ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ
(РОСТЕХНАДЗОР)

ПРИКАЗ

03 декабря 2019 г. № 459

Москва

Об утверждении руководства по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов с применением пирофорных материалов на объектах ядерного топливного цикла»

В целях реализации полномочий, установленных подпунктом 5.3.18 пункта 5 Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401,

приказываю:

Утвердить прилагаемое к настоящему приказу руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов с применением пирофорных материалов на объектах ядерного топливного цикла».

Руководитель А.В. Алёшин

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от «03» декабря 2019 г. № 459

Руководство по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов с применением пирофорных материалов на объектах ядерного топливного цикла»
(РБ-161-19)

I. Назначение и область применения

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов с применением пирофорных материалов на объектах ядерного топливного цикла» (РБ-161-19) (далее – Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований пунктов 6.7.7.1 и 6.7.7.3 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ)» (НП-016-05), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 2 декабря 2005 г. № 11.

2. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов с применением пирофорных материалов (далее – ПМ) на объектах ядерного топливного цикла (далее – ОЯТЦ) при их проектировании, сооружении, эксплуатации и выводе из эксплуатации.

3. Действие настоящего Руководства по безопасности распространяется на действующие, сооружаемые, проектируемые и выводимые из эксплуатации

ОЯТЦ, на которых осуществляют технологические процессы с применением ПМ.

4. Рекомендации настоящего Руководства по безопасности предназначены для применения при формировании требований эксплуатирующей организации к разработке технологических процессов с участием ПМ для ОЯТЦ.

5. Термины и определения, использованные в настоящем Руководстве по безопасности, приведены в приложении № 1. Перечень ПМ, применяемых в технологических процессах ОЯТЦ, – в приложении № 2. Показатели и характеристики пожаровзрывоопасности ПМ, применяемых в технологических процессах ОЯТЦ, – в приложении № 3. Перечень критериев оценки пожаровзрывоопасности ПМ, применяемых в технологических процессах ОЯТЦ, – в приложении № 4. Рекомендуемые методы контроля за показателями пожаровзрывоопасности ПМ, применяемых в технологических процессах ОЯТЦ, – в приложении № 5. Перечень нормативных документов, рекомендуемых для использования при обеспечении пожаровзрывобезопасности технологических процессов с применением ПМ на ОЯТЦ, – в приложении № 6.

II. Рекомендации по контролю за фракционным составом и удельной поверхностью пирофорных материалов

6. С целью осуществления контроля за обеспечением непревышения температуры самовоспламенения ПМ при уменьшении размера его частиц рекомендуется:

в проекте ОЯТЦ, на которых осуществляют технологические процессы с участием ПМ, предусматривать наличие систем контроля за фракционным составом и удельной поверхностью ПМ;

при разработке технологического процесса с участием ПМ определять изменение их фракционного состава и удельной поверхности при изменении условий осуществления технологического процесса и

ограничивать измельчение материала.

7. Контроль за фракционным составом и удельной поверхностью ПМ рекомендуется осуществлять перед и после проведения технологического процесса с их участием, а также при определении наличия (выхода) ПМ в помещении, в котором проводится технологический процесс, трубопроводах, системе вентиляции, фильтрах.

8. При выборе способа получения ПМ рекомендуется отдавать предпочтение способу, в соответствии с которым образуются частицы ПМ с наименее реакционноспособными поверхностями частиц (сфероидальной формы).

9. При осуществлении технологического процесса с участием ПМ рекомендуется снижать их общую удельную поверхность за счет разбавления непирофорными частицами этого материала.

10. При хранении ПМ рекомендуется снижать его общую удельную поверхность посредством его безопасного компактирования.

III. Рекомендации по обеспечению безопасных условий при обращении с пирофорными материалами

Рекомендации по предотвращению контакта пирофорных материалов с воздухом и реакционноспособными веществами

11. Рекомендуется исключать контакт ПМ с воздухом или ограничивать время такого контакта для предотвращения самовоспламенения ПМ на воздухе.

12. Для исключения достижения концентрационного предела распространения пламени рекомендуется ограничивать или исключать распыление аэрогеля ПМ потоком воздуха.

13. Обращение с ПМ рекомендуется осуществлять в инертной среде для исключения достижения концентрационного предела распространения пламени или минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора.

