|  |
| --- |
| **САМОРЕГУЛИРУЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ****НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «ОБЪЕДИНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ, КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ» «СОЮЗАТОМГЕО»** |

**Утверждено**

решением общего собрания членов
СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»
Протокол № \_\_ от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 года

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ**

**ОБЪЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

**Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча для проектирования АС**

**СТО СРО-Г-ХХХХХХХХ– ХХХХХ-2015**

*Проект*

*2 редакция*

**Москва**

**2016**

**Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом № 162 от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» [1], Федеральным законом от 27 декабря 2001 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [2] и Федеральным законом от 1 мая 2007 г. № 65-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании» [3], а правила применения стандарта организации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

**Сведения о Стандарте**

1 РАЗРАБОТАН ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли».

2 ВНЕСЕН Советом СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО».

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Протоколом общего собрания СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО» №\_\_\_ от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 года.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО».

**СОДЕРЖАНИЕ**

[Введение 3](#_Toc455495765)

[1 Область применения 3](#_Toc455495766)

[2 Нормативные ссылки 3](#_Toc455495767)

[3 Термины и определения 3](#_Toc455495768)

[4 Сокращения 3](#_Toc455495769)

[5 Общие положения 3](#_Toc455495770)

[6 Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча 3](#_Toc455495771)

[7 Формирование региональных каталогов данных о прохождении смерчей 3](#_Toc455495772)

[Библиография 3](#_Toc455495773)

[Приложение А (рекомендуемое) Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча на примере территории размещения площадки Нововоронежской АЭС-2 3](#_Toc455495774)

[Приложение Б (справочное) Анализ варианта альтернативного методического подхода к оценкам смерчеопасности 3](#_Toc455495775)

Введение

Разрабатываемый стандарт организации развивает требования и положения международных норм и правил, нормативных правовых актов Российской Федерации, федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, национальных стандартов, сводов правил, стандартов «СОЮЗАТОМГЕО» и других документов по стандартизации, обеспечивающих выполнение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 года № ФЗ-384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [4] по безопасности в части опасных природных процессов и явлений при проектировании, включая инженерные изыскания, путём учёта особых воздействий смерчей на территории вокруг центра размещения площадки АС.

Смерчи, наряду с ураганами и тайфунами, входят в число наиболее опасных метеорологических явлений, способных разрушать здания и сооружения. Нормы строительного проектирования [5] относят смерчи, наряду с землетрясениями и цунами, к особым воздействиям, с учётом которых должны рассчитываться конструкции зданий и сооружений АС 1 категории по условиям ответственности за радиационную и ядерную безопасность (повышенного уровня ответственности в соответствии с Федеральным законом [4]). При этом воздействие смерчей на здания и сооружения АС принимаются в нормах [5-8], исходя из периода повторяемости события один раз в 10 000 лет(обеспеченности 0,01 %, частоты 10-41/год).

Разрушительная сила смерчей обусловливается не только огромными (по разным оценкам более 140 м/с) скоростями ветра и силой ветрового напора, но и резкими перепадами атмосферного давления между центром и периферией вихря смерча. Величина градиента давления в области смерча оценивается в 10 гПа на 100 м.При этом величина давления воздуха при прохождении смерча может резко понизится на 100 – 200 гПа.

На территории РФ и стран бывшего СССР возникновение смерчей с большей или меньшей степенью вероятностью можно ожидать теоретически в любом месте, за исключением горных хребтов и Арктики. Приведённые в статье [9] результаты исследований по районированию смерчеопасных зон показывают, что наибольшая повторяемость сильных смерчей отмечается на Европейской территории РФ.

Однако климатология смерчей России, в отличие, например, от США, до настоящего времени недостаточно изучена, в основном из-за дискретности случаев прохождения смерчей во времени и пространстве. Например, за последние 200 лет (фактически за период с 1844 года по 2015 год) по территории РФ прошло менее 350 смерчей, а по территории США проходит ежегодно 1000 и более смерчей разной силы (класса интенсивности).

