕВ

*Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН
Россия, 620049, Екатеринбург, ул. Студенческая, д. 54а
E-mail: 3608113@mail.ru*

ВИТАЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ СМЕРНОВ

*Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
Россия, 620062, Екатеринбург, ул. Мира, д. 22
E-mail: s_vitaly2006@list.ru*

БАРБИН НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ

*Уральский государственный аграрный университет
Россия, 620075, Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 42
E-mail: NMBarbin@mail.ru*

Классификация жидкостей по пожаровзрывоопасности играет важную роль в обеспечении пожарной безопасности в производстве и быту. В настоящее время в различных странах созданы свои классификации легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, но в то же время прослеживается тенденция к их сближению. История возникновения данного типа классификаций связана с нефтяной революцией, которая произошла во второй половине XIX в. в США и привела к появлению на рынке дешевого керосина, что ознаменовало начало «керосиновой эры», когда керосиновое освещение заменило свечное. Побочным эффектом этих перемен стал рост пожаров и взрывов из-за несовершенства конструкций керосиновых приборов и применения «небезопасного» керосина с низкой температурой вспышки. Сложившаяся ситуация с пожаровзрывоопасностью керосина вызвала большую озабоченность в разных странах, поэтому были проведены работы по выявлению и установлению критериев для «безопасного» керосина и совершенствованию конструкций керосиновых ламп и керогазов. В качестве таких критериев были выбраны температура воспламенения и вспышки, которые характеризовали горючесть и взрывоопасность керосина соответственно. Критерий безопасности керосина по температуре

вспышки ($T_{\text{без}}$) выражался простым уравнением: $T_{\text{без}} = RT + \Delta$ (где RT – комнатная температура, Δ – дополнительный температурный нагрев резервуара керосиновой лампы за счет теплового излучения пламени, солнечных лучей и т. п.). На основании данного уравнения в различных штатах США были установлены свои критерии для безопасного керосина. При этом правительство США как основной экспортер керосина в конце XIX – начале XX в. в основном подстраивалось под требования других стран. В связи с этим первая собственная классификация пожароопасных жидкостей появилась только в 1936 г. В последующем были разработаны классификации NFPA 30, IP 15, OSHA и ANSI Z129.1-2006. Во всех этих классификациях прослеживается «керосиновый» подход в определении $T_{\text{без}}$.

Ключевые слова: керосин, легковоспламеняющаяся жидкость, горючая жидкость, температура вспышки.

DOI: 10.31857/S020596060001121-5

THE HISTORY OF FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE LIQUIDS CLASSIFICATIONS IN THE USA

SERGEY GENNADIEVICH ALEXEEV

*Science and Engineering Center “Reliability and Safety of Large Systems and Machines”,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Ul. Studencheskaya, 54a, Yekaterinburg, 620049, Russia
E-mail: 3608113@mail.ru*

VITALY VLADIMIRIVICH SMIRNOV

*Ural Institute of the Russian State Fire Service
of the Ministry of the Russian Federation for Affairs for Civil Defence,
Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters
Ul. Mira, 22, Yekaterinburg, 620062, Russia
E-mail: s_vitaly2006@list.ru*

NIKOLAI MIKHAILOVICH BARBIN

*Ural State Agrarian University
Ul. Karla Libknekhta, 42, Ekaterinburg, 620075, Russia
E-mail: NMBarbin@mail.ru*

Fire and explosion hazard classification of liquids is important for fire safety both in the workplace and at home. Different countries have established their own classifications of flammable and combustible liquids that show a tendency to converge. The history of such classifications is associated with the oil and gas industry revolution in the second half of the 19th century in the USA that had led to the emergence of cheap kerosene on the market, which marked the beginning of the “kerosene era” when kerosene illumination replaced the illumination by candles. A side effect of this change was the growth of fires and explosions due to imperfect constructions of kerosene devices and the use of “unsafe” low flash point kerosene. The situation with fire and explosion hazards of kerosene caused great concern in many countries and the studies were carried out to identify and establish criteria for “safe” kerosene and improve the constructions of oil lamps and kerosene stoves. Flash point and burning

point that characterized kerosene flammability and explosiveness were selected as such criteria. Kerosene safety criterion based on flash point (T_s) was expressed as a simple equation: $T_s = RT + \Delta$ (where RT is room temperature and Δ is additional heating of kerosene lamps tank by flame, sunlight, etc.). The US states established their own safe kerosene criteria based on this equation. The first US classification of flammable liquids only appeared in 1936 because the USA was the main exporter of kerosene in the late 19th and early 20th century and in most cases the US government was complying with other countries' fire and safety requirements. Eventually, NFPA 30, IP 15, OSHA and ANSI Z129.1-2006 classifications were developed. The kerosene approach to determining T_s may be traced in all of these classifications.

Keywords: kerosene, flammable liquids, combustible liquids, flash point.

Классификация жидкостей по пожаровзрывоопасности играет важную роль для обеспечения пожарной безопасности в производстве и быту. В настоящее время в различных странах созданы свои классификации легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), в которых прослеживается общая тенденция к их сближению ¹.