14. Рекомендуется исключать контакт ПМ с энергично

взаимодействующими с ним веществами (гидрида урана с хлорорганическими соединениями, урана с диоксидом углерода), способными вызывать самовоспламенение и инициировать взрыв.

15. Рекомендуется не допускать попадание в ПМ другого ПМ, способного энергично взаимодействовать с компонентами технологической среды в режиме горения или взрыва (предотвращать попадание гидрида урана даже в виде примеси в количестве более 0,2 % в нитрид урана при наличии в технологической среде хлорорганических соединений).

16. Рекомендуется осуществлять контроль за содержанием в ПМ другого ПМ, способного энергично взаимодействовать с компонентами технологической среды в режиме горения или взрыва (осуществлять контроль за содержанием гидрида урана в нитриде урана, получаемом из гидрида урана).

17. Рекомендуется при обращении с пирофорным нитридом урана совместно с хлорорганическими соединениями не использовать нитрид урана, полученный из гидрида урана, для исключения взаимодействия гидрида урана с хлорорганическими соединениями в режиме горения и взрыва.

18. Рекомендуется при получении нитрида урана из гидрида урана установить гарантированное безопасное время для завершения процесса с целью снижения содержания гидрида урана в нитриде урана и исключения взаимодействия примеси гидрида урана в нитриде урана с хлорорганическими соединениями в режиме горения и взрыва.

19. Рекомендуется при обращении с нитридом урана, полученном из гидрида урана, исключить возможность его контактирования с хлорорганическими соединениями в случае отсутствия данных о содержании гидрида урана в нитриде урана.

20. Рекомендуется принимать меры по исключению возможности разгерметизации контейнера, содержащего ПМ, при его транспортировании.

Рекомендации по уменьшению количества применяемого пирофорного материала

21. С целью уменьшения потенциальной пожаровзрывоопасности технологического процесса ОЯТЦ рекомендуется:

ограничивать количество и/или концентрацию используемого ПМ в составе технологической среды до минимально необходимого значения;

ограничивать содержание аэрогеля и аэровзвеси ПМ в производственном помещении посредством систематической уборки помещения;

обеспечить контроль герметичности оборудования для сведения к минимуму выхода ПМ из камер в помещение.

22. Рекомендуется снижать концентрацию в ПМ другого ПМ, способного энергично взаимодействовать с компонентами технологической среды в режиме горения или взрыва (снижать концентрацию гидрида урана в нитриде урана, получаемого из гидрида урана).

23. Рекомендуется не допускать скопления аэрогеля ПМ на полу, оборудовании и инструменте.

Рекомендации по предотвращению источников зажигания и саморазогрева пирофорного материала

24. При хранении ПМ рекомендуется исключать воздействие на него источников тепла.

25. Работы с ПМ, предназначенными для использования при комнатной температуре, рекомендуется проводить вдали от горячих печей, накаленных предметов и возможных источников искр.

26. С целью снижения воздействия статического электричества при обращении с ПМ рекомендуется:

при отделке помещений и конструкций технологических линий не допускать применения материалов, способных накапливать статическое электричество;

предотвращать накопление в помещении (и на поверхности под ПМ)

статического электричества;

не допускать дефектов (трещин, раковин) на рабочей поверхности аппаратуры, соприкасающейся с ПМ;

применять инструмент из латуни и алюминия;

не допускать использования органического стекла или другого материала, аккумулирующего статическое электричество.

27. При обращении с ПМ для снижения локального саморазогрева рекомендуется ограничивать образование в нем напряжений (трещин), в том числе посредством установления предельных значений скоростей, давлений, температур при перемещении ПМ.

28. При обращении с ПМ рекомендуется не допускать разогрева потенциальных мест трения частиц ПМ до температуры самовоспламенения.

29. Рекомендуется, чтобы в производственных помещениях, в которых осуществляются технологические процессы с участием ПМ, и в помещениях для хранения ПМ работники (персонал) находились в обуви без металлических гвоздей, в одежде из ткани, исключающей накопление статического электричества.

IV. Рекомендации по обоснованию безопасных условий при обращении с пирофорными материалами

30. В отчете по обоснованию безопасности (далее – ООБ) рекомендуется приводить следующие характеристики применяемых ПМ: размер частиц, их удельную поверхность, температуру самовоспламенения, концентрационные пределы распространения пламени.