При анализе смерчеопасности приходится учитывать то, что характеристики, местоположение и траектории смерчей (в отличие, например, от тайфунов) не могут быть зарегистрированы (кроме единичных случаев) на метеорологических станциях. Формирование каталогов смерчей является творческим процессом и проводится обычно под конкретную исследовательскую задачу путём сбора данных из различных информационных ресурсов. Следует учитывать базы данных Росгидромета и архивы, сформированные в международных источниках, а также явления, зафиксированные альтернативными способами (метеорологическими радиолокаторами, в результате анализа данных космического мониторинга, данными очевидцев и средств массовой информации).

Трудности формирования базы данных (каталогов) смерчей имеются не только в РФ, но и в странах ЕС. В связи с эти актуален вопрос о нормативном регулировании создания региональных каталогов данных для расчётов смерчеопасности территорий АС.

Нормирование требований к порядку формирования и оперативного ведения базы данных (региональных каталогов) зарегистрированных смерчей должно включать классификацию наблюдённых смерчей по интенсивности и описание основных характеристик:

- класс интенсивности;

- максимальная горизонтальная скорость вращательного движения стенки смерча;

- поступательная скорость движения смерча;

- длина пути прохождения смерча;

- ширина пути прохождения смерча;

-перепад давления между периферией и центром воронки смерча.

Действующие документы по стандартизации [7,8] позволяют оценивать смерчеопасность территорий РФ и устанавливать расчётные характеристики максимального расчётного смерча (по терминологии СТО [10]) с годовой вероятностью возникновения смерчеопасного события равной 10-4 в пределах окружающей площадку размещения АС территории площадью 1000 км2. Учитывая низкую вероятность объектной реализации смерча в целом по территории России, которая составляет ≤ 10-6 реактор/год, оценка смерчеопасности, полученная указанным методом является вполне достаточной для предпроектного этапа работ, включая выбор площадки размещения АС.

На этапе подготовки проектной документации (при наличии лицензии Ростехнадзора на право размещения ядерной установки), с учётом норм проектирования [5] требуется уточнение и повышение достоверности расчётных характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча, проходящего по территории вокруг центра размещения площадки АС заданной площади, фактически через проектируемый объект.

Внедрение рекомендаций настоящего стандарта позволит на этапе подготовки проектной документации:

- повысить достоверность расчётных характеристик особых воздействий смерчей, достаточных для установления параметров нагрузок на проектируемые конструкции, здания, сооружения и оборудование АС, включая брызгальные бассейны, на основе использования вариативных (рекомендуемых и альтернативных) методических подходов, апробированных при проектировании ряда АЭС;

- снизить реальный уровень смерчеопасности для вновь проектируемых АС, за счёт расширения базы данных на основе нормативного регулирования формирования региональных каталогов смерчей;

-довести расчёты характеристик смерчеопасности до инженерного уровня и снять необходимость научного сопровождения данного вида инженерно-гидрометеорологических изысканий, что обеспечит сокращение их продолжительности и стоимости.

# 1 Область применения

Настоящий стандарт организации (далее – СТО) устанавливает рекомендации к вариативным методическим подходам определения характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча и порядок формирования региональных каталогов смерчей, зарегистрированных на территориях вокруг центра размещения площадки атомной станции.

Область применения настоящего СТО распространяется на работы по изучению опасных гидрометеорологических процессов и явлений с расчётами их характеристик в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий, проводимые для оценки смерчеопасности на территориях РФ и других регионов мира (кроме США).

Настоящий СТО следует использовать при наличии лицензии Ростехнадзора на право размещения ядерной установки:

- исполнителю инженерно-гидрометеорологических изысканий для обоснования достоверности характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча при разработке программы работ и проведении расчётов;

- генеральному проектировщику при оценке достаточности расчётных характеристик максимального расчётного смерча для подготовки проектной документации сооружения атомных станций;

- техническому заказчику при разработке технического задания и согласовании программы инженерно-гидрометеорологических изысканий.