История возникновения классификации ЛВЖ / ГЖ связана с нефтяной революцией, которая произошла во второй половине XIX в. в США. Начало этого нефтяного бума, который сопоставим с золотой лихорадкой, обычно связывают с именем Эдвина Дрейка (*Edwin L. Drake*), который пробурил нефтяную скважину в Пенсильвании в 1859 г. ² До XX в. одним из основных продуктов переработки нефти был керосин. В тот период сырая нефть рассматривалась как грязный керосин. Из легкой американской нефти выход керосина составлял 70–76 % ³. Это обстоятельство привело к появлению на рынке дешевого керосина, который ознаменовал начало «керосиновой эры», когда керосиновое освещение заменило свечное ⁴.

¹ Алексеев С. Г., Смирнов В. В., Барбин Н. М. Температура вспышки. Часть I. История вопроса, дефиниции, методы экспериментального определения // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 5. С. 35–41.

² Petroleum // Encyclopædia Britannica. New York: Encyclopædia Britannica, Inc., 1911. Vol. 21. P. 316–323; Clapp, F. G. The Occurrence of Petroleum // A Handbook of the Petroleum Industry / D. T. Day (ed.). New York: J. Wiley & Sons, Inc., 1922. Vol. 1. P. 1–166; Sands, L. C. Oil-Field Development and Petroleum Production // A Handbook of the Petroleum Industry... P. 201–320; Veith, A. Das Erdöl (Petroleum) und seine Verarbeitung. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn, 1892. S. 8; Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie und sein Wirtschaftsbetrieb / C. Engler, H. von Höfer (Hrsg.). Leipzig: Verlag von S. Hirzel, 1916. Bd. 4. S. 235; Schmitz, L. Die flüssigen Brennstoffe ihre Gewinnung, Eigenschaften und Untersuchung. Berlin: Verlag von J. Springer, 1923. S. 3; Менделеев Д. И. Нефтяная промышленность в Северо-Американском штате Пенсильвания и на Кавказе // Менделеев Д. И. Сочинения / Ред. В. Г. Хлопин, С. И. Вольфович, И. В. Гребенчиков и др. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 10. С. 17–244. По мнению Даниэля Йергина, действия лжеполковника и бывшего кондуктора железной дороги Дрейка и «Пенсильвания рок ойл компани» (*Pennsylvania Rock Oil Company*) следует отнести к категории курьезов, а не удачных бизнес-проектов (Yergin, D. The Prize. The Epic Quest for Oil, Money, and Power. New York: Simon and Schuster, 1991. P. 26–28).

³ Менделеев. Нефтяная промышленность... С. 20, 30, 32.

⁴ Наступлению керосиновой эры также предшествовало изобретение керосиновых ламп (Энгельмейр П. К. Технический итог XIX-го века. М.: Тип. К. А. Казначеева, 1898. С. 93; Yergin. The Prize ... P. 25).

Побочным эффектом этих перемен стал рост пожаров и взрывов из несовершенства конструкций керосиновых приборов и применения «небезопасного» керосина с низкой температурой вспышки⁵. Так, например, в 1885 г. причиной каждого десятого пожара в Лондоне были керосиновые лампы, а пожар, произошедший 8 октября 1871 г. в Чикаго из-за опрокинутой керосиновой лампы, привел к уничтожению 20 тыс. домов и гибели 250 чел.⁶ В России в конце XIX в. керосиновые лампы как причина возникновения пожаров стояли на третьем месте после печного отопления и неосторожного обращения с огнем⁷.

Сложившаяся ситуация с пожаровзрывоопасностью керосина вызывала большую озабоченность в разных странах, поэтому были проведены работы по выявлению и установлению критериев для «безопасного» керосина и совершенствованию конструкций керосиновых ламп и керогазов. Первоначально для определения безопасности керосина использовались простейшие методы: взбалтывание пробы керосина с нагретой до 50–60 °С водой или добавление нескольких капель керосина на блюдце с последующим поднесением пламени лучины, свечки, спички и т. п. Если вспышки или воспламенения не происходило, то керосин считался безопасным⁸. Однако данные экспресс-методы не были точными и не отличались хорошей воспроизводимостью и сходимостью результатов испытаний. Поэтому многие исследователи остановились на температурах воспламенения и вспышки, которые характеризовали горючесть и взрывоопасность керосина соответственно. Необходимо отметить, что в XIX в. температура вспышки керосина рассматривалась как показатель взрывоопасности последнего⁹. Исходной точкой для нахождения параметров безопасного керосина стала

⁵ Petroleum Lamp Accidents // *Nature*. 1896. Vol. 53. P. 475 – 476; Petroleum Lamp Accidents Question // *Lancet*. 1896. Vol. 148. No. 3818. P. 1244–1245; *Munroe, C. E.* Explosions Caused by Commonly Occurring Substances // *The Journal of the American Chemical Society*. 1899. Vol. 21. P. 317–346; *Рудницкий В. С.* Пожарное дело в С.-Петербурге. Исторический очерк. СПб.: «Северная электропечатня» Э. Э. Новицкого, 1903. С. 118–119; *Долинин В. К.* Температура вспышки керосина и приборы (нафтометры) Абея – Пенскаго и Бейльштейна, служащие для определения ее // *Горный журнал*. 1887. Т. 1. Март. С. 442 – 478.

⁶ *Пресс А. А.* Общедоступное руководство для борьбы с огнем. СПб.: Тип. В. С. Балашева, 1893. С. 5–6.

⁷ *Рудницкий.* Пожарное дело ... С. 118–119.

