

О РУКАВАХ ДЛЯ СЛИВА–НАЛИВА СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Таубкин И.С., к.т.н., главный эксперт РФЦСЭ при Минюсте РФ

АВАРИИ ПРИ СЛИВЕ – НАЛИВЕ СУГ

Операции по сливу-наливу сжиженных углеводородных газов (СУГ), называемых во многих странах сжиженными нефтяными газами (liquefied petroleum gas – LPG), а в нашей стране — пропаном, бутаном и их смесями [1], являются одними из самых пожаровзрыво-опасных производственных операций. Статистика пожаров и взрывов на автогазозаправочных станциях (АГЗС) и сливо-наливных эстакадах (СНЭ) у нас в стране и за рубежом это подтверждает. Так взрывы на АГЗС России с травмами и гибелью людей, а также повреждением близлежащих строений, произошли:

- 11 октября 2007 г. в Майкопе Республики Адыгея [<http://www.sk01adyg.ru/>];
- 28 июня 2010 г. в г. Владимире [<http://news.argumenti.ru/>];
- 22 января 2011 г. в д. Кузнечиха, Ярославского р-на, Ярославской обл. [<http://76.ru/text/newslines/2011/02/07/>];
- 24.01.2011 г. в пос. Онохой, Бурятии [<http://www.allrussia.ru/>];
- 21.04.2011 г. в пос. Западный, Одинцовского р-на, Московской обл. [<http://www.vesti.ru/>].

По сообщениям ИТАР-ТАСС, к числу взрывов на АГЗС, произошедших не на территории России и имевших весьма тяжелые последствия, относятся:

- взрыв цистерны со сжиженным газом 6 июля 2003 г. в Анкаре, в результате которого получили ранения 107 человек, 6 из них — серьезные [Новости NEWSru.com];
- взрыв 9 августа 2011 г. на автогазозаправочной станции Azpetrol на территории Аджигабульского р-на, Азербайджана в 130 км к югу от г. Баку, в результате которого 4 человека погибли и 15 получили ранения [<http://www.itar-tass.com>].

Среди взрывов СУГ в процессе операций слива из железнодорожных цистерн необходимо отметить следующие:

- 9 октября 1983 г. на сливо-наливной эстакаде Личанского НПЗ;
- 14 июля 1995 г. на Волгоградской кустовой базе сжиженного газа;
- 1 июня 2011 г. в г. Костроме.

Аварии в Волгограде и Костроме связаны с обрывом сливной линии.

В первом случае наиболее вероятными причинами обрыва могли быть:

- усталостное разрушение патрубка шарнирно-винтового прижима (ШВП) в месте между нишпелем и переходником с рукоятками;
- разрушение вилки ШВП в результате дефектов сварки (она представляла собой сварное соединение) или чрезмерной затяжки ее элементов.

Во втором случае произошел обрыв резиноканевого рукава (РТР) между железнодорожной цистерной и компрессором. Это привело к воспламенению вытекающего из него СУГ и, как следствие, к взрыву котла автоцистерны с СУГ, который взрывной волной был отброшен на 140 м и попал в здание молочного комбината компании Юнимилк, что повлекло частичное разрушение его конструкции и гибель работницы предприятия [<http://olymp2010.ria.ru/incidents/20110602/383333-122.html>]. Следует отметить, что причиной аварии на АГЗС в г. Майкопе также стало разрушение РТР, которое произошло между автоцистерной и резервуаром СУГ [<http://www.sk01adyg.ru/page.php?id=138>].

Указанные случаи взрывов свидетельствуют о необходимости уделять особо пристальное внимание эксплуатации сливо-наливных линий СУГ, в качестве которых наиболее часто используются РТР.

ПОКАЗАТЕЛИ РТР, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИХ ЦЕЛОСТНОСТЬ

К их числу следует отнести следующие взаимосвязанные показатели.

- Прочность, зависящая от свойств материалов РТР и качества изготовления этих материалов и самого рукава.
- Морозостойкость, или способность РТР сохранять эксплуатационные свойства при пониженной температуре. При снижении температуры замедляются релаксационные процессы, уменьшаются эластичность, восстанавливаемость и контактное напряжение при сжатии, возрастает жесткость и модуль потерь. Эти нежелательные явления обусловлены процессами стеклования, а для резин из каучуков, кристаллизующихся при низкой температуре — также процессами кристаллизации при охлаждении [2].
- Физико-химическая устойчивость к транспортируемой среде. Во многих работах отмечается, что СУГ растворяют внутренний резиновый слой РТР,

что уменьшает их прочность и, как следствие, срок эксплуатации [3,4]. В связи с этим, ГОСТ 18698-79 [5], который ряд отечественных НПА рекомендуют для изготовления РТР для СУГ, содержит требование о их испытании на действие нефтяного растворителя «Нефрас С2-80/120 (ТУ 38.401-67-108-92)». Стандарт EN 1762 [6], содержащий требования к аналогичным РТР, выпускаемым в странах Европейского сообщества, включает положение о необходимости их испытании на воздействие н-пентана. Необходимо отметить, что данных об устойчивости РТР в среде пропана-бутана в литературе обнаружить не удалось.

- Старение, или необратимое изменение строения или/и состава, приводящего к изменению свойств резин. Старение обусловлено совокупностью химических и физических процессов, протекающих в материале при его хранении и эксплуатации. В зависимости от характера внешних воздействий, вызывающих старение, различают термическое, озонное, световое, климатическое, химическое, радиационное, космическое, биологическое и окислительное старение. В зависимости от вида и условий старения могут протекать процессы сшивания и деструкции, окисления, изомеризации и циклизации молекул каучука, потери стабилизаторов и пластификаторов и др. [2].

Старение РТР становится причиной их весьма короткого срока эксплуатации и хранения.

В связи с этим все НПА, допускающие применение РТР для слива-налива СУГ, регламентируют необходимость их

регулярных испытаний (см. табл. 3). Вместе с тем, они, с учетом вышеприведенных особенностей РТР, не гарантируют их целостность на следующий рабочий период.

- Качество эксплуатации, в том числе, и хранения. Как известно, РТР имеют ограниченный срок службы и их пользователь должен четко представлять факторы, влияющие на этот показатель, включая:

- использование не по назначению (для других веществ) и с нарушением условий эксплуатации (давления, температуры) или хранения;

- гидравлические удары;

- механические повреждения, связанные с наездом автомашин на РТР, действием осевых нагрузок в результате подвижки плохо закрепленной башмаками цистерны, волочением РТР по острой или шероховатой поверхности объектов, сбрасыванием РТР с цистерны, их неправильной укладкой (нарушением допустимых радиусов изгиба), скручиванием относительно продольной оси;

- некачественным креплением присоединительных элементов (арматуры)¹.

Необходимо также учитывать горючесть РТР при возникновении загорания в процессе слива — налива СУГ, которая определяет время их сопротивления воздействию пламени. Таким образом, РТР менее надежны, чем стальные газопроводы и обеспечивают безаварийную работу систем слива-налива СУГ сравнительно непродолжительное время.

Таблица 1. Физико-химические и пожаровзрывоопасные свойства пропана (сжиженного), бутана (сжиженного) и автомобильного бензина

Параметры	Пропан	н-Бутан	Бензин автомобильный
Молекулярная масса	44,09	58,12	65 (9); 84(10); 100 (11)
Критическая температура, °С	96,8 (1,7)	152,0 (1,7)	–
Критическое давление, бар	42,1 (1,7)	34,5 (1) 37,0 (7)	–
Температура кипения при атмосферном давлении, °С	–42,06 (8)	– 0,50 (8)	Выкипает в пределах +35...+215 (12)
Плотность жидкой фазы при нормальных условиях*, кг/м ³	501,1 (8)	583,8 (8)	725-780 при t=15°C (12)
Плотность газовой (паровой) фазы при нормальных условиях*, кг/м ³	2,004 (8)	2,702 (8)	–
Объем паров при испарении 1 кг вещества при нормальных условиях*, л	508,8 (8)	386,0 (8)	230
Объем паров при испарении 1 л вещества при нормальных условиях*, л	257,1 (8)	224,7 (8)	173
Пределы воспламеняемости в смеси с воздухом при нормальных условиях*, % об.	2,3–9,4(13)	1,8–9,1(13)	0,76–5,0 (13)
Температура самовоспламенения, °С	470 (13)	405 (13)	255–370 (13)
Минимальная энергия зажигания, мДж	0,25 (13)	0,25 (13)	0,46 для А-66 (13)
Максимальное давление взрыва, кПа	843 (13)	843 (13)	745 при 2,25 об.% (14, 15)

*Под нормальными условиями принимается давление 1,033 кгс/см² и температура 0 °С.