31. Рекомендуется в ООБ привести обоснование безопасных условий при обращении с ПМ в соответствии с критериями оценки пожаровзрывоопасности ПМ, применяемых в технологических процессах ОЯТЦ, примерный перечень которых приведен в приложении № 4 к настоящему Руководству по безопасности.

32. При отсутствии необходимых данных для ПМ рекомендуется использовать обоснование безопасных условий, установленных для более

пожаровзрывоопасного ПМ.

V. Рекомендации по установлению показателей пожаровзрывоопасности пирофорных материалов

33. При установлении показателей пожаровзрывоопасности ПМ рекомендуется определять функциональные зависимости параметров, относящиеся к границе области самовоспламенения ПМ.

34. Для оценки границ самовоспламенения ПМ рекомендуется использовать теоретические зависимости температуры самовоспламенения от размера частиц и зависимости концентрационных пределов распространения пламени от температуры.

35. При экспериментальном установлении показателей пожаровзрывоопасности ПМ рекомендуется использовать меры по обеспечению взрывозащиты.

VI. Рекомендации по установлению критериев безопасности при обращении с пирофорными материалами

36. Критерии безопасности при обращении с ПМ рекомендуется устанавливать в соответствии с критериями оценки пожаровзрывоопасности ПМ, применяемых в технологических процессах ОЯТЦ, примерный перечень которых приведен в приложении № 4 к настоящему Руководству по безопасности.

VII. Рекомендации по сбору, систематизации и хранению данных по условиям самовоспламенения пирофорных материалов

37. Для строящихся и проектируемых ОЯТЦ эксплуатирующей организации рекомендуется организовать систему сбора, обработки, систематизации, анализа и хранения информации по показателям пожаровзрывоопасности ПМ, применяемых и образующихся на ОЯТЦ.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации по обеспечению
пожаровзрывобезопасности
технологических процессов с применением
пирофорных материалов на объектах
ядерного топливного цикла»,
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от «03» декабря 2019 г. № 459

Термины и определения

В целях настоящего Руководства по безопасности используются следующие термины и определения:

Пирофорный материал – материал, способный самовоспламеняться при контакте с воздухом.

Аэрогель твердого пирофорного материала – конгломерат твердых частиц ПМ на поверхности оборудования и производственного помещения.

Аэровзвесь твердого пирофорного материала – совокупность отдельных твердых частиц пирофорного материала, распределенных в конкретном объеме газовой среды.

Горючие (сгораемые) вещества и материалы – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Максимальное давление взрыва – наибольшее давление, возникающее при дефлаграционном взрыве газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода – концентрация кислорода в горючей смеси, ниже которой воспламенение и горение смеси становится невозможным при любой концентрации горючего в смеси, разбавленной данным флегматизатором.

Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора – наименьшая концентрация флегматизатора в смеси с горючим и окислительной средой, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и окислительной среды.

Минимальная энергия зажигания – наименьшее значение энергии электрического разряда, способной воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь газа, пара или пыли с воздухом.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – минимальное содержание горючего в смеси «горючее вещество - окислительная среда», при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Скорость нарастания давления при взрыве – производная давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва газо- , паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде от времени.

Температура самовоспламенения – самая низкая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

Условия самовоспламенения – сочетание достигаемых значений технологических параметров, приводящее к самовоспламенению горючего вещества или материала.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации по обеспечению
пожаровзрывобезопасности
технологических процессов с применением
пирофорных материалов на объектах
ядерного топливного цикла»,
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от «03» декабря 2019 г. № 459

Перечень пирофорных материалов, применяемых в технологических процессах объектов ядерного топливного цикла

При обращении с ядерным топливом и оболочками твэлов в качестве промежуточных и примесных веществ на ОЯТЦ применяются и образуются следующие ПМ:

мелкодисперсный металлический уран (U);

мелкодисперсный диоксид урана (UO_2);

мелкодисперсный гидрид урана (UH_3);

мелкодисперсный мононитрид урана (UN);

мелкодисперсный монокарбид урана (UC);

мелкодисперсный металлический плутоний (Pu);

мелкодисперсный полуторный оксид плутония (Pu_2O_3);

мелкодисперсный металлический цирконий (Zr);

губка металлического циркония (Zr);

мелкодисперсный гидрид циркония (ZrH_2);

мелкодисперсный мононитрид плутония (PuN);

мелкодисперсный смешанный нитрид урана и плутония (UN-PuN).