⁸ *Thomson, J. H., Redwood, B.* Handbook on Petroleum for Inspectors under the Petroleum Acts and for those Engaged in the Storage, Transport, Distribution and Industrial Use of Petroleum and Its Products and Calcium Carbide with Suggestions on the Construction and Use of Mineral Oil Lamps. London: Charles Griffin and Co., Ltd., 1901. P. 77; *Moore, F. C.* Fire Insurance and How to Build. New York: The Baker & Taylor Company, 1903. P. 158; *Любавин Н. Н.* Техническая химия. М.: Русская печатня, 1910. Т. 5. Ч. 1. С. 191.

⁹ *Долинин.* Температура вспышки... С. 442–443; *Steuart, D. R.* The Flash-Point And Heat of Burning of Mineral Oils // *Journal of the Society of Chemical Industry*. 1892. Vol. 11. P. 885–893; *Thomson.* Handbook on Petroleum... P. 68–69; *Менделеев Д. И.* По нефтяным делам (Статья первая. Введение и о керосине) // *Менделеев. Сочинения...* Т. 10. С. 405; *Schwartz, von.* Fire and Explosion Risks. London: Charles Griffin and Co., Ltd, 1904. P. 7–8; *Менделеев Д. И.* Вспышка керосина // *Энциклопедический словарь* / Ред. К. К. Арсеньев, Е. Е. Петрушевский. СПб.: Ф. А. Брокгауз, И. А. Ефрон, 1892. Т. 7. С. 422–425; *Корнатовский Д. Н.* Нефть, нефтяное дело и применение правил об акцизе с нефтяных осветительных масел. М.: Типо-литография Г. С. Ламакина, 1891.

комнатная температура, так как считалось, что керосин становится опасным, если его температура вспышки ниже, чем температура окружающей среды. При этом желательно учитывать значение дополнительного температурного нагрева резервуара керосиновой лампы (Δ) за счет теплового излучения пламени, солнечных лучей и т. п. Таким образом, критерий безопасности керосина по температуре вспышки ($T_{\text{без.}}$) может быть выражен уравнением:

$$T_{\text{без.}} = RT + \Delta,$$

где RT – комнатная температура.

Одним из первых, кто предложил численное решение этого уравнения, был английский химик Ф. Абель, по его мнению¹⁰, оно должно было выглядеть следующим образом:

$$T_{\text{без.}} = 73 + 27 = 100 \text{ }^{\circ}\text{F}.$$

В 1862 г. парламент Великобритании, опираясь на результаты исследований Абеля, на законодательном уровне впервые принял безопасный лимит для керосина, равный 100 $^{\circ}\text{F}$ ¹¹. Однако в том году использовавшийся Абелем открытый тигель не был легализован как прибор для определения вспышки, что послужило дополнительным толчком к созданию специального аппарата для определения этого параметра. Особенно это проявилось в США, которые вышли на первое место по экспорту керосина. В 1862 г. здесь были запатентованы первые аппараты Смита – Джонса (*Smith & Jones*), Джона и Джузеппе Таггов¹² для определения температуры вспышки (рис. 1–3)¹³. Последний (рис. 3) в 1863 г. был отмечен серебряной медалью Американского института города Нью-Йорка¹⁴. В последующие годы были предложены порядка сотни новых и усовершенствованных вариаций известных приборов для определения температуры вспышки¹⁵. Многие штаты и крупные города Северной Америки стремились иметь собственный прибор. Так, появились приборы штатов Индиана, Миннесота, Висконсина, Мичиган и городов Нью-Йорка, Кливленда и др. По-

Ч. 1. С. 11–12; *Newbury, S. B., Cutter, W. P.* The Safety of Commercial Kerosene Oils // *American Chemical Journal*. 1888. Vol. 10. P. 356–362; *Robinson, W.* Uses of Petroleum in Prime Movers // *Journal of the Society of Arts*. 1892. Vol. 40. P. 960–978.

¹⁰ *Abel, F. A.* The Flashing Test for Petroleum // *Journal of the Society of Chemical Industry*. 1882. Vol. 1. P. 471–478.

¹¹ *Thomson.* Handbook on Petroleum... P. 134.

¹² Настоящая фамилия изобретателей – Тальябуэ (*Tagliabue*), но они использовали ее краткую версию Таг (*Tag*) и именно в таком качестве известны специалистам.

¹³ *Smith, H. J., Jones, W.* Improvement in Apparatus for Testing Coal-Oils and Other Mixed Liquids // Патент US35184A. 6 мая 1862 г.; *Tagliabue, J.* Improved Apparatus for Testing Coal-Oil // Патент US36488A. 16 сентября 1862 г.; *Tagliabue, G.* Improved Apparatus for Testing Coal-Oil // Патент US36826A. 28 октября 1862 г.

¹⁴ *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.

¹⁵ *Лисенко К. И.* По поводу статьи г. Долинина // *Горный журнал*. 1887. Т. 1. Март. С. 478–480.

этому критерию безопасного керосина в различных штатах лежали в пределах от 100 до 150 F в зависимости от прибора и методики определения температуры вспышки или воспламенения. Постепенно прибор Джона Тага, а точнее его модификация, выполненная Эллиотом (*A. H. Elliott*), стала одним из основных средств измерения температуры вспышки экспортируемого из США керосина¹⁶. В начале XX в. Чарльз Таг (сын Джузеппе Тага) усовершенствовал прибор и метод своего отца, что в 1918 г. было закреплено в первом американском стандарте ASTM D 56-18T по определению температуры вспышки¹⁷. В настоящее время под прибором и методом Тага понимают различные модификации аппарата Чарльза Тага.