¹ Влияние конструкции присоединительных элементов РТР и качества их крепления на РТР в данной работе не обсуждается.

Повышенные требования к прочности РТР на протяжении всего периода их эксплуатации обусловлены специфическими пожаровзрывоопасными и физико-химическими свойствами СУГ.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫЕ СВОЙСТВА СЖИЖЕННЫХ ПРОПАНА И БУТАНА

СУГ — представляют собой смесь химических соединений, состоящую в основном из водорода и углерода с различной структурой молекул, т.е. смесь углеводородов различной молекулярной массы и различного строения. Основными компонентами СУГ являются пропан и бутан, в виде примесей в них содержатся более легкие углеводороды (метан и этан) и более тяжелые (пентан). Все перечисленные компоненты являются предельными углеводородами. В состав СУГ могут входить также непредельные углеводороды: этилен, пропилен, бутилен. Бутан-бутилены могут присутствовать в виде изомерных соединений (изобутана и изобутилена) [1].

Физико-химические и пожаровзрывоопасные свойства сжиженных пропана и бутана (и для сравнения автомобильного бензина) представлены в табл. 1.

СУГ при хранении и транспортировке постоянно изменяют свое агрегатное состояние, часть газа испаряется и переходит в газообразное состояние, а часть конденсируется, переходя в жидкое состояние. В тех случаях, когда количество испарившейся жидкости равно объему сконденсировавшегося пара, система «жидкость-газ» достигает равновесия и пары над жидкостью становятся насыщенными, а их давление называется давлением насыщения или упругостью паров. Упругость паров СУГ возрастает с повышением температуры и уменьшается с ее понижением. Это свойство сжиженных газов является одним из определяющих при проектировании оборудования для их хранения и распределения. Так, упругость насыщенных паров пропана при 20 °С равна 8,46 кгс/см², а при 40 °С она уже составляет 13,96 кгс/см² [1]. В то же время, упругость насыщенных паров автомобильных бензинов, которую определяют при 37,6 °С, в зависимости от их класса испаряемости изменяется от 35 до 100 кПа (от 0,35 до 1 кг/см²); для авиационных — от 29 до 48 кПа (от 0,29 до 0,48 кг/см²). Например, для бензина А-96 и

АИ-98 давление насыщенных паров составляет 79,9 кПа (0,799 кг/см²) [12].

Низкая температура кипения пропана предопределяет мгновенный выброс СУГ из емкостей или рукавов при их разгерметизации и практически мгновенное испарение части жидкой фазы. Оставшаяся часть охлаждается до точки кипения при атмосферном давлении. При этом образуется взрывоопасное облако аэрозоля, которое при воспламенении сгорает с образованием огненного шара [7,16].

Согласно табл. 1, при испарении 1 л сжиженного пропана образуется 257,1 л газообразного. Таким образом, даже незначительная утечка СУГ может быть очень опасной, так как объем газа при испарении увеличивается примерно в 250 раз. В связи с тем, что плотность газовой фазы СУГ в 1,5–2,1 раза больше плотности воздуха, при ее утечках из оборудования она с трудом рассеивается в воздухе, особенно в закрытом помещении. Пары его могут накапливаться в естественных и искусственных углублениях, образуя взрывоопасную смесь.

Пропан-бутановая смесь имеет высокий коэффициент объемного расширения жидкой фазы (табл. 2). Так, для пропана он в 16,1 раза, а для бутана примерно в 11,2 раза, больше, чем у воды. Коэффициент объемного расширения жидкой фазы этих газов существенно превышает аналогичный показатель керосина. Столь высокий коэффициент объемного расширения основных компонентов СУГ предопределяет жесткие требования к степени заполнения сосудов и баллонов, нарушения которых приводит во многих случаях к разрушению их корпусов и взрыву образовавшейся взрывоопасной смеси [17].

Плотность сжиженных пропанбутановых смесей составляет 0,51–0,58 г/см³, т.е. они почти в два раза легче воды [8].

Минимальная энергия возгорания газоздушных смесей СУГ почти в два раза меньше этого показателя для бензина (см. табл. 1), этилацетата, бутилового спирта и более чем в 3,8 раза меньше минимальной энергии возгорания этилового спирта. Таким образом, указанные смеси более пожаровзрывоопасны чем автомобильные и авиационные бензины и другие нефтепродукты, а также многие ЛВЖ.

Следует также отметить, что СУГ, попадая на тело человека, вызывают обморожение, напоминающее ожог. Человек, находящийся в атмосфере с незначительным превышением ПДК паров сжиженного газа

Таблица 2. Температурный коэффициент объемного расширения жидкой фазы пропана, бутана, керосина и воды, % на 1 °С [18]

Компонент	Температура, °К		
	253 — 283	288	288 — 313
Пропан	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$3,06 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$
н-Бутан	$2,09 \cdot 10^{-3}$	$2,12 \cdot 10^{-3}$	$2,20 \cdot 10^{-3}$
Керосин	—	$0,95 \cdot 10^{-3}$	—
Вода	—	$0,19 \cdot 10^{-3}$	—

в воздухе, испытывает кислородное голодание, а при его значительных концентрациях в воздухе может погибнуть от удушья [19].

В связи с перечисленным, операциям по сливу-наливу СУГ и РТР для ее реализации должно уделяться особо пристальное внимание.

ОБ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ СУГ И РТР ДЛЯ ИХ СЛИВА-НАЛИВА

Опасность использования РТР для слива-налива СУГ заключается не только в нарушении их целостности, но также связана с возможностью возникновения разрядов статического электричества.

Как известно при движении жидкостей с высоким удельным объемным сопротивлением (ρ_v) по трубам и рукавам из различных материалов происходит их электризация, т.е. приобретение электрического заряда (рис. 1). Заряд такой же величины, но другого знака, приобретают и трубы (рукава), по которым они транспортируются.

При движении же диэлектрической жидкости по рукавам из диэлектрических материалов без заземленного электропроводящего покрытия возможно возникновение электростатического разряда с их поверхности, что может представлять опасность для паровоздушных сред, в том числе и для пропано-воздушной смеси, минимальная энергия которой составляет всего 0,25 мДж. В данном случае, имеется ввиду взрывоопасная смесь, которая может образоваться снаружи рукава. Заземление электропроводящих рукавов, выполненных из металла, электропроводящих пластика или резины, предотвращает возможный электростатический разряд с их поверхности.

Величина электростатического заряда зависит от диэлектрических свойств вещества (материала), транспортируемого по рукавам, параметров его движения, материала рукавов и их диаметров.

Рассмотрим диэлектрические свойства СУГ и резины.

Диэлектрические свойства СУГ. Относительно значений ρ_v СУГ имеются противоречивые сведения. Так, согласно [1] этот показатель равен 10^9 Ом·м. В работе [20] СУГ имеют ρ_v , равное $10^8 - 10^{16}$ Ом·м.

В «Примечании» к п. I-1-4 «Правил защиты от статического электричества» (далее «Правила защиты») [21] указывается стандарт, регламентирующий определение диэлектрических характеристик жидких диэлектриков (ГОСТ 6581-66), который не предназначен для определения аналогичных показателей СУГ.

