



---

## **Европейская экономическая комиссия**

### **Комитет по внутреннему транспорту**

#### **Всемирный форум для согласования правил в области транспортных средств**

##### **Рабочая группа по пассивной безопасности**

##### **Пятьдесят четвертая сессия**

Женева, 17–20 декабря 2013 года

Пункт 20 предварительной повестки дня

**Предложение по разработке новых правил,  
касающихся транспортных средств, работающих  
на водороде и топливных элементах**

### **Проект правил, касающихся транспортных средств, работающих на водороде и топливных элементах**

#### **Представлено экспертами от Европейской комиссии и Международной организации предприятий автомобильной промышленности\***

Воспроизведенный ниже текст был подготовлен совместно экспертами Европейской комиссии и Международной организации предприятий автомобильной промышленности (МОПАП), которые предлагают разработать новые Правила ООН, прилагаемые к Соглашению 1958 года, на основе Глобальных технических правил ООН (ГТП ООН), касающихся транспортных средств, работающих на водороде и топливных элементах (ECE/TRANS/180/Add.13), и принятых на тридцать восьмой сессии Исполнительного комитета Соглашения 1998 года (WP.29/AC.3) (ECE/TRANS/WP.29/1104, пункт 113). Пункты в частях 1 и 2 приложения 1 пронумерованы согласно соответствующим приложениям будущих Правил № 0, касающихся международной системы официального утверждения типа комплектного транспортного средства (МОУТКТС).

---

\* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2010–2014 годы (ECE/TRANS/208, пункт 106, и ECE/TRANS/2010/8, подпрограмма 02.4) Всемирный форум будет разрабатывать, согласовывать и обновлять правила в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.

**Единообразные предписания, касающиеся  
официального утверждения механических  
транспортных средств и их элементов оборудования  
в отношении связанных с обеспечением безопасности  
эксплуатационных характеристик транспортных  
средств, работающих на водороде**

## Содержание

	<i>Стр.</i>
1. Область применения .....	4
2. Определения .....	4
3. Заявка на официальное утверждение .....	8
4. Официальное утверждение .....	8
5. Часть I – Технические данные системы хранения сжатого водорода .....	9
6. Часть II – Технические данные конкретных элементов оборудования системы хранения сжатого водорода .....	17
7. Часть III – Технические данные топливной системы транспортного средства, включающей систему хранения сжатого водорода .....	18
8. Часть IV – Технические данные системы хранения сжиженного водорода (СХСЖВ) .....	22
9. Часть V – Технические данные конкретных элементов оборудования системы хранения сжиженного водорода (СХСЖВ) .....	26
10. Часть VI – Технические данные топливной системы транспортного средства, включающей СХСЖВ .....	27
11. Изменение типа и распространение официального утверждения .....	27
12. Соответствие производства .....	28
13. Санкции, налагаемые за несоответствие производства .....	29
14. Окончательное прекращение производства .....	29
15. Названия и адреса технических служб, уполномоченных проводить испытания для официального утверждения, и органов по официальному утверждению типа.....	29
16. Переходные положения.....	30
 Приложения	
1 Часть I Модель I – Информационный документ № ... , касающийся официального утверждения типа системы хранения водорода в отношении связанных с обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных средств, работающих на водороде.....	31

	Модель II – Информационный документ № ... , касающийся официального утверждения типа конкретного элемента оборудования системы хранения водорода в отношении связанных с обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных средств, работающих на водороде.....	34
	Модель III – Информационный документ № ... , касающийся официального утверждения типа транспортного средства в отношении связанных с обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных средств, работающих на водороде.....	38
	Часть 2 Сообщение .....	40
2	Схема знака официального утверждения.....	41
3	Процедуры испытаний системы хранения сжатого водорода .....	
4	Процедуры испытаний применительно к конкретным элементам оборудования системы хранения сжатого водорода .....	54
	Приложение 1 – Обзор испытаний УСДТ.....	66
	Приложение 2 – Обзор испытаний для проверки контрольных клапанов и запорных клапанов .....	67
5	Процедуры испытаний применительно к системе транспортного средства, включающей систему хранения сжатого водорода .....	68
6	Процедуры испытаний конструкции системы СХСЖВ на соответствие установленным требованиям .....	75
7	Процедуры испытаний применительно к конкретным элементам оборудования СХСЖВ .....	81
8	Процедуры испытаний применительно к системе транспортного средства, включающей СХСЖВ .....	85

## 1. Область применения

Настоящие Правила основаны на Глобальных технических правилах № 13. Вместе с тем, они не включают требования к электробезопасности, которые уже изложены в существующих Правилах № 12, 94, 95 и 100.

Настоящие Правила применяют в отношении следующего:

- 1.1 Часть I – Требования, предъявляемые к системам хранения компримированного водорода для транспортных средств, работающих на водороде, применительно к их связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам.
- 1.2 Часть II – Требования, предъявляемые к конкретным элементам оборудования систем хранения компримированного водорода для транспортных средств, работающих на водороде, применительно к их связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам.
- 1.3 Часть III – Требования, предъявляемые к работающим на водороде транспортным средствам [категорий М и N<sup>1</sup>], оснащенным системами хранения компримированного водорода, применительно к их связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам.
- 1.4 Часть IV – Требования, предъявляемые к системам хранения сжиженного водорода (СХСЖВ) для транспортных средств, работающих на водороде, применительно к их связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам.
- 1.5 Часть V – Требования, предъявляемые к конкретным элементам оборудования систем хранения сжиженного водорода (СХСЖВ) для транспортных средств, работающих на водороде, применительно к их связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам.
- 1.6 Часть VI – Требования, предъявляемые к работающим на водороде транспортным средствам [категорий М и N<sup>1</sup>], оснащенным системами хранения сжиженного водорода (СХСЖВ), применительно к их связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам.

## 2. Определения

Для целей настоящих Правил применяются следующие определения:

---

<sup>1</sup> В соответствии с определением в Сводной резолюции о конструкции транспортных средств (СР.3), документ ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, пункт 2. – [www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)

- 2.1 *"Разрывная мембрана"* означает рабочую часть одноразового использования устройства сброса давления, которая (при ее наличии) должна разрываться при заданном давлении и обеспечивать возможность дебита компримированного водорода.
- 2.2 *"Контрольный клапан"* означает обратный клапан, предотвращающий противоток в топливопроводе транспортного средства.
- 2.3 *"Система хранения компримированного водорода (СХКВ)"* означает систему, предназначенную для хранения водородного топлива на борту водородного транспортного средства, и состоит из резервуара под давлением, устройств для сброса давления (УСД) и запорного(ых) устройства(устройств), которые изолируют находящийся на борту водород от остальной топливной системы и окружающей среды.
- 2.4 *"Резервуар"* (для хранения водорода) означает элемент системы хранения водорода, в котором помещается исходный объем водородного топлива.
- 2.5 *"Дата снятия с эксплуатации"* означает календарную дату (месяц и год), указанную для выведения устройства из эксплуатации.
- 2.6 *"Дата изготовления"* (резервуара для компримированного водорода) означает календарную дату (месяц и год) проведения заводского испытания на соответствие давлению.
- 2.7 *"закрытые или полужакрытые кожухом пространства"* означают полости внутри транспортного средства (или прикрытые отверстия по обводу транспортного средства), не связанные с водородной топливной системой (система хранения, система топливных элементов и система регулирования подачи топлива) и ее корпусом (если таковой имеется), в которых может скапливаться водород (тем самым создавая опасность); такие пространства могут иметься в пассажирском салоне, багажном отделении, грузовом отделении и под капотом.
- 2.8 *"Точка выброса"* означает геометрический центр зоны, откуда происходит удаление продувочного газа топливных элементов из транспортного средства.
- 2.9 *"Система топливных элементов"* означает систему, включающую батарею(и) топливных элементов, систему обработки воздуха, систему регулирования расхода топлива, систему выпуска, систему регулирования температуры и систему регулирования подачи воды.
- 2.10 *"Заправочный блок"* элемент оборудования, к которому подсоединяется заправочный пистолет раздаточной колонки и через который топливо поступает в транспортное средство. Заправочный блок служит альтернативой топливоприемной горловины.
- 2.11 *"Концентрация водорода"* означает процентную долю молей (или молекул) водорода в водородно-воздушной смеси (эквивалентна парциальному объему газообразного водорода).
- 2.12 *"водородное транспортное средство"* означает любое автотранспортное средство, использующее компримированный газообразный или сжиженный водород в качестве топлива для приведения автомобиля в движение, включая транспортные средства как на топ-

ливных элементах, так и с двигателем внутреннего сгорания. Водородное топливо для пассажирского транспортного средства указано в ISO 14687-2 и SAE J2719.

- 2.13 *"Багажное отделение"* означает пространство в транспортном средстве, предназначенное для размещения багажа и/или вещей и ограниченное крышей, крышкой багажника, полом, боковыми стенками, которое отделено от пассажирского салона передней перегородкой или задней перегородкой.
- 2.14 *"Система хранения сжиженного водорода (СХСЖВ)"* означает резервуар(ы) для хранения сжиженного водорода, УСД, запорное устройство, систему испарения, соединительные патрубки (если таковые имеются) и арматуру между вышеуказанными элементами оборудования.
- 2.15 *"Изготовитель"* означает лицо или предприятие, отвечающее перед органом по официальному утверждению за все аспекты процесса официального утверждения типа и за обеспечение соответствия производства. Необязательно, чтобы это лицо или предприятие непосредственно участвовало во всех этапах создания транспортного средства, системы или элементов оборудования, подлежащего официальному утверждению.
- 2.16 *"Максимальное допустимое рабочее давление (МДРД)"* означает наибольшее манометрическое давление, при котором резервуар с топливом или система хранения может функционировать в обычных условиях эксплуатации.
- 2.17 *"Максимальное давление заправки (МДЗ)"* означает максимальное давление подачи компримированного топлива в систему при заправке. Максимальное давление заправки составляет 125% от номинального рабочего давления.
- 2.18 *"Номинальное рабочее давление (НРД)"* означает манометрическое давление, при котором обычно работает система. Для резервуаров с компримированным газообразным водородом НРД – это установленное давление компримированного газа при постоянной температуре 15 °С при полном резервуаре или заполненной системе хранения.
- 2.19 *"Устройство сброса давления (УСД)"* означает устройство, которое (при его активации в конкретных условиях функционирования) служит для стравливания водорода из находящейся под давлением системы, предотвращая тем самым выход ее из строя.
- 2.20 *"Разрыв"* и *"взрыв"* означают внезапное и резкое механическое разрушение, прободение или разлетание на куски под воздействием внутреннего давления.
- 2.21 *"Предохранительный клапан"* означает устройство сброса давления, которое открывается при заданном уровне давления и может возвращаться в исходное положение.
- 2.22 *"Срок службы"* (резервуара для компримированного водорода) означает период времени, на который разрешена эксплуатация (использование).

- 2.23 *"Запорный клапан"* означает клапан между резервуаром для хранения и топливной системой транспортного средства, который может срабатывать автоматически; штатный режим работы этого клапана, когда он не находится под напряжением, соответствует "закрытому" положению.
- 2.24 *"одиночный сбой"* означает разовую неисправность, включая любые обусловленные ею последующие нарушения.
- 2.25 *"Предохранительное устройство для сброса давления, срабатывающее под воздействием тепла (УСДТ)"* означает невозвратное УСД, которое срабатывает при повышении температуры и открывается для удаления газообразного водорода.
- 2.26 *"Тип системы хранения водорода"* означает совокупность элементов оборудования, которые существенно не отличаются в отношении таких важных аспектов, как:
- а) торговое наименование или товарный знак изготовителя;
  - б) состояние находящегося на борту водородного топлива: в виде компримированного или сжиженного газа;
  - в) номинальное рабочее давление (НРД);
  - г) структура, материалы, из которых изготовлен резервуар, его емкость и физические размеры; и
  - е) структура, материалы, из которых изготовлены УСДТ, контрольный клапан и запорный клапан, и их основные характеристики, если таковые имеются.
- 2.27 *"Тип конкретных элементов оборудования системы хранения водорода"* означает элемент оборудования или комплект элементов оборудования, которые существенно не отличаются в отношении таких важных аспектов, как:
- а) торговое наименование или товарный знак изготовителя;
  - б) состояние находящегося на борту водородного топлива: в виде компримированного или сжиженного газа;
  - в) вид элемента оборудования: УСД(Т), контрольный клапан или запорный клапан, и
  - г) структура, использованные для изготовления материалы и существенные характеристики.
- 2.28 *"Тип транспортного средства"* применительно к водородной безопасности означает транспортные средства, которые не отличаются в отношении таких важных аспектов, как:
- а) торговое наименование или товарный знак изготовителя; и
  - б) базовая конфигурация и основные характеристики топливной системы транспортного средства.
- 2.29 *"Топливная система транспортного средства"* означает комплект элементов оборудования, служащих для хранения водородного топлива или его подачи на топливный элемент (ТЭ) или в двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

### **3. Заявка на официальное утверждение**

- 3.1 Заявка на официальное утверждение типа транспортного средства или элемента оборудования применительно к связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам транспортных средств, работающих на водороде, представляется изготовителем либо его должным образом уполномоченным представителем.
- 3.2 К заявке прилагаются следующие документы и подробные данные:
- 3.2.1 Подробные описания типа транспортного средства или элемента оборудования применительно к связанным с обеспечением безопасности эксплуатационным характеристикам транспортных средств, работающих на водороде.
- 3.3 Достаточное количество транспортных средств и/или элементов оборудования, являющихся репрезентативными для типа, подлежащего официальному утверждению, передается технической службе, уполномоченной проводить испытания для официального утверждения.

### **4. Официальное утверждение**

- 4.1 Если тип транспортного средства или элемента оборудования, представленный на официальное утверждение в соответствии с настоящими Правилами, отвечает предписаниям соответствующей части настоящих Правил, то данный тип транспортного средства, системы или элемента оборудования считается официально утвержденным.
- 4.2 Каждому официально утвержденному типу присваивают номер официального утверждения: его первые две цифры (00 для Правил в первоначальном виде) указывают номер серии поправок, включающих самые последние значительные технические изменения, внесенные в Правила к моменту предоставления официального утверждения. Одна и та же Договаривающаяся сторона не должна присваивать этот номер другому типу транспортного средства или элемента оборудования.
- 4.3 Стороны Соглашения, применяющие настоящие Правила, уведомляются об официальном утверждении, распространении официального утверждения, отказе в официальном утверждении или отмене официального утверждения на основании настоящих Правил посредством карточки, соответствующей образцу, приведенному в части 2 приложения 1 к настоящим Правилам, фотографий и/или чертежей, представляемых подателем заявки на официальное утверждение, максимальным форматом А4 (210 x 297 мм) или форматом, кратным ему и в соответствующем масштабе.
- 4.4 На каждом транспортном средстве или элементе оборудования, соответствующем типу транспортного средства или элемента оборудования, официально утвержденному на основании настоящих Правил, в видимом и легко доступном месте проставляется между-



- народный знак официального утверждения, соответствующий образцам, приведенным в приложении 2, и состоящий из:
- 4.4.1 круга с проставленной в нем буквой "E", за которой следует отличительный номер страны, предоставившей официальное утверждение;
  - 4.4.2. номера настоящих Правил, за которым следуют буква "R", тире и номер официального утверждения, проставленных справа от круга, предписанного в пункте 4.4.1 выше.
  - 4.5 Если транспортное средство соответствует типу транспортного средства, официально утвержденному на основании других приложений к Соглашению Правил в той же стране, которая предоставила официальное утверждение на основании настоящих Правил, то обозначение, предусмотренное в пункте 4.4.1 выше, можно не повторять; в этом случае номера Правил и официального утверждения и дополнительные обозначения располагаются в вертикальных колонках, помещаемых справа от обозначения, предусмотренного в пункте 4.4.1 выше.
  - 4.6 Знак официального утверждения должен быть удобочитаемым и нестираемым.
  - 4.6.1 В случае транспортного средства знак официального утверждения помещается рядом с прикрепляемой изготовителем табличкой, на которой приведены характеристики транспортного средства, или проставляется на этой табличке.
  - 4.6.2 В случае системы хранения водорода транспортного средства знак официального утверждения помещается рядом с резервуаром или проставляется на нем.

## **5. Часть I – Технические данные системы хранения компримированного водорода**

В настоящей части оговорены требования к системе хранения компримированного водорода. Система хранения водорода состоит из резервуара для хранения высокого давления и первичных запорных устройств на входе в резервуар высокого давления. На рис. 1 показана типичная система хранения компримированного водорода, в которую входят резервуар под давлением, три запорных устройства и их арматура. К запорным устройствам относятся следующие устройства, которые могут быть объединены:

- a) УСДТ;
- b) контрольный клапан, предотвращающий проход водорода обратно в заправочный трубопровод; и
- c) автоматический запорный клапан, блокирующий подачу водородного топлива из резервуара на топливные элементы или в двигатель внутреннего сгорания. Любой запорный клапан, а также УСДТ, образующие первичный контур, предотвращающий утечку водорода из резервуара для хранения, монтируются непосредственно на каждом резервуаре или внутри него. Непосредственно на каждом резервуаре или внутри не-

го устанавливают по крайней мере одно устройство, выполняющее функцию контрольного клапана.

Рис. 1

### Типичная система хранения компримированного водорода



Все новые системы хранения компримированного водорода, предназначенные для использования на дорожных транспортных средствах, должны иметь НРД, составляющее 70 МПа или меньше, срок службы до 15 лет и удовлетворять требованиям пункта 5.

Система хранения водорода должна отвечать указанным в настоящем пункте требованиям в отношении эксплуатационных испытаний. К числу квалификационных требований для целей эксплуатации в дорожных условиях относятся:

- 5.1 Испытания для проверки базовых параметров
- 5.2 проверочное испытание на ресурс прочности (последовательные испытания под гидравлическим давлением);
- 5.3 проверочное испытание на ожидаемые эксплуатационные характеристики в дорожных условиях (последовательные испытания под пневматическим давлением);
- 5.4 проверочное испытание на окончательный выход системы из строя при возгорании;
- 5.5 проверочное испытание на ресурс прочности первичных запорных устройств.

Элементы испытаний для проверки этих эксплуатационных характеристик резюмируются в таблице 1. Соответствующие процедуры испытаний приведены в приложении 3.

Таблица 1

#### Обзор эксплуатационных характеристик

5.1	Испытания для проверки базовых параметров
5.1.1	Базовый показатель давления разрыва для новых резервуаров
5.1.2	Базовый показатель циклов изменения давления на протяжении срока службы для новых резервуаров

5.2	Проверочное испытание на ресурс прочности (последовательные испытания под гидравлическим давлением)
5.2.1	Испытание на соответствие давлению
5.2.2	Испытание на сбрасывание (ударную нагрузку)
5.2.3	Испытание на повреждение поверхности
5.2.4	Испытания на химическую стойкость и на циклическое изменение давления при температуре окружающей среды
5.2.5	Испытание статическим давлением при повышенной температуре
5.2.6	Испытание на циклическое изменение давления при экстремальных температурах
5.2.7	Испытание на соответствие остаточному давлению
5.2.8	Испытание для проверки остаточной прочности на разрыв
5.3	Проверочные испытания на ожидаемую эффективность в дорожных условиях (последовательные испытания под пневматическим давлением)
5.3.1	Испытание на соответствие давлению
5.3.2	Испытание (пневматическое) на циклическое изменение давления газа при температуре окружающей среды и при экстремальных температурах
5.3.3	Испытание (пневматическое) на утечку/просачивание газа при статическом давлении в условиях экстремальных температур
5.3.4	Испытание на соответствие остаточному давлению
5.3.5	Испытание для проверки остаточной прочности на разрыв (под гидравлическим давлением)
5.4	Проверочные испытания на окончательный выход системы из строя при возгорании
5.5	Требования в отношении первичных запорных устройств

5.1 Испытания для проверки базовых параметров

5.1.1 Базовый показатель давления разрыва для новых резервуаров

Три (3) резервуара подвергаются воздействию гидравлического давления до разрыва. Изготовитель предоставляет документацию (результаты измерений и статистические выкладки), позволяющую установить среднее давление разрыва новых резервуаров для хранения,  $VP_0$ .

Давление разрыва всех испытываемых резервуаров должно находиться в пределах  $\pm 10\%$   $VP_0$  и быть больше или равно минимальному давлению  $VP_{min}$ , составляющему 225% НРД.

Кроме того, в случае резервуаров, состоящих главным образом из композитных материалов на основе углеродного волокна, минимальное давление разрыва должно быть больше 350% НРД.

5.1.2 Базовый показатель циклов изменения давления на протяжении срока службы для новых резервуаров

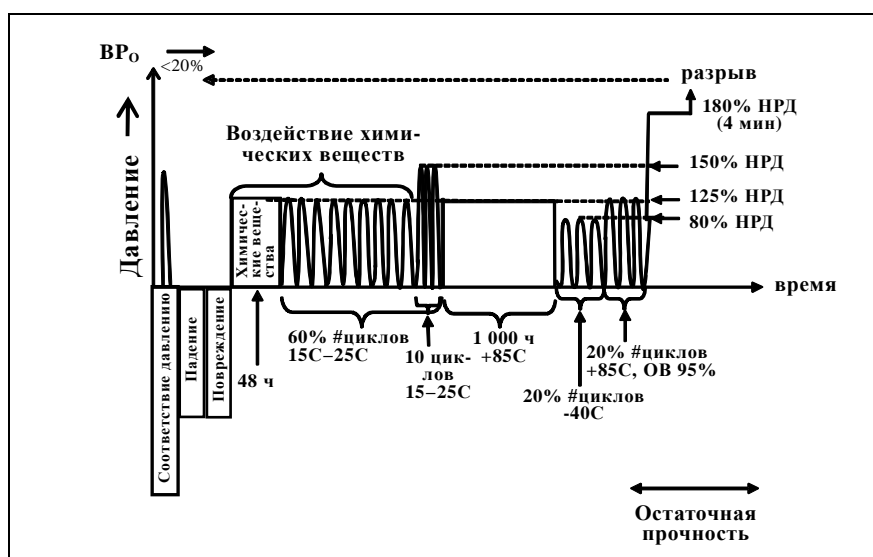
Три (3) новых резервуара подвергают циклическому изменению гидравлического давления при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С и 125% НРД без разрыва в течение 22 000 циклов или до появления утечки. Резервуар должен выдерживать без утечки 11 000 циклов из расчета 15-летнего срока службы.

## 5.2 Поверочные испытания на ресурс прочности (последовательные испытания под гидравлическим давлением)

Если результаты всех трех измерений показателя циклов изменения давления на протяжении срока службы, произведенных в соответствии с пунктом 5.1.2, превышают 11 000 циклов или если расхождение между ними составляет не более  $\pm 25\%$ , то тогда испытанию по пункту 5.1.2 подвергают только один (1) резервуар. В противном случае испытанию по пункту 5.2 подвергают три (3) резервуара.

