

**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)**

УТВЕРЖДАЮ

Начальник

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

доктор технических наук



Д.М. Гордиенко

2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**о взрывопожаробезопасности свинцово-кислотных аккумуляторов
герметизированных торговой марки ВЕКТОР ENERGY+ серии HRL**

(Работа проведена по договору № 2551/Н-3.3 от 02.12.2022 г.)

Заместитель начальника института –
начальник НИЦ НТП ПБ

А.Ю. Лагозин

Москва 2023 г.

Список исполнителей

Заместитель начальника НИЦ НТП ПБ –
начальник отдела

А.И. Рябиков

Заместитель начальника отдела–
начальник сектора

А.А. Назаров

Начальник сектора

П.А. Леончук

Ведущий научный сотрудник
кандидат технических наук

В.А. Пехотиков

Старший научный сотрудник

О.И. Грузинова

Введение

В институт обратилось Общество с ограниченной ответственностью «Вектор-Баттери» (ООО «ВБ») с просьбой провести испытания и подготовить Заключение о взрывопожаробезопасности свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL, изготавливаемых по технической документации изготовителя.

Работа выполнялась в соответствии с договором № 2551/Н-3.3 от 02.12.2022 г.

Для выполнения исследований Заказчиком были представлены следующие документы и образцы для испытаний:

1. Техническое описание свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL.

2. Свинцово-кислотный аккумулятор герметизированный торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL модель HRL 12-410W в количестве 1 шт.

3. Письмо компании Saite Power Source (Vietnam) Co., Ltd, являющейся изготовителем свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL с информацией о количестве выделяемого водорода аккумуляторами серии HRL (Приложение 1).

1. Краткое описание объекта исследований

Объектами исследований в данной работе являлись свинцово-кислотные аккумуляторы герметизированные торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL. Изготовителем аккумуляторов является компания Saite Power Source (Vietnam) Co., Ltd, Road No. 6, An Phuoc IP, An Phuoc Ward, Long Thanh District, Dong Nai Province, Vietnam, Вьетнам.

В соответствии с техническим описанием свинцово-кислотные аккумуляторы герметизированные торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL относятся к классу герметизированных, необслуживаемых, клапанно-регулируемых аккумуляторных батарей. Аккумуляторы обладают низким саморазрядом и рассчитаны на длительный срок службы в буферном режиме.

Используемый при создании специальный патентованный Pb-Ca-Sn-Al сплав характеризуется высокой плотностью энергии и повышенной защитой от коррозионной активности. Современная конструкция решетки, содержащая высокоэффективные активные материалы и особый состав пасты позволили добиться низкого внутреннего сопротивления и отдачи энергии высокой плотности в режимах разряда от 5 до 90 минут. На аккумуляторы действует расширенная гарантия производителя, при этом допускается использование в широком диапазоне рабочих температур от -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

Аккумуляторы разработаны специально для применения в энергоемких системах бесперебойного питания промышленного и высокотехнологичного оборудования, в том числе ЦОД, в промышленных ИБП средней и большой емкости.

2. Программа испытаний

2.1. Испытание аккумулятора по оценке стойкости к нагреву током короткого замыкания.

Испытание проводится в соответствии с разделом 3 ГОСТ 12.2.007.12-88 «Система стандартов безопасности труда. Источники тока химические. Требования безопасности».

2.2. Расчет необходимой производительности вентиляции.

3. Испытание аккумулятора по оценке стойкости к нагреву током короткого замыкания.

Для проведения исследований по оценке стойкости свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL к нагреву током короткого замыкания был представлен образец аккумулятора (далее – АКБ) модель HRL 12-410W.

В соответствии с Договором для выполнения работы было проведено испытание АКБ в режиме короткого замыкания по разделу 3 ГОСТ 12.2.007.12-

88 «Система стандартов безопасности труда. Источники тока химические. Требования безопасности».

3.1. Характеристика объекта испытания

Объект испытания представляет собой свинцово-кислотный аккумулятор герметизированный торговой марки ВЕКТОР ENERGY+ серии HRL, изготовленный в соответствии с технической документацией компании-изготовителя.