ГОСТ 6581-75 [22], действующий в настоящее время, распространяется на жидкие электроизоляционные материалы нефтяного или растительного происхождения и синтетические, находящиеся при температуре испытания в текучем состоянии (вязкость менее 5000×10^{-6} м²/с), и устанавливает для этих материалов методы определения следующих характеристик в диапазоне температур 15–250 °С:

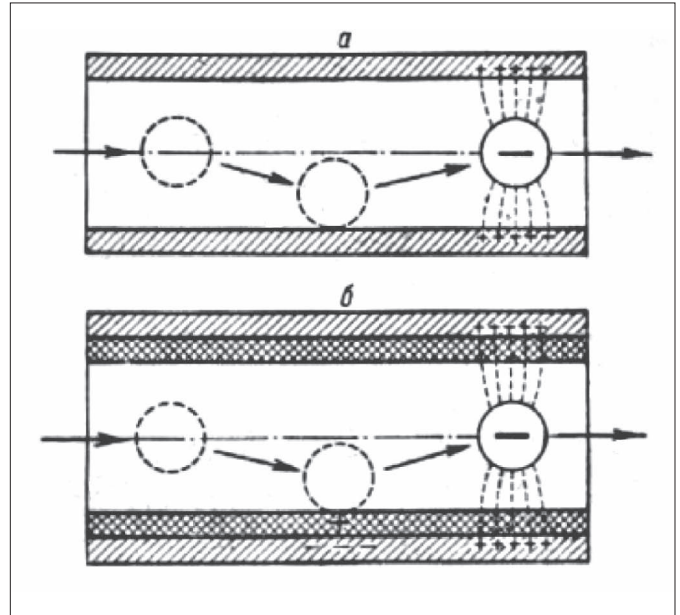


Рис. 1. Схема приобретения электростатического заряда металлической трубой (а) и диэлектрической трубой (б) с электропроводным покрытием. Кружками условно обозначена капля диэлектрической жидкости

- тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости при частоте 50 Гц;
- удельного объемного электрического сопротивления при напряжении постоянного тока;
- пробивного напряжения $U_{пр}$ при частоте 50 Гц.

Стандарта для определения ρ_v СУГ в настоящее время нет. Сложность в определении этого показателя обусловлена в значительной степени их весьма низкой температурой кипения.

Следует отметить, что согласно ВGR 132 [23] жидкости с ρ_v , значение которого находится в пределах $50 \cdot 10^{12} \leq \rho_v \leq 10^9$ Ом·м., относятся к жидкостям средней проводимости. Жидкости с $\rho_v \geq 50 \cdot 10^{12}$ Ом·м классифицируются как жидкости с низкой проводимостью.

Опасный электростатический заряд легко возникает при движении по трубе жидкостей низкой и средней проводимости. Его возникновение при обращении с жидкостями высокой проводимости возможно при их наливке с разбрызгиванием и при отсутствии заземления.

Согласно п. II-1-5 «Правил защиты» [21] в случае переработки и транспортировки веществ с удельным объемным электрическим сопротивлением, равным или более 10^5 Ом·м, необходимо «применение мер защиты от статического электричества». Таким образом, при сливе-наливе СУГ требуются меры защиты от потенциальных разрядов статического электричества. Они могут возникать с поверхности рукавов из диэлектрических материалов, если она не имеет электропроводящего заземленного покрытия, а также с поверхности жидкой фазы СУГ в емкости (см. ниже) и незаземленного металлического оборудования (цистерн, резервуаров, арматуры шлангов), а также с человека. Рассмотрим

возможность возникновения электростатических разрядов с поверхности РТР при использовании их для слива-налива СУГ.

Диэлектрические свойства резины. Возникновение электростатического заряда на рукаве из резины в значительной степени зависит от ее диэлектрических свойств — удельного объемного электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости.

Значения ρ_v (Ом·м) резин в «Правилах защиты» представлены следующими данными [21]:

- резины на основе каучуков СКН-18, СКН-26, найрита: $10^8 - 10^{10}$;
- резины на основе каучуков СКД, СКИ-3: $10^{12} - 10^{13}$;
- резины электропроводные: $10^{-2} - 10^6$.

Значения ρ_v (Ом·м) резин на основе различных каучуков при 20 °С приведены также в работе [2]:

- полимеров изопрена — $10^{12} - 10^{14}$;
- бутадиенового, бутадиеностирольного — $10^{11} - 10^{14}$;
- бутадиенонитрильного — $10^7 - 10^{10}$;
- хлоропренового — $10^9 - 10^{11}$;
- акрилатного — $10^8 - 10^{12}$;
- бутилового, этиленпропиленового — $10^{12} - 10^{14}$.

Относительная диэлектрическая проницаемость в зависимости от частоты напряжения, питающего измерительный мост, равна 2 — 15 [2].

Электрическая прочность равна 5 — 45 МВ/м [2].

Следует отметить, что производятся электропроводные резины, ρ_v которых не превышает 10^5 Ом·м. Их получают путем использования проводящих наполнителей (технический углерод, графит, порошки металлов), которые снижают ρ_v до заданного уровня [24]. Лучшим наполнителем является ацетиленовая сажа, 20 %-ное содержание которой в полимере снижает его удельное сопротивление на 10 порядков, при этом механические характеристики изделий (трубы из полиэтилена низкого давления) практически не меняются [24]. Однако, необходимо иметь в виду, что ρ_v существенно возрастает при деформации резины [2].

Электризация парогазовых потоков при их перемещении по рукавам. В главе II-6 «Отвод зарядов из газовых потоков» «Правил защиты» [21] отмечается следующее.

• II-6-1. Для предотвращения возникновения опасных искровых разрядов при движении горючих газов и паров в трубопроводах и аппаратах необходимо всюду, где это технологически возможно, принимать меры к исключению присутствия в газовых потоках твердых и жидких частиц.

• II-6-2. Конденсация паров и газов при большом перепаде давлений вызывает сильную электризацию газовых струй при утечке их через некачественную изоляцию. Это требует повышенного внимания к герметизации оборудования, содержащего горючие пары и газы под высоким давлением.

• II-6-3. Не допускается присутствие в газовом потоке незаземленных металлических частей и деталей оборудования.

Отвод зарядов из газового потока путем введения в него заземленных металлических сеток, пластин, рассекателей, коаксиальных стержней и других подобных устройств не рекомендуется.

Следует особо отметить, что «Правила защиты» [21] практически не содержат требований по защите производственного оборудования, предназначенного для СУГ, от возможных разрядов статического электричества с учетом их специфики. В этом нормативно-правовом акте (НПА) СУГ упоминаются только один раз в п. II-2-11, в котором говорится, что «...автоцистерны, а также танки наливных судов, находящиеся под наливом и сливом сжиженных горючих газов и пожароопасных жидкостей, в течение всего времени заполнения и опорожнения должны быть присоединены к заземляющему устройству...».

Однако, с учетом п. II-6-1 «Правил защиты», можно полагать, что при откачке паров СУГ из железнодорожной цистерны после освобождения ее от жидкой фазы, не содержащей взвешенных в них капель, они электризоваться в процессе движения по рукаву не могут.

Электризация жидкой фазы СУГ потоков при их движении по рукавам. Перемещение СУГ по трубопроводу существенно отличается от перемещения других нефтепродуктов (бензина, керосина и т.д.), поскольку в случае потерь давления на местное сопротивление происходит быстрый переход жидкой фазы в паровую с образованием двухфазного потока.

При отборе из резервуаров кипящей жидкости и транспортировке ее по трубопроводу часть жидкости испаряется из-за потерь давления, образуется двухфазный поток, упругость паров которого зависит от температуры потока. В случае прекращения движения двухфазной жидкости по трубопроводу давление во всех точках выравнивается и становится равным упругости паров. Наличие двух фаз (пара и жидкости) в трубопроводе при сливе и наливе СУГ должно существенно влиять на различие в механизмах его электризации и электризации несжиженных нефтепродуктов.