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации по обеспечению
пожаровзрывобезопасности
технологических процессов с применением
пирофорных материалов на объектах
ядерного топливного цикла»,
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «03» декабря 2019 г. № 459

Показатели и характеристики пожаровзрывоопасности пирофорных материалов, применяемых в технологических процессах объектов использования ядерного топливного цикла

Таблица 1

Значение максимального давления взрыва (Pmax) и скорости нарастания давления при взрыве (dP/dt) для ПМ с размером частиц d

ПМ	d, мкм	Pmax, кПа	dP/dt, МПа/с
U	74	480	35
UH_3	< 74	520	63
Zr	< 74	630	91
ZrH_2	< 74	630	77

Таблица 2

Значения нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПРП) и минимального взрывоопасного содержания кислорода (МВСК) для ПМ с размером частиц d

ПМ	d, мкм	НКПРП, г/м^3	МВСК, % об.
U	74	60	1,5 (N_2) 2,5 (He) 2,0 (Ar) 0 (CO_2)
UH_3	< 74	60	2
Zr	< 74	40 – 64	4
ZrH_2	< 74	85	6

Таблица 3

Значения температуры самовоспламенения (Тс) и минимальной энергии зажигания (Ез) для ПМ с размером частиц d

ПМ	d, мкм	Тс, °С	$E_з$, мДж
U-АГ*	74	100	
U-АВ**	74	2	45
UO_2	0,05	0	
UO_2	0,4	150	
UN	< 20	20	
UN	2 – 12	20	
UH_3-АГ*	< 74	20	
UH_3-АВ**	< 74	20	5
Zr-АГ*	< 74	190	
Zr-АВ**	< 74	20	5
ZrH_2-АГ*	< 74	270	
ZrH_2-АВ**	< 74	350	60

АГ* – аэрогель

АВ**– аэровзвесь

Таблица 4

Характеристики пожаровзрывоопасности ПМ

ПМ	Характеристика пожаровзрывоопасности
U	Пирофорными свойствами обладают частицы металлического урана несфероидной формы, получаемые в результате восстановления его оксидов. При отношении поверхности к объему меньше или равным 1 температура воспламенения составляет около 360 °С. Для значений больше единицы температура понижается примерно до 245 °С. При переработке урановых отходов в процессе обезжиривания и травления возгорается стружка размером менее 0,4 мм. Самовозгорание урана возможно в вакууме, под слоем воды и даже в атмосфере влажного аргона. Механическая нагрузка повышает склонность урана к самовозгоранию. Компактный уран способен самовозгораться и взрываться при контакте с сухим льдом при комнатной температуре. Возможно самопроизвольное воспламенение порошка урана в диоксиде углерода. Уран в виде стружки сгорает в оксиде азота при 400 – 500 °С
UO_2	На воздухе порошок UO_2 окисляется при комнатной температуре. Скорость окисления зависит от размера частиц и от характера поверхности, подвергающейся окислению
UN	Температура воспламенения UN в сухом кислороде может колебаться от комнатной температуры для мелкозернистых порошков до примерно 300 °С для спеченных изделий.