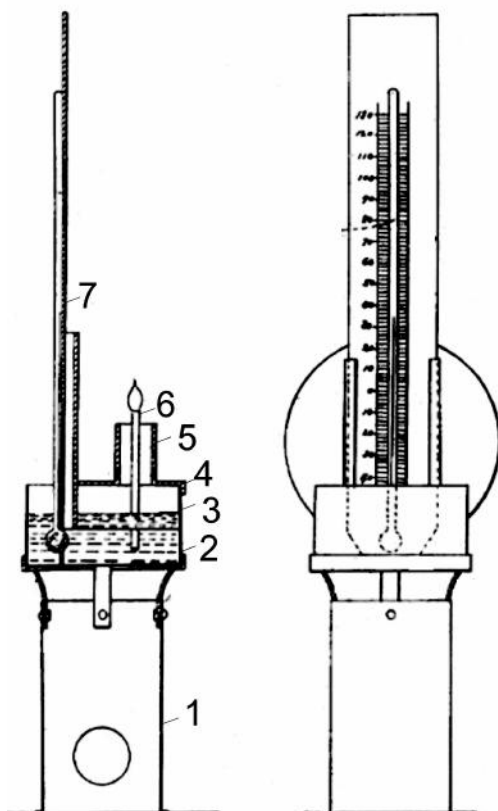


Рис. 1. Тестер Смита и Джонса: 1 – корпус; 2 – водяная баня; 3 – тигель из олова; 4 – крышка; 5 – перфорированная трубка; 6 – фитиль; 7 – термометр (патент США № 35184)

¹⁶ Thomson. Handbook on Petroleum... P. 107; Thorpe, E. A Dictionary of Applied Chemistry. New York: Longmans, Green, and Co., 1913. Vol. 4. P. 140–141; Redwood, B. Petroleum. London: Charles Griffin & Co., Ltd., 1913. Vol. 2. P. 217–219.

¹⁷ Manual on Flash Point Standards and Their Use: Methods and Regulations / H. A. Wray (ed.). Philadelphia: ASTM, 1992. P. 3.

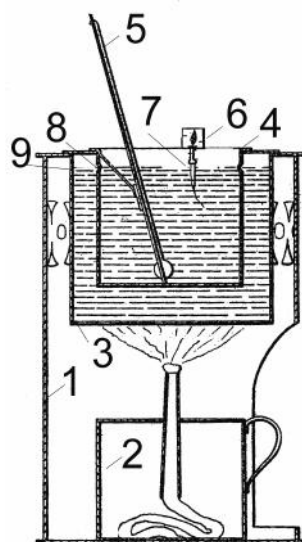


Рис. 2. Тестер Джона Тальябуэ: 1 – корпус; 2 – спиртовая лампа; 3 – водяная баня; 4 – металлический тигель; 5 – термометр; 6 – стеклянная трубка; 7 – фитиль; 8 – максимальный уровень испытуемой жидкости; 9 – отверстия для перелива избытка воды (патент США № 36488)

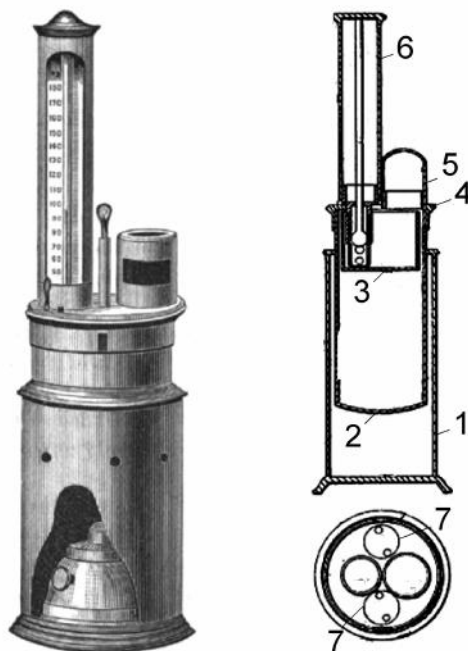


Рис. 3. Тестер Джузеппе Тальябуэ: 1 – корпус; 2 – водяная баня; 3 – металлический тигель; 4 – крышка; 5 – колпачок для внесения пламени; 6 – термометр; 7 – отверстия для доступа воздуха к испытуемой жидкости (патент США № 36826)

Во второй половине XIX в. США как один из главных экспортеров керосина начинают подстраиваться под требования зарубежных стран и в первую очередь под официальные нормы Великобритании как основного импортера американского керосина. При этом предпринимаются также попытки создания национальной классификации ЛВЖ / ГЖ. Так, в американской энциклопедии 1913 года¹⁸ предлагается следующая классификация воспламеняющихся жидкостей:

1 класс жидкости с $t_{\text{всп}} \leq RT$ ($RT \sim 20^\circ\text{C}$)

2 класс жидкости с $t_{\text{всп}} \leq 65^\circ\text{C}$

3 класс жидкости с $t_{\text{всп}} > 65^\circ\text{C}$

Таблица 1. Классификация ЛВЖ / ГЖ от 1936 г.