Работы по исследованию электризации жидкой фазы СУГ при их движении по рукавам в зависимости от гидродинамики процесса автору не известны. Вместе с тем, в большинстве отечественных и зарубежных работ, а также в НПА, сообщается об опасности электризации СУГ с учетом значения ρ_v (1, 20, 25). Однако, сведения о количественных характеристиках электризации СУГ при их транспортировании по рукавам в литературных источниках обнаружить не удалось. Отметим, что в случае слива СУГ в емкость, в которой имеется его остаток, при температуре воздуха, превышающей температуру кипения СУГ, электростатический разряд внутри этой емкости, как правило, не представляет опасности, так как концентрация пара в ее свободном пространстве больше верхнего предела взрываемости сжиженного газа с учетом его

Таблица 3. Некоторые требования отечественных НПА к рукавам для СУГ

Нормативно-правовые акты	Стандарт рукава/ тип рукавов/ $P_{\text{раб}}^{**}$	Защита от статического электричества	Условия гидравлических испытаний	
			Давление	Периодичность
Инструкция по наливу, сливу и перевозке СУГ в ж/д вагонах-цистернах [27]	ГОСТ 18698-73/ класс Б (1)	Заземление*	—	—
ВППБ 01-04-98. Правила ПБ для предприятий и организаций газовой промышленности [28]	ГОСТ 18698-79/ класс Б (1) $P_{\text{раб}}=1,6$ МПа	Заземление*	—	—
ППБ 01- 93. Правила ПБ в РФ [29]	ГОСТ 18698-79/ класс Б (1). ГОСТ 6286-73. По др. стандартам	Заземление*	$2P_{\text{раб}}$	—
ППБ 01-03. Правила ПБ в РФ [30]	Не указан	Заземление*	—	—
ПБ 12-609-03. ПБ для объектов, использующих СУГ [31]	Не указан/Резинотканевые, металлокордовые, металлические газопроводы с шарнирными соединениями	Оббивка медным проводником*	$1,25P_{\text{раб}}$	1 раз/3 мес
ВУП СНЭ-87. Ведомственные указания по проектированию ж/д сливо-наливных эстакад ЛВЖ, ГЖ и СУГ [32]	Не указан/Резинотканевые, шарнирно-сочлененные трубы и телескопические устройства/. $P_{\text{раб}}=1,6$ МПа	—	$\geq 2P_{\text{раб}}$	—
ПБ 08-622-03. ПБ для газоперерабатывающих заводов и производств (33)	Не указан/Гибкие шланги (рукава)	—	$1,25P_{\text{раб}}$	1 раз/3 месяца
ПБ 08-624-03. ПБ в нефтяной и газовой промышленности [34]	Не указан/Гибкие шланги (рукава). Резиновые шланги	Оббивка проволокой или пропущенной внутри*	$1,25P_{\text{раб}}$	1 раз/3 месяца
ОСТ 153-39.3-051-2003 [35]	Не указан/ Резинотканевые	Заземление*	—	—
ОСТ 153-39.3-052-2003 [36]	ГОСТ 18698-79/ Резинотканевые с PN до 1,6 МПа	Заземление*	Согласно стандарту	1 раз/3 месяца 1 раз/месяц после окончания гарантийного срока
ПБ 12-527-03. ПБ при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа [37]	Не указан/Металлокордовые, сильфонные, резинотканевые рукава	Оббивка медным проводником*	$1,25P_{\text{раб}}$	1 раз/3 месяца
ПБ 12-368-00. ПБ в газовом хозяйстве (38).	Не указан/Резинотканевые, металлокордовые, с шарнирными соединениями	Оббивка медным проводником*	—	—
ПБ 09-566-03. ПБ для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением [39]	Не указан/Металлорукава Примечание. Только металлорукава!!!!	—	—	—
Рекомендации ВНИИПО. Сливоналивные эстакады ЛВЖ и СУГ [40]	ГОСТ 18698-79 или по ТУ завода изготовителя	Оббивка медным проводником*	—	—

* Данные источника

** $P_{\text{раб}}$ – рабочее давление

весьма низкой температуры кипения. Однако, в условиях холодных климатических зон России, в которых температура воздуха может быть значительно ниже температуры кипения пропана, налив СУГ в пустую емкость может представлять опасность, связанную с возникновением электростатического разряда с поверхности жидкой фазы СУГ.

В связи с этим, в «Правилах пожарной безопасности при эксплуатации нефтеперерабатывающих предприятий (ППБ-79)» в п. 4.3.6 предписывалось, что «...Запрещается наливать сжиженные газы свободно падающей струей. При заполнении емкости, не имеющей остатков сжиженного нефтяного газа (новые, после очистки или технического освидетельствования), должны быть приняты меры предосторожности для исключения образования взрывоопасных смесей (предварительная продувка инертным газом, водяным паром, медленная закачка и усиленное наблюдение)...».

Вместе с тем, допустимая скорость подачи СУГ по рукавам в НПА не регламентируется, а на практике она ограничивается пределом срабатывания скоростных и обратных клапанов цистерн или резервуаров. Так скорость жидкой фазы СУГ, при которой закрываются скоростные и обратные клапана фирмы FAS-FlüssigGas-Anlagen, составляет примерно 3 – 4,3 м/с в зависимости от их диаметра (<http://fas.su/index.php?page=209>).

Возможность возникновения разряда с поверхности рукавов, по которым идет транспортировка СУГ, стала причиной разработки в наших и зарубежных НПА указаний об их обязательном заземлении, а также автоцистерн, железнодорожных цистерн и резервуаров (табл. 3).

Как отмечалось выше, при возникновении объемного электростатического заряда в веществе (материале), транспортируемом по рукаву, на его поверхности возникает электрический заряд (см. рис. 1), способный при определенных условиях реализоваться в разряде на другие объекты.

Для его предотвращения используются следующие конструкции РТР:

- из электропроводной резины;
- с наружной металлической оплеткой;
- обвитые медной проволокой или медным тросиком с конкретным шагом витка, который должен определяться допустимой плотностью электростатического заряда на поверхности рукава между проводниками. Концы проволоки (тросика) соединяются с наконечниками рукава пайкой или гайкой под болт.

Рассмотрим требования отечественных НПА к рукавам для СУГ.

ТРЕБОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НПА К РУКАВАМ ДЛЯ СУГ

В п. 5.5.2. ПБ 09-540-03 (26) отмечается, что «...Для проведения операций слива и налива в железнодорожные цистерны и другое нестационарное оборудование могут

применяться гибкие шланги. Выбор шлангов осуществляется с учетом свойств транспортируемого продукта и параметров проведения процесса; срок службы шлангов устанавливается действующими государственными стандартами и нормативными документами и продлению не подлежит».

Рассмотрим, какими «государственными стандартами и нормативными документами» определялись и определяются требования к шлангам (рукавам) для транспортирования СУГ в нашей стране, Приведем также содержание отдельных их требований (см. табл. 3).

Анализ НПА, указанных в таблице, позволяет сделать следующие выводы:

- все НПА, за исключением ПБ 09-566-03 [39], предписывающих применение для слива-налива СУГ только металлорукавов, допускают использование РТР;
- рядом НПА-ПБ 12-609-03 (п. 5.13.19) [31], ПБ 08-622-03 (п. 5.5.7) [33], ПБ 08-624-03 (п. 3.5.4.164) [34] разрешается применение для слива СУГ металлокордовых рукавов, металлических шарнирно-сочлененных, а также гибких металлических газопроводов (сильфонных);
- в большинстве НПА стандарт на рукава не указан;
- в ряде ранее и ныне существующих НПА рекомендовалось и рекомендуется применение для слива/налива СУГ РТР класса Б (I) по ГОСТ 18698-79. Так, действующая в настоящее время «Инструкция по наливу, сливу и перевозке сжиженных углеводородных газов» [27] регламентирует применение для сливно-наливных устройств РТР класса Б (I) по ГОСТ 18698-73, который заменен ГОСТ 18698-79 [5], введенным в действие 01.01.1981 г. В ВППБ 01-04-98 [28], ОСТ 153-39.3-052-2003 [36] и «Рекомендациях ВНИИПО» [40] также предписывается применение РТР, изготовленных в соответствии с этим ГОСТом;
- рядом НПА, а именно ОСТ 153-39.3-052-2003 (п. 6.4.1) [36] и ПБ 12-609-03 (п. 5.7.7) [31] для проведения сливных операций разрешается применение рукавов, изготовленных по стандартам и ТУ, если технические характеристики этих рукавов обеспечивают их безопасную эксплуатацию при сливе-наливке СУГ с РН до 1,6 МПа;
- в отношении величины давления их гидравлического испытания в указанных НПА имеются противоречия. Так, согласно п. 2.36 ВУП СНЭ-87 [32] они «должны испытываться на давление согласно ГОСТ, но не менее чем в 2 раза выше рабочего и быть рассчитаны не менее чем на 1,6 МПа (16 кгс/см²)». В то же время в ряде стандартов, например в п. 5.13.21 ПБ 12-609-03 [31] указывается, что «Рукава подвергаются гидравлическому испытанию на прочность давлением, равным 1,25 рабочего давления, один раз в 3 месяца». Следует отметить, что в ОСТ 153-39.3-052-2003 указывается на необходимость испытания рукавов после окончания гарантийного срока их эксплуатации с периодичностью уже один раз в 1 месяц [36];
- срок службы рукавов в указанных НПА не указывается. В п. 13.2.10 ППБ 01-93 [29] отмечалось, что

гарантийный ресурс определяется стандартами и ТУ на рукава. ОСТ 153-39.3-052-2003 (п. 6.4.3) разрешает использовать рукава «после окончания гарантийного срока эксплуатации соединительных рукавов, предусмотренного стандартами и техническими условиями на них»;

- во всех НПА приводится требование о «защите от статического электричества» или «заземлении рукавов», однако способ их заземления приводится только в ПБ 12-609-03 (п. 5.7.7) [31], ПБ 08-624-03 (п. 3.5.4.164) [34], ПБ 12-527-03 (п. 4.23) [37], ПБ 12-368-00 (п. 3.5.37) [38] и в «Рекомендациях ВНИИПО» (раздел 5.3.) [40].