# 2 Нормативные ссылки

В настоящем СТО использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения»

ГОСТ Р 50779.10-2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения»

СП 47.1330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96»

СП 151.13330.2012 «Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства. Часть I. Инженерные изыскания для разработки предпроектной документации (выбор пункта и выбор площадки размещения АЭС). Часть II. Инженерные изыскания для разработки проектной и рабочей документации и сопровождения строительства»

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и/или классификаторов (если используются ссылки на классификаторы) в информационной системе общего пользования – на официальных сайтах национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемым информационным указателям, опубликованным по состоянию на 1 января текущего года. Если ссылочный документ заменён (изменён), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться новым (изменённым) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части не затрагивающей эту ссылку.

# 3 Термины и определения

3.1 **Достоверные результаты (характеристики):** Результаты (характеристики), эмпирически подтверждённые специальными экспериментами (расчётами) или другой общественно-производственной практикой, не требующие дополнительной проверки

[СТО СРО-Г 60542954 00005-2015] [10]

3.2 **Смерч:** Сильная маломасштабная циркуляция, опускающаяся в виде воронки из мощного кучевого облака и достигающая поверхности земли, способная вызывать значительные разрушения различными типами воздействий.

[РД 95 10444-91] [7]

**3.3 Смерчеопасность**: Потенциальная подверженность территории воздействиям смерчей с уровнем вероятности их возникновения выше порогового нормативного значения, установленного для обеспечения безопасности населения, конструкций, зданий, сооружений и оборудования.

# 4 Сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

АС – атомная станция (электростанция, станция теплоснабжения, энерготехнологическая станция);

МРС – максимальный расчётный смерч;

п. – пункт нормативного документа;

п.п. – подпункт нормативного документа;

ПиНАЭ – правила и нормы в атомной энергетике;

СТО – стандарт организации;

ESWD – European Severe Weather Database (Европейская база данных опасных явлений погоды).

# 5 Общие положения

5.1 Требования настоящего СТО следует использовать для обеспечения достоверности определения расчётных характеристик особых воздействий МРС путём:

- создания актуализированных региональных каталогов смерчей для территорий вокруг центра размещения площадки АС;

- применения вариативных методических подходов к оценке смерчеопасности.

5.2 Настоящий СТО развивает требования:

- статьи 3 части 6 Федерального закона [4] в части опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях путём учёта особых воздействий смерчей на конструкции, здания, сооружения и оборудования АС 1 категории по условиям ответственности за радиационную и ядерную безопасность по ПиНАЭ [5] и повышенного уровня ответственности по Федеральному закону [4];

- статьи 15 части 1 Федерального закона [4] в части общих требований к достоверности результатов инженерных изысканий, достаточных для подготовки проектной документации;

- НП-032-01 [11] в части необходимости определения в пределах площадки класса интенсивности смерча, максимальных значений скорости вращения стенки и поступательной скорости движения смерча, перепада давления между периферией и центром воронки смерча;

- НП-064-05 [6] в части учёта внешних воздействий смерчей на объектах использования атомной энергии;

- РД 95 10444-91 [7] и РБ-022-01 [8] в части установления расчётных характеристик особых воздействий МРС на этапе подготовки проектной документации при наличии лицензии Ростехнадзора на право размещения ядерной установки.

# 6 Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча

6.1 Для определения характеристик особых воздействий МРС на площадку размещения АС, требуемых для подготовки проектной документации, следует использовать оценки смерчеопасности, основанные на результатах вариантных расчётов.

6.1.1 Вариантные расчёты должны быть выполнены не менее чем двумя альтернативными методами, отвечающими следующим условиям:

- допустимый предел вероятности возникновения смерчей ***P0*** для территорий вокруг центра проектируемой площадки размещения АС должен приниматься равным 10-4 согласно ПиНАЭ [5];

- исходные данные для вариантных расчётов должны быть представлены в форме региональных каталогов, требования к формированию которых приведены в разделе 7 настоящего СТО.