Класс (Grade)	ЛВЖ/ГЖ
A – ЛВЖ с давлением насыщенных паров от 14 фунтов (568,9 кПа) и выше	ЛВЖ
B – ЛВЖ с давлением насыщенных паров от 8,5 (345,4 кПа) и до 14 фунтов (568,9 кПа)	
C – ЛВЖ с давлением насыщенных паров не более 8,5 (345,4 кПа) и $T_{\text{всп}} \leq 80^\circ\text{F}$	
D – горючая жидкость с температурой вспышки более 80 F и менее 150 F	ГЖ
E – горючая жидкость с температурой вспышки не менее 150 F	

В правилах и требованиях для нефтехранилищ от 1936 г.¹⁹ приведена одна из первых классификаций ЛВЖ / ГЖ (табл. 1). В 1969 г. эта классификация была включена в правила для коммерческих перевозок водным транспортом²⁰, а в 1970 г. – в специальные правила для резервуаров²¹. В разделе 1.1 отмечалось, что при определении температуры вспышки отмечалось способность вещества или материала давать горючие пары, которые способны воспламеняться под действием источника зажигания. Таким образом, не удивительно, что в данной классификации в качестве критерия взято давление насыщенных паров, которое можно рассматривать как параметр летучести горючего вещества или материала. При этом пограничной линией между ГЖ и ЛВЖ фактически явилась комнатная температура – 80 F или 26,7 °C. Данный критерий деления воспламеняющихся жидкостей на ЛВЖ и ГЖ присутствуют в нормативных документах 1940–1950-х гг. При этом делается привязка к открытому тиглю прибора Taга²².

¹⁸ Fitzpatrick, F. W., Hardy, E. R., Pierce, D. et al. Cyclopedia of Fire Prevention and Insurance. Chicago: American Technical Society, 1912. Vol. 3. P. 77.

¹⁹ Rules and Regulations for Tank Vessels // Federal Register. 1936. Vol. 1. 5 August. P. 937–959.

²⁰ Chapter I – Coast Guard, of Transportation. Subchapter I – Cargo and Miscellaneous Vessels. Part 105 – Commercial Fishing Vessels Dispensing Petroleum Products // Federal Register. 1969. Vol. 34. No. 128. P. 11265–11271.

²¹ [46 CFR] Subpart 111.85 – Special Requirements for Tank Vessels // Federal Register. 1970. Vol. 35. No. 252. P. 1952–1954.

²² Subchapter N – Explosives or Other Dangerous Articles or Substances, and Combustible Liquids on Board Vessels. Part 146 – Transportation or Storage of Explosives or Other Dangerous Articles or Substances,

В 1960-х гг. появились первые версии стандарта NFPA 30 «Классификация ЛВЖ / ГЖ»²³, в котором предлагалась следующая градация ЛВЖ / ГЖ: все жидкости делились на три класса I–III (табл. 2). В 1977 г. II класс жидкостей в NFPA 30 был переведен из категории ЛВЖ в ГЖ²⁴. Данное изменение сохранилось в американском стандарте до настоящего времени²⁵.

В 1970 г. в 21 CFR (*Code of Federal Regulations*) появляются термины «особо опасная ЛВЖ» (*extremely flammable substances*) с $T_{всп} \leq 20\text{ F}$ ($-6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), ЛВЖ (*flammable substances*) с температурой вспышки более 20 F и до 80 F и ГЖ (*combustible substances*) с температурой вспышки более 80 F и до 150 F²⁶.

Таблица 2. Классификация ЛВЖ / ГЖ по NFPA до 1977 г.

Класс жидкости	Температура, F (°C)		Примечание
	Вспышки	Кипения	
IA	< 73 (22,8)	< 100 (37,8)	ЛВЖ
IB	< 73 (22,8)	> 100 (37,8)	
IC	≥ 73 (22,8) и < 100 (37,8)	–	
II	≥ 100 (37,8) и < 140 (60)	–	
IIIA	≥ 140 (60) и < 200 (93)	–	ГЖ
IIIB	≥ 200 (93)	–	

В настоящее время в США кроме NFPA 30 действуют и другие классификации ЛВЖ / ГЖ:

- Нефтяного института (*Institute of Petroleum*) IP 15²⁷ (см. табл. 3);
- Управления по технике безопасности и гигиене труда (*Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*)²⁸ (см. табл. 4);
- американского национального стандарта ANSI Z129.1-2006²⁹ (см. табл. 5).

and Combustible Liquids on Board Vessels // Federal Register. 1941. Vol. 6. No. 9. P. 303–346; Chapter I – Coast Guard, Department of Treasury // Federal Register. 1951. Vol. 16. No. 142. P. 7211–7262.

²³ Amendments to the Flammable and Combustible Liquids Code // http://www.nfpa.org/Assets/files/AboutTheCodes/30/1966_TCR-30-385.pdf; NFPA 30. Flammable and Combustible Liquids Code 1969. Boston: NFPA, 1969. P. 30-10–30-12.

²⁴ NFPA 30. Flammable and Combustible Liquids Code 1977. Boston: NFPA, 1977. P. 30-10–30-12.

²⁵ NFPA 30. Flammable and Combustible Liquids Code 2015 Edition. Quincy, NFPA, 2015. P. 30-18, 30-19, 30-21.