Так, в ПБ 12-527-03 (п. 4.23) указывается, что «Металлокордовые и резинотканевые рукава должны быть защищены от статического электричества. Резинотканевые рукава должны быть обвиты медной проволокой диаметром не менее 2 мм или медным тросиком площадью сечения не менее 4 мм² с шагом витка не более 100 мм. Оба конца проволоки или тросика должны быть соединены с наконечником рукава пайкой или болтом. В металлокордовых рукавах металлический корд должен соединяться обжигом с наконечниками» [37].

Следует отметить, что подобная, но несколько измененная рекомендация содержится в «Правилах защиты» (п. II-8-7) [21].

Согласно п. II-8-7 этих Правил «Вместо электропроводных покрытий допускается обвивать указанные трубопроводы металлической проволокой сечением

не менее 4 мм² с шагом витка 100–150 мм, которая должна быть присоединена к заземленной металлической арматуре».

Эти предписания продиктованы следующим соотношением, выполнение которого необходимо для предотвращения электростатического разряда с поверхности диэлектрического рукава при движении по нему СУГ:

$$Q_D = 4 \cdot 10^{-8} W_{\text{мин}}^{0,6},$$

где: D — наружный диаметр рукава, м; h — шаг витка проволоки или тросика, м; σ — плотность электростатического заряда, мкКл/м²; Q — величина заряда в импульсном электростатическом разряде, мкКл; Q_Δ — величина допустимого заряда в импульсном электростатическом разряде, мкКл.

Как известно, величина допустимого заряда в импульсном электростатическом разряде, при котором воспламенение газов или паров вещества не происходит, определяется по формуле:

$$\pi Dh\sigma = Q \leq Q_D,$$

где: W_{мин} — минимальная энергия зажигания газа или пара [41].

При W_{мин} = 0,25 мДж для пропана и бутана, Q_Δ = 1,32 · 10⁻⁸ Кл = 0,0132 мкКл.

Таблица 4. Классы рукавов и область их применения по ГОСТ 18698-79

Класс	Код ОКП	Рабочая среда	Работоспособность рукавов при температуре окружающего воздуха, °С в районах		
			с умеренным климатом	с тропическим климатом	с холодным климатом
Б (I)	25 5711	Бензины	От -35 до + 70	От -20 до + 70	От -50 до + 70
		Керосины	От -35 до + 70	От -20 до + 70	От -50 до + 70
		Минеральные масла на нефтяной основе	От -35 до + 100	От -20 до + 100	От -50 до + 100
В (II)	25 5311	Вода техническая (без присадок), растворы неорганических кислот и щелочей концентраций до 20 % (кроме растворов азотной кислоты)	До + 50	До + 55	До + 50
ВГ (III)	25 5312	Горячая вода	До + 100	До + 100	До + 100
Г (IV)	25 5511	Воздух, углекислый газ азот и другие инертные газы	От -35 до + 50	От -20 до + 55	От -50 до + 50
П (VII)	25 5313	Пищевые вещества (спирт, вино, пиво, молоко, слабокислые растворы органических и других веществ, питьевая вода)	До + 50	До + 55	До + 50
Ш (VIII)	25 5314	Абразивные материалы (песок от пескоструйных аппаратов)	От -35 до + 50	От -20 до + 50	От -50 до + 50
		Слабощелочные и слабокислые растворы для штукатурных и малярных работ	До + 50	До + 55	До + 50
Пар-1 (X)	25 5391	Насыщенный пар	До + 143	До + 143	До + 143
Пар-2 (X)	25 5391	Насыщенный пар	До + 175	—	До + 175

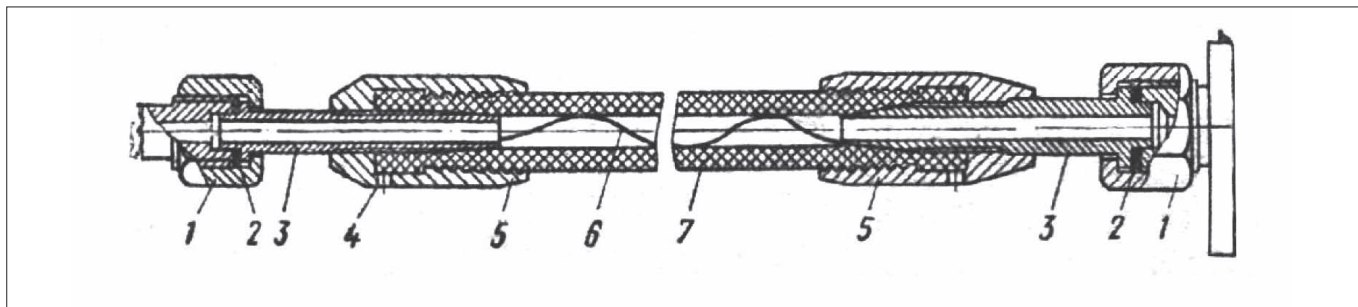


Рис. 2. Резинотканевый рукав в сборке:

1 — накидная гайка; 2 — прокладка; 3 — ниппель; 4 — контрольное отверстие; 5 — муфта; 6 — медная проволока; 7 — рукав

Тогда, для рукава с наружным диаметром $D = 50$ мм при $h = 100$ мм получим допустимую поверхностную плотность электростатических зарядов при сливе — наливе пропана, равную $\sigma = 0,0132/3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,1 = 0,84$ мкКл/м². Это значение получено при условии, что весь заряд поверхности рукава между витками проводника будет участвовать в импульсном разряде, что на практике не реализуется ввиду ограниченной поверхностной проводимости диэлектрика. В связи с тем, что параметры электризации СУГ в зависимости от режима их транспортировки по рукавам не известны, утверждать достаточность эффективности этого способа защиты от разрядов статического электричества невозможно.

Вместе с тем, в ПБ 08-624-03 (п. 3.5.4.173.) указывается на возможность заземления шлангов проволокой, не только обвитой по шлангу снаружи, но и пропущенной

изнутри: «Резиновые шланги с металлическими наконечниками, предназначенные для налива в автомобильные или железнодорожные цистерны, должны быть заземлены проволокой, обвитой по шлангу снаружи или пропущенной внутри, с припайкой одного конца ее к металлическим частям трубопровода, а другого к наконечнику шланга» [34].

Возможность заземления резиновых шлангов проволокой диаметром не менее 2 мм или металлическим тросиком сечением не менее 4 мм², пропущенным внутри с присоединением одного конца проволоки или тросика к металлическим частям нефтепродуктопровода, а другого — к наконечнику шланга, предусматривается также в РД 39-22-113-78 (п. 2.5.5.) [42]. В указанном пункте РД отмечается, что «При использовании армированных шлангов или электропроводных рукавов их обвивка не требуется при условии обязательного соединения

Таблица 5. Некоторые характеристики РТР по ТУ 38.605180-92

Тип рукава	Диаметр, мм	$P_{\text{раб}}$, бар	Компания	Температурный режим, °С	Запас прочности	Электропроводность
Рукав 38×58×2,5 [25] ТУ 38.605180-92	58/38	25	ОАО «Курскрезинтехника»	-45 °С/+50 °С	5:1*	Две медные проволоки (стренги). По требованию заказчика.