ПМ	Характеристика пожаровзрывоопасности
	Свежеприготовленный порошок UN с удельной поверхностью 0,3 $м^2/г$ мгновенно загорается при комнатной температуре в кислороде, если давление последнего выше 3 мм рт. ст. Самовоспламенение является следствием локального нагрева внешней поверхности частиц порошка. Если же давление кислорода ниже указанного, то происходит медленное окисление UN с двумя различимыми стадиями без выделения азота. UN обладает пирофорными свойствами при размерах частиц менее 20 мкм. Тонкодисперсные порошки UN с размерами частиц 2 – 12 мкм пирофорны и на воздухе при комнатной температуре способны самовозгораться. Нитрид урана в виде тонкого порошка легко воспламеняется в кислороде, и при размере частиц 70 мкм с UN следует работать в инертной атмосфере. Измельчение UN производят в атмосфере аргона высокой чистоты, содержащего не более 0,001 масс. % кислорода, во избежание окисления нитрида. По сравнению с порошками карбидного уран-плутониевого топлива порошки нитридного топлива менее пирофорны и с ними можно работать в атмосфере аргона, азота или гелия коммерческой чистоты
UN-PuN	Частицы смешанного нитрида уран-плутония (СНУП) обладают пирофорными свойствами при концентрации кислорода более 10 % об. Окисление порошкообразного СНУП состава $U_{0,9}Pu_{1,0}N$ в газо-воздушной среде с содержанием кислорода 3 % об. возможно при нагреве материала до 300 °С. При распылении аэровзвеси частиц UN и СНУП в воздушную атмосферу (21 % кислорода) происходит самопроизвольное окисление материала с выделением тепла
PuN	Порошковый PuN реагирует с O_2 при 200 °С и самовоспламеняется при 280 – 300 °С. Во влажном O_2 скорость окисления увеличивается. На воздухе при комнатной температуре порошок PuN превращается в PuO_2 за 3 дня
UH_3	Гидрид урана является очень активным соединением. Он пирофорен и требует осторожного обращения. Гидрид урана реагирует со многими газами. С кислородом и с воздухом он соединяется очень бурно с образованием воды и U_3O_8. Азот и двуокись углерода начинают реагировать с гидридом урана при температуре 200 – 225 °С. С газообразными галоидоводородными соединениями гидрид урана взаимодействует с образованием четырехвалентных галоидных солей. Гидрид урана является сильным восстановителем. При взаимодействии больших количеств этого соединения с водой происходит бурная экзотермическая реакция с образованием водорода и UO_2. Если же погрузить небольшие количества гидрида урана в воду, то реакция идет очень медленно. Аналогично гидрид взаимодействует с кислотами, не обладающими окислительными

ПМ	Характеристика пожаровзрывоопасности
	свойствами. Азотная кислота реагирует с гидридом урана довольно бурно с образованием уранилнитрата; в некоторых случаях реакция сопровождается воспламенением. Щелочи очень слабо или совершенно не взаимодействуют с гидридом урана. Бензол, толуол, спирт, ацетон и другие органические растворители, не содержащие галоидов, не реагируют с гидридом урана. Органические растворители, содержащие галоиды, представляют большую взрывную опасность при контакте с гидридом урана
UC, USi	Карбиды урана пирофорны, при растирании легко загораются, давая сноп искр. На воздухе карбиды урана интенсивно окисляются при 400 °С до U_3O_8 и CO_2. При комнатной температуре на воздухе они разлагаются. Порошок силицидов урана весьма пирофорен
Pu	При повышенных температурах плутоний проявляет автотермическую реакцию, самовоспламеняясь на воздухе, когда температура достигает 500 °С. Металлический плутоний с низкой удельной площадью поверхности самовоспламеняется при температуре выше 500 °С, а металл с большой удельной площадью поверхности (стружка, порошок) самовоспламеняется на воздухе при температуре 150 – 200 °С. Коррозия металлического плутония во влажном воздухе проходит в 200 раз быстрее, чем в сухом воздухе при комнатной температуре, и на пять порядков быстрее при 100 °С. В присутствии газообразной или жидкой воды образуется сверхстехиометрического состава оксид плутония PuO_{2+x}. Наибольшее значение x равно 0,26. В процессе быстрого окисления в присутствии адсорбированной воды на границе газ - твердое тело образуется водород и более высокий оксид. Во влажном воздухе образовавшийся водород соединяется с адсорбированным в результате диссоциации атомарным кислородом, снова образуя на поверхности воду. Катализируемый водой цикл диссоциации и синтеза воды происходит одновременно с тем, как Pu и O_2 превращаются в оксид в реакции металл - вода, которая характеризуется большой скоростью. Плутоний имеет исключительную пирофорность при нагреве до 470 – 520 °С. Во влажной среде на поверхности плутония образуются гидриды переменного состава. Реагируя с кислородом, плутоний самовоспламеняется даже при комнатной температуре. В результате окисления плутоний расширяется на 70 % и может повредить содержащий его контейнер. При температуре 135 °С плутоний самовоспламеняется благодаря реакции с кислородом, а если его поместить в атмосферу тетрахлорметана, то он взрывается