²⁶ [21 CFR Part 191] Hazard Substances. Proposed Definitions and Procedural and Interpretative Regulations // Federal Register. 1970. Vol. 35. No. 160. P. 13137.

²⁷ Eckhoff, R. K. Explosion Hazards in the Process Industries. Houston: Gulf Publishing Co., 2005. P. 18.

²⁸ 29 CFR Part 1910, 1915 and 1926 // Federal Register. 2012. Vol. 77. No. 58. P. 17574, 17756, 17819–17820.

²⁹ ANSI Z129.1-2006. American National Standard for Hazardous Industrial Chemicals – Precautionary Labeling. New York: American National Standards Institute, Inc., 2006. P. 6.

Таблица 3. Категорирование жидкостей по IP 15

Класс жидкости	Температура вспышки	Примечание
0	–	Сжиженные углеводородные газы (СУГ)
I	$t_{\text{всп}} < 21\text{ }^{\circ}\text{C}$	–
II(1)	$21\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{всп}} \leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	при хранении при температуре $< t_{\text{всп}}$
II(2)	$21\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{всп}} \leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	при хранении при температуре $\geq t_{\text{всп}}$
III(1)	$55\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{всп}} \leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	при хранении при температуре $< t_{\text{всп}}$
III(2)	$55\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{всп}} \leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	при хранении при температуре $\geq t_{\text{всп}}$
*	$t_{\text{всп}} > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	–

* Данный класс жидкостей не классифицируется.

Таблица 4. Категорирование жидкостей по OSHA и GHS *

Класс, группа	OSHA		Класс, группа	GHS	
	$t_{\text{всп}},\text{ }^{\circ}\text{C (F)}$	$t_{\text{кип}},\text{ }^{\circ}\text{C (F)}$		$t_{\text{всп}},\text{ }^{\circ}\text{C (F)}$	$t_{\text{кип}},\text{ }^{\circ}\text{C (F)}$
ЛВЖ, IA	$< 22,8\text{ (73)}$	$< 37,8\text{ (100)}$	ЛВЖ, 1	$< 23\text{ (73,4)}$	$\leq 35\text{ (95)}$
ЛВЖ, IB	$< 22,8\text{ (73)}$	$\geq 37,8\text{ (100)}$	ЛВЖ, 2	$< 23\text{ (73,4)}$	$> 35\text{ (95)}$
ЛВЖ, IC	$\geq 22,8\text{ (73)},$ $< 37,8\text{ (100)}$	–	ЛВЖ, 3	$\geq 23\text{ (73,4)},$ $\leq 60\text{ (140)}$	–
ГЖ, II	$\geq 37,8\text{ (100)},$ $< 60\text{ (140)}$	–			
ГЖ, IIIA	$\geq 60\text{ (140)},$ $< 93,3\text{ (200)}$	–	ЛВЖ, 4	$> 60\text{ (140)}\text{ и}$ $\leq 93\text{ (199,4)}$	–
ГЖ, IIIB	$\geq 93,3\text{ (200)}$	–	–**		

* В нормативном документе OSHA говорится о его гармонизации с международной системой классификации и маркировки химических веществ (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)*), поэтому здесь приведена классификация ЛВЖ / ГЖ по GHS, который еще называется CLP (*Classification, Labelling and Packaging*)³⁰. Из табл. 4 видно, что полной идентичности классификаций ЛВЖ / ГЖ по OSHA и GHS не наблюдается.

** Жидкости не классифицируются.

Таблица 5. Категорирование жидкостей по ANSI Z129.1-2006

Класс	Условия
Особо опасное ЛВЖ (<i>extremely flammable liquid</i>)	$T_{\text{всп}} < 20\text{ F }(-6,7\text{ }^{\circ}\text{C})$ или $T_{\text{всп}} \leq 141\text{ F (60,5 }^{\circ}\text{C)}$ и $T_{\text{кип}} \leq 95\text{ F (60,5 }^{\circ}\text{C)}$
ЛВЖ (<i>flammable liquid</i>)	$T_{\text{всп}} \leq 141\text{ F (60,5 }^{\circ}\text{C)}$ и $T_{\text{кип}} > 95\text{ F (60,5 }^{\circ}\text{C)}$
ГЖ (<i>combustible liquid</i>)	$T_{\text{всп}} > 141\text{ F (60,5 }^{\circ}\text{C)}$ и $T_{\text{кип}} < 200\text{ F (93,3 }^{\circ}\text{C)}$

³⁰ ST/SG/AC.10/30/Rev.6. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). New York; Geneva: United Nations, 2015. P. 69.

Классификация ЛВЖ / ГЖ по IP 15 применяется для определения классов зон помещений по пожаровзрывоопасности³¹. Подход *OSHA* применяется к воспламеняющимся жидкостям при их транспортировке³², а американский стандарт ANSI Z129.1-2006 используется не только для маркировки материалов, но и в технической документации при описании опасности вещества или материала³³.

В рассмотренных современных американских классификациях ЛВЖ / ГЖ четко прослеживается «керосиновый» подход, который во второй половине XIX в. использовался для разделения безопасного от опасного керосина. Аналогичная картина становления национальных классификаций ЛВЖ / ГЖ также наблюдается в России и Великобритании³⁴.