*Рукава должны выдерживать испытание на прочность гидравлическим давлением не менее 5P.

Таблица 6. Некоторые характеристики РТР международных производителей

Тип рукава	Диаметр, мм	$P_{\text{раб}}$, бар	Компания	Температурный режим, °С	Запас прочности	Электропроводность
GAS-1	51/38	25	Semperit, Австрия	-30 °С/+70 °С	4:1	Токопроводящая резина, две медные проволоки (стренги)
OIL LPG/ CORD/EN 1762: 2003/D	54/38	25	IVG Colbачini SPA, Италия	-30 °С/+100 °С	4:1	Токопроводящая резина, две медные проволоки (стренги). $R < 1 \times 10^2$ Ом
Шланг высокого давления FAS	44/32 66/50	25	Flussiggas-Anlagen, Германия	-40 °С/+70 °С	Давление разрыва 100 бар	Токопроводящая резина, две медные проволоки (стренги)
Заправочный шланг LPG 16	26/16	25	ELAFLEX Германия	-40 °С/+70 °С	Давление разрыва 100 бар	Токопроводящая резина, трудновоспламеняемая.

арматуры или электропроводного резинового слоя с заземленным продуктопроводом и металлическим наконечником шланга». Конструкция РТР с проводником, пропущенном внутри него, представлена на рис. 2 [43].

Обвивка проводником рукава снаружи предназначена для предотвращения электростатического разряда с его поверхности, в то время, как проводник, пропущенный внутри рукава этот разряд не устраняет. Кроме того, представляя определенное препятствие для продвижения СУГ, он будет способствовать усилению его электризации.

Как отмечалось выше, рядом НПА предписывается для операций слива-налива СУГ применять РТР класса Б (I) по ГОСТ 18698-79 [27, 28, 36, 40].

В «Руководстве по эксплуатации» «Вагон-цистерны для сжиженных углеводородных газов. Модель 15-1209» ОАО Рузхиммаш (п. 7.3.2) также предписывается применение этих рукавов.

Рассмотрим отдельные требования этого стандарта.

ГОСТ 18698-79 «Рукава резиновые напорные с текстильным каркасом. Технические условия» [5] распространяется «на напорные резиновые рукава с текстильным каркасом, применяемые в качестве гибких трубопроводов для подачи под давлением жидкостей, насыщенного пара, газов и сыпучих материалов в районах холодного, умеренного и тропического климата. Стандарт не распространяется на рукава для газовой сварки и резки металлов, рукава для автомобилей, тракторов и сельскохозяйственного машиностроения и на рукава специального назначения». Рукава, производимые по ГОСТ 18698-79, должны использоваться для подачи бензинов, керосинов, минеральных масел на нефтяной основе, воды технической, пищевых веществ (спирта, вина, пива, молока и др.), воздуха, углекислого газа, азота и других инертных газов (табл. 4).

В ГОСТе имеется четкое указание (п. 6.3.1.) о том, что «В процессе эксплуатации не допускается применения рукавов для перекачивания продуктов, не предусмотренных настоящим стандартом». Таким образом, вышеуказанные рукава не предназначены для СУГ. Рукава по ГОСТ 18698 не электропроводны, что подтверждается п. 6.3.2. этого стандарта — «При перекачке нефтепродуктов необходимо соблюдать следующие требования: для отвода статического электричества рукава заземляют медной проволокой диаметром не менее 2 мм (или медным тросиком сечением не менее 4 мм²) с шагом витка не более 100 мм. Один конец проволоки (или тросика) соединяется пайкой (или под болт) с металлическими заземленными частями трубопровода, а другой с наконечником шланга. Наконечники шлангов должны быть изготовлены из меди или других неискрящих материалов. Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства, предназначенного для защиты от статического электричества, должно быть не более 100 Ом».

Рассмотрим другие требования этого стандарта.

«2.4. Рукава должны быть герметичными при гидравлическом давлении 2Р, где Р — рабочее давление. Предельное отклонение на испытательное давление до 2,0 МПа — ± 10 %, на испытательное давление от 3,2 до 4,0 МПа — ± 0,2 МПа...

2.6. Рукава классов Б (I) ... должны иметь не менее чем трехкратный запас прочности при разрыве гидравлическим давлением, а рукава классов ВГ (III), Г (IV), Пар-1 (X) и Пар-2 (X) — не менее чем пятикратный».

2.7. Рукава классов Б (I) должны быть маслобензостойкими. Увеличение массы резин внутреннего слоя рукавов после выдержки в бензине марки БР-1 или БР-2 (ГОСТ 443-76) при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение (24^{+0}) ч не должно быть более 20 %.

2.11. Прочность связи внутреннего и наружного слоев резины с текстильным каркасом рукавов классов

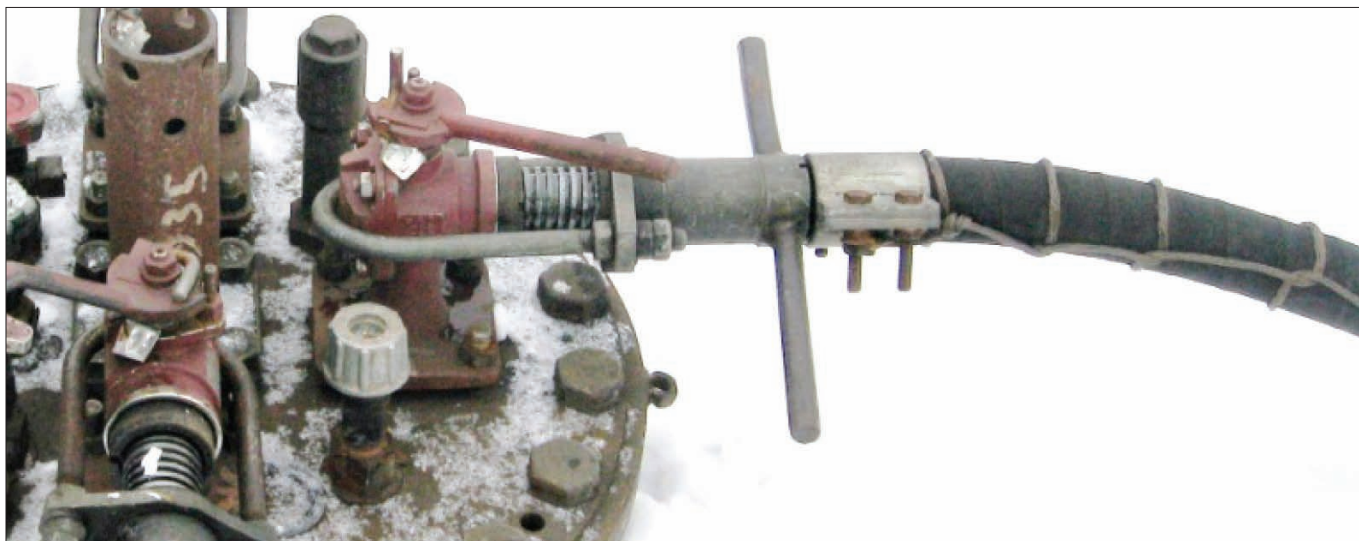


Рис. 3. Защита от электростатического разряда с поверхности РТР с помощью медного тросика

Б (I), В (II), ВГ (III), Г (IV), П (VII) и Ш (VIII) должна быть не менее $1,0 \times 10^3$ Н/м (1,0 кгс/см) и классов Пар-1 (X) и Пар-2 (X) — не менее $1,5 \times 10^3$ Н/м (1,5 кгс/см).

Для рукавов, которым присвоен государственный Знак качества, прочность связи рукавов классов В (II), ВГ (III), Ш (VIII) должна быть не менее $1,5 \times 10^3$ Н/м (1,5 кгс/см), классов Б (I)... — не менее $1,25 \times 10^3$ Н/м (1,25 кгс/см).

Согласно п. 7.2 ГОСТ 18698-79 гарантийные сроки хранения и эксплуатации рукавов Б (I) со дня их изготовления для умеренного и холодного климата составляет 18 мес.