Характеристики изделия представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики аккумулятора, представленного для испытаний

Модель	Емкость, А·ч	Напряжение, В	Размеры (LxWxH), мм	Масса, кг
HRL 12-410W	115	12	333x173x216	30,5

АКБ HRL 12-410W состоит из блока электродов, помещенного в бак из серого пластика, закрытый крышкой из голубого пластика. АКБ имеет герметичное соединение крышки с баком и полюсными выводами (борнами). АКБ имеет два борна.

3.2. Процедура испытаний

Испытания проводились в отделе 3.3 ФГБУ ВНИИПО МЧС России с 27.12.2022 г. по 19.01.2023 г.

3.3. Условия проведения испытаний

Температура окружающей среды: от 10°C до 20°C;

Давление: 95,2 кПа до 96,0 кПа;

Влажность: от 50% до 75%.

3.4. Средства измерения

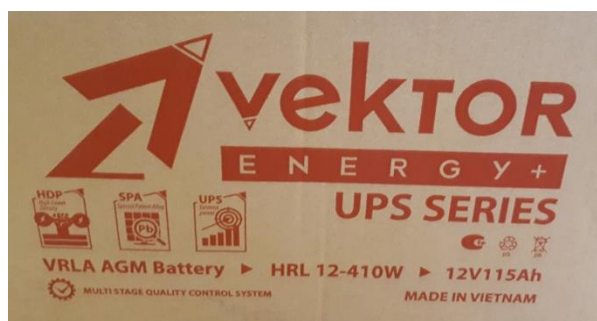
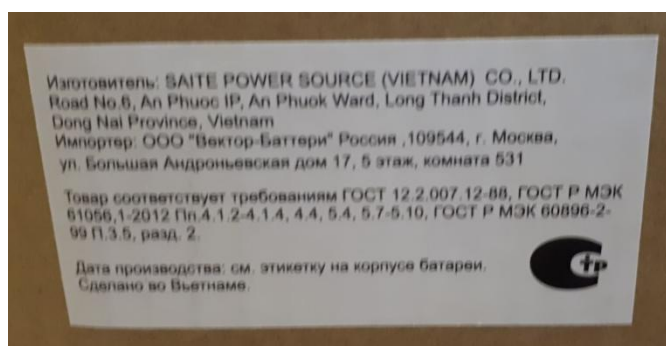
1. Секундомер СОПр-2а-3-000, заводской номер 7632;

2. Прибор измерения температуры А-565-002-02, заводской номер 051441;
3. Термоэлектрические преобразователи ТХК, заводские номера 1 – 12;
4. Вольтметр универсальный цифровой GDM 8145, заводской номер 851895

3.5. Процедура отбора образцов

Образец АКБ модели HRL 12-410W был представлен на испытания в отдел 3.3 ФГБУ ВНИИПО МЧС России 27 декабря 2022 г. Заказчиком.

Образец был доставлен в транспортной таре (коробке). На коробке имеется маркировка (фотография 1).



Фотография 1 Внешний вид и маркировка транспортной коробки

В комплект поставки АКБ входит два болта с шайбами для подключения к внешним устройствам и два защитных полимерных колпачка красного и черного цвета для борнов (фотография 2).



Фотография 2 Комплектующие изделия

Внешний вид и маркировка АКБ модели HRL 12-410W представлены на фотографии 3.



Фотография 3 Внешний вид и маркировка АКБ HRL 12-410W

3.6. Метод испытания

Испытания по оценке стойкости АКБ к нагреву током короткого замыкания проводят на полностью заряженном образце.

АКБ устанавливается в испытательном помещении, оборудованном вентиляцией.

На корпус АКБ для измерения температуры устанавливают термоэлектрические преобразователи с диаметром рабочего спая 0,5 мм.

К клеммам АКБ подключаются кабели с рубильником.

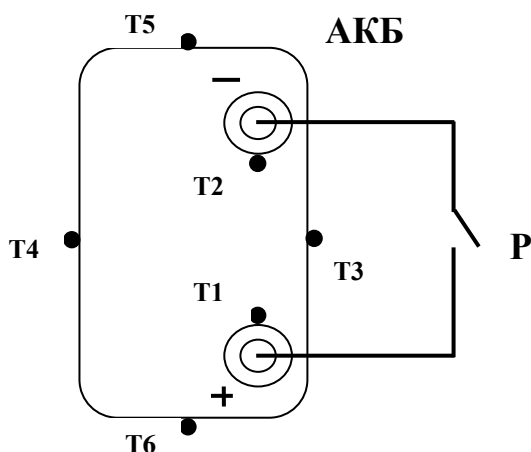
Рубильником АКБ переводится в режим короткого замыкания. С помощью прибора для измерения температуры проводится измерение температуры на корпусе АКБ.