6.2 Размер расчётной территории для формирования региональных каталогов следует устанавливать с учётом рекомендаций раздела 7 настоящего СТО.

6.3 В основе вариативных методических подходов к установлению расчётных характеристик особых воздействий МРС для площадок размещения новых АС с следует использовать:

- районирование по смерчеопасности [9] и документы по стандартизации [7, 8];

- примеры расчётов характеристик МРС для различных условий размещения площадок АС, приведённые в Приложениях А, Б и В настоящего СТО;

- научное сопровождение исследований по смерчеопасности для слабоизученных (в части наблюдений за прохождением смерчей) территорий.

6.4 При вариантных расчётах следует использовать следующие общие рекомендации:

- общий период наблюдений за прохождением смерчей ***T*** должен быть не менее 40 лет вне зависимости от площади расчётной зоны смерчеопасности по нормам [7, 8] или территории, для которой составлен региональный каталог;

- незарегистрированные смерчи 1 класса интенсивности следует учитывать введением коэффициента 1,5 - 3 к количеству зарегистрированных смерчей;

- смерчи 3 и 4 классов интенсивности за весь период наблюдений по созданному региональному каталогу следует учитывать путём приведения к общему 40-летнему периоду с поправочным коэффициентом, значение величины которого следует обосновывать дополнительно.

6.5 При оценке достоверности результатов вариантных расчётов следует учитывать, что расчётный класс интенсивности МРС, рассчитанный по рекомендуемой и альтернативной методикам, приведённым в Приложениях А, Б и В настоящего СТО, снижается в 1,5 – 2,0 раза по сравнению с классом, рассчитанным по Рекомендациям [7] и Руководству [8].

6.6 Для учета требования проектирования к установлению класса интенсивности МРС по воздействию непосредственно на конкретные здания, сооружения, конструкции и оборудование АС при нормативной повторяемости 1 раз в 10000 лет следует характеристики МРС устанавливать по значениям максимальной скорости ветра 0,01% обеспеченности, определенных по рядам длительных наблюдений опасных и особо опасных атмосферных явлений (ОЯ и ООЯ) на сетевых метеостанциях путем:

- использования рекомендаций приложения Б настоящего СТО;

- проведения научного сопровождения гидрометеорологических изысканий, предусмотренное Федеральным законом [4].

# 7 Формирование региональных каталогов данных о прохождении смерчей

7.1 Для оперативного ведения базы данных зарегистрированных смерчей, включая систематизацию и классификацию наблюдённых смерчей по интенсивности, описание характеристик их воздействий и формирования региональных каталогов, следует использовать следующие информационные ресурсы:

1) опубликованные каталоги смерчей, включая каталоги за период до 1986 года из Рекомендаций [7] и работы [12], а также каталоги из Руководства [8] за период с 1987 по 2000 годы;

2) данные результатов наблюдений на сети метеостанций и гидропостов Росгидромета;

3) архивы, сформированные в международных источников, включая сайт ESWD (<http://www.eswd.eu/>);

4) альтернативные способы фиксации случаев прохождения смерчей:

- метеорологическими радиолокаторами при выполнении аэрометеорологического мониторинга и исследований на площадках АС;

- в результате космического мониторинга;

- на основе видеофиксации опасного явления или его последствий очевидцами и/или сообщений в средствах массовой информации.

7.1.1 В региональный каталог должен включаться любой случай прохождения смерча, полученный через информационные ресурсы, в соответствии с п.п. 1-4 п .7.1 настоящего СТО, с характеристиками воздействия смерча на подстилающую поверхность, а также размера причиненного ущерба.