Резервуар для хранения водорода не должен давать утечки на протяжении всей серии испытаний, которым последовательно подвергается отдельно взятая система и которые проиллюстрированы на рис. 2. Специфические особенности процедур испытаний применительно к системе хранения водорода приведены в пункте 3 приложения 3.

Рис. 2  
Проверочное испытание на ресурс прочности (под гидравлическим давлением)



### 5.2.1 Испытание на соответствие давлению

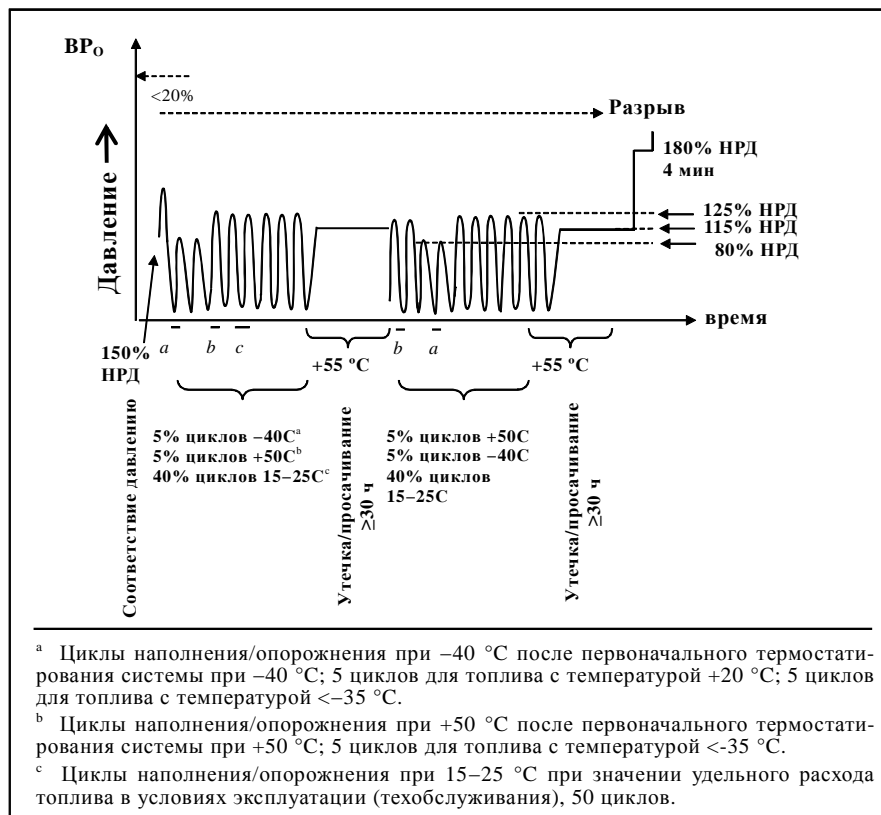
Резервуар для хранения накачивают до давления, соответствующего 150% НРД (+2/-0 МПа), и выдерживают в течение не менее 30 секунд (процедура испытания по пункту 3.1 приложения 3).

### 5.2.2 Испытание на сбрасывание (ударную нагрузку)

Резервуар для хранения сбрасывают с высоты под несколькими углами (процедура испытания по пункту 3.2 приложения 3).

- 5.2.3 Испытание на повреждение поверхности  
Резервуар для хранения подвергают испытанию на повреждение поверхности (процедура испытания по пункту 3.3 приложения 3).
- 5.2.4 Испытание на химическую стойкость и на циклическое изменение давления при температуре окружающей среды  
Резервуар для хранения подвергают воздействию химических веществ, с которыми возможен контакт в условиях дорожного движения, и давлению, соответствующему 125% НРД (+2/-0 МПа), при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С для 60% от общего числа циклов изменения давления (процедура испытания по пункту 3.4 приложения 3). Испытание на химическую стойкость прекращают до начала последних 10 циклов, которые проводят при давлении, соответствующем 150% НРД (+2/-0 МПа).
- 5.2.5 Испытание статическим давлением при повышенной температуре  
Резервуар для хранения накачивают до давления, соответствующего 120% НРД (+2/-0 МПа), и выдерживают при температуре  $\geq 85$  °С в течение не менее 1 000 секунд (процедура испытания по пункту 3.5 приложения 3).
- 5.2.6 Испытание на циклическое изменение давления при экстремальных температурах  
Резервуар для хранения подвергают циклическому изменению давления при температуре  $\leq -40$  °С и 80% НРД (+2/-0 МПа) для 20% от общего числа циклов и при температуре  $\geq +85$  °С и относительной влажности 95 ( $\pm 2$ )% при 125% НРД (+2/-0 МПа) для 20% от общего числа циклов (процедура испытания по пункту 2.2 приложения 3).
- 5.2.7 Гидравлическое испытание остаточным давлением. Резервуар для хранения накачивают до давления, соответствующего 180% НРД (+2/-0 МПа), и выдерживают в течение не менее 4 мин., причем резервуар не должен давать разрыва (процедура испытания по пункту 3.1 приложения 3).
- 5.2.8 Испытание для проверки остаточной прочности на разрыв  
Резервуар для хранения подвергают гидравлическому испытанию на разрыв с целью удостовериться, что давление разрыва составляет не менее 80% от базового показателя давления разрыва для новых резервуаров (ВР<sub>0</sub>), определенного в пункте 5.1.1 (процедура испытания по пункту 2.1 приложения 3).
- 5.3 Проверочное испытание на ожидаемые эксплуатационные характеристики в дорожных условиях (последовательные испытания под пневматическим давлением)  
Система хранения водорода не должна давать утечки после проведения серии испытаний, показанной на рис. 3. Специфические особенности процедур испытаний применительно к системе хранения водорода приведены в приложении 3.

Рис. 3  
**Проверочные испытания на ожидаемые эксплуатационные характеристики в дорожных условиях (под пневматическим/гидравлическим давлением)**



### 5.3.1 Испытание на соответствие давлению

Резервуар для хранения накачивают до давления, соответствующего 150% НРД ( $+2/-0$  МПа), и выдерживают в течение не менее 30 секунд (процедура испытания по пункту 3.1 приложения 3). Резервуар для хранения, прошедший испытание на соответствие давлению на стадии изготовления, освобождается от данного испытания.

### 5.3.2 Испытание на циклическое изменение давления газа при температуре окружающей среды и при экстремальных температурах

Систему подвергают испытанию на циклическое изменение давления с помощью газообразного водорода в течение 500 циклов (процедура испытания по пункту 4.1 приложения 3).

- Циклы изменения давления подразделяются на две группы: половину циклов (250) проводят до воздействия статическим давлением (пункт 5.3.3), а остальную половину циклов (250) проводят после первоначального воздействия статическим давлением (пункт 5.3.3), как показано на рис. 3.
- Применительно к первой группе циклов изменения давления: проводят 25 циклов при 80% НРД ( $+2/-0$  МПа) и температуре  $\leq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , затем 25 циклов при 125% НРД ( $+2/-0$  МПа), тем-

пературе  $\geq +50$  °С и относительной влажности 95 ( $\pm 2$ )%, остальные 200 циклов при 125% НРД (+2/-0 МПа) и температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С.

Применительно ко второй группе циклов изменения давления: проводят 25 циклов при 125% НРД, температуре  $\geq +50$  °С и относительной влажности 95%, затем 25 циклов при 80% НРД и температуре  $\leq -40$  °С, а остальные 200 циклов при 125% НРД и температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С.

- c) Температура газообразного водородного топлива составляет  $\leq -40$  °С.
- d) В случае первой группы из 250 циклов изменения давления 5 циклов проводят при температуре топлива +20 ( $\pm 5$ ) °С после термостатирования системы в условиях температуры  $\leq -40$  °С; 5 циклов проводят при температуре топлива  $\leq -40$  °С; и 5 циклов – с использованием топлива, имеющего температуру  $\leq -40$  °С, после термостатирования системы при  $\geq 50$  °С и относительной влажности 95%.
- e) 50 циклов изменения давления проводят при скорости опорожнения, равной скорости опорожнения в условиях технического обслуживания или превышающей ее.

### 5.3.3 Испытание на утечку/просачивание газа при статическом давлении в условиях экстремальных температур.

- a) Испытание проводят после отработки каждой группы из 250 циклов изменения пневматического давления по пункту 5.3.2.
- b) Предельно допустимый расход водорода из системы хранения компримированного водорода составляет 46 мл/ч на литр емкости системы хранения (процедура испытания по пункту 4.2 приложения 3).
- c) Если измеренная скорость просачивания составляет более 0,005 мг/с (3,6 Нмл/мин), то проводят испытание на локальную утечку с целью удостовериться в том, что ни в одной точке локальная внешняя утечка не превышает 0,005 мг/с (3,6 Нмл/мин) (процедура испытания по пункту 4.3 приложения 3).

### 5.3.4 Испытание (гидравлическое) на соответствие остаточному давлению

Резервуар для хранения накачивают до давления, соответствующего 180% НРД (+2/-0 МПа), и выдерживают в течение не менее 4 мин., причем резервуар не должен давать разрыва (процедура испытания по пункту 3.1 приложения 3).

### 5.3.5 Испытание для проверки остаточной прочности на разрыв (под гидравлическим давлением)

Резервуар для хранения подвергают гидравлическому испытанию на разрыв с целью удостовериться, что давление разрыва соответствует базовому показателю давления разрыва, определенному в

пункте 5.1.1,  $\pm 20\%$  (процедура испытания по пункту 2.1 приложения 3).

5.4 Проверочные испытания на окончательный выход системы из строя при возгорании

В настоящем разделе описывается испытание на огнестойкость с использованием сжатого водорода в качестве испытательного газа. В качестве альтернативного испытательного газа может быть использован сжатый воздух.

Систему хранения водорода подвергают давлению, соответствующему НРД, и воздействию огня (процедура испытания по пункту 5.1 приложения 3). Предохранительное устройство для сброса давления, срабатывающее под воздействием тепла, должно обеспечивать контролируемое стравливание газов из резервуара без его разрыва.

5.5 Требования в отношении первичных запорных устройств

Первичные запорные устройства, обеспечивающие герметизацию системы хранения водорода под высоким давлением, а именно УСДТ, контрольный клапан, запорный клапан, показанные на рис. 1, должны соответствовать одному из следующих требований:

- a) указанные запорные устройства должны быть проверены и утверждены по типу в соответствии с частью II настоящих Правил и произведены в соответствии с утвержденным типом, [или
- b) изготовитель системы хранения сжатого водорода должен продемонстрировать, что первичные запорные устройства соответствуют требованиям части II настоящих Правил.]

Повторное испытание системы хранения не требуется, если эти запорные устройства заменяются на эквивалентные запорные устройства, выполняющие аналогичную функцию, снабженные аналогичной арматурой, изготовленные из сопоставимых материалов, обеспечивающие сопоставимую прочность и имеющие сопоставимые размеры, а также удовлетворяющие [одному из условий,] условиям, изложенным [изложенных] выше. Однако при изменении технических параметров УСДТ, места его установки или продувочных магистралей проводят новое испытание на огнестойкость в соответствии с пунктом 5.4.

5.6 Маркировка

На каждом резервуаре прочно крепится табличка с указанием по крайней мере следующей информации: наименование изготовителя, серийный номер, дата изготовления, НРД, тип топлива (т.е. "ГН<sub>2</sub>" для газообразного водорода или "ЖН<sub>2</sub>" для жидкого водорода) и дата снятия с эксплуатации. На каждом резервуаре также проставляют число циклов изменения давления, установленных для серии испытаний, проведенных по пункту 5.1.2. Любая табличка, которая крепится на резервуаре в соответствии с положениями настоящего раздела, должна оставаться на своем месте, а надпись



на ней должна быть удобочитаемой на протяжении всего рекомендуемого изготовителем срока службы резервуара.

Дата снятия с эксплуатации не должна превышать 15 лет, считая с даты изготовления.

## **6. Часть I – Технические данные конкретных элементов оборудования системы хранения компримированного водорода**

### **6.1 Требования к УСДТ**

УСДТ должны отвечать следующим требованиям в отношении эксплуатационных характеристик:

- a) испытание на циклическое изменение давления (пункт 1.1 приложения 4);
- c) ускоренное испытание на долговечность (пункт 1.2 приложения 4);
- d) испытание на циклическое воздействие температуры (пункт 1.3 приложения 4);
- e) испытание на стойкость к солевой коррозии (пункт 1.4 приложения 4);
- f) испытание на воздействие жидкостей, используемых в транспортном средстве (пункт 1.5 приложения 4);
- g) испытание на коррозионное растрескивание (пункт 1.6 приложения 4);
- h) испытание на сбрасывание и виброустойчивость (пункт 1.7 приложения 4);
- i) испытание на герметичность (пункт 1.8 приложения 4);
- j) стендовое испытание на срабатывание (пункт 1.9 приложения 4);
- k) испытание на расход (пункт 1.10 приложения 4).

### **6.2 Требования к контрольному клапану и автоматическому запорному клапану**

Контрольные клапаны и автоматические запорные клапаны должны отвечать следующим требованиям в отношении эксплуатационных характеристик:

- a) гидростатическое испытание на прочность (пункт 2.1 приложения 4);
- b) испытание на герметичность (пункт 2.2 приложения 4);
- c) испытание на циклическое изменение давления при экстремальных температурах (пункт 2.3 приложения 4);
- d) испытание на стойкость к солевой коррозии (пункт 2.4 приложения 4);

- e) испытание на воздействие жидкостей, используемых в транспортном средстве (пункт 2.5 приложения 4);
- f) испытание на воздействие атмосферных условий (пункт 2.6 приложения 4);
- g) электрические испытания (пункт 2.7 приложения 4);
- h) испытание на виброустойчивость (пункт 2.8 приложения 4);
- i) испытание на коррозионное растрескивание (пункт 2.9 приложения 4);
- j) испытание на воздействие предварительно охлажденным водородом (пункт 2.10 приложения 4).

## **7. Часть III – Технические данные топливной системы транспортного средства, включающей систему хранения компримированного водорода**

В настоящей части оговорены требования в отношении топливной системы транспортного средства, в которую входят система хранения компримированного водорода, трубопроводы, соединения и элементы оборудования, контактирующие с водородом.

- 7.1 Эксплуатационные требования к топливной системе
  - 7.1.1 Заправочный блок
    - 7.1.1.1 Блок заправки компримированным водородом должен предотвращать противоток топлива и его утечку в атмосферу. Процедура испытания предполагает визуальный осмотр.
    - 7.1.1.2 Маркировка заправочного блока. Вблизи заправочного блока, например с внутренней стороны наливной горловины, прикрепляют наклейку с указанием следующей информации: тип топлива (т.е. "ГН2" для газообразного водорода или "ЖН2" для жидкого водорода), НРД и дата снятия резервуаров с эксплуатации.
    - 7.1.1.3 Заправочный блок монтируют на транспортном средстве таким образом, чтобы обеспечивалась принудительная блокировка заправочного пистолета. Блок должен быть защищен от всякого несанкционированного манипулирования, а также от попадания пыли и влаги (например, за счет установки в запирающемся отсеке). Процедура испытания предполагает визуальный осмотр.
    - 7.1.1.4 Заправочный блок не должен монтироваться в зоне расположения внешних энергопоглощающих элементов транспортного средства (в частности, бампера) и не должен устанавливаться в пассажирском салоне, багажном отделении и других местах, где может скапливаться водород и где отсутствует достаточная вентиляция. Процедура испытания предполагает визуальный осмотр.
  - 7.1.2 Защита систем низкого давления от избыточного давления (процедура испытания по пункту 6 приложения 5)

На выходе регулятора давления система хранения водорода должна быть защищена от избыточного давления, обусловленного возможным выходом регулятора из строя. Давление, на которое отрегулировано устройство защиты от избыточного давления, не должно превышать максимально допустимое рабочее давление соответствующего узла системы хранения водорода.

7.1.3 Системы стравливания водорода

7.1.3.1 Система сброса давления (процедура испытания по пункту 6 приложения 5)

- a) УСДТ системы хранения. Выходное отверстие вытяжного трубопровода, если таковой имеется, для стравливания газообразного водорода из системы хранения через УСДТ и/или УСД должно быть снабжено защитным колпачком.
- b) УСДТ системы хранения. Газообразный водород, выводимый из системы хранения через УСДТ, не должен стравливаться:
  - i) в закрытые или полузакрытые кожухом пространства;
  - ii) внутрь или в направлении любых надколесных дуг транспортного средства;
  - iii) в направлении резервуаров с газообразным водородом;
  - iv) вперед по ходу движения транспортного средства либо в горизонтальной плоскости (параллельно дороге) сзади или с боков транспортного средства.
- c) Снаружи системы хранения водорода могут использоваться другие предохранительные устройства для сброса давления (например разрывная мембрана). Газообразный водород, выводимый из системы через другие устройства для сброса давления, не должен стравливаться:
  - i) в направлении оголенных электрических клемм, незащищенных электропереключателей или других источников воспламенения;
  - ii) внутрь или в направлении пассажирского салона или багажного отделения транспортного средства;
  - iii) внутрь или в направлении любых надколесных дуг транспортного средства;
  - iv) в направлении резервуаров с газообразным водородом.

7.1.3.2 Система выпуска транспортного средства (процедура испытания по пункту 4 приложения 5)

На выходе из системы выпуска транспортного средства уровень концентрации водорода:

- a) в среднем не должен превышать 4% по объему за любой 3-секундный отрезок времени движения в обычных условиях эксплуатации, включая момент запуска и остановки двигателя; и
- b) в любое время не должен превышать 8% (процедура испытания по пункту 4 приложения 5).

- 7.1.4 Защита от условий, чреватых опасностью воспламенения: единичная неисправность
- 7.1.4.1 При утечке и/или просачивании водорода из системы хранения водорода он не должен поступать непосредственно в пассажирский салон или в багажное отделение либо в любые закрытые или полужакрытые кожухом пространства внутри транспортного средства, где имеются незащищенные источники воспламенения.
- 7.1.4.2 Любой единичный сбой на выходе основного запорного клапана не должен приводить к повышению уровня концентрации водорода в воздухе в каком-либо месте пассажирского салона (процедура испытания по пункту 3.2 приложения 5).
- 7.1.4.3 Если в процессе эксплуатации происходит единичный сбой, в результате которого объемная концентрация водорода в воздухе в закрытых или полужакрытых кожухом пространствах внутри транспортного средства превышает 3,0%, то в этом случае предусматривается подача предупреждающего сигнала (пункт 7.1.6). Если же объемная концентрация водорода в воздухе в закрытых или полужакрытых кожухом пространствах внутри транспортного средства превышает 4,0%, то в этом случае должен срабатывать основной запорный клапан, полностью перекрывая систему хранения (процедура испытания по пункту 3 приложения 5).
- 7.1.5 Утечка в топливной системе
- Заправочный трубопровод (например трубопроводы, соединения и т.д.) не должны давать утечки на выходе основного(ых) запорного(ых) клапана(ов) в систему топливных элементов или двигатель. Соответствие этому требованию проверяют при НРД (процедура испытания по пункту 5 приложения 5).
- 7.1.6 Контрольный сигнал предупреждения водителя
- Предупреждение подается при помощи визуального сигнала или текстового сообщения. Контрольный сигнал должен отвечать следующим требованиям:
- а) быть видимым для водителя, находящегося на предусмотренном водительском сиденье с пристегнутым ремнем безопасности;
  - б) загораться желтым цветом при выявлении сбоев в работе системы (например при автоматическом отключении, коротком замыкании, неисправности датчика) и красным – в случаях, подпадающих под требования пункта 7.1.4.3 настоящего раздела;
  - в) в зажженном состоянии быть видимым для водителя в условиях вождения как в дневное, так и ночное время;
  - д) продолжать гореть, пока сохраняется 3,0-процентная концентрация или выявление сбоя в системе и система блокировки зажигания приведена в положение "включено" либо пока работает тяговая установка.

## 7.2 Целостность топливной системы после столкновения

Топливная система транспортного средства должна соответствовать следующим требованиям после краш-тестов согласно указанным ниже Правилам при одновременном применении также методов испытаний, предписанных в приложении 5 к настоящим Правилам.

- a) Испытание на лобовой удар согласно Правилам № 12 либо Правилам № 94; и
- b) Испытание на боковой удар согласно Правилам № 95.

В случае, если один или оба указанных выше краш-теста не применимы к транспортному средству, топливная система данного транспортного средства вместо этого подвергается соответствующим альтернативным испытаниям на ускорение, изложенным ниже. Топливную систему транспортного средства устанавливают и закрепляют на предназначенной для этого части данного транспортного средства. Ее масса должна соответствовать массе полностью оборудованного и заполненного отдельного резервуара или резервуара в сборе.

Для транспортных средств категорий M<sub>1</sub> и N<sub>1</sub>:

- a) 20 g по направлению движения;
- b) 8 g по горизонтали, перпендикулярной направлению движения.

Для транспортных средств категорий M<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>:

- a) 10 g по направлению движения;
- b) 5 g по горизонтали, перпендикулярной направлению движения.

Для транспортных средств категорий M<sub>3</sub> и N<sub>3</sub>:

- a) 6,6 g по направлению движения;
- b) 5 g по горизонтали, перпендикулярной направлению движения.

### 7.2.1 Предельные уровни утечки топлива

В течение интервала времени  $\Delta t$  объемный расход газообразного водорода при его утечке в среднем не должен превышать 118 Нл в минуту, как это определено в соответствии с пунктами 1.1 или 1.2 приложения 5.

### 7.2.2 Предельная концентрация в закрытых кожухом пространствах

Утечка газообразного водорода не должна приводить к тому, чтобы объемная концентрация водорода в воздухе в пассажирском салоне и багажном отделениях превышала 4,0% (процедуры испытания по пункту 2 приложения 5). Выполнение данного требования подтверждается в случае срабатывания запорного клапана системы хранения в течение 5 секунд после столкновения и при отсутствии утечки из системы хранения.

## 7.2.3 Смещение резервуара

Резервуар(ы) для хранения должен (должны) продолжать оставаться закрепленным(и) на транспортном средстве как минимум в одной точке крепления.