В ходе испытания осуществляется визуальное наблюдение за состоянием АКБ, наличием пожароопасных факторов, разрушений корпуса и т.п. Испытание проводят до полного разряда АКБ, достижения установившегося теплового режима на ее корпусе или нарушения целостности корпуса.

Результаты испытаний считаются положительными, если максимальная температура, измеренная в наиболее нагретой точке корпуса АКБ при работе в режиме короткого замыкания, не превышает 0,8 температуры воспламенения материала корпуса.

3.7. Результаты испытания АКБ модели HRL 12-410W

Схема подключения АКБ модели HRL 12-410W представлена на рисунке 1.



АКБ – аккумуляторная батарея, Р – рубильник,

T1 – T6 – термоэлектрические преобразователи.

Рисунок 1 Схема подключения АКБ модели HRL 12-410W

Начальное измеренное напряжение на АКБ 13,2 В.

Термоэлектрические преобразователи (далее - ТП) устанавливались в следующих точках:

T1 – на крышке АКБ на расстоянии около 10 мм от клеммы «+»;

T2 – на крышке АКБ на расстоянии около 10 мм от клеммы «-»;

T3 – в центре широкой боковой поверхности бака АКБ со стороны борнов;

T4 – в центре широкой боковой поверхности бака АКБ со стороны противоположной борнам;

T5 – в центре узкой боковой поверхности бака АКБ со стороны клеммы «-»;

T6 – в центре узкой боковой поверхности бака АКБ со стороны клеммы «+».

При включении АКБ в режим короткого замыкания первичная величина тока составила 2440 А. На третьей секунде испытаний, произошел обрыв электрической цепи внутри АКБ и падение тока до нуля.

Измерение температуры на поверхности АКБ производилось до установившегося теплового режима АКБ.

Значения температуры, измеренные в указанных точках, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Время эксперимента, мин	0	1	2	3	4	5	10	15	20	30	60	90
Номер ТП	Измеренная температура, °С											
T1	15,2	16,5	17,2	17,8	18,3	18,6	19,0	18,7	18,3	17,7	16,7	16,4
T2	15,1	15,9	16,6	17,2	17,7	18,1	18,3	18,1	17,8	17,1	16,4	16,4
T3	14,5	14,8	15,0	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,8	16,0	16,0
T4	14,3	14,7	15,2	15,0	15,1	15,2	15,6	15,9	16,0	16,2	16,0	16,0
T5	14,4	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,7	15,9	16,0	16,1	16,1	16,1
T6	14,4	14,9	15,1	15,2	15,3	15,3	15,5	15,7	15,9	15,9	15,8	15,7

В процессе испытания АКБ модели HRL 12-410W максимальное фактическое значение температуры нагрева при коротком замыкании во внешней цепи аккумулятора составило 19,0⁰С. При этом, во время испытания пожароопасные факторы (дым, открытое пламя, оплавления, деформация бака и крышки аккумулятора) не наблюдались.

После завершения испытания корпус АКБ не имеет визуальных повреждений (оплавлений, трещин и других разрушений).

АКБ модели HRL 12-410W испытания в режиме короткого испытания выдержала.

4. Оценка требуемой производительности вентиляции для помещений, в которых применяются рассматриваемые аккумуляторные батареи

4.1. В настоящем разделе сформулированы выводы и даны рекомендации по обеспечению взрывопожаробезопасности с точки зрения газовыделения свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL.

4.2. Краткая характеристика рассматриваемых аккумуляторных батарей

Объектом исследования являлись свинцово-кислотные аккумуляторы герметизированные торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL.

В соответствии с данными Заказчика, представленными в письме компании Saite Power Source (Vietnam) Co., Ltd, являющейся изготовителем свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL с информацией о количестве выделяемого водорода аккумуляторами серии HRL (Приложение 1), в таблице 3 приведены значения скорости выделения водорода для свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL.