References

- [21 CFR Part 191] Hazardous Substances. Proposed Definitions and Procedural and Interpretative Regulations (1970), *Federal Register*, vol. 35, no. 160, pp. 13137.
- [46 CFR] Subpart 111.85 – Special Requirements for Tank Vessels (1970), *Federal Register*, vol. 35, no. 252, pp. 1952–1954.
- 29 CFR Part 1910, 1915 and 1926 (2012), *Federal Register*, vol. 77, no. 58, pp. 17574, 17756, 17819–17820.
- Abel, F. A. (1882) The Flashing Test for Petroleum, *Journal of the Society of Chemical Industry*, vol. 1, pp. 471–478.
- Alexeev, S. G., Smirnov, V. V., and Barbin, N. M. (2012) Temperatura vspyshki. Chast' I. Istoriia voprosa, definitsii, metody eksperimental'nogo opredeleniia [Flash Point. Part I. History, Definitions and Methods for Experimental Determination], *Pozharovzryvobezopasnost'*, vol. 21, no. 5, pp. 35–41.
- Alexeev, S. G., Smirnov, V. V., and Barbin, N. M. (2017) Istoriia vzniknoveniia klassifikatsii legkovosplameniaiushchikhsia i goriuchikh zhidkostei v Velikobritanii [The History of Flammable and Combustible Liquids Classification in the UK], *Istoriia nauki i tekhniki*, no. 12, pp. 60–66.
- Alexeev, S., Smirnov, V., Barbin, N., and Alexeeva, D. (2018) Evolution of the Classification of Flammable and Combustible Liquids in Russia, *Process Safety Progress*, vol. 37, no 2, pp. 230–236.
- Amendments to the Flammable and Combustible Liquids Code (1966) // http://www.nfpa.org/Assets/files/AboutTheCodes/30/1966_TCR-30-385.pdf.
- ANSI Z129.1-2006. American National Standard for Hazardous Industrial Chemicals – Precautionary Labeling (2006). New York: American National Standards Institute, Inc.
- Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids. Part 15 of the IP Model Code of Safe Practice in the Petroleum Industry (2005). London: Energy Institute.
- Chapter I – Coast Guard, Department of Transportation. Subchapter I – Cargo and Miscellaneous Vessels. Part 105 – Commercial Fishing Vessels Dispensing Petroleum Products (1969), *Federal Register*, vol. 34, no. 128, pp. 11265–11271.
- Chapter I – Coast Guard, Department of Treasury (1951), *Federal Register*, vol. 16, no. 142, pp. 7211–7262.

³¹ Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids. Part 15 of the IP Model Code of Safe Practice in the Petroleum Industry. London: Energy Institute, 2005. P. 6, 9, 14.

³² 29 CFR Part 191... P. 17574, 17756, 17819–17820.

³³ ANSI Z129.1-2006... P. 6–7.

³⁴ Alexeev, S., Smirnov, V., Barbin, N., Alexeeva, D. Evolution of the Classification of Flammable and Combustible Liquids in Russia // *Process Safety Progress*. 2018. Vol. 37. No. 2. P. 230–236; Алексеев С. Г., Смирнов В. В., Барбин Н. М. История возникновения классификации легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в Великобритании // *История науки и техники*. 2017. № 12. С. 60–66.