## 8. Часть IV – Технические данные системы хранения сжиженного водорода (СХСЖВ)

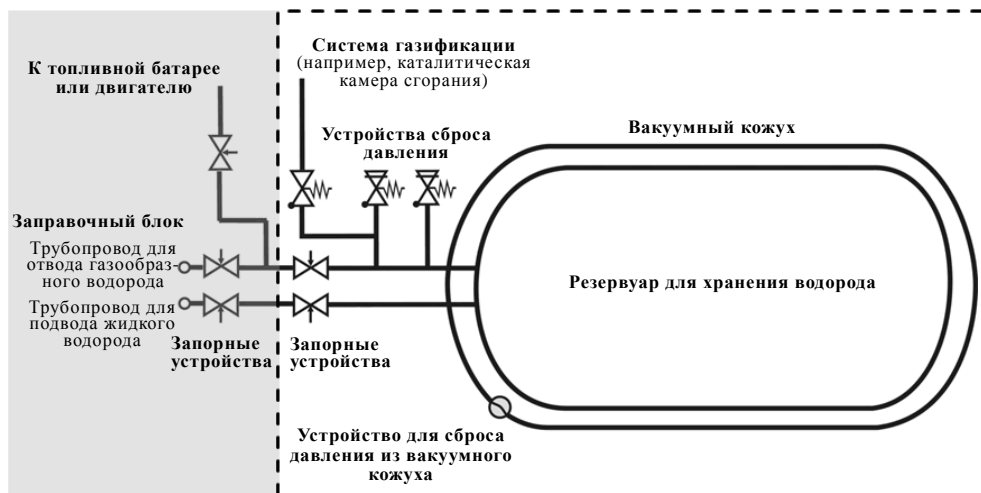
В настоящей части оговорены требования в отношении системы хранения сжиженного водорода.

Внешние контуры СХСЖВ определяются стыковочными блоками, которые позволяют изолировать хранящийся сжиженный (и/или газообразный) водород от остальной части топливной системы и окружающей среды. Все элементы оборудования, размещенные в пределах этого контура, должны соответствовать требованиям, указанным в настоящем пункте. Типичная СХСЖВ показана на рис. 4. Запорные устройства должны выполнять функции следующих устройств, которые могут быть объединены:

- резервуар для хранения сжиженного водорода;
- автоматическое запорное устройство;
- система газификации;
- устройство сброса давления (УСД).

Рис. 4

Схема типичной системы хранения сжиженного газа



Изготовитель указывает максимально допустимое рабочее давление (МДРД).

Элементы испытаний для проверки этих эксплуатационных характеристик резюмированы в таблице 2.

Таблица 2

**Обзор требований к эксплуатационным характеристикам**

<b>Пункт 8.1 Проверка базовых параметров</b>	
8.1.1	Испытание на соответствие давлению
8.1.2	Базовый показатель давления разрыва для новых резервуаров; испытание проводят на внутреннем корпусе резервуара
8.1.3	Базовый показатель циклов изменения давления на протяжении срока службы
<b>Пункт 8.2 Проверка ожидаемых эксплуатационных характеристик в дорожных условиях</b>	
8.2.1	Утечка паров
8.2.2	Герметичность
8.2.3	Потеря вакуума
<b>Пункт 8.3 Проверка на окончательный выход системы из строя: общее или локализованное испытание на огнестойкость</b>	
<b>Пункт 8.2.4 Требования к устройствам сброса давления и запорным устройствам</b>	

8.1	Проверка базовых параметров
8.1.1	Испытание на соответствие давлению  Систему накачивают до давления, соответствующего $p_{test} \geq 1,3$ (МДРД $\pm 0,1$ МПа), в соответствии с процедурой испытания по пункту 1.1 приложения 6, при этом не должно наблюдаться следов видимой деформации, снижения уровня давления в резервуаре или явной утечки.
8.1.2	Базовый показатель давления разрыва для новых резервуаров  Испытание на разрыв проводят в соответствии с процедурой по пункту 1.2 приложения 6 на одном образце внутреннего корпуса резервуара, не встроенного в наружный кожух и не снабженного изоляцией.  Давление разрыва должно по меньшей мере равняться значению давления разрыва, используемому при механических расчетах. Для стальных резервуаров оно соответствует либо:  а) максимально допустимому рабочему давлению (МДРД) (в МПа) плюс 0,1 МПа, помноженному на 3,25;  либо  б) максимально допустимому рабочему давлению (МДРД) (в МПа) плюс 0,1 МПа, помноженному на 1,5 и на $R_m/R_p$ , где $R_m$ – минимальный предел прочности материала на растяжение, а $R_p$ (минимальная прочность на разрыв) составляет 1,0 для аустенитных сталей и 0,2 для прочих сталей.

### 8.1.3 Базовый показатель циклов изменения давления на протяжении срока службы

В случае использования металлических резервуаров и/или металлических вакуумных кожухов изготовитель либо представляет данные расчетов с целью продемонстрировать, что конструкция резервуара отвечает требованиям действующего регионального законодательства или принятых стандартов (например, в Соединенных Штатах это норматив Американского общества инженеров-механиков (ASME) "Кодекс по эксплуатации нагревательных установок и емкостей высокого давления", в Европе – стандарты EN 1251-1 и EN 1251-2, а во всех других странах – применимые правила в отношении конструкции металлических резервуаров, работающих под давлением), либо определяет и проводит надлежащие испытания (в том числе по пункту 1.3 приложения 6), подтверждающие аналогичный по сравнению с конструкцией, подкрепленной соответствующими расчетами на базе принятых стандартов, уровень безопасности.

В случае неметаллических резервуаров и/или вакуумных кожухов изготовитель, в дополнение к испытаниям по пункту 1.3 приложения 6, должен предусмотреть надлежащие испытания для подтверждения аналогичного по сравнению с металлическими резервуарами уровня безопасности.

## 8.2 Проверка ожидаемых эксплуатационных характеристик в дорожных условиях

### 8.2.1 Утечка паров

Испытание на утечку паров проводят на системе хранения сжиженного водорода, оснащенной всеми элементами оборудования, указанными в пункте 8. (Рис. 4). Испытание проводят на системе, заполненной сжиженным водородом, в соответствии с процедурой по пункту 2.1 приложения 6; испытание имеет целью продемонстрировать, что система газификации обеспечивает ограничение по давлению во внутреннем корпусе резервуара для хранения на уровне ниже максимально допустимого рабочего давления.

### 8.2.2 Герметичность

После испытания на утечку паров по пункту 2.1 приложения 6 давление в системе поддерживают на уровне давления вскипания и измеряют суммарный расход в результате утечки в соответствии с процедурой по пункту 2.2 приложения 6. Предельно допустимый расход из системы хранения водорода составляет  $R \cdot 150$  Нмл/мин,

где  $R = (V_{width}+1) \cdot (V_{height}+0,5) \cdot (V_{length}+1) / 30,4$  м<sup>3</sup>, а  $V_{width}$ ,  $V_{height}$  и  $V_{length}$  – соответственно ширина, высота и длина транспортного средства в метрах.

### 8.2.3 Потеря вакуума

Испытание на потерю вакуума проводят на системе хранения сжиженного водорода, оснащенной всеми элементами оборудования, указанными в пункте 8. (Рис. 4). Испытание проводят на системе, заполненной сжиженным водородом, в соответствии с процедурой по пункту 2.3 приложения 6; испытание имеет целью продемонст-



рировать, что как первичные, так и вторичные предохранительные устройства сброса давления в случае потери вакуума обеспечивают ограничение по давлению до значений, указанных в пункте 2.3 приложения 6.

- 8.3 Проверка на окончательный выход системы из строя:  
Изготовитель может выбрать одно из условий испытаний, изложенных в пункте 8.3.1 или 8.3.2.
- 8.3.1 Испытание на огнестойкость  
Функционирование устройств сброса давления и отсутствие разрыва при нижеследующих условиях, предполагающих окончательный выход системы из строя, должны быть продемонстрированы в соответствии с процедурами испытаний по пункту 3 приложения 6.  
Систему хранения водорода заполняют жидкостью до половины максимального уровня заполнения и подвергают воздействию пламени в соответствии с процедурой испытания по пункту 3 приложения 6. Предохранительное(ые) устройство(а) для сброса давления должно (должны) обеспечивать контролируемое стравливание газов из резервуара без его разрыва.  
В случае стальных резервуаров испытание считается успешно завершенным при выполнении требований в отношении указанных в пункте 3 приложения 6 пределов давления для предохранительных устройств сброса давления. В случае резервуаров, изготовленных из других материалов, должен быть продемонстрирован эквивалентный уровень безопасности.
- 8.3.2 Локализованное испытание на огнестойкость  
Испытание проводят в соответствии с пунктом 5.4.
- 8.4 Требования к устройствам сброса давления и запорным устройствам  
Устройство сброса давления и запорное устройство, как показано на рис 4, должны соответствовать одному из следующих требований:
- a) тип этих устройств должен быть официально утвержден в соответствии с частью V настоящих Правил, при этом они должны быть произведены в соответствии с утвержденным типом, [или
  - b) производитель системы хранения сжиженного водорода должен обеспечить соответствие этих устройств требованиям части V настоящих Правил.]
- Повторного освидетельствования системы хранения не требуется, если запорные устройства заменяют на эквивалентные элементы оборудования, выполняющие аналогичную функцию, снабженные аналогичной арматурой, изготовленные из аналогичных материалов и имеющие сопоставимые прочность и размеры, а также удовлетворяющие [одному из] указанным [указанных] выше условиям [условий]. Вместе с тем, изменение оборудования УСД, места его установки или продувочных магистралей требует проведения нового испытания на огнестойкость в соответствии с пунктом 8.3.

- 8.5 Маркировка
- На каждом резервуаре прочно крепится табличка с указанием по крайней мере следующей информации: наименование изготовителя, серийный номер, дата изготовления, НРД, тип топлива (т.е. "ГН2" для газообразного водорода или "ЖН2" для жидкого водорода).

## 9. **Часть V – Технические данные конкретных элементов оборудования системы хранения сжиженного водорода (СХСЖВ)**

- 9.1 Квалификационные требования, предъявляемые к устройствам для сброса давления

Устройство сброса давления должно отвечать требованиям к эксплуатационным характеристикам, предъявляемым следующими квалификационными испытаниями:

- a) испытание на соответствие давлению (процедура испытания по пункту 1 приложения 7);
- b) испытание на внешнюю утечку (процедура испытания по пункту 2 приложения 7);
- c) испытание в рабочих условиях (процедура испытания по пункту 4 приложения 7);
- d) испытание на стойкость к коррозии (процедура испытания по пункту 5 приложения 7);
- e) испытание на термоциклирование (процедура испытания по пункту 8 приложения 7).

- 9.2 Квалификационные требования, предъявляемые к запорным устройствам

Запорное устройство должно отвечать требованиям к эксплуатационным характеристикам, предъявляемым следующими квалификационными испытаниями:

- a) испытание на соответствие давлению (процедура испытания по пункту 1 приложения 7);
- b) испытание на внешнюю утечку (процедура испытания по пункту 2 приложения 7);
- c) испытание на износостойчивость (процедура испытания по пункту 3 приложения 7);
- d) испытание на стойкость к коррозии (процедура испытания по пункту 5 приложения 7);
- e) испытание на теплостойкость (процедура испытания по пункту 6 приложения 7).
- f) испытание на стойкость к действию озона (процедура испытания по пункту 7 приложения 7);

- g) испытание на термоциклирование (процедура испытания по пункту 8 приложения 7).
- h) испытание гибкого топливопровода на циклическое изменение давления (процедура испытания по пункту 9 приложения 7).

## **10. Часть VI – Технические данные топливной системы транспортного средства, включающей СХСжВ**

### **10.3 Целостность топливной системы СХСжВ**

В настоящей части оговорены требования в отношении целостности системы подачи водородного топлива, в которую входят система хранения сжиженного водорода, трубопроводы, соединения и элементы оборудования, контактирующие с водородом. Эти требования дополняют требования, указанные в пунктах 7.1 и 7.2; все они применяются к транспортным средствам с системами хранения сжиженного водорода, за исключением требований по пункту 7.1.1.1. На наклейке, помещаемой вблизи заправочного блока, в качестве типа топлива указывают сжиженный водород. Процедуры испытаний приведены в приложении 8.

10.3.1 Используемые в транспортном средстве легковоспламеняющиеся материалы должны быть защищены от конденсата, который может образовываться на элементах топливной системы.

10.3.2 Если не предусмотрена система сбора и испарения сжиженного воздуха, то изоляция элементов оборудования должна предотвращать сжижение воздуха, вступающего в контакт с наружными поверхностями. Материалы, из которых изготовлены прилегающие элементы оборудования, должны быть совместимы с насыщенной кислородом газовой средой.

## **11. Изменение типа и распространение официального утверждения**

11.1 Каждое изменение существующего типа транспортного средства, системы хранения водорода или конкретного элемента оборудования системы хранения водорода доводится до сведения органа по официальному утверждению, который официально утвердил данный тип. В таком случае этот орган по официальному утверждению либо:

- a) решает, по консультации с изготовителем, что новое официальное утверждение типа должно быть предоставлено, либо
- b) применяет процедуру, содержащуюся в пункте 11.1.1 (Пересмотр), и, если это применимо, процедуру, содержащуюся в пункте 11.1.2 (Распространение).

- 11.1.1 **Пересмотр**
- Если сведения, зарегистрированные в информационных документах, предусмотренных в приложении 1, изменились и орган по официальному утверждению типа считает, что внесенные изменения не будут иметь значительных неблагоприятных последствий и что в любом случае данное транспортное средство/элемент оборудования по-прежнему удовлетворяют требованиям, изменение обозначают как "пересмотр".
- В таком случае этот орган по официальному утверждению типа при необходимости издает пересмотренные страницы информационных документов, предусмотренных в приложении 1, четко указывая на каждой пересмотренной странице характер изменения и дату переиздания. Считается, что сводный обновленный вариант информационных документов приложения 1, сопровождаемый подробным описанием изменения, отвечает данному требованию.
- 11.1.2 **Распространение**
- Изменение обозначают как "распространение", если помимо изменения данных, зарегистрированных в информационной папке,
- a) требуются дополнительные осмотры или испытания; либо
  - b) изменились какие-либо данные в карточке сообщения (за исключением приложений к ней); либо
  - c) запрашивается официальное утверждение на основании более поздней серии поправок после ее вступления в силу.
- 11.2 Сообщение о подтверждении официального утверждения или об отказе в официальном утверждении с указанием изменений направляют Сторонам Соглашения, применяющим настоящие Правила, в соответствии с процедурой, предусмотренной в пункте 4.3 выше. Кроме того, соответствующим образом изменяют указатель к информационным документам и протоколам испытаний, прилагаемый к карточке сообщения, содержащейся в приложении 1, с указанием даты самого последнего пересмотра или распространения.
- 11.3 Компетентный орган, распространяющий официальное утверждение, присваивает порядковый номер каждой карточке сообщения, составляемой для такого распространения.

## 12. Соответствие производства

Процедуры обеспечения соответствия производства должны соответствовать общим положениям, содержащимся в добавлении 2 к Соглашению (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), с учетом следующих предписаний:

- 12.1 транспортное средство, система или элемент оборудования, официально утвержденные на основании настоящих Правил, должны быть изготовлено таким образом, чтобы они соответствовали официально утвержденному типу, удовлетворяя предписаниям пунктов 5–10 выше;

- 12.2 компетентный орган, предоставивший официальное утверждение, может в любое время проверить методы контроля за соответствием производства, применяемые на каждом производственном объекте. Такие проверки обычно проводятся с периодичностью один раз в два года.

### **13. Санкции, налагаемые за несоответствие производства**

- 13.1 Если не соблюдаются предписания, изложенные в пункте 12 выше, то официальное утверждение типа транспортного средства, системы или элемента оборудования предоставленное на основании настоящих Правил, может быть отменено.
- 13.2 Если какая-либо Договаривающаяся сторона отменяет предоставленное ею ранее официальное утверждение, то она немедленно уведомляет об этом другие Договаривающиеся стороны, применяющие настоящие Правила, посредством карточки сообщения, соответствующей образцу, приведенному в части 2 приложения 1 к настоящим Правилам.

### **14. Окончательное прекращение производства**

Если держатель официального утверждения полностью прекращает производство типа транспортного средства, системы или элемента оборудования, официально утвержденных на основании настоящих Правил, то он информирует об этом орган, предоставивший официальное утверждение, который, в свою очередь, немедленно информирует об этом другие Договаривающиеся стороны Соглашения, применяющие настоящие Правила, посредством карточки сообщения, соответствующей образцу, приведенному в части 2 приложения 1 к настоящим Правилам.

### **15. Названия и адреса технических служб, уполномоченных проводить испытания для официального утверждения, и органов по официальному утверждению типа**

Договаривающиеся стороны Соглашения, применяющие настоящие Правила, сообщают в Секретариат Организации Объединенных Наций названия и адреса технических служб, уполномоченных проводить испытания для официального утверждения, а также органов по официальному утверждению типа, которые предоставляют официальное утверждение и которым надлежит направлять карточки, подтверждающие официальное утверждение, распространение официального утверждения, отказ в официальном утверждении или отмену официального утверждения.

## **16.       Переходные положения**

Договаривающиеся стороны, применяющие настоящие Правила, могут продолжать запрашивать доказательство соответствия (т.е. паспорт безопасности, в том числе с указанием химического состава) их национальным/региональным положениям о совместимости материалов и водородной хрупкости, которые уже действуют на их территории на момент вступления в силу настоящих Правил, до принятия соответствующих технических требований в качестве части глобального регистра в рамках Соглашения 1998 года, таких как глобальные технические правила № 13.

## Приложение 1 – часть 1

### Модель – I

#### **Информационный документ № ... , касающийся официального утверждения типа системы хранения водорода в отношении связанных с обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных средств, работающих на водороде**

Нижеследующая информация, если это применимо, должна включать оглавление. Любые чертежи должны иметь соответствующий масштаб, быть достаточно подробными и представляться в формате А4 или в виде складывающейся страницы формата А4. Фотографии, если таковые имеются, должны быть достаточно подробными.

Если системы или элементы оборудования оснащены органами электронного управления, необходимо представить информацию, касающуюся их эксплуатационных характеристик.

- 0. Общие сведения
- 0.1 Марка (торговое наименование изготовителя):
- 0.2 Тип:
- 0.2.1 Коммерческое(ие) наименование(я) (если таковое(ые) имеется (имеются)):
- 0.5 Наименование и адрес производителя:
- 0.8 Наименование(я) и адрес(а) сборочного завода (сборочных заводов):
- 0.9 Название и адрес представителя изготовителя (если таковой имеется):
- 3. Силовая установка
- 3.9 Система хранения водорода
- 3.9.1 Система хранения водорода, предназначенная для использования сжиженного/сжатого/компримированного (газообразного) водорода<sup>1</sup>
- 3.9.1.1 Описание и чертеж системы хранения водорода:
- 3.9.1.2 Марка(и):
- 3.9.1.3 Тип(ы):
- 3.9.2 Резервуар(ы)
- 3.9.2.1 Марка(и):

<sup>1</sup> Ненужное вычеркнуть (в некоторых случаях, когда применяется несколько позиций, ничего вычеркивать не требуется).

- 3.9.2.2 Тип(ы):
- 3.9.2.3 Максимально допустимое рабочее давление (МДРД): МПа
- 3.9.2.4 Номинальное рабочее давление: МПа
- 3.9.2.5 Количество циклов зарядки:
- 3.9.2.6 Емкость: литров (вода)
- 3.9.2.7 Материал:
- 3.9.2.8 Описание и чертеж:
- 3.9.3 Предохранительное(ые) устройство(а) для сброса давления, срабатывающее(ие) под воздействием тепла
  - 3.9.3.1 Марка(и):
  - 3.9.3.2 Тип(ы):
  - 3.9.3.3 Максимально допустимое рабочее давление (МДРД): МПа
  - 3.9.3.4 Установленное давление:
  - 3.9.3.5 Установленная температура:
  - 3.9.3.6 Возможность стравливания газа:
  - 3.9.3.7 Нормальная максимальная рабочая температура: °C
  - 3.9.3.8 Номинальное рабочее давление: МПа
  - 3.9.3.9 Материал:
  - 3.9.3.9 Описание и чертеж:
  - 3.9.3.10 Номер официального утверждения:
- 3.9.4 Контрольный(ые) клапан(ы)
  - 3.9.4.1 Марка(и):
  - 3.9.4.2 Тип(ы):
  - 3.9.4.3 Максимально допустимое рабочее давление (МДРД): МПа
  - 3.9.4.4 Номинальное рабочее давление: МПа
  - 3.9.4.5 Материал:
  - 3.9.4.6 Описание и чертеж:
  - 3.9.4.7 Номер официального утверждения:
- 3.9.5 Автоматический(ие) запорный(ые) клапан(ы)
  - 3.9.5.1 Марка(и):
  - 3.9.5.2 Тип(ы):
  - 3.9.5.3 Максимально допустимое рабочее давление (МДРД): МПа
  - 3.9.5.4 Номинальное рабочее давление и, в случае расположения после если после первого регулятора давления, максимально допустимое рабочее давление: МПа
  - 3.9.5.5 Материал:



- 3.9.5.6 Описание и чертеж:
- 3.9.5.7 Номер официального утверждения:

## Модель – II

### **Информационный документ № ... , касающийся официального утверждения типа конкретного элемента оборудования системы хранения водорода в отношении связанных с обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных средств, работающих на водороде**

Нижеследующая информация, если это применимо, должна включать оглавление. Любые чертежи должны иметь соответствующий масштаб, быть достаточно подробными и представляться в формате А4 или в виде складывающейся страницы формата А4. Фотографии, если таковые имеются, должны быть достаточно подробными.

Если элементы оборудования оснащены органами электронного управления, необходимо представить информацию, касающуюся их эксплуатационных характеристик.

- 0. Общие сведения
- 0.1 Марка (торговое наименование изготовителя):
- 0.2 Тип:
- 0.2.1 Коммерческое(ие) наименование(я) (если таковое(ые) имеется (имеются)):
- 0.5 Наименование и адрес производителя:
- 0.8 Наименование(я) и адрес(а) сборочного завода (сборочных заводов):
- 0.9 Название и адрес представителя изготовителя (если таковой имеется):
- 3. Силовая установка
- 3.9.3 Предохранительное(ые) устройство(а) для сброса давления, срабатывающее(ие) под воздействием тепла
- 3.9.3.1 Марка(и):
- 3.9.3.2 Тип(ы):
- 3.9.3.3 Максимально допустимое рабочее давление (МДРД): МПа
- 3.9.3.4 Установленное давление:
- 3.9.3.5 Установленная температура:
- 3.9.3.6 Возможность стравливания газа:
- 3.9.3.7 Нормальная максимальная рабочая температура: °С
- 3.9.3.8 Номинальное рабочее давление: МПа
- 3.9.3.9 Материал:

- 3.9.3.10 Описание и чертеж:
- 3.9.4 Контрольный(ые) клапан(ы)
  - 3.9.4.1 Марка(и):
  - 3.9.4.2 Тип(ы):
  - 3.9.4.3 Максимально допустимое рабочее давление (МДРД): МПа
  - 3.9.4.4 Номинальное рабочее давление: МПа
  - 3.9.4.5 Материал:
  - 3.9.4.6 Описание и чертеж:
- 3.9.5 Автоматический(ие) запорный(ые) клапан(ы)
  - 3.9.5.1 Марка(и):
  - 3.9.5.2 Тип(ы):
  - 3.9.5.3 Максимально допустимое рабочее давление (МДРД): МПа
  - 3.9.5.4 Номинальное рабочее давление и, в случае расположения после если после первого регулятора давления, максимально допустимое рабочее давление: МПа
  - 3.9.5.5 Материал:
  - 3.9.5.6 Описание и чертеж:

## Модель – III

### **Информационный документ № ... , касающийся официального утверждения типа транспортного средства в отношении связанных с обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных средств, работающих на водороде**

Нижеследующая информация, если это применимо, должна включать оглавление. Любые чертежи должны иметь соответствующий масштаб, быть достаточно подробными и представляться в формате А4 или в виде складываемой страницы формата А4. Фотографии, если таковые имеются, должны быть достаточно подробными.