Таблица 3

Скорости выделения водорода для свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL

Модель	Емкость, А·ч	Скорость выделения водорода на аккумулятор см ³ /час	
		Режим нормального заряда	Режим максимального заряда
HRL 12-125W	33	0,53	5,28
HRL 12-160W	45	0,72	7,2
HRL 12-200W	60	0,96	9,6
HRL 12-270W	75	1,2	12
HRL 12-320W	90	1,44	14,4
HRL 12-360W	105	1,68	16,8
HRL 12-410W	115	1,84	18,4
HRL 12-470W	145	2,32	23,2
HRL 12-490W	140	2,24	22,4
HRL 12-550W	170	2,72	27,2
HRL 12-620W	185	2,88	28,8
HRL 12-760W	240	3,84	38,4
HRL 12-800W	270	4,32	43,2

4.3. Оценка требуемой производительности вентиляции для помещений, в которых применяются рассматриваемые аккумуляторы

Исходя из специфики взрывопожароопасности аккумуляторных батарей (далее – аккумуляторов), основным способом обеспечения пожарной безопасности помещений с применением указанных аккумуляторов является удаление водорода, выделяющегося при заряде из объема помещения с помощью вентиляции. Оценим требуемую производительность вентиляции для представленных в таблице 3 типов аккумуляторов.

Требуемую производительность вентиляции для обеспечения неперевышения концентрацией водорода предельно допустимой величины концентрации, равной 10% от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), определяем в соответствии с СП 60.13330.2020 (приложение Г) [2], по формуле:

$$L = L_{w,z} + \frac{m_{po} - L_{w,z}(q_{w,z} - q_{in})}{q_l - q_{in}}, \quad (1)$$

где $L_{w,z}$ - расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, м³/с;

m_{po} - расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, кг/с (в рассматриваемом случае скорость выделения водорода на аккумулятор W , кг/с);

$q_{w,z}$, q_l - концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за их пределами, кг/м³ (в рассматриваемом случае $q_l = 0,1 \cdot C_{НКПР}$ - 10 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени водородовоздушной смеси, кг/м³, $q_l = 3,3 \cdot 10^{-4}$ кг/м³);

q_{in} - концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, кг/м³.

Если системы местных отсосов отсутствуют, то $L_{w,z} = 0$. Кроме того, если в воздухе, поступающем в объем помещения за счет работы систем вентиляции,

пары легко воспламеняющихся и горючих жидкостей и горючие газы отсутствуют (нет рециркуляции), то $q_{in} = 0$.

После преобразования получаем:

$$L = \frac{n \cdot W}{q_l} \quad (2)$$

где n – количество заряжаемых аккумуляторов;

W – скорость выделения водорода на один аккумулятор (кг/с).

Массовая скорость выделения водорода (кг/с) рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_p)} \cdot \omega \quad (3)$$

где V_0 – объем киломоля газа при нормальных условиях, равный $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

$\alpha = 0,00367$ – коэффициент температурного расширения газа, град^{-1} ;

M – молярная масса водорода, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

t_p – температура воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$;

ω – объемная скорость выделения водорода на аккумулятор, $\text{м}^3/\text{с}$ (приведена в таблице 3).

Для пользователей рассматриваемых аккумуляторов представляет интерес величина требуемой производительности воздухообмена в помещении в расчете на один заряжаемый аккумулятор $Q_{уд}$, $\text{м}^3/\text{час}$. Требуемые величины $Q_{уд}$ для рассматриваемых аккумуляторов приведены в таблице 4 (данные, полученные расчетом по формуле (2) для $n=1$).

Таблица 4

Требуемая производительность воздухообмена в помещении в расчете на один заряжаемый свинцово-кислотный аккумулятор герметизированный торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL

Тип аккумулятора	Емкость аккумулятора, А·ч	Требуемая производительность вентиляции на элемент, $\text{м}^3/\text{час}$	
		Режим нормального заряда*	Режим максимального (аварийного) заряда**
HRL 12-125W	33	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-160W	45	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-200W	60	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-270W	75	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-320W	90	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$

Тип аккумулятора	Емкость аккумулятора, А·ч	Требуемая производительность вентиляции на элемент, м ³ /час	
		Режим нормального заряда*	Режим максимального (аварийного) заряда**
HRL 12-360W	105	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-410W	115	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-470W	145	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-490W	140	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-550W	170	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-620W	185	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-760W	240	$9,7 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-3}$
HRL 12-800W	270	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$

Как следует из таблицы 4, требуемые производительности вентиляции для аккумуляторов невелики и не превышают $9,7 \cdot 10^{-3}$ м³/час на один заряжаемый в максимальном (аварийном) режиме аккумулятор серии HRL.