С учетом п.п. 2.6 и 2.11 ГОСТ 18698-79, можно сделать вывод о том, что рукава классов Б (I), которые рекомендуются рядом НПА для слива-налива СУГ, менее надежны, чем рукава других классов, предназначенные для горячей воды — ВГ (III), для воздуха, углекислого газа, азота и других инертных газов — Г (IV), и для насыщенного пара — Пар-1 (X) и Пар-2 (X) I. Такой подход не допустим.

Следует отметить, что согласно п. 2.7. ГОСТ 10362-76 [44], который также регламентирует требования к рукавам, предназначенным для перекачки бензинов, топлив реактивных и дизельных, масел на нефтяной основе, смазок жидкостных, солидола, воздуха, газов нейтральных (инертных) и других сред, эти рукава должны выдерживать гидравлическое испытательное давление не менее 3Р — для жидких рабочих сред и 5Р — для воздуха и других газов.

Достоинством этого ГОСТа является требование о нормированном ресурсе рукавов, которое отсутствует в ГОСТ 18698-79. Так, согласно, п. 2.20 «Гамма-процентный ресурс (T_{80}) рукавов при соблюдении требований настоящего стандарта должен составлять при нормированном ресурсе:

- 200 тыс. км — для узлов и агрегатов автомобилей;
- 5000 моточасов — для узлов и агрегатов тракторов до 01.01.92.

С 01.01.92 ресурс рукавов для узлов и агрегатов тракторов при $\gamma = 0,9 - 8000$ моточасов.

Примечание: Гамма-процентный ресурс по ГОСТ 27.002-89 — суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью, выраженной в процентах (из п. 6.15 Табл. 1 ГОСТ 27.002-89 [45]).

Указанный ГОСТ (п. 6.2) определяет гарантийные сроки хранения и эксплуатации рукавов, соответственно: четыре года со дня изготовления, три года в условиях умеренного и холодного климата и два года — в условиях тропического климата со дня ввода в эксплуатацию.

Необходимо отметить, что в России РТР для СУГ выпускаются также и по техническим условиям, например ТУ 38.605180-92. Некоторые характеристики таких рукавов представлены в табл. 5.

РТР МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В настоящее время в нашей стране также широко используются РТР, изготавливаемые по стандарту EN 1762 международными компаниями, некоторые ха-

рактеристики которых, представленные на их сайтах, приведены в табл. 6.

Ознакомившись со стандартом EN 1762 и характеристиками рукавов различных международных производителей, следует отметить следующее.

Согласно EN 1762 различают два вида электропроводящих РТР, относя их к М — рукавам или Ω — рукавам.

М — рукава имеют электропроводную проволочную вставку, например металлическую спираль, которая так уложена, что становится возможным отвод через ее присоединения к фланцам или к шланговому соединению. Сопротивление М-шлангов между арматурами по всей длине не должно быть более чем 100 Ом.

Ω — рукава состоят из электропроводного материала. Они могут быть снабжены металлическими вставками. Сопротивление Ω — шлангов между присоединительной арматурой с учетом их длины не должно превышать 10^6 Ом.

Такие конструкции РТР отечественными НПА не предусмотрены. Обвивка рукавов проволокой или тросиком, рекомендуемая многими нашими НПА для предотвращения электростатических разрядов с их поверхности, является устаревшим способом защиты. Для СУГ зарубежные производители изготавливают, в основном Ω — рукава. Величина их электрического сопротивления обоснована следующими соображениями.

Наименьшая разность потенциалов между электродами в воздухе (минимальное пробивное напряжение) необходимая для возникновения самостоятельного электрического разряда, или разряда, поддержание которого не требует наличия внешних ионизаторов, составляет согласно закону Пашена, $U < 300$ В [46].

Измерения значений зарядного тока I, возникающего при движении по трубам различных веществ и материалов в производственных установках показывают, что они находятся в пределах от 10^{-11} до 10^{-4} А [23].

Для предупреждения возникновения электростатических разрядов в воздухе достаточно чтобы в оборудовании отсутствовали участки с разностью потенциалов более 300 В. Для этого достаточно соблюдение следующего условия:

$$J \cdot R \leq 300 \text{ В,}$$

где: J-ток электризации материала оборудования, А; R — наибольшее сопротивление между участком оборудования и контуром заземления, Ом [47].

В связи с известным равенством:

$$U_{max} = R_{max} \cdot I$$

можно рассчитать максимально допустимое сопротивление отвода электрического заряда в землю, принимая допустимое значение напряжения в 100 В:

$$R_{max} < 100 \text{ В} / 10^{-4} \text{ А} = 10^6 \text{ Ом} [23]$$

В стандарте EN 1762 (приложение А) приводится оценка стойкости РТР к воздействию пламени горелки Бунзена, которое возникает при горении пропана, подаваемого под давлением 50 mbar [6]. Образец рукава считается выдержавшим испытание, если он перестает гореть или отсутствует пламя в течение 2 мин после удаления горелки. В наших НПА это требование также отсутствует. В указанном стандарте предусмотрены также испытания на стойкость внешней поверхности РТР к воздействию озона и УФ-облучения.

Таким образом, рукава зарубежных производителей обладают рядом преимуществ.

В тоже время необходимо отметить, что EN 1762 в отличие от ГОСТ 10362-76 не содержит требования о нормированном ресурсе рукавов.

Актуальность оценки этого ресурса РТР обусловлена необходимостью достоверного определения срока их эксплуатации до наступления предельного состояния, который связан с реальной возможностью предотвращения пожаров и взрывов и их последствий.

Необходимо отметить, что приобретение и эксплуатация рукавов зарубежных производителей сопровождается рядом нарушений.

Так, судебно-экспертная практика свидетельствует о следующем:

- организации РОСТЕСТА сертифицируют рукава зарубежных производителей в основном по их характеристикам, представляемым этими компаниями. На основании подобных сертификатов РОСТЕХНАДЗОР выдает разрешение на их применение. Подобная сертификация и разрешительная деятельность недопустима. Тестирующая организация должна иметь свое оборудование для испытания рукавов или направлять на завод-изготовитель компетентного специалиста для участия в испытаниях на оборудовании этого завода с составлением обязательного акта об их проведении;
- РТР приобретаются за границей и эксплуатируются без учета температур окружающей среды в условиях холодного климата России. Однако, как следует из табл. 6, рукава не всех производителей могут применяться в условиях климатических зон нашей страны. Вместе с тем, в EN 1762 предусмотрено изготовление рукавов, предназначенных для работы в диапазоне -50°C до $+70^{\circ}\text{C}$;
- ни в одной из десятка опрошенных компаний, продающих рукава иностранного производства в России, не оказалось стандарта EN 1762 [6], а также 13 стандартов EN ISO, на которые в нем имеются ссылки. Этот факт свидетельствует о том, что российские покупатели не интересуются показателями приобретаемых РТР.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В нашей стране до сих пор отсутствует стандарт, регламентирующий требования к рукавам для слива-налива сжиженного пропан-бутана. ГОСТ 18698-79 «Рукава резиновые напорные с текстильным каркасом. Технические условия», на который ссылаются ряд отечественных НПА, таковым не является. В связи с

этим, РТР не должны тестироваться и сертифицироваться по ГОСТ 18698-79.

Необходимо разработать отечественный стандарт, регламентирующий требования к рукавам для слива-налива сжиженного пропан-бутана, в кратчайшие сроки с учетом специфики их эксплуатации в нашей стране. Для этого могут быть использованы следующие стандарты: EN 1762; ГОСТ 10362-76 и ГОСТ 18698-79.

Аварии на объектах слива-налива СУГ, произошедшие за последние годы, определяют необходимость их технического перевооружения.

С учетом приведенных выше недостатков РТР необходимо использовать вместо них, там, где это технически возможно и целесообразно (особенно для линий большого диаметра) стальные, шарнирно-сочлененные соединительные линии и металлорукава.

В нашей стране комплексы слива-налива СУГ для железнодорожных цистерн и автоцистерн, состоящие из шарнирно-сочлененных жестких трубопроводов, на применение которых получено разрешение РОСТЕХНАДЗОРА, выпускаются ОАО «Промприбор» (<http://www.neftebaza.ru/>). Они обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с резиноканевыми рукавами, включая долговечность (срок службы 10 лет), надежность в эксплуатации (при заземлении не накапливают электростатический заряд), морозостойкость. Таким образом, их использование существенно повышает пожаровзрывобезопасность слива-налива СУГ.