Если системы или элементы оборудования оснащены органами электронного управления, необходимо представить информацию, касающуюся их технических характеристик.

- 0. Общие сведения
- 0.1 Марка (торговое наименование изготовителя):
- 0.2 Тип:
- 0.2.1 Коммерческое(ие) наименование(я) (если таковое(ые) имеется (имеются)):
- 0.3 Средства идентификации типа, если такая маркировка имеется на транспортном средстве<sup>1</sup>:
  - 0.3.1 Местоположение этой маркировки:
- 0.4 Категория транспортного средства<sup>2</sup>:
- 0.5 Наименование и адрес производителя:
- 0.8 Наименование(я) и адрес(а) сборочного завода (сборочных заводов):
- 0.9 Название и адрес представителя изготовителя (если таковой имеется):
- 1. Общие характеристики конструкции транспортного средства
  - 1.1 Фотографии и/или чертежи репрезентативного транспортного средства:
    - 1.3.3 Ведущие оси (число, расположение, соединение):

---

<sup>1</sup> Если средства идентификации типа включают обозначения, не имеющие отношения к описанию типа транспортного средства, охватываемого настоящим информационным документом, то такие обозначения указываются в документации с помощью символа "[.]" (например [...]).

<sup>2</sup> В соответствии с определением в Сводной резолюции о конструкции транспортных средств (СР.3), документ ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, пункт 2 – [www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html).

- 1.4 Шасси (если таковое имеется) (общий чертеж):
- 3. Силовая установка
- 3.9 Система хранения водорода
- 3.9.1 Система хранения водорода, предназначенная для использования сжиженного/сжатого/компримированного (газообразного) водорода<sup>3</sup>
- 3.9.1.1 Описание и чертеж системы хранения водорода:
- 3.9.1.2 Марка(и):
- 3.9.1.3 Тип(ы):
- 3.9.1.4 Номер официального утверждения:
- 3.9.6 Водородные датчики обнаружения утечки:
- 3.9.6.1 Марка(и):
- 3.9.6.2 Тип(ы):
- 3.9.7 Соединительное устройство или заправочный блок
- 3.9.7.1 Марка(и):
- 3.9.7.2 Тип(ы):
- 3.9.8 Чертежи с указанием требований к установке и эксплуатации.

---

<sup>3</sup> Ненужное вычеркнуть (в некоторых случаях, когда применяется несколько позиций, ничего вычеркивать не требуется).

## Приложение 1 – часть 2

### Сообщение

(Максимальный формат: А4 (210 x 297 мм))



направленное: Название административного  
органа:

.....  
.....  
.....

относительно<sup>2</sup>: предоставления официального утверждения  
распространения официального утверждения  
отказа в официальном утверждении  
отмены официального утверждения  
окончательного прекращения производства

типа транспортного средства/элемента оборудования в отношении связанных с  
обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных  
средств, работающих на водороде, на основании Правил № XYZ

Официальное утверждение № .....Распространение №.....

1. Товарный знак: .....
2. Тип и торговые названия: .....
3. Наименование и адрес производителя: .....
4. В соответствующих случаях – фамилия и адрес представителя  
изготовителя: .....
5. Краткое описание транспортного средства/элемента оборудования<sup>2</sup>:  
.....
6. Дата представления транспортного средства/элемента  
оборудования для официального утверждения<sup>2</sup>: .....
7. Техническая служба, проводящая испытания для официального  
утверждения: .....
8. Дата протокола, выданного этой службой: .....
9. Номер протокола, выданного этой службой: .....
10. Официальное утверждение в отношении связанных с обеспечением  
безопасности эксплуатационных характеристик транспортных

---

<sup>1</sup> Отличительный номер страны, которая предоставила/распространила/отменила  
официальное утверждение или отказала в нем (см. положения Правил, касающиеся  
официального утверждения).

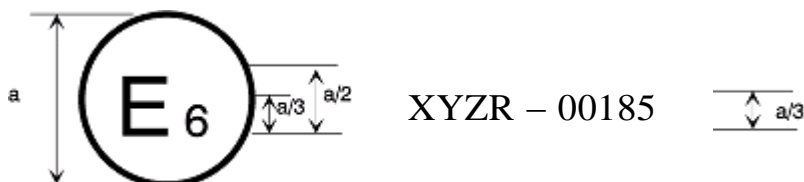
<sup>2</sup> Ненужное вычеркнуть.

- средств, работающих на водороде, предоставлено/в официальном  
утверждении отказано<sup>2</sup>:.....
11. Место:.....
12. Дата: .....
13. Подпись: .....
14. Информационный документ, прилагаемый к настоящему сообще-  
нию: .....
15. Замечания: .....

## Приложение 2

### Схема знаков официального утверждения

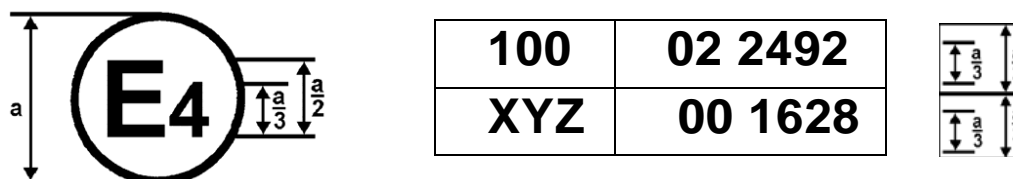
Модель А (см. пункты 4.4-4.4.2 настоящих Правил)



$a = 8$  мм мин.

Приведенный выше знак официального утверждения, проставленный на транспортном средстве/элементе оборудования, указывает на то, что данный тип транспортного средства/системы был официально утвержден – в отношении связанных с обеспечением безопасности эксплуатационных характеристик транспортных средств, работающих на водороде, – в Бельгии (Е 6) на основании Правил № XYZ. Первые две цифры номера официального утверждения означают, что официальное утверждение было предоставлено в соответствии с требованиями Правил № XYZ в их первоначальном варианте.

Модель В (см. пункт 4.5 настоящих Правил)



$a = 8$  мм мин.

Приведенный выше знак официального утверждения, проставленный на транспортном средстве, указывает, что данное дорожное транспортное средство было официально утверждено в Нидерландах (Е4) на основании Правил № XYZ и 100\*. Номер официального утверждения указывает, что к моменту предоставления соответствующих официальных утверждений в первоначальный вариант Правил № 100 были внесены поправки серии 02, а Правила № XYZ были в их первоначальном варианте.

\* Этот номер приведен только в качестве примера.



## Приложение 3

### Процедуры испытаний применительно к системе хранения сжатого водорода

1. Процедуры испытаний на проверку соответствия системы хранения сжатого водорода установленным требованиям включают следующее:
  - пункт 2 настоящего приложения – процедуры испытаний для проверки базовых эксплуатационных параметров (требования пункта 5.1 настоящих Правил)
  - пункт 3 настоящего приложения – процедуры испытаний на ресурс прочности (требования пункта 5.2 настоящих Правил)
  - пункт 4 настоящего приложения – процедуры испытаний на ожидаемые эксплуатационные характеристики в дорожных условиях (требования пункта 5.3 настоящих Правил)
  - пункт 5 настоящего приложения – процедуры испытаний на окончательный выход системы из строя при возгорании (требования пункта 5.4 настоящих Правил)
  - пункт 6 настоящего приложения – процедуры испытаний на износоустойчивость первичных запорных устройств (требования пункта 5.5 настоящих Правил)
2. Процедуры испытаний для проверки базовых эксплуатационных параметров (требования пункта 5.1.1 настоящих Правил)
  - 2.1 Испытание на разрыв (под гидравлическим давлением)

Испытание на разрыв проводят при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С с использованием некоррозионной жидкости. Скорость увеличения давления не должна превышать 1,4 МПа/с при давлении, превышающем на 150% номинальное рабочее давление. Если скорость нагнетания при давлениях, превышающих НРД на 150%, составляет более 0,35 МПа/с, то тогда либо резервуар помещают между источником давления и устройством измерения давления, либо время, в течение которого давление в резервуаре поддерживается на уровне, превышающем расчетное давление разрыва, должно составлять более 5 секунд. Давление разрыва резервуара регистрируют.
  - 2.2 Испытание (гидравлическое) на циклическое изменение давления

Испытание проводят в следующем порядке:

    - а) резервуар заполняют некоррозионной жидкостью;
    - б) в начале испытания резервуар и жидкость выдерживают для целей стабилизации при заданной температуре и относительной влажности; на протяжении всего испытания поддерживают заданную температуру окружающей среды, закачиваемой жидкости и оболочки резервуара. В процессе испытания

температура резервуара может варьироваться в зависимости от температуры окружающей среды;

- c) резервуар подвергают циклическому изменению давления от 2 ( $\pm 1$ ) МПа до заданного давления с частотой, не превышающей 10 циклов в минуту, в течение определенного числа циклов;
- d) температуру гидравлической жидкости внутри резервуара поддерживают на заданном уровне и контролируют.

3. Процедуры испытаний для проверки базовых эксплуатационных параметров (требования пункта 5.2 настоящих Правил)

3.1 Испытание на соответствие давлению

Систему постепенно и равномерно заполняют под давлением некоррозионной гидравлической жидкостью до достижения заданного испытательного давления и затем выдерживают в течение определенного периода времени.

3.2 Испытание на сбрасывание (ударную нагрузку) (порожний резервуар)

Резервуар для хранения подвергают испытанию на сбрасывание при температуре окружающей среды без создания внутреннего давления или со снятыми клапанами. Поверхность, на которую падают резервуары, должна быть гладкой и горизонтальной и представлять собой бетонную подушку или иного рода настил, имеющий эквивалентную твердость.

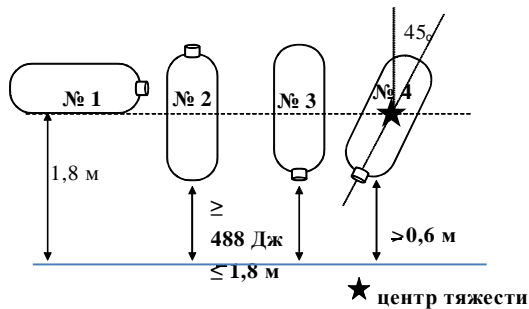
Положение, в котором производят сбрасывание резервуара (согласно требованиям пункта 5.2.2), определяют следующим образом: один или несколько дополнительных резервуаров сбрасывают в каждом из положений, описанных ниже. Допускается сбрасывание во всех четырех положениях с использованием одного единственного резервуара либо до четырех резервуаров.

- i) резервуар один раз сбрасывают в горизонтальном положении с высоты 1,8 м, измеренной от нижней части до поверхности, на которую он сбрасывается;
- ii) резервуар один раз сбрасывают вертикально (горловиной вверх) с потенциальной энергией не менее 488 Дж, причем высота расположения нижнего конца должна быть не больше 1,8 м;
- iii) резервуар один раз сбрасывают вертикально (горловиной вниз) с потенциальной энергией не менее 488 Дж, причем высота расположения нижнего конца должна быть не больше 1,8 м. В случае симметричного резервуара (с зеркальным расположением горловин) сбрасывания в этом положении не требуется;
- iv) резервуар один раз сбрасывают вертикально (горловиной вниз) под углом 45° таким образом, чтобы высота его центра тяжести от земли составляла 1,8 м. Однако если нижний конец находится на расстоянии менее

0,6 м от земли, то угол падения изменяют таким образом, чтобы минимальная высота составляла 0,6 м, а центр тяжести был расположен на высоте 1,8 метра от земли.

На рис. 1 показаны четыре положения, в которых производят сбрасывание.

Рис. 1  
Положения, в которых производят сбрасывание



Предпринимать попыток избежать отскакивания резервуаров не нужно, однако при проведении описанных выше испытаний на вертикальное сбрасывание могут приниматься меры во избежание опрокидывания.

Если сбрасывание во всех положениях производят с использованием нескольких резервуаров, то затем эти резервуары подвергают испытанию на циклическое изменение давления в соответствии с пунктом 2.2 приложения 3 либо до появления утечки, либо до прохождения 22 000 циклов без утечки. Резервуар не должен давать утечки в течение 11 000 циклов.

Положение, в котором производят сбрасывание резервуара согласно требованиям пункта 5.2.2, определяют следующим образом:

- если сбрасыванию во всех четырех положениях был подвергнут один единственный резервуар, то тогда этот резервуар, сбрасывание которого производят согласно требованиям пункта 5.2.2, сбрасывают во всех четырех положениях;
- если сбрасывание в четырех положениях производят с использованием нескольких резервуаров и если все резервуары выдерживают 22 000 циклов без утечки, то тогда положение, в котором сбрасывают резервуар согласно требованиям пункта 5.2.2, соответствует положению iv) под углом 45°, после чего этот резервуар подвергают дальнейшим испытаниям, указанным в пункте 5.2;
- если сбрасывание в четырех положениях производят с использованием нескольких резервуаров и если какой-либо из резервуаров не выдерживает 22 000 циклов без утечки, то тогда новый резервуар испытывают на сбрасывание в определенном(ых) положении(ях), которое(ые) соответствует(ют)

наименьшему числу циклов без утечки, и после этого подвергают дальнейшим испытаниям, указанным в пункте 5.2.

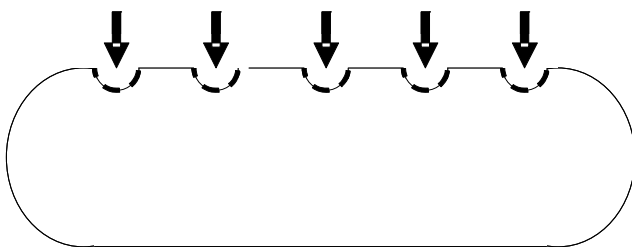
### 3.3 Испытание на повреждение поверхности (порожного резервуара)

Испытание проводят в следующей последовательности:

- а) имитация растрескивания поверхности: на днище внешнего корпуса порожнего резервуара для хранения, находящегося в горизонтальном положении, вдоль цилиндрической части, прилегающей к "плечевой зоне", но не заступая в нее, при помощи ножовки наносят две продольные насечки. Первая насечка глубиной не менее 1,25 мм и длиной 25 мм проходит в направлении клапанной группы резервуара. Вторая насечка глубиной не менее 0,75 мм и длиной 200 мм проходит в направлении, противоположном клапанной группе резервуара;
- б) удар маятником: верхнюю часть резервуара для хранения, расположенного горизонтально, подразделяют на пять отдельных зон (которые не должны накладываться друг на друга), каждая диаметром по 100 мм (см. рис. 2). После 12 часов предварительного кондиционирования в камере искусственного климата при температуре  $-40 (+2/-0)$  °С по центру каждого из пяти участков производят удар маятником, имеющим форму пирамиды с гранями в виде равностороннего треугольника и квадратным основанием с закругленными вершиной и ребрами. Радиус закругления – 3 мм. Центр удара маятника должен совпадать с центром тяжести пирамиды. Энергия маятника в момент удара по каждому из пяти отмеченных на резервуаре участков составляет 30 Дж. В момент удара маятником резервуар удерживается в неподвижном состоянии и не должен находиться под давлением.

Рис. 2

Вид резервуара сбоку



Вид резервуара "сбоку"

### 3.4 Испытание на химическую стойкость и на циклическое изменение давления при температуре окружающей среды

Каждый из 5 участков порожнего резервуара, прошедшего предварительное кондиционирование ударом маятника (пункт 3.3 приложения 3), подвергают воздействию одного из пяти растворов:

- a) 19-процентный (по объему) водный раствор серной кислоты (электролит);
- b) 25-процентный (по весу) водный раствор гидроксида натрия;
- c) бензин с 5-процентным (по объему) содержанием метанола (смеси, используемые на заправочных станциях);
- d) 28-процентный (по весу) водный раствор нитрата аммония (раствор мочевины); и
- e) 50-процентный (по объему) водный раствор метилового спирта (жидкость для обмыва ветрового стекла).

Испытуемый резервуар устанавливают таким образом, чтобы участки, на которые воздействует жидкость, находились сверху. На каждый из пяти участков, подвергнутых предварительному кондиционированию, кладут прокладку из стекловолокна толщиной приблизительно 0,5 мм и диаметром 100 мм. На эту прокладку из стекловолокна наносят испытательную жидкость в количестве, достаточном для обеспечения полной пропитки прокладки по всей ее площади на протяжении испытания.

Обработку резервуара – прежде чем подвергнуть его дальнейшим испытаниям – стекловолоконным тампоном продолжают в течение 48 часов при поддержании в резервуаре давления, соответствующего 125% НРД (+2/-0 МПа) (подается гидравлическим способом), и температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С.

Резервуар подвергают циклическому изменению давления при заданных значениях давления в соответствии с пунктом 6.2.2.2 при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С в течение определенного числа циклов. Прокладки из стекловолокна удаляют и поверхность резервуара промывают водой; проводят заключительные 10 циклов при указанном заданном конечном давлении.

### 3.5 Испытание статическим давлением (гидравлическое)

Давление в системе хранения, помещенной в камеру с регулируемой температурой, повышают до заданного значения. Температуру в камере и температуру некоррозионной гидравлической жидкости поддерживают на заданном уровне с отклонением  $\pm 5$  °С в течение определенного периода времени.

## 4. Процедуры испытаний на ожидаемые эксплуатационные характеристики в дорожных условиях (требования пункта 5.3 настоящих Правил)

(Предусматриваются процедуры пневматических испытаний; параметры проведения гидравлических испытаний приводятся в пункте 2.1 приложения 3)

### 4.1 Испытание (пневматическое) на циклическое изменение давления газа

В начале испытания систему хранения выдерживают для целей стабилизации при заданных значениях температуры, относительной влажности и уровня наполнения топливом в течение не менее 24 часов. Температуру и относительную влажность окружающей

среды поддерживают на протяжении всей оставшейся части испытания на заданном уровне. (Если это требуется техническим заданием на испытание, то между циклами изменения давления температуру системы стабилизируют при температуре наружного воздуха.) Систему хранения подвергают циклическому изменению давления от менее чем 2 (+0/-1) МПа до указанного максимального давления ( $\pm 1$  МПа). Если контрольные устройства системы, приводимые в действие при эксплуатации транспортного средства, предотвращают возможность падения давления ниже определенного уровня, то испытательные циклы должны проводиться с превышением этого уровня. Наполняемость регулируют с учетом постоянного 3-минутного перепада порогового давления, причем скорость подачи топлива не должна превышать 60 г/с; температуру поступающего в резервуар водородного топлива поддерживают на заданном уровне. Однако перепад порогового давления следует уменьшить, если температура газа в контейнере превышает +85 °С. Опорожняемость регулируют таким образом, чтобы она была больше предполагаемой максимальной потребности транспортного средства в топливе или равнялась ей. Проводят установленное число циклов изменения давления. Если для целей намечаемого способа применения транспортное средство оборудуют регулируемыми и/или контрольными устройствами, предупреждающими возникновение внутри системы экстремальных температур, то испытание может проводиться при наличии таких устройств (или эквивалентных функций).

4.2 Испытание на просачивание газа (пневматическое)

Систему хранения полностью заполняют газообразным водородом при 115% НРД (+2/-0 МПа) (максимальная плотность наполнения, равная 100% НРД при температуре +15 °С, составляет 113% НРД при температуре +55 °С) и выдерживают при температуре  $\geq +55$  °С в герметизированном контейнере до просачивания в установившемся состоянии или в течение 30 часов, в зависимости от того, какое время является большим. Измеряют суммарный расход в установившемся состоянии в результате утечки и просачивания.

4.3 Испытание на локальную утечку газа (пневматическое)

Соответствие этому требованию может проверяться при помощи испытания на образование пузырей. Указанное испытание проводят с соблюдением нижеследующей процедуры.

- а) Для целей этого испытания выпускное отверстие запорного клапана (и другие внутренние соединительные патрубки) системы хранения водорода перекрывают (поскольку в данном случае акцент делается на внешнюю утечку).

По усмотрению лица, проводящего испытание, испытательный образец может либо погружаться в испытательную жидкость, либо эту жидкость наносят прямо на образец на открытом воздухе. В зависимости от условий размер пузырьков может заметно различаться. Оценку уровня утечки производят исходя из размера пузырьков и скорости их образования.