ПМ	Характеристика пожаровзрывоопасности
PuO_x	Оксиды плутония состава гексагональный Pu_2O_3, кубический $PuO_{1,5}$, кубический $PuO_{1,61}$ являются пирофорными. Диоксид плутония способен взаимодействовать с водой с выделением водорода. Водяные пары реагируют с PuO_2 с образованием водорода. Образование водорода в контейнерах для хранения повышает пожаровзрывоопасность ПМ. Материалы перед хранением или транспортированием должны подвергаться термической стабилизации прокаливанием на воздухе и последующей герметизации в сварных контейнерах из нержавеющей стали
PuH_x, PuC_x	Гидриды плутония являются твердыми веществами черного цвета, напоминающими металл, поведение которых зависит от размера частиц и состава. Малые частицы могут быть исключительно реакционноспособными по отношению к O_2 и H_2O, и порошки, близкие по составу к PuH_2, могут быть пирофорными. Гидриды могут также реагировать с N_2 и CO_2, хотя эти реакции довольно медленные. Все манипуляции и хранение должны производиться в инертной атмосфере. Порошковый PuC_{1-x} химически активен и пирофорен
Zr	Тонкодисперсный цирконий горит на воздухе, а также в атмосфере N_2 и CO_2. Взвесь порошка Zr в воздухе, содержащая 45 – 300 мг/л, легко взрывается. Порошок циркония почти всегда содержит значительное количество гидрида ZrH_2. Увлажненный порошок циркония горит интенсивнее, чем сухой, а тушение горящего циркония допустимо только засыпкой порошкообразными CaF_2 или CaO, так как H_2O, $CaCl_2$, CO_2 и даже $CaCO_3$ энергично реагируют с цирконием. При работе с тонкодисперсным порошком циркония (2 – 5 мкм) имели место несчастные случаи. Температура воспламенения тонкодисперсного порошка циркония около 85 °С. Грубые фракции порошков Zr имеют температуру воспламенения порядка 180 – 200 °С. Порошок Zr с размером частиц 10 мкм и более расценивается как малоопасный в обращении. Порошки циркониевых сплавов устойчиво горят при содержании в них свыше 80 % циркония. Тонкие порошки циркония могут самовоспламеняться на воздухе, а увлажненные – взрываться. В этом отношении цирконий является самым опасным из металлов, используемых в пиротехнике. Порошок воспламеняется при температурах выше 260 °С. Компактный металл стоек к нагреванию. Цирконий при сплавлении с серебром, медью или золотом становится более воспламеняемым, возгорается и взрывается при трении. Измельченный порошок циркония, диспергированный в

ПМ	Характеристика пожаровзрывоопасности
	воздухе, самовоспламеняется при комнатной температуре, причем горение может принять взрывной характер. Наблюдались случаи, когда увлажненные обрезки циркония, упакованные в бочки и хранившиеся под открытым небом, самовоспламенялись со взрывом. Практикой установлено, что при резке твэлов и сборок с циркониевой оболочкой обрезки циркония «искрят, но не горят». Необходимо принимать меры, не допускающие самовоспламенения скапливающейся на фильтрах пыли, образующейся при резке циркониевых твэлов, а также осаждаемых из растворов на фильтрах мелкодисперсных частиц циркония, образующихся в результате растворения твэлов из сплавов урана и циркония
ZrH_2	Цирконий легко адсорбирует водород уже при комнатной температуре, образуя хрупкий металлоподобный гидрид. Оптимальная температура поглощения водорода – около 300 °С (под давлением). Выше 100 °С при обычном давлении гидрид циркония начинает выделять водород. Гидрид циркония применяется в воспламенительных составах

ПРИЛОЖЕНИЕ № 4
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации по обеспечению
пожаровзрывобезопасности
технологических процессов с применением
пирофорных материалов на объектах
ядерного топливного цикла»,
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «03» декабря 2019 г. № 459

Перечень критериев оценки пожаровзрывоопасности пирофорных материалов, применяемых в технологических процессах объектов ядерного топливного цикла

1. Для фиксированных значений:

температуры технологического процесса;

давления в технологическом оборудовании;

соотношения ПМ и окислителя в технологической среде;

соотношения окислителя и инертного компонента (газа) в технологической среде

критерием пожаровзрывобезопасности технологического процесса является размер частиц ПМ, при превышении которого частицы не способны самовоспламениться при данных фиксированных значениях указанных технологических параметров.