Если аккумуляторная батарея состоит из нескольких аккумуляторов, то требуемые производительности вентиляции для входящих в батарею аккумуляторов складываются.

Водород имеет плотность, существенно меньшую, чем плотность воздуха (при нормальных условиях $\rho_{H_2} = 8,99 \cdot 10^{-2}$ кг/м³), и быстро рассеивается в окружающей атмосфере. Свободное движение воздуха около каждого аккумулятора соответствует обычным условиям его циркуляции и теплоотвода, что достаточно для предотвращения образования локальной взрывоопасной водородовоздушной смеси вблизи аккумулятора. По данным ВНИИПО и других организаций, концентрация водорода однородна по высоте помещения в области, расположенной выше источника его поступления, и локальные взрывоопасные объемы в помещении образовываться не будут при наличии воздухообмена с производительностью, не ниже указанной в таблице 4 (с учетом сложения производительностей для отдельных аккумуляторов).

4.4. Рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности

Для обеспечения взрывопожаробезопасности помещений при использовании рассмотренных свинцово-кислотных аккумуляторов

герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL при наличии в помещении вентиляции (естественной или принудительной) достаточная ее производительность приведена в таблице 4.

Свинцово-кислотные аккумуляторы герметизированные торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL при комнатной температуре могут устанавливаться в производственном или складском помещении (в случае отсутствия запрета размещения аккумуляторных в складских помещениях в нормативных документах по пожарной безопасности) при условии обеспечения естественной или принудительной вентиляции верхней части помещения с требуемой производительностью воздухообмена (данные, представленные в таблице 4 для единичного аккумулятора), определяемой расчетным путем с учетом суммарного количества заряжаемых аккумуляторов.

Зарядное устройство при любых колебаниях напряжения в сети должно поддерживать напряжение заряда, не выше указанного в инструкции по эксплуатации, и автоматически отключаться при повышении этого значения.

В процессе эксплуатации вблизи аккумуляторов на расстоянии не менее 1 м необходимо исключить возможные источники зажигания (курение, проведение работ с применением открытого пламени, а также иные источники зажигания).

Срок эксплуатации аккумуляторов не должен превышать установленный техническими условиями.

При эксплуатации рассматриваемых аккумуляторов, кроме рекомендаций настоящего документа, следует руководствоваться нормативным правовым актом «Правила противопожарного режима в Российской Федерации» [1].

Заключение

Выполненные исследования дают основание считать, что свинцово-кислотные аккумуляторы герметизированные торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL, изготавливаемые по технической документации компании-изготовителя отвечают требованиям взрывопожаробезопасности и могут применяться в энергоемких системах бесперебойного питания

промышленного и высокотехнологичного оборудования, в том числе ЦОД, в промышленных ИБП средней и большой емкости и других объектах в условиях, оговоренных в технической документации производителя.

Размещение свинцово-кислотных аккумуляторов герметизированных торговой марки VEKTOR ENERGY+ серии HRL в производственных или складских помещениях (в случае отсутствия запрета размещения аккумуляторных в складских помещениях в нормативных документах по пожарной безопасности) и офисах при соблюдении инструкции по эксплуатации и разработанных рекомендаций по обеспечению пожаровзрывобезопасности (Раздел 4 настоящего документа) не приведет к повышению категории помещения до А.

Исходя из полученных результатов исследования и с учетом выполнения разработанных рекомендаций по обеспечению пожаровзрывобезопасности (Раздел 4 настоящего документа), допускается заряд рассматриваемых единичных аккумуляторов в производственном или складском помещении (в случае отсутствия запрета размещения аккумуляторных в складских помещениях в нормативных документах по пожарной безопасности), при условии обеспечения требуемой вентиляции, соответствующей требованиям п. А.2.3 [3], при комнатной температуре.

Литература

1. Правила противопожарного режима в Российской Федерации.
2. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003».
3. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».