- b) *Примечание:* При локальной скорости просачивания 0,005 мг/с (3,6 Нмл/мин) результирующая допустимая скорость образования пузырьков составляет примерно 2 030 пузырьков в минуту при среднем диаметре пузырьков 1,5 мм. Утечку легко обнаруживают даже в случае образования пузырьков гораздо более крупного размера. В случае необычно крупных пузырьков диаметром до 6 мм допустимая скорость образования пузырей составляла бы примерно 32 пузырька в минуту.
5. Процедуры испытаний на окончательный выход системы из строя при возгорании (требования пункта 5.4 настоящих Правил)
- 5.1 Испытание на огнестойкость
- Водородный резервуар в сборе состоит из системы хранения сжатого водорода и соответствующих дополнительных компонентов, включая систему стравливания (например, продувочная магистраль и ее кожух) и любые защитные приспособления, прикрепленные непосредственно к резервуару (например, термообмотка резервуара(ов) и/или кожухи/изоляционные покрытия УСДТ).
- Для определения схемы размещения системы над первичным (локальным) источником огня используют один из следующих двух методов.
- a) Метод 1: квалификационные требования в отношении общей (конкретно не оговоренной) комплектации транспортного средства
- Если комплектация транспортного средства конкретно не оговорена (и официальное утверждение типа системы не ограничивается конкретной комплектацией транспортного средства), то в этом случае зоной локального воздействия огня является участок на испытательном образце, наиболее удаленный от УСДТ. Как указано выше, к числу испытательных образцов относятся только средства теплозащиты или другие защитные устройства, прикрепленные непосредственно к резервуару, которые используются вне зависимости от способа применения транспортного средства. Система(ы) стравливания (например, продувочная магистраль и ее кожух) и/или кожухи/изоляционные покрытия УСДТ составляют часть резервуара в сборе, если их использование предусматривается при любом способе применения. В том случае, когда систему испытывают без типичных элементов оборудования, требуется проведение повторного испытания данной системы, если способ применения транспортного средства предполагает использование компонентов указанного типа.
- b) Метод 2: квалификационные требования в отношении конкретной комплектации транспортного средства
- Если комплектация транспортного средства конкретно оговорена и официальное утверждение типа системы ограничивается конкретной комплектацией транспортного средства, то в

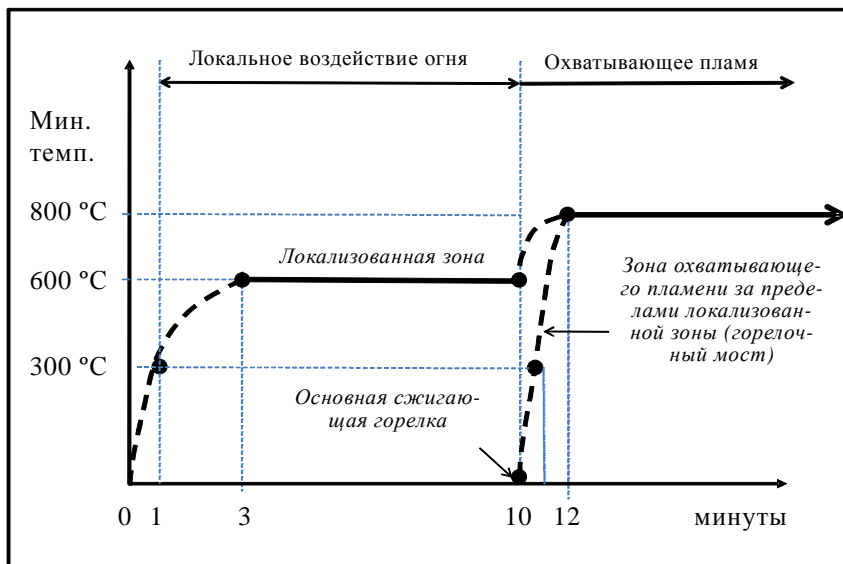
этом случае схемой испытания могут также охватываться другие элементы оборудования транспортного средства, помимо системы хранения водорода. Такие компоненты транспортного средства (например, защитные приспособления или изоляционные покрытия, прочно приделанные к конструкции транспортного средства методом сварки или болтами, но не прикрепленные к системе хранения) включают в схему испытания применительно к комплектации транспортного средства с системой хранения водорода. Данное локальное испытание на огнестойкость проводят с учетом наихудшего из возможных сценариев возгорания исходя из четырех направлений распространения пламени: источник возгорания, от которого движется пламя, находится в пассажирском салоне, багажном отделении, либо им является пролившийся бензин.

- 5.1.1 Резервуар может подвергаться воздействию охватывающего пламени при отсутствии каких-либо защитных элементов согласно процедуре, описанной в пункте 5.2 приложения 3.
- 5.1.2 Вне зависимости от используемого метода (1 или 2 выше), к испытанию предъявляют нижеследующие требования.
- a) Резервуар в сборе заполняют сжатым водородом при 100% НРД (+2/-0 МПа). Резервуар в сборе располагают горизонтально приблизительно на высоте 100 мм над источником огня.
  - b) Испытание на огнестойкость (в зоне локального воздействия огня):
    - i) зоной локального воздействия огня является участок на испытательном образце, наиболее удаленный от УСДТ. Если выбирают метод 2 и применительно к конкретной комплектации транспортного средства отмечают наиболее уязвимые участки, то соответствующий участок, расположенный дальше всего от УСДТ, размещают непосредственно над первичным источником огня;
    - ii) источник огня представляет собой газовые горелки (СНГ) в такой конфигурации, чтобы давать ровное пламя и воздействовать на испытательный образец с минимальной температурой, измеряемой как минимум 5 термопарами по всей длине испытательного образца максимум до 1,65 м (по крайней мере 2 термопары – в зоне локального воздействия огня и по крайней мере 3 термопары, равноотстоящие друг от друга на расстоянии не более 0,5 м, – в остальной зоне), размещенными на расстоянии 25 мм ( $\pm 10$ ) мм от внешней поверхности испытательного образца вдоль его продольной оси. По усмотрению изготовителя или органа, проводящего испытание, для целей факультативной диагностики в местах установки УСДТ или любых других точках допускается размещение дополнительных термопар;



- (iii) для обеспечения равномерного нагрева применяют ветрозащитные экраны;
- iv) источник огня, расположенный под зоной локального воздействия испытываемого образца и имеющий по фронту длину в пределах 250 мм ( $\pm 50$ ), приводят в действие. По ширине пламя от источника огня должно охватывать весь диаметр (всю ширину) резервуара для хранения. Если выбирают метод 2, то длину и ширину зоны пламени при необходимости уменьшают с учетом конкретных особенностей транспортного средства;
- v) как показано на рис. 3, подаваемую на термопары температуру в зоне локального воздействия огня постепенно увеличивают в течение 1 минуты после зажигания огня не менее чем до 300 °С, в течение 3 минут после зажигания огня не менее чем до 600 °С и затем в течение следующих 7 минут поддерживают как минимум на уровне 600 °С. На протяжении этого периода температура в зоне локального воздействия огня не должна превышать 900 °С. Проверку соблюдения тепловых требований начинают через 1 минуту после наступления периода, характеризующегося минимальным и максимальным предельными значениями, причем за основу берут 1-минутное скользящее среднее по каждой термопаре на интересующем участке. (Примечание: температура вне зоны воздействия первичным источником огня в течение этих первых 10 минут после зажигания огня не оговорена.)

Рис. 3  
 Температурные условия в ходе испытания на огнестойкость



- с) Испытание на огнестойкость (под воздействием охватывающего пламени)

На следующем двухминутном отрезке температуру вдоль всей поверхности испытательного образца увеличивают не менее чем до 800 °С и фронт огня удлиняют для обеспечения равномерного нагрева по всей длине (до 1,65 м) и по всей ширине испытательного образца (охватывающее пламя). Минимальную температуру поддерживают на уровне 800 °С, а максимальная температура не должна превышать 1 100 °С. Проверку соблюдения тепловых требований начинают через 1 минуту после наступления периода, характеризующегося стабильными минимальным и максимальным предельными значениями, причем за основу берут одноминутное скользящее среднее по каждой термопаре.

Испытательный образец выдерживают под воздействием температуры (в условиях охватывающего пламени) до опорожнения системы через УСДТ и падения давления до уровня, составляющего менее 1 МПа. Стравливание газа происходит постепенно (и непрерывно), причем система хранения не должна давать разрыва. Любое дополнительное газовыделение вследствие утечки (кроме стравливания через УСДТ) с образованием языка пламени длиной более 0,5 м вне периметра воздействия огня не допускается.

Таблица 1  
**Резюме протокола испытания на огнестойкость**

	<i>Локальное воздействие огня</i>	<i>Длительность</i>	<i>Воздействие охватывающего пламени (за пределами локального воздействия огня)</i>
Воздействие	Сжигающие горелки	0–1 минута	Горелка не функционирует
Минимальная температура	Не указана		Не указана
Максимальная температура	Менее 900 °С		Не указана
Воздействие	Повышение температуры и стабилизация пламени для начала локального воздействия огнем	1–3 минуты	Горелка не функционирует
Минимальная температура	Свыше 300 °С		Не указана
Максимальная температура	Менее 900 °С		Не указана
Воздействие	Продолжение локального воздействия огнем	3–10 минут	Горелка не функционирует
Минимальная температура	одноминутное скользящее среднее свыше 600 °С		Не указана

	<i>Локальное воздействие огня</i>	<i>Длительность</i>	<i>Воздействие охватывающего пламени (за пределами локального воздействия огня)</i>
Максимальная температура	одноминутное скользящее среднее менее 900 °C		Не указана
Воздействие	Повышение температуры	10–11 минут	Основная горелка за- жигается при значении 10 минут
Минимальная температура	одноминутное скользящее среднее свыше 600 °C		Не указана
Максимальная температура	одноминутное скользящее среднее менее 1 100 °C		Менее 1 100 °C
Воздействие	Повышение температуры и стабилизация огня для начала воздействия охватывающим пламенем	11–12 минут	Повышение температуры и стабилизация огня для начала воздействия охватывающим пламенем
Минимальная температура	одноминутное скользящее среднее свыше 600 °C		Свыше 300 °C
Максимальная температура	одноминутное скользящее среднее менее 1 100 °C		Менее 1 100 °C
Воздействие	Продолжение воздействия охватывающим пламенем	12 минут – конец испытания	Продолжение воздействия охватывающим пламенем
Минимальная температура	одноминутное скользящее среднее свыше 800 °C		одноминутное скользящее среднее свыше 800 °C
Максимальная температура	одноминутное скользящее среднее менее 1 100 °C		одноминутное скользящее среднее менее 1 100 °C

- d) Документирование результатов испытания на огнестойкость
- В целях обеспечения воспроизводимости скорости нагрева-ния испытательного образца надлежит достаточно подробно описать схему источника огня. К числу фиксируемых результатов относятся время, истекшее с момента зажигания огня до начала стравливания газа через УСДТ, а также максималь-

ное давление и время опорожнения до падения давления до уровня, составляющего менее 1 МПа. Температуру термодпар и давление в резервуаре регистрируют в ходе испытания с 10-секундными или менее продолжительными интервалами. Если произошел любой сбой, связанный с соблюдением требований в отношении поддержания заданной минимальной температуры на основе одномоментных скользящих средних значений, то результаты испытания аннулируются. Любой такой сбой приводит к аннулированию результатов испытания только в том случае, если в ходе испытания образец повреждается.

5.2 Испытание на огнестойкость только под воздействием охватывающего пламени

Объектом испытаний является система хранения сжатого водорода. Систему хранения заполняют сжатым водородом при 100% НРД (+2/-0 МПа). Резервуар располагают горизонтально таким образом, чтобы основание резервуара находилось приблизительно на высоте 100 мм над источником огня. Для того чтобы пламя непосредственно не касалось клапанов резервуара, фитингов и/или предохранительных устройств сброса давления, используют металлический экран. Металлический экран не должен находиться в прямом контакте с системой противопожарной защиты (предохранительным устройством сброса давления или клапаном резервуара).

Источник ровного огня длиной 1,65 м должен давать прямое пламя, отражающееся от поверхности резервуара по всему его диаметру. Испытание продолжают до полного опорожнения резервуара (пока давление в резервуаре не упадет ниже 0,7 МПа). Если в ходе испытания произошел любой сбой или нарушение параметров источника огня, то результаты испытания считаются недействительными.

Температура пламени контролируется как минимум тремя термодпарами, размещенными в зоне пламени на расстоянии приблизительно 25 мм под основанием резервуара. Термодпары могут быть встроены в стальные блоки кубической формы со стороной до 25 мм. В ходе испытания температуру термодпар и давление в резервуаре регистрируют каждые 30 секунд.

В течение пяти минут после зажигания огня должна быть достигнута средняя температура пламени не менее 590 °С (определяемая по среднему значению максимальных показаний двух термодпар, зарегистрированных за интервал, равный 60 секундам), которую поддерживают в течение всего испытания.

Если длина резервуара составляет менее 1,65 м, то центр резервуара должен располагаться над центром источника огня. В случае резервуара длиной более 1,65 м, если он оборудован на одном конце предохранительным устройством сброса давления, действие источника огня начинают с противоположной стороны резервуара. В случае резервуара длиной более 1,65 м, если он оборудован предохранительными устройствами с обоих концов или более чем в одном месте по длине резервуара, центр источника огня должен прихо-

даться на середину расстояния между предохранительными устройствами сброса давления, наиболее далеко отстоящими друг от друга по горизонтали.

Содержимое резервуара должно выходить через предохранительное устройство для сброса давления, причем резервуар не должен давать разрыва.

## Приложение 4

### Процедуры испытаний применительно к конкретным элементам оборудования системы хранения компримированного водорода

1. Квалификационные эксплуатационные испытания УСДТ  
Испытания проводят с использованием газообразного водорода, имеющего характеристики качества газа, отвечающие стандарту ISO 14687-2/SAE J2719. Если не указано иное, все испытания проводят при температуре окружающей среды  $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ . Предусматриваются нижеследующие квалификационные эксплуатационные испытания УСДТ (см. также приложение 1):
  - 1.1 Испытание на циклическое изменение давления  
Пять блоков УСДТ подвергают 11 000 циклам изменения внутреннего давления с использованием газообразного водорода, имеющего характеристики качества газа, отвечающие стандарту ISO 14687-2/SAE J2719. При первых пяти циклах давление изменяют от  $2 (\pm 1)$  МПа до 150% НРД ( $\pm 1$  МПа); при последующих циклах – от  $2 (\pm 1)$  МПа до 125% НРД ( $\pm 1$  МПа). Первые 1 500 циклов изменения давления проводят при температуре УСДТ, равной  $85 ^\circ\text{C}$  или выше. Остальные циклы проводят при температуре УСДТ, равной  $55 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ . Максимальная частота изменения циклов давления составляет 10 циклов в минуту. После данного испытания предохранительное устройство сброса давления должно соответствовать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность (пункт 1.8 приложения 4), испытания на расход (пункт 1.10 приложения 4) и стендового испытания на срабатывание (пункт 1.9 приложения 4).
  - 1.2 Ускоренное испытание на долговечность  
Испытанию подвергают восемь блоков УСДТ; три – при указанной изготовителем температуре активации,  $T_{\text{act}}$ , и пять – при температуре ускоренной активации,  $T_{\text{life}} = 9,1 \times T_{\text{act}}^{0,503}$ . УСДТ помещают в печь или жидкую ванну с температурой, поддерживаемой на постоянном уровне ( $\pm 1 ^\circ\text{C}$ ). Давление газообразного водорода на входе УСДТ составляет 125% НРД ( $\pm 1$  МПа). Источник подачи давления может быть расположен вне печи или ванны с регулируемой температурой. Давление на каждое устройство подается индивидуально или через систему коллектора. При использовании системы коллектора каждый напорный патрубок снабжается контрольным клапаном для предотвращения снижения давления в системе в случае выхода из строя какого-либо образца. Активация трех УСДТ, испытываемых при  $T_{\text{act}}$ , должна происходить менее чем через 10 часов. Активация пяти УСДТ, испытываемых при  $T_{\text{life}}$ , должна происходить не менее чем через 500 часов.

- 1.3 Испытание на циклическое воздействие температуры
- a) УСДТ не под давлением помещают в жидкую ванну с температурой  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  или ниже и выдерживают в течение по крайней мере двух часов. Затем с интервалом в пять минут УСДТ переносят в жидкую ванну с температурой  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$  или выше и выдерживают при данной температуре в течение минимум двух часов. После этого с интервалом в пять минут УСДТ снова помещают в жидкую ванну с температурой  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  или ниже.
  - b) Цикл изменения температуры по этапу a) повторяют 15 раз.
  - c) УСДТ, прошедшее кондиционирование в течение минимум двух часов в жидкой ванне с температурой  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  или ниже, подвергают (с использованием газообразного водорода) циклическому изменению внутреннего давления от 2 МПа ( $+1/-0$  МПа) до 80% НРД ( $+2/-0$  МПа) в течение 100 циклов при поддержании температуры жидкой ванны на уровне  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  или ниже.
  - d) После прохождения циклов изменения температуры и давления предохранительное устройство сброса давления должно соответствовать требованиям, предъявляемым в отношении испытаний на герметичность (пункт 1.8 приложения 4), за тем исключением, что испытания на герметичность проводят при температуре  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ( $+5/-0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). После испытания на герметичность УСДТ должно соответствовать требованиям стендового испытания на срабатывание (пункт 1.9 приложения 4) и затем испытания на расход (пункт 1.10 приложения 4).

1.4 Испытание на стойкость к солевой коррозии

Испытанию подвергают два блока УСДТ. Любые нестационарные выходные заглушки снимают. Каждый блок УСДТ устанавливают на испытательную арматуру с соблюдением рекомендуемой изготовителем процедуры таким образом, чтобы имитировать реальные условия воздействия внешних факторов. Каждый блок выдерживают в течение 500 часов в солевом растворе (тумане), как указано в стандарте ASTM B117 (Стандартная практика проведения испытания методом разбрызгивания солевого раствора (тумана)), причем при испытании одного образца значение pH солевого раствора корректируют до  $4,0 \pm 0,2$  добавлением серной кислоты и азотной кислоты в соотношении 2:1, а при испытании другого образца значение pH солевого раствора корректируют до  $10,0 \pm 0,2$  добавлением гидроксида натрия. Температуру во влажной камере поддерживают на уровне  $30-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

После всех этих испытаний каждое предохранительное устройство сброса давления должно соответствовать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность (пункт 6.1.8 приложения 3), испытания на расход (пункт 6.1.10 приложения 3) и стендового испытания на срабатывание (пункт 6.1.9 приложения 3).

1.5 Испытание на воздействие жидкостей, используемых в транспортном средстве

Устойчивость к внешнему воздействию жидкостей, используемых на автомобильном транспорте, определяют при помощи следующего испытания:

- a) Соединительные патрубки на входе и выходе УСДТ подсоединяют или перекрывают в соответствии с инструкциями изготовителя. Наружные поверхности УСДТ в течение 24 часов и при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °C подвергают воздействию каждой из следующих жидкостей:
  - i) серная кислота: 19-процентный водный раствор по объему;
  - ii) гидроксид натрия: 25-процентный водный раствор по весу;
  - iii) нитрат аммония: 28-процентный водный раствор по весу; и
  - iv) жидкость для обмыва ветрового стекла (50% по объему метилового спирта и воды).

По мере необходимости эти жидкости добавляют для обеспечения полного погружения образца на протяжении всего испытания. Для каждой из жидкостей проводят отдельное испытание. Воздействию последовательно всеми жидкостями может подвергаться один элемент оборудования.

- b) После воздействия каждой жидкостью элемент оборудования протирают и промывают водой.
- c) На данном элементе оборудования не должно иметься таких признаков механической деструкции, способной негативно отразиться на функциональной пригодности элементов оборудования, как трещины, размягчения или вздутия. Такие существенно внешние изменения, как следы разъедания или пятна, не считаются запретными. После всех этих воздействий блок(и) должен (должны) соответствовать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность (пункт 1.8 приложения 4), испытания на расход (пункт 1.10 приложения 4) и стендового испытания на срабатывание (пункт 1.9 приложения 4).

1.6 Испытание на коррозионное растрескивание

В случае УСДТ, содержащих компоненты, изготовленные из сплава на основе меди (например латуни), испытанию подвергают один блок УСДТ. Все компоненты, изготовленные из сплава на основе меди и подвергающиеся атмосферному воздействию, обезжиривают, а затем выдерживают в течение 10 дней подряд во влажных парах аммиачно-воздушной смеси в накрытой стеклянной крышкой кюветной камере.

На дне кюветной камеры под образцом находится водный раствор аммиака удельной плотностью 0,94 в концентрации, составляющей



не менее 20 мл на литр объема камеры. Образец помещают на лоток из инертного материала, который закрепляют над водным раствором аммиака на высоте  $35 (\pm 5)$  мм. Температуру влажных паров аммиачно-воздушной смеси поддерживают на уровне  $35 (\pm 5)$  °C при атмосферном давлении. В результате этого испытания на компонентах, изготовленных из сплава на основе меди, не должно образовываться трещин или появляться расслоений.

1.7 Испытание на сбрасывание и виброустойчивость

- a) Шесть блоков УСДТ при температуре окружающей среды ( $20 \pm 5$  °C) сбрасывают с высоты 2 м на гладкую бетонную поверхность. Допускается отскакивание образца от бетонной поверхности после первоначального удара. Один блок сбрасывают в шести положениях (противоположные направления трех ортогональных осей: вертикальная, поперечная и продольная). Если ни на одном из подвергнутых сбрасыванию образцов не имеется видимых внешних повреждений, указывающих на эксплуатационную непригодность данной детали, то переходят к этапу b);
- b) каждый из шести блоков УСДТ, подвергнутых сбрасыванию на этапе a), и один дополнительный блок, не подвергавшийся сбрасыванию, устанавливают на испытательную арматуру в соответствии с инструкциями изготовителя и в течение 30 минут воздействуют на них вибрацией по каждой из трех ортогональных осей (вертикальной, поперечной и продольной) с наиболее агрессивной резонансной частотой для каждой оси. Наиболее агрессивные резонансные частоты определяют посредством свипирования по синусоидальному частотному диапазону 10–500 Гц в течение 10 минут при значении ускорения 1,5 g. Резонансную частоту определяют по резкому возрастанию амплитуды колебаний. Если резонансная частота не находится в пределах этого диапазона, то испытание проводят при частоте 40 Гц. По завершении испытания ни на одном из образцов не должно иметься видимых внешних повреждений, указывающих на эксплуатационную непригодность данной детали. После этих испытаний образец должен соответствовать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность (пункт 1.8 приложения 4), испытания на расход (пункт 1.10 приложения 4) и стендового испытания на срабатывание (пункт 1.9 приложения 4).

1.8 Испытание на герметичность

УСДТ, которое не подвергалось предыдущим испытаниям, испытывают при температуре окружающей среды, высоких и низких температурах без использования других испытаний на проверку соответствия конструкции установленным требованиям. На него подают испытательное давление и до испытания его выдерживают в течение одного часа при каждой температуре. Используют следующие три испытательных температурных режима:

- a) температура окружающей среды: блок подвергают кондиционированию при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °C; испытание проводят при 5% НРД (+0/-2 МПа) и 150% НРД (+2/-0 МПа);
- b) высокая температура: блок кондиционируют при не менее 85 °C; испытание проводят при 5% НРД (+0/-2 МПа) и 150% НРД (+2/-0 МПа);
- c) низкая температура: блок подвергают кондиционированию при температуре -40 °C или ниже; испытание проводят при 5% НРД (+0/-2 МПа) и 100% НРД (+2/-0 МПа).

Дополнительные блоки подвергают испытанию на герметичность, как это указано применительно к другим испытаниям по пункту 1 приложения 4, с непрерывным воздействием на них температурами, предписанными для данных испытаний.

Блок подвергают кондиционированию при всех указанных испытательных температурах в течение одной минуты посредством погружения в жидкую среду с контролируемой температурой (либо при помощи эквивалентного метода). Если за указанный период времени не наблюдается образования пузырей, то считается, что образец прошел испытание. В случае обнаружения пузырей измеряют скорость утечки с использованием соответствующего метода. Суммарная скорость утечки водорода должна составлять менее 10 Нмл/ч.

#### 1.9 Стендовое испытание на срабатывание

Для установления базового времени срабатывания два новых блока УСДТ испытывают, не подвергая их другим испытаниям на проверку соответствия конструкции установленным требованиям. Дополнительные предварительно испытанные (в соответствии с пунктами 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 или 1.7 приложения 4) блоки подвергают стендовому испытанию на срабатывание, как это указано применительно к другим испытаниям по пункту 1 приложения 4.