2. Для фиксированных значений:

размера частиц ПМ;

давления в технологическом оборудовании;

соотношения ПМ и окислителя в технологической среде;

соотношения окислителя и инертного компонента (газа) в технологической среде

критерием пожаровзрывобезопасности технологического процесса является непревышение температуры самовоспламенения при данных фиксированных значениях указанных технологических параметров.

3. Для фиксированных значений:

размера частиц ПМ;

температуры технологического процесса;

давления в технологическом оборудовании;

соотношения окислителя и инертного компонента (газа) в технологической среде

критерием пожаровзрывобезопасности технологического процесса является непревышение нижнего концентрационного предела распространения пламени при данных фиксированных значениях указанных технологических параметров.

4. Для фиксированных значений:

размера частиц ПМ;

температуры технологического процесса;

давления в технологическом оборудовании;

соотношения ПМ и окислителя в технологической среде

критерием пожаровзрывобезопасности технологического процесса является превышение минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора (инертного газа) в технологической среде при данных фиксированных значениях указанных технологических параметров.

5. Для фиксированных значений:

размера частиц ПМ;

температуры технологического процесса;

соотношения ПМ и окислителя в технологической среде;

соотношения окислителя и инертного компонента (газа) в технологической среде

критерием пожаровзрывобезопасности технологического процесса является непревышение давления в технологическом оборудовании при данных фиксированных значениях указанных технологических параметров.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации по обеспечению
пожаровзрывобезопасности
технологических процессов с применением
пирофорных материалов на объектах
ядерного топливного цикла»,
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от «03» декабря 2019 г. № 459

Рекомендуемые методы контроля за показателями пожаровзрывоопасности пирофорных материалов, применяемых в технологических процессах объектов ядерного топливного цикла

1. Метод экспериментального определения температуры самовоспламенения твердых веществ и материалов (по ГОСТ 12.1.044-2018).

2. Метод экспериментального определения нижнего концентрационного предела распространения пламени по пылевоздушным смесям (по ГОСТ 12.1.044-2018).

3. Метод экспериментального определения условий теплового самовозгорания твердых веществ и пылей (по ГОСТ 12.1.044-2018).

4. Метод экспериментального определения минимальной энергии зажигания пылей (по ГОСТ 12.1.044-2018).

5. Метод экспериментального определения способности взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами (по ГОСТ 12.1.044-2018).

6. Метод экспериментального определения минимального взрывоопасного содержания кислорода и минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора в пылевоздушных смесях (по ГОСТ 12.1.044-2018).

7. Метод экспериментального определения максимального давления

взрыва и скорости нарастания давления при взрыве пылей (по ГОСТ 12.1.044-2018).

8. Метод БЭТ для экспериментального определения удельной поверхности частиц ПМ (по ГОСТ 23401-90).

ПРИЛОЖЕНИЕ № 6
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
«Рекомендации по обеспечению
пожаровзрывобезопасности
технологических процессов с применением
пирофорных материалов на объектах
ядерного топливного цикла»,
утвержденному приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «03» декабря 2019 г. № 459

Перечень нормативных правовых и правовых актов, рекомендуемых для использования при обеспечении пожаровзрывобезопасности технологических процессов с применением пирофорных материалов на объектах ядерного топливного цикла

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. НП-016-05 «Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ)». Утверждены постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 2 декабря 2005 г. № 11.

3. НП-098-17 «Установки по производству плутонийсодержащего ядерного топлива. Требования безопасности». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23 июня 2017 г. № 217.

4. ГОСТ 12.1.044-18 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 мая 2019 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 октября 2018 г. № 717-ст.

5. ГОСТ Р 54110-2010 «Водородные генераторы на основе технологий

переработки топлива. Часть 1. Безопасность». Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 декабря 2010 г. № 804-ст.

6. «Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам». Утверждены Советом по железнодорожному транспорту государств - участников Содружества (протокол от 5 апреля 1996 г. № 15).

gost.e-ecolog.ru