Из гибких металлорукавов представляет интерес изделие компании FAS-FlüssigGas-Anlagen (www.fas.de), представляющее собой гофрированный металлорукав (аналогичный сифону), заключенный в оплетку из нержавеющей проволоки. Для снятия с него скручивающих и изгибающих нагрузок в его конструкции применены два шарнира. Эти гибкие металлорукава предназначены для слива СУГ из железнодорожных цистерн в емкости парка хранения СУГ на газонаполнительных станциях и наполнения железнодорожных цистерн на нефтеперерабатывающих предприятиях. Устройство является промежуточным звеном между железнодорожной цистерной и системой газопроводов сливной эстакады. Их использование на объектах СУГ России можно рекомендовать после изучения их надежности.

Считаем, что качественные изменения оснащения объектов с СУГ новым оборудованием, которые позволят существенно повысить их пожаровзрывобезопасность, возможно в настоящее время, в первую очередь, по инициативе и непосредственном участии РОСТЕХНАДЗОРА.



Тaubкин Игорь Соломонович. Главный эксперт по пожарам и взрывам Российского Федерального центра судебной экспертизы при Минюсте России, к.т.н., член-корр. Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности по секции «Чрезвычайные ситуации». Организатор судебной пожарно-технической экспертизы (СПТЭ) в судебно-экспертных учреждениях (СЭУ)

Минюста России и основоположник экспертизы техногенных взрывов (СЭТВ) в России. Являясь ведущим специалистом в системе СЭУ Минюста в области исследования причин пожаров и взрывов, руководил экспертными комиссиями по наиболее крупным делам о пожарах и взрывах, происшедших в стране на различных объектах Министерства обороны, промышленности, транспорта, сельского и коммунального хозяйства. В их числе экспертизы по пожарам в гостинице «Россия», Российском университете дружбы народов и на Останкинской телевизионной башне, а также взрывы на многих промышленных объектах и средствах транспорта (на НПО «Азот», Омском, Красноводском и Новоярославском НПЗ, ж/д станциях «Куровская», «Арзамас-2» и др.). Принимал участие в экспертизе по факту взрыва на атомном подводном крейсере «Курск». Автор более 160 научных статей в различных периодических изданиях страны и за рубежом по теоретическим, научно-методическим и организационным вопросам СПТЭ и СЭТВ, а также многим аспектам пожаровзрывобезопасности различных объектов, веществ и материалов, а также 8 книг. Имеет более 30 авторских свидетельств и патентов. Награжден государственными и ведомственными наградами, в том числе медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, «200 лет МВД», знаком МЧС «За заслуги». Отмечен серебряной медалью ВДНХ.

Связаться с автором статьи г-ном Таубкиным И.С. можно по адресу: igor-tau@mail.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. — М.: Нефть и газ, 2009. — 640 с.
2. Махлис Ф.А., Федюкин Д.А. Терминологический справочник по резине. — М.: Химия, 1989. — 400 с.
3. Рябцев Н.И., Кряжев Б.Г. Сжиженные углеводородные газы. — М.: Недра, 1977. — 270 с.
4. Гайстер Ю.С., Глодский Б.А. и др. Автомобильные газонаполнительные станции. — М.: Недра, 1989. — 128 с.
5. ГОСТ 18698-79. Рукава резиновые напорные с текстильным каркасом. Технические условия.
6. EN 1762. Rubber hoses and hose assemblies for liquefied petroleum gas, LPG (liquid or gaseous phase), and natural gas up to 25 bar (2,5 MPa) — Specification.
7. Маршалл В. Основные опасности химических производств. — М.: Мир, 1989. — 672 с.
8. Рябцев Н.И., Кряжев Б.Г. Сжиженные углеводородные газы. — М.: Недра, 1977. — 279 с.
9. Волков О.М., Проскураков Г.А. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. — М.: Недра, 1981. — 256 с.
10. Henry M.F. Handling gasoline vapor in Confined Spaces. "Fire Command", 1981, 48, №7, 16-17.
11. Баратов А.Н., Годжелло М.Г. Пожарная опасность производств, применяющих газы и жидкости. — М.: Минкоммунхоз РСФСР, 1961. — 83 с.
12. Горючие смазочные материалы. Энциклопедический толковый словарь справочник/Под ред. В.М. Школьников. — М.: ООО "Издательский центр "Техинформ" Международной Академии информатизации, 2010. — 756 с.
13. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения/Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. В 2-х т.-М.: Химия, 1990.
14. Таубкин И.С. Пожаровзрывобезопасность автомобильных сливно-наливных эстакад и экспертный анализ нормативно-технических документов, ее регламентирующих. — М.: РФЦСЭ при МЮ РФ, 1999. — 76 с.
15. Kennedy J., Kennedy P.M. Fire and Explosions Determining Cause and Origin. Investigation Institute. Chicago, 1985. — 1505с.
16. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
17. Таубкин И.С., Прохоров Д.В. Пожаровзрывоопасность и прочность баллонов с сжиженными углеводородными газами. Газовая промышленность, №12, 1995. — С.44-45.
18. Рубинштейн С.В., Щуркин Е.П. Газовые сети и оборудование для сжиженных газов. — Л.: Недра, 1991. — 252 с.
19. ГОСТ Р 52087-2003. Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия.
20. Брейман М.И. Инженерные решения по технике безопасности в пожаровзрывоопасных производствах. — М.: Химия, 1974. — 344 с.
21. Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. — М.: Химия, 1973.
22. ГОСТ 6581-75. Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний.
23. BGR 132. Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen. 2003. Deutschland.
24. Максимов Б.К., Обух А.А. Статическое электричество в промышленности и защита от него. — М.: Энергия, 1978. — 80 с.
25. NFPA 58. Liquefied Petroleum Gas Code, 2001, Edition 8.
26. ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
27. Инструкция по наливу, сливу и перевозке сжиженных углеводородных газов в железнодорожных вагонах-цистернах. Мингазпром СССР. — М.: НЕДРА, 1980.
28. ВПГБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности. — М.: ОАО ГАЗПРОМ, 1998.
29. ППБ-01-93. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
30. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. МЧС РФ.
31. ПБ 12-609-03. Правила безопасности для объектов, использующих отсжиженные углеводородные газы.
32. ВУП СНЭ-87. Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливно-наливных эстакад легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов. Миннефтехимпром.
33. ПБ 08-622-03. Правила безопасности для газоперерабатывающих заводов и производств.
34. ПБ 08-624-03. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности.
35. ОСТ 153-39.3-051-2003. Техническая эксплуатация газораспределительных систем. Основные положения. Газораспределительные сети и газовое оборудование зданий. Резервуарные и баллонные установки. Минэнерго РФ.
36. ОСТ 153-39.3-052-2003. Техническая эксплуатация газораспределительных систем. Газонаполнительные станции и пункты. Склады бытовых баллонов. Автозаправочные станции. Минэнерго РФ.
37. ПБ 12-527-03. Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа.
38. ПБ 12-368-00. Правила безопасности в газовом хозяйстве.
39. ПБ 09-566-03. Правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением.
40. Сливоналивные эстакады легковоспламеняющихся жидкостей и сжиженных углеводородных газов. Требования пожарной безопасности. Рекомендации. — М.: ФГУ ВНИИПО, 2007.
41. Попов Б.Г., Веревкин В.Н. и др. Статическое электричество в химической промышленности. — М.: Химия, 1977. — 240 с.
42. РД 39-22-113-78. Временные правила защиты от проявлений статического электричества на производственных установках и сооружениях нефтяной и газовой промышленности. Миннефтепром, Мингазпром, 1979.
43. Кряжев Б.Г., Маевский М.А. Техника безопасности при использовании сжиженных газов. — М.: Недра, 1975. — 277 с.
44. ГОСТ 10362-76. Рукава резиновые напорные с нитяным усилением, неармированные. Технические условия.
45. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
46. Корицкий Ю.В. Электротехнические материалы. — М.: Энергия, 1968. — 320 с.
47. Веревкин В.Н. Электрическая искробезопасность (ЭСИБ) предприятий по хранению и переработке зерна. — М.: ПБЧС ВИНТИ РАН, Вып. 8. 1996. — С. 41-66.