- a) Испытательная установка представляет собой либо печь, либо горн с контролем температуры и расхода, способную/способный обеспечить температуру воздуха вокруг УСДТ на уровне 600 ( $\pm 10$ ) °C. Блок УСДТ не должен подвергаться прямому воздействию пламени. Блок УСДТ устанавливают на испытательную арматуру в соответствии с инструкциями изготовителя; документируют конфигурацию испытания.
- b) для целей контроля температуры в печь или горн помещают термопару. Перед началом испытания температуру в течение двух минут поддерживают в пределах приемлемого диапазона значений;
- c) блок УСДТ под давлением помещают в печь или горн и регистрируют время активации устройства. Перед этим на один новый (предварительно не подвергавшийся испытаниям) блок УСДТ подают давление не более 25% НРД; на блоки УСДТ (предварительно испытанные) подают давление не более 25% НРД; и на один новый (предварительно не подвер-

гавшийся испытаниям) блок УСДТ подают давление, соответствующее 100% НРД;

- d) блоки УСДТ, предварительно подвергнутые другим испытаниям по пункту 6.2.6.1, должны срабатывать не позже чем через две минуты по сравнению с базовым временем срабатывания нового блока УСДТ, на который было подано давление, составляющее до 25% НРД;
- e) разница между временем срабатывания двух блоков УСДТ, предварительно не подвергавшихся другим испытаниям, не должна превышать две минуты.

#### 1.10 Испытание на расход

- a) Испытанию на проверку пропускной способности подвергают восемь блоков УСДТ, в том числе три новых блока УСДТ и по одному блоку УСДТ, уже прошедшему испытания, предусмотренные следующими пунктами: пункты 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 и 1.7 приложения 4;
- b) каждый блок УСДТ активируют в соответствии с пунктом 1.9 приложения 4. После этого каждый блок – без очистки, снятия деталей или повторного кондиционирования – подвергают испытанию на расход с использованием водорода, воздуха или инертного газа;
- c) испытание на расход проводят при давлении на входе, составляющем  $2 (\pm 0,5)$  МПа. Давление на выходе равняется атмосферному. Регистрируют температуру и давление на входе;
- d) расход измеряют с точностью  $\pm 2\%$ . Наименьшее измеренное значение по восьми предохранительным устройствам сброса давления должно составлять не менее 90% наибольшего значения расхода.

#### 2. Испытания контрольного клапана и запорного клапана

Испытания проводят с использованием газообразного водорода, имеющего характеристики качества газа, отвечающие стандарту ISO 14687-2/SAE J2719. Если не указано иное, все испытания проводят при температуре окружающей среды  $20 (\pm 5)$  °С. Предусматриваются нижеследующие квалификационные эксплуатационные испытания контрольного клапана и запорного клапана (см. также добавление 2):

##### 2.1 Гидростатическое испытание на прочность

Выпускное отверстие элементов оборудования закрывают заглушкой, а седла клапанов или внутренние клапанные секции устанавливают в открытое положение. Для установления базового давления разрыва один блок испытывают, не подвергая его другим испытаниям на проверку соответствия конструкции установленным требованиям; другие же блоки подвергают последующим испытаниям, указанным в пункте 2 приложения 4.

- a) На вход элемента оборудования в течение трех минут подают гидростатическое давление, соответствующее 250% НРД

(+2/-0 МПа). Элемент оборудования осматривают, с тем чтобы удостовериться в отсутствии разрыва;

- b) затем подаваемое гидростатическое давление увеличивают со скоростью не более 1,4 МПа/с вплоть до выхода элемента оборудования из строя. Регистрируют значение гидростатического давления в момент отказа клапана. Разрушающее давление для блоков, предварительно подвергнутых другим испытаниям, должно составлять не менее 80% базового разрушающего давления, если только гидростатическое давление не превышает 400% НРД.

## 2.2 Испытание на герметичность

Один блок, который не подвергался предыдущим испытаниям, испытывают при температуре окружающей среды, высокой и низкой температурах, не подвергая его другим испытаниям на проверку соответствия конструкции установленным требованиям. Используют следующие три испытательных температурных режима:

- a) температура окружающей среды: блок подвергают кондиционированию при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С; испытание проводят при 5% НРД (+0/-2 МПа) и 150% НРД (+2/-0 МПа);
- b) высокая температура: блок кондиционируют при не менее 85 °С; испытание проводят при 5% НРД (+0/-2 МПа) и 150% НРД (+2/-0 МПа);
- c) низкая температура: блок подвергают кондиционированию при температуре -40 °С или ниже; испытание проводят при 5% НРД (+0/-2 МПа) и 100% НРД (+2/-0 МПа).

Дополнительные блоки подвергают испытанию на герметичность, как это указано применительно к другим испытаниям по пункту 2 приложения 4, с непрерывным воздействием на них температурой, предписанной для данных испытаний.

Выпускное отверстие закрывают соответствующей плотной заглушкой и на вход подают водород под давлением. Блок подвергают кондиционированию при всех указанных испытательных температурах в течение одной минуты посредством погружения в жидкую среду с контролируемой температурой (либо при помощи эквивалентного метода). Если за указанный период времени не наблюдается образования пузырей, то считается, что образец прошел испытание. В случае обнаружения пузырей измеряют скорость утечки с использованием соответствующего метода. Скорость утечки водорода не должна превышать 10 Нмл/ч.

## 2.3 Испытание на циклическое изменение давления при экстремальных температурах

- a) Общее число рабочих циклов составляет 11 000 для контрольного клапана и 50 000 для запорного клапана. Клапанный блок устанавливают на испытательную арматуру в соответствии с указаниями изготовителя. С использованием газообразного водорода клапан приводят в действие и эту опера-

цию непрерывно повторяют при всех заданных значениях давления.

Рабочий цикл предусматривает следующее:

- i) контрольный клапан подсоединяют к испытательной арматуре и шестью импульсами подают на вход клапана давление 100% НРД (+2/-0 МПа) при закрытом выходном отверстии. Затем давление на входе клапана стравливают. Перед началом следующего цикла давление на выходе контрольного клапана снижают до менее 60% НРД;
- ii) запорный клапан подсоединяют к испытательной арматуре и непрерывно подают давление как на вход, так и на выход.

Рабочий цикл состоит из одной полной последовательности приведения в действие и возврата в исходное положение.

- b) Испытание проводят на блоке, прошедшем стабилизацию при следующих температурах:
  - i) циклическое изменение давления при температуре окружающей среды. Блок, прошедший стабилизацию при температуре 20 ( $\pm 5$ ) °С, подвергают рабочим циклам (открытия/закрытия) при 125% НРД (+2/-0 МПа) в течение 90% общего числа циклов. По завершении рабочих циклов при температуре окружающей среды блок должен отвечать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность при температуре окружающей среды, указанного в пункте 2.2 приложения 4 ;
  - ii) циклическое изменение давления при высокой температуре. Затем блок, прошедший стабилизацию при температуре 85 °С или выше, подвергают рабочим циклам при 125% НРД (+2/-0 МПа) в течение 5% общего числа рабочих циклов. По завершении рабочих циклов при температуре 85 °С блок должен отвечать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность при высокой (85 °С) температуре, указанного в пункте 2.2 приложения 4 ;
  - iii) циклическое изменение давления при низкой температуре. Затем блок, прошедший стабилизацию при температуре -40 °С или ниже, подвергают рабочим циклам при 100% НРД (+2/-0 МПа) в течение 5% общего числа циклов. По завершении рабочих циклов при температуре -40 °С блок должен отвечать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность при низкой (-40 °С) температуре, указанного в пункте 2.2 приложения 4.
- c) Испытание контрольного клапана на биение. После прохождения 11 000 рабочих циклов и испытаний на герметичность, упомянутых в пункте 2.3 b) приложения 4, контрольный клапан

пан в течение 24 часов подвергают воздействию вибрации при расходе, вызывающем наибольшее биение (стук клапана). По завершении этого испытания контрольный клапан должен отвечать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность при температуре окружающей среды (пункт 2.2 приложения 4) и испытания на прочность (пункт 2.1 приложения 4).

#### 2.4 Испытание на стойкость к солевой коррозии

Элемент оборудования закрепляют в положении его обычной установки и выдерживают в течение 500 часов в солевом растворе (тумане), как указано в стандарте ASTM B117 (Стандартная практика проведения испытания методом разбрызгивания солевого раствора (тумана)). Температуру во влажной камере поддерживают на уровне 30–35 °С. Солевой раствор состоит из 5% по весу хлористого натрия и 95% по весу дистиллированной воды.

Сразу же после испытания на коррозионную стойкость образец промывают, осторожно очищают от отложений соли и осматривают на предмет деформации. После этого он должен отвечать следующим требованиям:

- a) На данном элементе оборудования не должно иметься таких признаков механической деструкции, способной негативно отразиться на функциональной пригодности элементов оборудования, как трещины, размягчения или вздутия. Такие сугубо внешние изменения, как следы разъедания или пятна, не считаются дефектами;
- b) испытание на герметичность при температуре окружающей среды (пункт 2.2 приложения 4);
- c) гидростатическое испытание на прочность (пункт 2.1 приложения 4).

#### 2.5 Испытание на воздействие жидкостей, используемых в транспортном средстве

Устойчивость к воздействию жидкостей, используемых на автомобильном транспорте, определяют при помощи указанного ниже испытания.

- a) Соединительные патрубки на входе и выходе клапанного блока подсоединяют или перекрывают в соответствии с инструкциями изготовителя. Наружные поверхности клапанного блока в течение 24 часов и при температуре 20 (±5) °С подвергают воздействию каждой из следующих жидкостей:
  - i) серная кислота: –19-процентный водный раствор по объему;
  - ii) гидроксид натрия: –25-процентный водный раствор по весу;
  - iii) нитрат аммония: –28-процентный водный раствор по весу; и

- iv) жидкость для обмыва ветрового стекла (50% по объему метилового спирта и воды).

По мере необходимости эти жидкости добавляют для обеспечения полного погружения образца на протяжении всего испытания. Для каждой из жидкостей проводят отдельное испытание. Воздействию последовательно всеми жидкостями может подвергаться один элемент оборудования.

- b) После воздействия каждым химическим веществом элемент оборудования протирают и промывают водой.
- c) На данном элементе оборудования не должно иметься таких признаков механической деструкции, способной негативно отразиться на функциональной пригодности элементов оборудования, как трещины, размягчения или вздутия. Такие глубоко внешние изменения, как следы разъедания или пятна, не считаются запретными. По завершении всех испытаний на воздействие блок(и) должен (должны) отвечать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность при температуре окружающей среды (пункт 2.2 приложения 4) и гидростатического испытания на прочность (пункт 2.1 приложения 4).

## 2.6 Испытание на воздействие атмосферных условий

Испытание на воздействие атмосферных условий проводят для цели проверки соответствия контрольного клапана и автоматических запорных клапанов квалификационным требованиям, если в данном элементе оборудования имеются неметаллические материалы, на которые при обычных условиях эксплуатации воздействуют атмосферные условия.

- a) Все неметаллические материалы, используемые для обеспечения изоляции топлива и подвергаемые воздействию атмосферных условий, в отношении которых подателем заявки не представлены удовлетворяющие технические спецификации, не должны растрескиваться или иметь видимых внешних повреждений после воздействия на них в течение 96 часов кислородом при температуре 70 °C и давлении 2 МПа в соответствии со стандартом ASTM D572 (Стандартный метод испытания на ухудшение свойств резины под воздействием тепла и кислорода).
- b) Стойкость всех эластомеров к действию озона подтверждают посредством:
  - i) определения стойкости к действию озона каждого из соединений эластомера; и/или
  - ii) испытания элемента оборудования в соответствии со стандартом ISO 1431/1, ASTM D1149 либо с использованием эквивалентных методов.

## 2.7 Электрические испытания

Электрические испытания проводят для цели проверки соответствия автоматических запорных клапанов квалификационным требо-

ваниям, но не проводят для целей квалификационной проверки контрольных клапанов.

- a) Испытание при отклонении напряжения от требуемого значения. Соленоидный клапан подсоединяют к источнику регулируемого напряжения постоянного тока. Работу соленоидного клапана регулируют следующим образом:
- i) в течение 1 часа поддерживают равновесное состояние (температура в установившемся режиме) при полукратном номинальном напряжении;
  - ii) подаваемое напряжение увеличивают до двукратного номинального напряжения или 60 вольт в зависимости от того, какое значение меньше, и сохраняют на этом уровне в течение 1 минуты;
  - iii) никакой пробой не должен приводить к внешней утечке, открытию клапана или созданию таких небезопасных условий, как дым, огонь или плавление.
- Минимальное напряжение открытия клапана при НРД и комнатной температуре должно составлять не более 9 В для 12-вольтной системы и не более 18 В для 24-вольтной системы.
- b) Испытание на сопротивление изоляции. От силового кабеля на кожух элемента оборудования в течение по крайней мере 2 секунд подают постоянный ток напряжением 1 000 В. Минимально допустимое сопротивление для данного элемента оборудования составляет 240 кОм.

#### 2.8 Испытание на виброустойчивость

На клапанный блок, заглушенный с обеих сторон, с использованием водорода подают давление, соответствующее 100% его НРД (+2/-0 МПа), и в течение 30 минут воздействуют на него вибрацией по каждой из трех ортогональных осей (вертикальной, продольной и поперечной) с наиболее агрессивной резонансной частотой для каждой оси. Наиболее агрессивные резонансные частоты определяют посредством свипирования по синусоидальному частотному диапазону 10–40 Гц в течение 10 минут при значении ускорения 1,5 g. Если резонансная частота не находится в пределах этого диапазона, то испытание проводят при частоте 40 Гц. По завершении воздействия вибрации на образце не должно иметься видимых внешних повреждений, указывающих на эксплуатационную непригодность данной детали. После этого испытания клапанный блок должен отвечать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность при температуре окружающей среды, указанного в пункте 2.2 приложения 4.

#### 2.9 Испытание на коррозионное растрескивание

В случае клапанных блоков, содержащих компоненты, изготовленные из сплава на основе меди (например, латуни), испытанию подвергают один блок. Клапанный блок разбирают, все компоненты, изготовленные из сплава на основе меди, обезжиривают, а затем



блок собирают вновь и выдерживают в течение 10 дней подряд во влажных парах аммиачно-воздушной смеси в накрытой стеклянной крышкой кюветной камере.

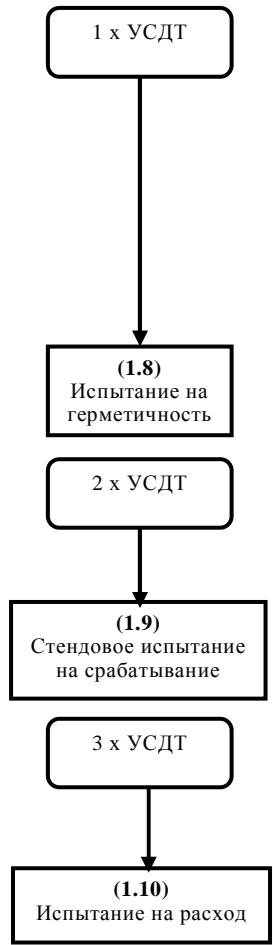
На дне кюветной камеры под образцом находится водный раствор аммиака удельной плотностью 0,94 в концентрации, составляющей не менее 20 мл на литр объема камеры. Образец помещают на лоток из инертного материала, который закрепляют над водным раствором аммиака на высоте 35 ( $\pm 5$ ) мм. Температуру влажных паров аммиачно-воздушной смеси поддерживают на уровне +35 ( $\pm 5$ ) °C при атмосферном давлении. В результате этого испытания на компонентах, изготовленных из сплава на основе меди, не должно образовываться трещин или появляться расслоений.

2.10 Испытание на воздействие предварительно охлажденным водородом

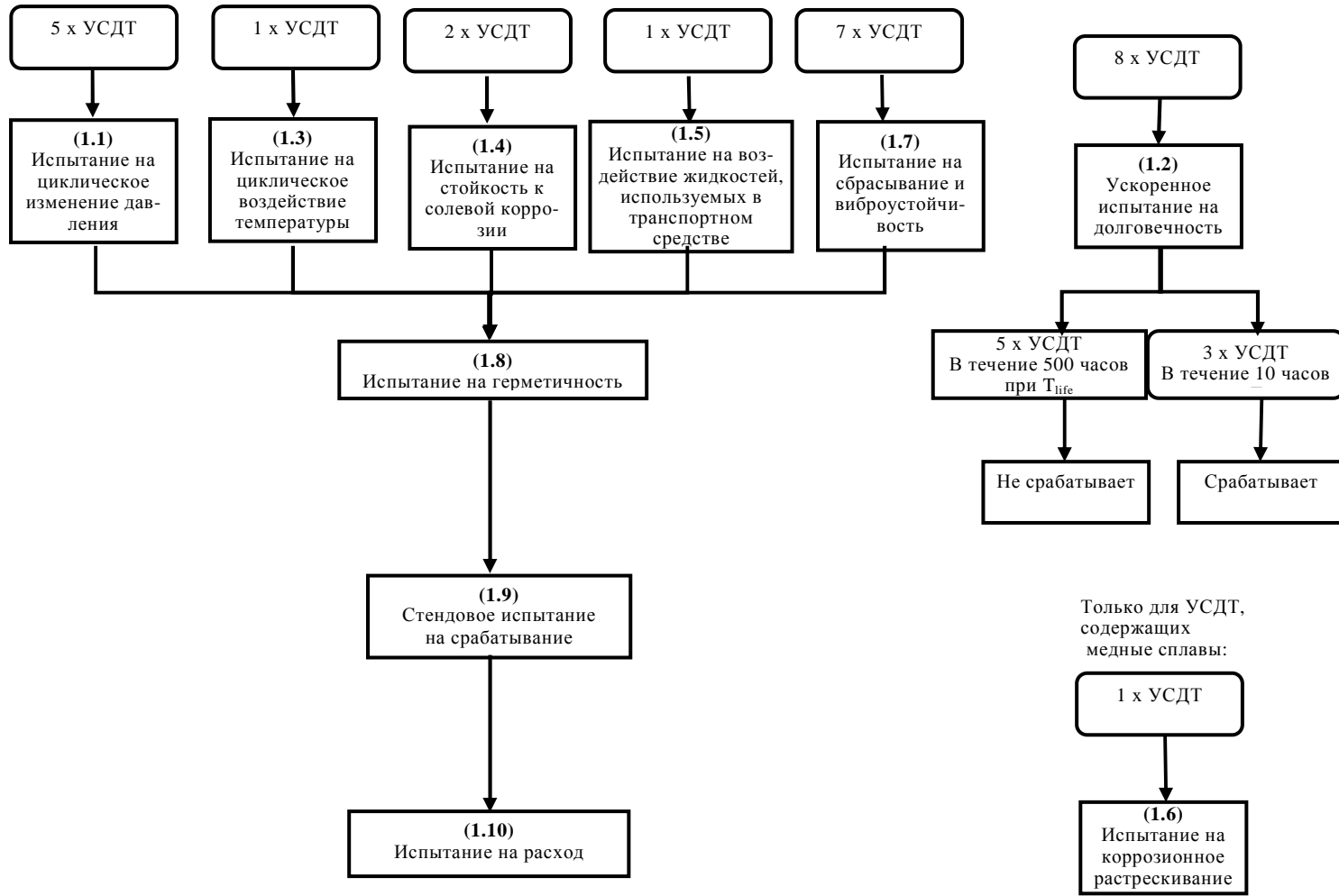
Клапанный блок подвергают воздействию водорода, предварительно охлажденного до -40 °C или ниже, подаваемого со скоростью 30 г/с при наружной температуре 20 ( $\pm 5$ ) °C в течение минимум 3 минут. С блока сбрасывают давление и после 2-минутного периода выдерживания осуществляют его повторную подкачку. Данное испытание повторяют 10 раз. Затем эту же процедуру испытания повторяют еще для десяти циклов, причем период выдерживания увеличивают до 15 минут. После этого испытания блок должен отвечать требованиям, предъявляемым в отношении испытания на герметичность при температуре окружающей среды, указанного в пункте 2.2 приложения 4.

Приложение 1 – Обзор испытаний УСДТ

Испытания для проверки базовых характеристик

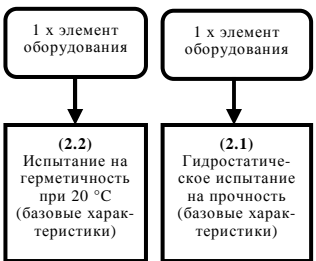


Испытания для проверки эксплуатационных характеристик и на растрескивание

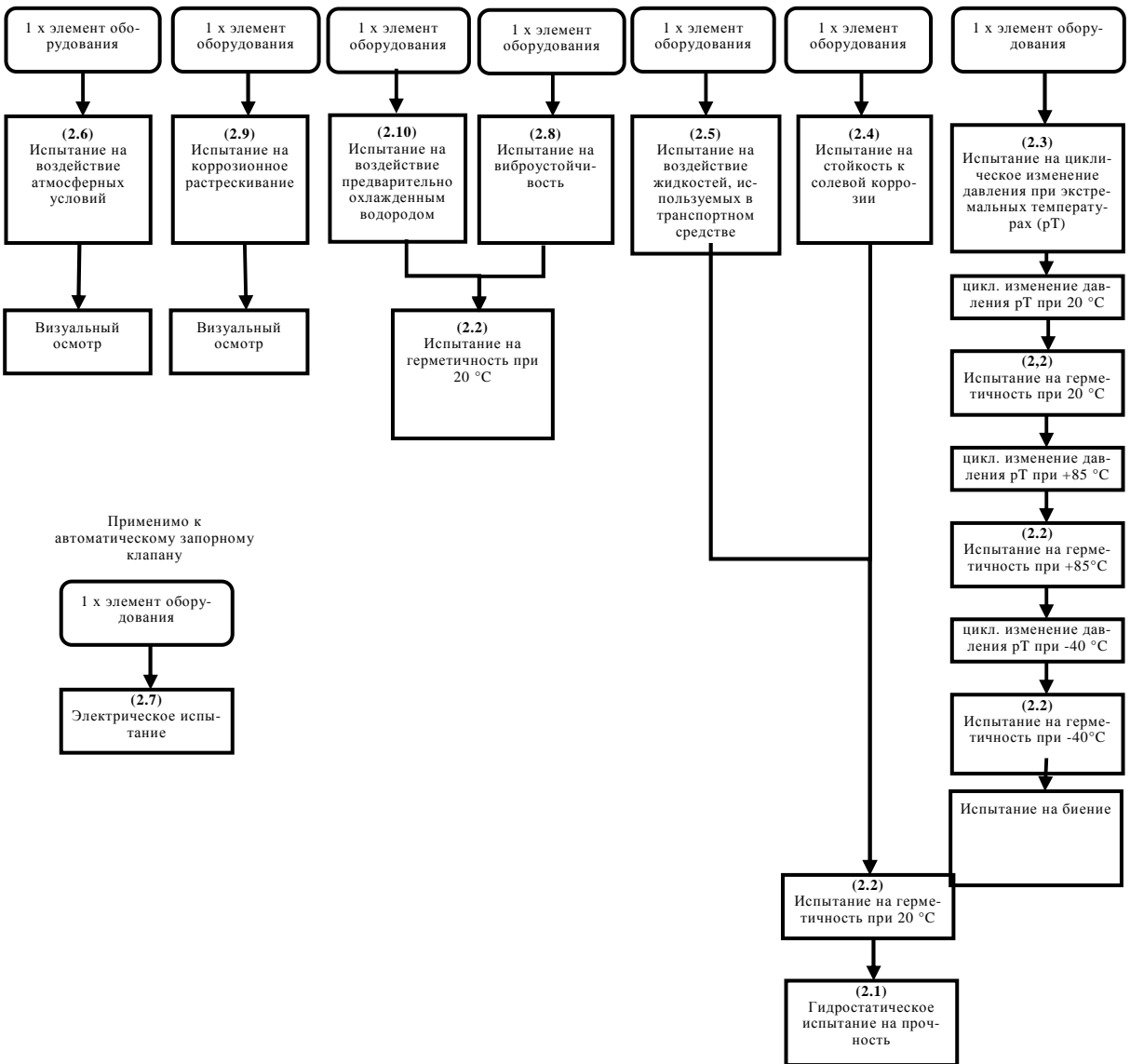


**Приложение 2 – Обзор испытаний для проверки контрольных клапанов и запорных клапанов**

**Испытания для проверки базовых характеристик**



**Испытания для проверки эксплуатационных характеристик и на растрескивание**



## Приложение 5

### Процедуры испытаний применительно к системе транспортного средства, включающей систему хранения сжатого водорода

1. Испытание системы хранения сжатого водорода на утечку после столкновения

Для оценки уровня утечки водорода после столкновения проводят краш-тесты, аналогичные испытаниям, изложенным в пункте 7.2 настоящих Правил.