- Clapp, F. G. (1922) The Occurrence of Petroleum, in: Day, D. T. (ed.) *A Handbook of the Petroleum Industry*. New York: J. Wiley & Sons, Inc., vol. 1, pp. 1–166.
- Dolinin, V. K. (1887) Temperatura vspyshki kerosina i pribory (naftometry) Abelia – Penskogo i Beil'shteina, sluzhashchie dlia opredeleniia ee [Kerosene Flash Point and the Abel – Pensky and Beilstein Devices (Naphthometers) Used to Determine It], *Gornyi zhurnal*, vol. 1, March, pp. 442–478.
- Eckhoff, R. K. (2005) *Explosion Hazards in the Process Industries*, Houston: Gulf Publishing Co.
- Engel'meir, P. K. (1898) *Tekhnicheskii itog XIX-go veka [The Technical Outcome of the 19th Century]*. Moskva: Tipografiia K. A. Kaznacheeva.
- Engler, C., and Höfer, H., von (1916) *Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie und sein Wirtschaftsbetrieb*. Leipzig: Verlag von S. Hirzel, vol. 4.
- Fitzpatrick, F. W., Hardy, E. R., Pierce, D. et al. (1912) *Cyclopedia of Fire Prevention and Insurance*, Chicago: American Technical Society, vol. 3.
- Giuseppe Tagliabue's Patent Coal-Oil Pyrometer (1863), in: *Annual Report of the American Institute of the City of New York for the Years 1862, '63*. Albany: Comstock & Cassidy, Printers, 1863.
- Kornatovskii, D. N. (1891) *Neft', neftianoe delo i primenenie pravil ob aktsize s neftiannykh osvetitel'nykh masel [Oil, Oil Industry and the Application of Excise Rules to Petroleum Illuminating-Oils]*. Moskva: Tipo-litografiia G. S. Lamakina, part 1.
- Lisenko, K. I. (1887) Po povodu stat'i g. Dolinina [Concerning Mr. Dolinin's Article], *Gornyi zhurnal*, vol. 1, March, pp. 478–480.
- Liubavin, N. N. (1910) *Tekhnicheskaiia khimiia [Technical Chemistry]*. Moskva: Russkaia pechatnia, vol. 5, part 1.
- Mendeleev, D. I. (1892) Vspyshka kerosina [The Kerosene Flash], in: Arsen'ev, K. K., and Petrushevskii, E. E. (eds.) *Entsiklopedicheskii slovar' [Encyclopedic Dictionary]*. Sankt-Peterburg: F. A. Brokgauz and I. A. Efron, vol. 7, pp. 422–425.
- Mendeleev, D. I. (1949) Neftianaia promyshlennost' v severo-amerikanskom shtate Pensil'vaniia i na Kavkaze [The Oil Industry in the North American State of Pennsylvania and the Caucasus], in: Mendeleev, D. I. *Sochineniia [Collected Works]*. Leningrad and Moskva: Izdatel'stvo AN SSSR, vol. 10, pp. 17–244.
- Mendeleev, D. I. (1949) Po neftiannykh delam (Stat'ia pervaiia. Vvedenie i o kerosine) [The Oil Affairs (The First Article. Introduction and on Kerosene)], in: Mendeleev, D. I. *Sochineniia [Collected Works]*. Leningrad and Moskva: Izdatel'stvo AN SSSR, vol. 10, pp. 387–478.
- Moore, F. C. (1903) *Fire Insurance and How to Build*. New York: The Baker & Taylor Company.
- Munroe, C. E. (1899) Explosions Caused by Commonly Occurring Substances, *The Journal of the American Chemical Society*, vol. 21, pp. 317–346.
- Newbury, S. B., and Cutter, W. P. (1888) The Safety of Commercial Kerosene Oils, *American Chemical Journal*, vol. 10, pp. 356–362.
- NFPA 30. *Flammable and Combustible Liquids Code 1969* (1969). Boston: NFPA.
- NFPA 30. *Flammable and Combustible Liquids Code 1977* (1977). Boston: NFPA.
- NFPA 30. *Flammable and Combustible Liquids Code 2015* (2015). Quincy: NFPA.
- Petroleum (1911), in: *Encyclopædia Britannica*. New York: Encyclopædia Britannica, Inc., vol. 21, pp. 316–323.
- Petroleum Lamp Accidents (1896), *Nature*, vol. 53, pp. 475–476.
- Petroleum Lamp Accidents Question (1896), *Lancet*, vol. 148, no. 3818, pp. 1244–1245.
- Press, A. A. (1893) *Obshchedostupnoe rukovodstvo dlia bor'by s ognem [Popular Manual of Firefighting]*. Sankt-Peterburg: Tipografiia V. S. Balasheva, pp. 5–6.
- Redwood, B. (1913) *Petroleum*. London: Charles Griffin & Co., Ltd., vol. 2.
- Robinson, W. (1892) Uses of Petroleum in Prime Movers, *Journal of the Society of Arts*, vol. 40, pp. 960–978.
- Rudnitskii, V. S. (1903) *Pozharnoe delo v S.-Peterburge. Istoricheskii ocherk [Fire Fighting in St. Petersburg. A Historical Sketch]*. Sankt-Peterburg: “Severnaia elektropечатnia” E. E. Novitskago.
- Rules and Regulations for Tank Vessels (1936), *Federal Register*, vol. 1 (5 August), pp. 937–959.
- Sands, L. C. (1922) Oil-Field Development and Petroleum Production, in: Day, D. T. (ed.) *A Handbook of the Petroleum Industry*. New York: J. Wiley & Sons, Inc., vol. 1, pp. 201–320.

- Schmitz, L. (1923) *Die flüssigen Brennstoffe ihre Gewinnung, Eigenschaften und Untersuchung*. Berlin: Verlag von J. Springer.
- Schwartz, von (1904) *Fire and Explosion Risks*. London: Charles Griffin and Co., Ltd.
- ST/SG/AC.10/30/Rev.6. *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)* (2015). New York and Geneva: United Nations.
- Steuart, D. R. (1892) The Flash-Point And Heat of Burning of Mineral Oils, *Journal of the Society of Chemical Industry*, vol. 11, pp. 885–893.
- Subchapter N – Explosives or Other Dangerous Articles or Substances, and Combustible Liquids on Board Vessels. Part 146 – Transportation or Storage of Explosives or Other Dangerous Articles or Substances, and Combustible Liquids on Board Vessels (1941), *Federal Register*, vol. 6, no. 9, pp. 303–346.
- Thomson, J. H., and Redwood, B. (1901) *Handbook on Petroleum for Inspectors under the Petroleum Acts and for those Engaged in the Storage, Transport, Distribution and Industrial Use of Petroleum and Its Products and Calcium Carbide with Suggestions on the Construction and Use of Mineral Oil Lamps*. London: Charles Griffin and Co., Ltd.
- Thorpe, E. (1913) *A Dictionary of Applied Chemistry*, New York: Longmans, Green, and Co., vol. 4.
- Veith, A. *Das Erdöl (Petroleum) und seine Verarbeitung*. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
- Wray, H. A. (1992.) *Manual on Flash Point Standards and Their Use: Methods and Regulations*, Philadelphia: ASTM.
- Yergin, D. (1991) *The Prize. The Epic Quest for Oil, Money, and Power*. New York: Simon and Schuster.