Перед началом краш-теста на систему хранения водорода устанавливают контрольно-измерительные приборы для проведения требуемых измерений давления и температуры, если стандартное приборное оснащение транспортного средства не обеспечивает предписанной точности измерения.

Затем систему хранения при необходимости продувают воздухом с соблюдением указаний изготовителя для удаления из резервуара возможных примесей перед ее заполнением сжатым водородом или гелием. Поскольку давление в системе хранения варьируется в зависимости от температуры, давление заправки задают с учетом температуры. Заданное давление определяют при помощи следующего уравнения:

$$P_{\text{target}} = \text{НРД} \times (273 + T_o) / 288,$$

где НРД – номинальное рабочее давление (МПа),  $T_o$  – температура окружающей среды, при которой предполагается термостатирование системы хранения, а  $P_{\text{target}}$  – заданное давление заправки после стабилизации температуры.

Резервуар заполняют минимум при мере 95% заданного давления заправки и перед началом краш-теста выдерживают для стабилизации температуры.

Непосредственно перед ударом основной запорный клапан и отсечные клапана, расположенные на выходе топливопровода для подачи газообразного водорода, должны быть в штатном рабочем состоянии.

- 1.1 Испытание на герметичность после столкновения: система хранения сжатого водорода, заполненная сжатым водородом

Давление газообразного водорода,  $P_0$  (МПа), и температуру,  $T_0$  (°C), измеряют непосредственно перед ударом, а затем через определенный временной интервал,  $\Delta t$  (мин), после удара. Отсчет интервала времени  $\Delta t$  продолжительностью не менее 60 минут начинают после того, как транспортное средство полностью остановится после удара. При необходимости временной интервал  $\Delta t$  увеличивают в качестве поправки на погрешность измерения применительно к системам хранения большого объема с рабочим давлением до

70 МПа; в этом случае  $\Delta t$  рассчитывают при помощи следующего уравнения:

$$\Delta t = V_{\text{CHSS}} \times \text{НРД} / 1\,000 \times ((-0,027 \times \text{НРД} + 4) \times R_s - 0,21) - 1,7 \times R_s,$$

где  $R_s = P_s/\text{НРД}$ ,  $P_s$  – диапазон показаний, снятых датчиком давления (МПа), НРД – номинальное рабочее давление (МПа),  $V_{\text{CHSS}}$  – объем системы хранения сжатого водорода (л), а  $\Delta t$  – интервал времени (мин). Если рассчитанное значение  $\Delta t$  составляет меньше 60 минут, то  $\Delta t$  принимают равным 60 минутам.

Первичную массу водорода в системе хранения рассчитывают следующим образом:

$$P_o' = P_o \times 288 / (273 + T_o)$$

$$\rho_o' = -0,0027 \times (P_o')^2 + 0,75 \times P_o' + 0,5789$$

$$M_o = \rho_o' \times V_{\text{CHSS}}$$

Конечную массу водорода в системе хранения ( $M_f$ ) в конце временного интервала  $\Delta t$  рассчитывают следующим образом:

$$P_f' = P_f \times 288 / (273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0027 \times (P_f')^2 + 0,75 \times P_f' + 0,5789$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{\text{CHSS}},$$

где  $P_f$  – замеренное конечное давление (МПа) в конце временного интервала, а  $T_f$  – замеренная конечная температура (°C).

Средний расход водорода (который не должен выходить за рамки критерия, указанного в пункте 7.2.1) за определенный временной интервал составляет, соответственно,

$$V_{\text{H}_2} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 2,016 \times (P_{\text{target}} / P_o),$$

где  $V_{\text{H}_2}$  – средний объемный расход (л/мин) за интервал времени, а показатель  $P_{\text{target}}/P_o$  вводит поправку на разность между измеренным исходным давлением,  $P_o$ , и заданным давлением заправки  $P_{\text{target}}$ .

## 1.2 Испытание на герметичность после столкновения: система хранения сжатого водорода, заполненная сжатым гелием

Давление гелия,  $P_0$  (МПа), и температуру,  $T_0$  (°C), измеряют непосредственно перед ударом, а затем через определенный временной интервал после удара. Отсчет интервала времени  $\Delta t$  продолжительностью не менее 60 минут начинают после того, как транспортное средство полностью остановится после удара. При необходимости временной интервал  $\Delta t$  увеличивают в качестве поправки на погрешность измерения применительно к системам хранения большого объема с рабочим давлением до 70 МПа; в этом случае  $\Delta t$  рассчитывают при помощи следующего уравнения:

$$\Delta t = V_{\text{CHSS}} \times \text{NWP} / 1\,000 \times ((-0,028 \times \text{NWP} + 5,5) \times R_s - 0,3) - 2,6 \times R_s,$$

где  $R_s = P_s/\text{НРД}$ ,  $P_s$  – диапазон показаний, снятых датчиком давления (МПа), НРД – номинальное рабочее давление (МПа),  $V_{\text{CHSS}}$  – объем системы хранения компримированного газа (л), а  $\Delta t$  – интервал времени (мин). Если значение  $\Delta t$  составляет меньше 60 минут, то  $\Delta t$  принимают равным 60 минутам.

Первичную массу водорода в системе хранения рассчитывают следующим образом:

$$P_o' = P_o \times 288 / (273 + T_o)$$

$$\rho_o' = -0,0043 \times (P_o')^2 + 1,53 \times P_o' + 1,49$$

$$M_o = \rho_o' \times V_{\text{CHSS}}$$

Конечную массу водорода в системе хранения ( $M_f$ ) в конце временного интервала  $\Delta t$  рассчитывают следующим образом:

$$P_f' = P_f \times 288 / (273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0043 \times (P_f')^2 + 1,53 \times P_f' + 1,49$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{\text{CHSS}}$$

где  $P_f$  – замеренное конечное давление (МПа) в конце временного интервала, а  $T_f$  – замеренная конечная температура ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Средний расход гелия за определенный временной интервал составляет, соответственно,

$$V_{\text{He}} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 4,003 \times (P_{\text{target}} / P_o),$$

где  $V_{\text{He}}$  – средний объемный расход (Нл/мин) за интервал времени, а показатель  $P_{\text{target}}/P_o$  вводит поправку на разность между измеренным исходным давлением ( $P_o$ ) и заданным давлением заправки ( $P_{\text{target}}$ ).

Средний объемный расход гелия пересчитывают в средний расход водорода по следующей формуле:

$$V_{\text{H}_2} = V_{\text{He}} / 0,75,$$

где  $V_{\text{H}_2}$  – соответствующий средний объемный расход водорода (который не должен выходить за рамки предписаний, указанных в пункте 7.2.1 настоящих Правил).

2. Испытание на определение уровня концентрации в закрытых кожухом пространствах после столкновения

Результаты измерений, зарегистрированные в ходе краш-теста, служат для оценки потенциального уровня утечки водорода (или гелия) (процедура испытания по пункту 1 приложения 5).

Датчики выставляют на измерение либо увеличения концентрации водорода или гелия, либо уменьшения содержания кислорода (обусловленного вытеснением воздуха при утечке водорода/гелия).

Датчики калибруют по соответствующим эталонам для обеспечения точности  $\pm 5\%$  при заданных предельных уровнях объемной концентрации в воздухе, составляющих 4% для водорода или 3% для гелия, а полный диапазон измерений должен как минимум на 25% превышать заданные критерии. Датчик должен обеспечивать

90-процентное срабатывание на изменение концентрации, соответствующее отклонению стрелки на полную шкалу, в течение 10 секунд.

Перед началом краш-теста датчики устанавливают в пассажирском салоне и багажном отделении транспортного средства следующим образом:

- a) на расстоянии в пределах 250 мм от верхней облицовки над сиденьем водителя или вблизи внутренней поверхности крыши по центру пассажирского салона;
- b) на расстоянии в пределах 250 мм от пола перед задним (или самым задним) сиденьем в пассажирском салоне;
- c) на расстоянии в пределах 100 мм от внутренней поверхности крыши багажного отделения транспортного средства, которое непосредственно не подвергается удару в ходе данного краш-теста.

Датчики надежно закрепляют на элементах конструкции или сиденьях транспортного средства и для целей запланированного краш-теста защищают от обломков, осколков и срабатывающих подушек безопасности. Результаты измерений, проводимых после столкновения, регистрируют при помощи приборов, размещенных внутри транспортного средства, или же посредством дистанционной передачи снятых показаний.

Транспортное средство может находиться либо на открытом воздухе на площадке, защищенной от воздействия ветра и солнечных лучей, либо в закрытом помещении достаточно большого размера и с принудительной вентиляцией во избежание увеличения концентрации водорода в пассажирском салоне и багажном отделении до уровней, превышающих более чем на 10% заданные критерии.

Сбор послеаварийных данных в закрытых кожухом пространствах начинают после полной остановки транспортного средства. Показания датчиков считываются по крайней мере каждые 5 секунд, и сбор данных продолжается в течение 60 минут после удара. Для обеспечения "сглаживания" побочных помех и устранения эффекта паразитных частных значений применительно к измерениям допускается запаздывание первого порядка (временная константа) максимум до 5 секунд.

Отфильтрованные показания каждого датчика в любое время на протяжении 60 минут после краш-теста должны быть ниже заданных предельных уровней концентрации, составляющих 4,0% для водорода или 3,0% для гелия.

3. Испытание на соответствие предъявляемым требованиям в условиях единичного сбоя

Испытание проводят в соответствии с процедурой, изложенной либо в пункте 3.1 либо в пункте 3.2 приложения 5.

- 3.1 Процедура испытания транспортных средств, оборудованных датчиками утечки газообразного водорода

- 3.1.1 Условия проведения испытаний
  - 3.1.1.1 Испытуемое транспортное средство. Тяговую установку испытуемого транспортного средства запускают, прогревают до обычной рабочей температуры и оставляют включенной на протяжении всего испытания. В случае транспортного средства не на топливных элементах, его двигатель прогревают и оставляют работать в режиме холостого хода. Если испытуемое транспортное средство оборудовано системой автоматического глушения двигателя на холостом ходу, то принимают меры во избежание остановки двигателя.
  - 3.1.1.2 Испытательный газ. Используют две водородно-воздушные смеси: с концентрацией водорода 3,0% (или меньше) – для проверки работы функции предупреждения, и с концентрацией водорода 4,0% (или меньше) – для проверки работы функции отсечки. Надлежащие уровни концентрации подбирают исходя из рекомендации изготовителя (или технических характеристик детектора).
- 3.1.2 Метод испытания
  - 3.1.2.1 Подготовка к испытанию. Испытание проводят в условиях, исключающих любое воздействие ветра с помощью соответствующих средств, таких как:
    - а) шланг подачи испытательного газа подсоединяют к детектору утечки газообразного водорода;
    - б) детектор утечки водорода накрывают чехлом для поддержания вокруг него насыщенной газом среды.
  - 3.1.2.2 Проведение испытания
    - а) Испытательный газ подают под напором на детектор утечки водорода;
    - б) надлежащее функционирование системы предупреждения подтверждают с использованием в ходе испытания газовой смеси для проверки работы функции предупреждения;
    - в) срабатывание основного запорного клапана подтверждают с использованием в ходе испытания газовой смеси для проверки работы функции отсечки. Функционирование основного запорного клапана, перекрывающего подачу водорода, может подтверждаться, например, посредством контроля напряжения в проводе электропитания клапана или путем фиксации звука активации запорного клапана.
- 3.2 Процедура испытания на целостность закрытых кожухом пространств и систем обнаружения
  - 3.2.1 Подготовка:
    - 3.2.1.1 испытание проводят в условиях, исключающих любое воздействие ветра;
    - 3.2.1.2 особое внимание уделяют внешним условиям при испытании, поскольку по ходу испытания могут образовываться легковоспламеняющиеся водородно-воздушные смеси;



- 3.2.1.3 до начала испытания транспортное средство проходит подготовку для удаления водорода из системы хранения при помощи функции дистанционного контроля. Количество, местоположение и производительность точек стравливания на выходе основного запорного клапана определяются изготовителем транспортного средства с учетом наихудшего из возможных сценариев утечки при единичной неисправности. Суммарный расход по всем дистанционно контролируемым точкам стравливания должен быть достаточным для подтверждения надлежащей работы автоматических функций "предупреждения" и отсечки водорода;
- 3.2.1.4 для целей данного испытания в тех местах, где может скапливаться водород, главным образом в пассажирском салоне (например, около верхней облицовки), устанавливают концентрационный детектор водорода при проведении испытаний на соответствие пункту 7.1.4.2 настоящих Правил и в закрытых или полужакрытых кожухом пространствах внутри транспортного средства, где в результате имитируемой утечки может скапливаться водород, устанавливают концентрационные детекторы водорода при проведении испытаний на соответствие пункту 7.1.4.3 настоящих Правил (см. пункт 3.2.1.3 приложения 5).
- 3.2.2 Процедура:
- 3.2.2.1 двери, окна и прочие крышки и кожухи транспортного средства закрывают;
- 3.2.2.2 тяговую установку запускают, прогревают до обычной рабочей температуры и оставляют работать в режиме холостого хода на протяжении всего испытания;
- 3.2.2.3 при помощи функции дистанционного контроля имитируют утечку;
- 3.2.2.4 уровень концентрации водорода измеряют непрерывно до тех пор, пока концентрация больше не будет расти на протяжении 3 минут. При испытании на соответствие требованиям пункта 7.1.4.3 настоящих Правил объем имитируемой утечки затем увеличивают при помощи функции дистанционного контроля вплоть до полного закрытия основного запорного клапана и активации контрольного предупреждающего сигнала. Срабатывание основного запорного клапана, перекрывающего подачу водорода, может подтверждаться посредством контроля напряжения в проводе электропитания клапана или путем фиксирования звука активации запорного клапана;
- 3.2.2.5 в случае проведения испытания на соответствие требованиям пункта 7.1.4.2 настоящих Правил, испытание считается успешно пройденным, если концентрация водорода в пассажирском салоне не превышает 1,0%. В случае проведения испытания на соответствие пункту 7.1.4.3 настоящих Правил испытание считается успешно пройденным, если функции контрольного предупреждения и отсечки срабатывают при (или ниже) уровнях концентрации, указанных в пункте 7.1.4.3 настоящих Правил; в противном случае испытание считается не пройденным и система не утверждается для целей использования на транспортном средстве.

4. Испытание системы выпуска транспортного средства на соответствие установленным требованиям
- 4.1 Силовую установку испытуемого транспортного средства (например, батарею топливных элементов или двигатель) прогревают до обычной рабочей температуры.
- 4.2 Перед началом использования измерительное устройство прогревают до его обычной рабочей температуры.
- 4.3 Измерительную секцию прибора помещают по центру потока отработавших газов на расстоянии в пределах 100 мм от точки выброса снаружи транспортного средства.
- 4.4 Концентрацию водорода в отработавших газах измеряют непрерывно с соблюдением следующей последовательности:
  - a) силовую установку заглушают;
  - b) по завершении этапа заглушения силовую установку сразу же запускают;
  - c) по истечении одной минуты силовую установку выключают и измерения продолжают до полной остановки силового агрегата.
- 4.5 Время срабатывания измерительного устройства должно составлять менее 300 миллисекунд.
5. Испытание на соответствие предъявляемым требованиям в условиях утечки из топливопровода
- 5.1 Силовую установку испытуемого транспортного средства (например, батарею топливных элементов или двигатель) прогревают и оставляют работать при обычной рабочей температуре с поддержанием в топливопроводах рабочего давления.
- 5.2 Оценку уровня утечки водорода проводят на легкодоступных участках топливопровода в секции высокого давления перед входом в батарею топливных элементов (или двигатель) при помощи детектора утечки газа или с использованием жидкости для обнаружения утечки, например мыльного раствора.
- 5.3 Обнаружение утечки водорода проводят главным образом в местах соединений.
- 5.4 При использовании детектора утечки газа его устанавливают как можно ближе к топливопроводу и показания считывают за период, составляющий не менее 10 секунд.
- 5.5 При использовании жидкости, сигнализирующей об утечке, обнаружение утечки газообразного водорода проводят сразу же после нанесения раствора. Кроме того, через несколько минут после нанесения раствора проводят визуальные проверки для выявления пузырьков, вызванных остаточной утечкой.
6. Проверка установки  
Систему подвергают визуальному осмотру для целей проверки ее соответствия.

## Приложение 6

### Процедуры испытаний конструкции системы СХСЖВ на соответствие установленным требованиям

1. Испытания для проверки базовых параметров

1.1 Испытание на соответствие давлению

Внутренний корпус резервуара и система трубопроводов, проходящих между внутренним корпусом резервуара и наружным кожухом, должны выдерживать испытание на соответствие внутреннему давлению, проводимое при комнатной температуре с соблюдением нижеследующих требований.

Изготовитель определяет испытательное давление  $p_{\text{test}}$ , которое должно отвечать приводимым ниже требованиям:

$$p_{\text{test}} \geq 1,3 \text{ (МДРД} \pm 0,1 \text{ МПа)}$$

- a) в случае металлических резервуаров либо значение  $p_{\text{test}}$  больше или равно максимальному давлению на стенки внутреннего корпуса резервуара в момент возникновения сбоя (определяемого по пункту 2.3 приложения 6), либо изготовитель подтверждает путем расчетов, что при максимальном давлении на стенки внутреннего корпуса резервуара в момент возникновения сбоя не происходит разрыва;
- b) в случае неметаллических резервуаров значение  $p_{\text{test}}$  больше или равно максимальному давлению на стенки внутреннего корпуса резервуара в момент возникновения сбоя (определяемого по пункту 2.3 приложения 6).

Испытание проводят в следующем порядке:

- a) испытанию подвергают внутренний корпус резервуара для хранения и соединительные трубопроводы, проходящие между внутренним корпусом резервуара и вакуумным кожухом, причем со снятым наружным кожухом;
- b) проводят либо гидравлическое испытание с использованием воды или водно-гликолевой смеси, либо – в качестве альтернативы – пневматическое с использованием газа. Резервуар равномерно накачивают до испытательного давления  $p_{\text{test}}$  и выдерживают при этом давлении минимум 10 минут;
- c) испытание проводят при температуре окружающей среды. В случае использования для накачки резервуара газа увеличение давления производится таким образом, чтобы температура резервуара оставалась на уровне или примерно на уровне температуры окружающей среды.

Испытание считается успешно пройденным, если в течение первых 10 минут после подачи проверочного давления на резервуаре под давлением не наблюдается заметной остаточной деформации, видимых признаков деструкции и видимой утечки.

- 1.2 Базовый показатель давления разрыва для новых резервуаров
- Испытание проводят в следующем порядке:
- a) испытанию при температуре окружающей среды подвергают внутренний корпус резервуара;
  - b) проводят гидравлическое испытание с использованием воды или водно-гликолевой смеси;
  - c) давление увеличивают равномерно со скоростью, не превышающей 0,5 МПа/мин, до разрыва резервуара или образования утечки;
  - d) по достижении МДРД резервуар выдерживают в течение по крайней мере 10 минут при постоянном значении давления, и в этот период может проводиться проверка резервуара на деформацию;
  - e) давление регистрируют или записывают на протяжении всего испытания.

В случае резервуаров с внутренним корпусом из стали испытание считается успешно пройденным, если обеспечивается соблюдение по крайней мере одного из двух критериев, указанных в пункте 8.1.2 настоящих Правил. В случае же резервуаров с внутренним корпусом из алюминиевого сплава или другого материала определяют критерий успешного прохождения испытания, гарантирующий по меньшей мере уровень безопасности, аналогичный по сравнению с резервуарами с внутренним корпусом из стали.

- 1.3 Базовый показатель циклов изменения давления на протяжении срока службы

Резервуары и/или вакуумные кожухи подвергают циклическому изменению давления в течение числа циклов, по крайней мере в три раза превышающего число возможных полных циклов изменения давления (от наименьшего до наибольшего рабочего давления), проводимых при проверке ожидаемой эффективности в дорожных условиях. Число циклов изменения давления определяется изготовителем с учетом диапазона рабочего давления, емкости системы хранения и соответственно максимального числа заправок топливом и максимального числа циклов изменения давления в экстремальных условиях эксплуатации и хранения. Испытание на циклическое изменение давления проводят при температуре жидкого азота с приращением давления от атмосферного до МДРД, например, путем заполнения резервуара до определенного уровня жидким азотом и попеременного увеличения и сброса давления в нем с использованием (предварительно охлажденного) газообразного азота или гелия.

2. Проверка ожидаемых эксплуатационных характеристик в дорожных условиях

2.1 Испытание на утечку паров

Испытание проводят в следующем порядке:

- a) для целей предварительного кондиционирования резервуар заполняют сжиженным водородным топливом до указанного максимального уровня заполнения. Затем водород постепенно стравливают до достижения половины уровня заполнения, а систему выдерживают для ее полного охлаждения в течение по крайней мере 24 часов и максимум 48 часов;
- b) резервуар заполняют до указанного максимального уровня заполнения;
- c) резервуар накачивают до достижения давления вскипания;
- d) после начала газификации испытание продолжается в течение еще по крайней мере 48 часов и не прекращается до момента, пока давление не стабилизируется. Стабилизация давления происходит тогда, когда его среднее значение не увеличивается за 2-часовой период времени.

На протяжении всего испытания регистрируют или записывают давление на стенки внутреннего корпуса резервуара. Испытание считается пройденным при выполнении следующих требований:

- a) давление стабилизируется и на протяжении всего испытания остается ниже МДРД;
- b) на протяжении всего испытания устройства для сброса давления находятся в закрытом положении.

На протяжении всего испытания регистрируют или записывают давление на стенки внутреннего корпуса резервуара. Испытание считается успешно пройденным при выполнении следующих требований:

- a) давление стабилизируется и на протяжении всего испытания остается ниже МДРД;
- b) на протяжении всего испытания устройства для сброса давления находятся в закрытом положении.

2.2 Испытание на герметичность

Испытание проводят в соответствии с процедурой, описанной в пункте 2 приложения 7.

2.3 Испытание на потерю вакуума

Первую часть испытания проводят в следующем порядке:

- a) испытание на потерю вакуума проводят на полностью охлажденном резервуаре (согласно процедуре по пункту 2.1 приложения б);
- b) резервуар заполняют жидким водородом до указанного максимального уровня заполнения;

- с) в вакуумный кожух равномерно подают воздух до достижения атмосферного давления;
- д) испытание прекращают, когда первое предохранительное устройство сброса давления больше не срабатывает.

На протяжении всего испытания регистрируют или записывают давление на стенки внутреннего корпуса резервуара или вакуумного кожуха. Регистрируют или записывают давление открытия первого предохранительного устройства. Первая часть испытания считается пройденной при выполнении следующих требований:

- а) первое предохранительное устройство сброса давления срабатывает при  $\leq$  МДРД и обеспечивает ограничение по давлению на уровне не выше 110% МДРД;
- б) первое предохранительное устройство сброса давления не открывается при давлении, превышающем МДРД;
- с) вторичное предохранительное устройство сброса давления на протяжении всего испытания находится в закрытом положении.

После завершения первой части испытание повторяют для восстановления в резервуаре разреженности и его охлаждения, как это указано выше:

- а) разрежение восстанавливают до значения, указанного изготовителем. Вакуумметрическое давление поддерживают в течение по крайней мере 24 часов. Вакуумный насос может отсоединяться непосредственно перед началом ослабления вакуума;
- б) вторую часть испытания на потерю вакуума проводят на полностью охлажденном резервуаре (согласно процедуре по пункту 2.1 приложения б);
- с) резервуар заполняют до указанного максимального уровня заполнения;
- д) топливопровод на выходе первого устройства сброса давления перекрывают и в вакуумный кожух равномерно подают воздух до достижения атмосферного давления;
- е) испытание прекращают, когда второе устройство сброса давления больше не срабатывает.

На протяжении всего испытания регистрируют или записывают давление на стенки внутреннего корпуса резервуара или вакуумного кожуха. В случае стальных резервуаров вторая часть испытания считается пройденной, если вторичное устройство сброса давления не открывается при давлении ниже 110% давления срабатывания первого устройства сброса давления и обеспечивает ограничение по давлению внутри резервуара на уровне не выше 136% МДРД, если используется предохранительный клапан, либо 150% МДРД, если в качестве вторичного предохранительного устройства сброса давления используется разрывная мембрана. В случае резервуаров,

изготовленных из других материалов, должен быть продемонстрирован эквивалентный уровень безопасности.

3. Проверочное испытание на окончательный выход системы из строя при возгорании

Подвергаемая испытанию система хранения сжиженного водорода по своей конструкции и способу изготовления должна соответствовать типу, подлежащему официальному утверждению. Она должна представлять собой готовое комплектное изделие со всеми элементами оборудования.

Первую часть испытания проводят в следующем порядке:

- a) испытание на огнестойкость проводят на полностью охлажденном резервуаре (согласно процедуре по пункту 2.1 приложения б);
- b) резервуар, заполненный сжиженным водородом в объеме, равном по меньшей мере половине объема внутреннего корпуса резервуара по воде, выдерживают в течение 24 часов;
- c) резервуар заполняют сжиженным водородом таким образом, чтобы количество сжиженного водорода, определенное при помощи системы измерения массы, соответствовало половине максимально допустимого количества, на которое рассчитан внутренний корпус резервуара;
- d) источник огня располагают на расстоянии 0,1 м под резервуаром. Пламя должно охватывать резервуар и выходить за его габаритную длину и ширину на 0,1 м. Температура пламени составляет не менее 590 °С. Огонь продолжает гореть на всем протяжении испытания;
- e) в начале испытания давление в резервуаре составляет в пределах от 0 МПа до 0,01 МПа при температуре во внутреннем корпусе резервуара, соответствующей точке кипения водорода;
- f) испытание продолжают до тех пор, пока давление в системе хранения не снизится до значения, которое меньше или равно давлению в начале испытания, либо – в качестве альтернативы – если первое УСД относится к устройству повторного включения, испытание продолжают до тех пор, пока предохранительное устройство не сработает второй раз;
- g) условия проведения испытания и максимальное давление, зарегистрированное в ходе испытания внутри резервуара, указывают в свидетельстве о проверке, которое подписывается изготовителем и представителем технической службы.

Испытание считается пройденным при выполнении следующих требований:

- a) вторичное предохранительное устройство сброса давления не открывается при давлении ниже 110% давления срабатывания первичного устройства сброса давления;

- b) резервуар не дает разрыва, и давление во внутреннем корпусе резервуара не превышает соответствующее допустимое пороговое значение, при котором возникает сбой.

Допустимое пороговое значение для стальных резервуаров:

- a) если в качестве вторичного устройства сброса давления используется предохранительный клапан, то давление в резервуаре не должно превышать 136% МДРД для внутреннего корпуса резервуара;
- b) если в качестве вторичного устройства сброса давления на выходе из вакуумной зоны используется разрывная мембрана, то ограничение по давлению внутри резервуара составляет 150% МДРД для внутреннего корпуса резервуара;
- c) если в качестве вторичного устройства сброса давления внутри вакуумной зоны используется разрывная мембрана, то ограничение по давлению внутри резервуара составляет 150% МДРД для внутреннего корпуса резервуара  $\pm 0,1$  МПа.

В случае резервуаров, изготовленных из других материалов, должен быть продемонстрирован эквивалентный уровень безопасности.



## Приложение 7

### Процедуры испытаний применительно к конкретным элементам оборудования СХСЖВ

Ниже изложены процедуры испытаний для устройств сброса давления (пункт 9.4.1 настоящих Правил) и запорных клапанов (пункт 9.4.2 настоящих Правил).

Испытания проводят с использованием газообразного водорода, имеющего характеристики качества газа, отвечающие стандарту ISO 14687-2/SAE J2719. Если не указано иное, все испытания проводят при температуре окружающей среды 20 (±5) °С.

1. Испытание под давлением

Элемент оборудования, по которому проходит водород, должен выдерживать, не давая какой-либо видимой утечки и не подвергаясь какой-либо заметной деформации, испытательное давление, составляющее 150% МДРД, с заглушенными выпускными отверстиями детали высокого давления. Затем давление постепенно увеличивают с 150% до 300% МДРД. На элементе оборудования не должно наблюдаться каких-либо видимых признаков разрыва или трещин.

Система подачи давления должна быть оборудована контролируемым запорным клапаном и манометром, рассчитанным на измерение давления, превышающего не менее чем на 150% и не более чем на 200% испытательное давление; обеспечиваемая манометром погрешность измерения должна составлять 1%.

Применительно к элементам оборудования, в случае которых требуется проведение испытания на утечку, это испытание проводят до испытания под давлением.

2. Испытание на внешнюю утечку

При испытании в соответствии с процедурой, описанной в пункте 3.3 приложения 7, при любом давлении газа от 0 до МДРД элементы оборудования не должны давать утечки через герметические уплотнения штока или корпуса либо другие разъемы и не должны иметь признаков пористости литья.

Испытание проводят на одном и том же оборудовании при следующих условиях:

- a) при температуре окружающей среды;
- b) при минимальной рабочей температуре или температуре жидкого азота после выдерживания в течение достаточно продолжительного времени при такой температуре в целях обеспечения термостатирования;
- c) при максимальной рабочей температуре после выдерживания в течение достаточно продолжительного времени при такой температуре в целях обеспечения термостатирования.

В ходе данного испытания проверяемое оборудование подсоединяют к источнику, создающему давление газа. К трубопроводу, подающему давление, подключают контролируемый запорный клапан и манометр, рассчитанный на измерение давления, превышающего не менее чем на 150% и не более чем на 200% испытательное давление; обеспечиваемая манометром погрешность измерения должна составлять 1%. Манометр подключают на участке между контролируемым запорным клапаном и испытуемым образцом.

На протяжении всего испытания проводят проверку образца на предмет утечки с использованием поверхностно-активного вещества, причем не должно образовываться пузырей либо измеренная скорость утечки должна составлять менее 216 Нмл/ч.

3. Испытание на износоустойчивость
  - 3.1 Элемент оборудования должен выдерживать соответствующие испытания на утечку, предписываемые в пунктах 2 и 9 приложения 7, после отработки 20 000 циклов открытия и закрытия.
  - 3.2 Соответствующие испытания на внешнюю утечку и на утечку через седло клапана, описываемые в пунктах 2 и 9 приложения 7, проводят сразу же по завершении испытания на износоустойчивость.
  - 3.3 Запорный клапан надежно подсоединяют к источнику сжатого сухого воздуха или азота и подвергают 20 000 рабочим циклам. Цикл состоит из одного открытия и одного закрытия элемента оборудования в течение периода времени продолжительностью не менее  $10 \pm 2$  секунды.
  - 3.4 96% от общего числа указанных рабочих циклов проводят при температуре окружающей среды и МДРД элемента оборудования. Во время нерабочей части цикла предусматривают возможность снижения давления на выходе из испытательной арматуры до 50% от МДРД элемента оборудования.
  - 3.5 2% от общего числа рабочих циклов элемента оборудования проводят при максимальной температуре материала ( $-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$ ) после выдерживания в течение достаточно продолжительного времени при такой температуре в целях обеспечения термостатирования и при МДРД. По завершении циклов воздействия высокой температуры элемент оборудования должен отвечать требованиям пунктов 2 и 9 приложения 7 при соответствующей максимальной температуре материала ( $-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$ ).
  - 3.6 2% от общего числа рабочих циклов элемента оборудования проводят при минимальной температуре материала ( $-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$ ), но не менее чем температура жидкого азота, после выдерживания в течение достаточно продолжительного времени при такой температуре в целях обеспечения термостатирования и при МДРД элемента оборудования. По завершении циклов воздействия низкой температуры элемент оборудования должен отвечать требованиям пунктов 2 и 9 приложения 7 при соответствующей минимальной температуре материала ( $-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$ ).

4. Испытание в рабочих условиях  
Испытание в рабочих условиях проводят в соответствии с нормативом EN 13648-1 или EN 13648-2. Применяются конкретные требования стандарта.
5. Испытание на коррозионную стойкость  
Металлические элементы оборудования, содержащие водород, должны выдерживать испытания на утечку, указанные в пунктах 2 и 9 приложения 7, после их выдерживания в течение 144 часов в солевом тумане в соответствии со стандартом ИСО 9227, причем все соединительные патрубки должны быть перекрыты.  
Медные или латунные элементы оборудования, содержащие водород, должны выдерживать испытания на утечку, указанные в пунктах 2 и 9 приложения 7, после их погружения на 24 часа в аммиак в соответствии со стандартом ISO 6957, причем все соединительные патрубки должны быть перекрыты.
6. Испытание на теплостойкость  
Испытание проводят в соответствии со стандартом ISO 188. Испытуемый образец подвергают воздействию воздуха при температуре, равной максимальной рабочей температуре, в течение 168 часов. Изменение прочности на растяжение не должно превышать  $\pm 25\%$ . Изменение удлинения в момент разрыва не должно превышать следующих значений:  
максимальное увеличение: 10%;  
максимальное уменьшение: 30%.
7. Испытание на стойкость к действию озона  
Испытание проводят в соответствии со стандартом ISO 1431-1. Испытуемый образец, растягиваемый до его удлинения на 20%, подвергают при +40 °C воздействию воздуха, концентрация озона в котором составляет 50 частей на 100 млн, в течение 120 часов.  
Растрескивания испытуемого образца не допускается.
8. Испытание на термоциклирование  
Неметаллическая деталь, содержащая водород, должна выдерживать испытания на утечку, указанные в пунктах 2 и 9 приложения 7, после того как она была подвергнута в течение 96 часов циклическому воздействию температуры, варьирующейся от минимальной до максимальной рабочей температуры, с продолжительностью каждого цикла 120 минут, при МДРД.
9. Испытание гибкого топливопровода на циклическое изменение давления  
Любой гибкий топливопровод должен отвечать требованиям, предъявляемым в отношении предусмотренного испытания на внешнюю утечку, указанного в пункте 2 приложения 7, после того как он был подвергнут 6 000 циклам изменения давления.

Менее чем за 5 секунд давление увеличивают от атмосферного до МДРД резервуара и по истечении по крайней мере 5 секунд снижают менее чем за 5 секунд до атмосферного.

Соответствующее испытание на внешнюю утечку, указанное в пункте 2 приложения 7, проводят сразу же после испытания на износоустойчивость.

## Приложение 8

### Процедуры испытаний применительно к системе транспортного средства, включающей СХСЖВ

1. Испытание систем хранения сжиженного водорода на герметичность после столкновения

Перед началом испытания транспортного средства на столкновение проводят соответствующую подготовку системы хранения сжиженного водорода (СХСЖВ):

- a) если транспортное средство в стандартной комплектации еще не оснащено нижеперечисленными элементами оборудования, то для целей проведения испытаний по пункту 1 приложения 5 перед началом испытания на него устанавливают:
  - i) датчик давления СХСЖВ. Датчик давления должен иметь полный диапазон измерений не менее 150% МДРД, погрешность не более 1% по полной шкале и обеспечивать считывание показаний на уровне минимум 10 КПа,
  - ii) датчик температуры СХСЖВ. Датчик температуры должен обеспечивать возможность измерения сверхнизких температур, ожидаемых перед столкновением. Датчик размещают на выходе как можно ближе к резервуару,
  - iii) соответствующий заправочный и сливной каналы. Должна быть обеспечена возможность наполнения и опорожнения СХСЖВ перед началом и после краш-теста с использованием как сжиженной, так и газообразной субстанции;
- b) СХСЖВ продувают газообразным азотом в количестве, соответствующем по меньшей мере 5-кратной емкости резервуара;
- c) СХСЖВ заполняют азотом до уровня, соответствующего максимальному уровню заполнения водородом по весу;
- d) после заполнения системы отводной канал для газа (азота) перекрывают и резервуар выдерживают для целей стабилизации;
- e) подтверждают герметичность СХСЖВ.

Как только датчики давления и температуры СХСЖВ указывают на охлаждение и стабилизацию системы, транспортное средство подвергают краш-тесту в соответствии с национальными или региональными правилами. В течение по крайней мере 1 часа после столкновения система не должна давать какой-либо видимой утечки охлажденного газообразного или жидкого азота. Кроме того, проверяют исправное функционирование регуляторов давления или

предохранительных УСД, с тем чтобы удостовериться, что после столкновения система СХСЖВ защищена от разрыва. Если в результате удара не произошло разгерметизации СХСЖВ, в систему через заправочный/сливной канал может быть дополнительно подан газообразный азот, который закачивают до тех пор, пока не сработают регуляторы давления и/или УСД. В случае регуляторов давления или УСД повторного включения проверяют их срабатывание и повторное включение в течение по крайней мере 2 циклов изменения давления. В ходе этих послеаварийных испытаний газ, стравливаемый через регуляторы давления или УСД, не должен поступать в пассажирский салон или багажное отделение.

После подтверждения дальнейшей функциональной пригодности регулятора давления и/или предохранительных клапанов сброса давления систему СХСЖВ подвергают испытанию на герметичность с использованием процедуры либо по пункту 1.1, либо по пункту 1.2 приложения 5.

По усмотрению производителя могут быть выбраны либо процедура испытания по пункту 1.1 приложения 8, либо альтернативная процедура испытания по пункту 1.2 приложения 8 (состоящая из пунктов 1.2.1 и 1.2.2 приложения 8).

1.1 Испытание систем хранения сжиженного водорода (СХСЖВ) на герметичность после столкновения

Указанное ниже испытание заменяет как испытание на герметичность по пункту 1.2.1 приложения 8, так и измерения концентрации газа согласно пункту 1.2.2 приложения 8. После подтверждения дальнейшей функциональной пригодности регулятора давления и/или предохранительных клапанов сброса давления может проводиться проверка на подтверждение герметичности СХСЖВ посредством выявления при помощи газоанализатора или откалиброванного по гелию индикатора утечки, используемого в режиме всасывания, любых возможных участков просачивания. Это испытание может проводиться как альтернативное при соблюдении следующих предварительных условий:

- a) ни один из возможных участков просачивания не находится ниже уровня заполнения резервуара для хранения жидким азотом;
- b) при накачивании системы СХСЖВ давление на все возможные участки просачивания подают с использованием гелия;
- c) для получения доступа ко всем потенциальным участкам просачивания соответствующие кожухи и/или панели и части корпуса могут сниматься.

Перед испытанием изготовитель представляет перечень всех возможных участков просачивания в СХСЖВ. К числу возможных участков просачивания относятся:

- a) любые соединительные разъемы между трубопроводами и между трубопроводами и резервуаром;

- b) любые сварные соединения трубопроводов и элементов оборудования на выходе из резервуара;
- c) клапаны;
- d) гибкие топливопроводы;
- e) датчики.

Перед испытанием на герметичность избыточное давление в СХСЖВ сбрасывают до атмосферного, после чего систему СХСЖВ заполняют под давлением гелием до достижения по крайней мере рабочего давления, но без превышения – причем с запасом – значения обычной настройки регулятора давления (с тем чтобы регуляторы давления не сработали в процессе испытания). Испытание считается пройденным, если суммарная (т.е. по сумме всех выявленных мест утечки) скорость утечки составляет менее 216 Нмл/ч.

1.2 Альтернативные послеаварийные испытания систем хранения сжиженного водорода

Оба испытания (по пунктам 1.2.1 и 1.2.2 приложения 8) проводят с соблюдением процедуры испытания по пункту 1.2 приложения 8.

1.2.1 Альтернативное испытание на герметичность после столкновения

После подтверждения дальнейшей функциональной пригодности регулятора давления и/или предохранительных клапанов сброса давления может проводиться ниже следующее испытание для измерения уровня утечки после столкновения. Если уровень концентрации водорода не был непосредственно измерен после столкновения транспортного средства, то параллельно в течение 60-минутного интервала проводят соответствующее испытание по пункту 1.1 приложения 5.

Давление в резервуаре стравливают до атмосферного, содержащуюся в нем сжиженную субстанцию удаляют и резервуар нагревают до температуры окружающей среды. Нагревание может осуществляться, например, за счет продувки резервуара надлежащее число раз потоком теплого азота или путем повышения вакуумметрического давления.

Если регулятор давления настроен на давление, составляющее менее 90% МДРД, то его отключают, с тем чтобы он не сработал в ходе испытания на герметичность и через него не произошло стравливания газа.

Затем резервуар продувают гелием одним из следующих способов:

- a) прокачкой газа в количестве, соответствующем по меньшей мере 5-кратной емкости резервуара;

либо

- b) путем подачи и сброса давления в резервуаре СХСЖВ по крайней мере 5 раз.

После этого СХСЖВ заполняют гелием до достижения 80% МДРД резервуара или до давления в пределах 10% значения регулировки первичного клапана сброса давления в зависимости от того, какое

значение соответствует более низкому давлению, и выдерживают в течение 60 минут. Потеря давления, измеренная за 60-минутный период испытания, не должна превышать следующий заданный предельный уровень с учетом емкости СХСЖВ по жидкости:

- a) допустимая потеря для систем емкостью 100 л или меньше – 2 атм;
- b) допустимая потеря для систем емкостью более 100 л, но не более 200 л–1 атм; и
- c) допустимая потеря для систем емкостью свыше 200 л–0,5 атм.

#### 1.2.2 Послеаварийное испытание в закрытых кожухом пространствах

Результаты измерений, зарегистрированные в ходе краш-теста, служат для оценки потенциального уровня утечки сжиженного водорода (процедура испытания по пункту 1.2.1 приложения 8), если для целей испытания в СХСЖВ закачан водород, или гелия (процедура испытания по пункту 2 приложения 8), если проводят испытание на утечку гелия.

Для целей краш-теста датчики выставляют на измерение увеличения концентрации водорода или гелия (в зависимости от того, какой газ закачивается в СХСЖВ). Датчики могут использоваться либо для определения содержания водорода/гелия в воздухе внутри салона или отделений, либо для измерения уменьшения содержания кислорода (обусловленного вытеснением воздуха при утечке водорода/гелия).

Датчики калибруют по соответствующим эталонам в порядке обеспечения точности 5% при заданных предельных уровнях объемной концентрации в воздухе, составляющих 4% для водорода (в случае испытания с использованием сжиженного водорода) или 0,8% для гелия (в случае испытания при комнатной температуре с использованием гелия), а полный диапазон измерений должен как минимум на 25% превышать заданные критерии. Датчик должен обеспечивать 90-процентное срабатывание на изменение концентрации, соответствующее отклонению стрелки на полную шкалу, в течение 10 секунд.

Порядок размещения датчиков на транспортных средствах с СХСЖВ должен отвечать тем же требованиям, что и их установка на транспортных средствах с системами хранения компримированного водорода по пункту 2 приложения 5. Показания датчиков считываются по крайней мере каждые 5 секунд, и сбор данных продолжается в течение 60 минут после полной остановки транспортного средства, если измеряют увеличение концентрации водорода после удара, либо после начала испытания на утечку гелия, если измеряют увеличение концентрации гелия. Для обеспечения "сглаживания" побочных помех и устранения эффекта паразитных частных значений применительно к измерениям допускается запаздывание скользящего среднего до 5 секунд. Скользящее среднее показаний каждого датчика в любое время на протяжении 60 минут после краш-теста должно быть ниже заданных предельных уровней



объемной концентрации в воздухе, составляющих 4% для водорода (в случае испытания с использованием сжиженного водорода) или 0,8% для гелия (в случае испытания при комнатной температуре с использованием гелия).

---