7.1.2 Зафиксированные случаи образования воронкообразного мощного кучево-дождевого облака следует учитывать, как прохождение смерча, только при условии подтвержденных разрушительных последствий в окружающей среде.

7.1.3 Отбор смерчей для формирования регионального каталога следует осуществлять из базы данных с учётом:

- географических координат центра площадки АС;

- координат зарегистрированных смерчей;

- принятых формы и размеров расчётной территории.

- исключения дублирования случаев прохождения смерчей.

7.1.4 Для определения значения величины удалённости наблюдённых смерчей от площадки АЭС необходимо использовать физическую или географическую систему координат, если расчётная зона выбрана в форме круга или прямоугольника.

7.2 Удаление точки наблюдения смерча от площадки АЭС ****** следует определять по декартовым координатам её центра ***()*** и координатам смерчей (), а также по соответствующим углам северной широты и восточной долготы точек (, ).

7.2.1 При этом следует учитывать, что угловые и линейные координаты связаны соотношениями:

 

где , - количество наблюдённых смерчей;

- км – цена 1° на широте экватора (при ) по оси , направленной на восток;

- км – цена 1° по меридиану, вдоль которого направлена на север ось .

7.2.2 В дальнейших расчётах следует использовать только смерчи, для которых выполняется условие , где  – радиус расчётной зоны в виде круга.

7.2.3 В случае прямоугольной формы расчётной области следует задавать диапазоны изменения углов наблюдённых смерчей по широте () и долготе (). При этом выборка должна включать все наблюдённые смерчи в заданном диапазоне углов.

7.3 При формировании региональных каталогов смерчей и учёта угловых координат дополнительно к рекомендациям Руководства [8] следует учитывать искажения стереографической полярной проекции северного полушария в пределах геометрически сложной конфигурация границ зон по схеме районирования, предложенной в работе [9].

7.4 При  территория по рекомендациям [7], когда территория считается смерчеопасной, для формирования региональных каталогов смерчей следует:

- рассматривать приблизительно однородные расчётные зоны с центром на площадке размещения проектируемой АС площадью не менее 100 тыс. км2 (радиус от 170 км и более);

- использовать по возможности расчётные зоны правильной формы в виде круга или прямоугольника.

7.5 За основной метод при проведении вариантных расчётов следует принимать доведенный до инженерного уровня, приведённый в приложении А настоящего СТО, пример формирования расчётных зон с радиусом 300 и 500 км (площадью равной 283 и 785 тыс. км2, соответственно).

7.6 Для получения достоверных оценок характеристик МРС в климатических условиях Европейской территории РФ размер расчётной зоны должен:

- устанавливаться с учётом требований статистической обеспеченности основных расчётных характеристик МРС;

- приниматься площадью более 100 тыс. км2;

- превышать длину пути прохождения наиболее интенсивных смерчей, наблюдавшихся в рассматриваемом регионе.

Библиография

|  |  |
| --- | --- |
| [1] Федеральный закон № 162 от 29.06.2015 года № 162-ФЗ | О стандартизации в Российской Федерации |
| [2]Федеральный закон от 27 декабря 2001 года № 184-ФЗ  | О техническом регулировании |
| [3] Федеральный закон от 1 мая 2007 года № 65-ФЗ | О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании |
| [4] Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ | Технический регламент о безопасности зданий и сооружений |
| [5] Правила и нормы в атомной энергетике ПиНАЭ-5.6 | Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа |
| [6] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-064-05 | Учёт внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии |
| [7] РД 95 10444-91 | Рекомендации по определению расчётных характеристик смерчей при размещении атомных стаций |
| [8] Руководство по безопасности РБ-022-01 | Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии |
|  |  |
| [9] Ф.Ф. Брюхань, М.Е. Ляхов, В.Н. Погребняк | Смерчеопасные зоны в СССР и размещение атомных стаций. – Известия АН СССР, серия геогр., № 1, 1989 |
| [10] СТО СРО-Г 60542954 00005-2015 | Объекты использования атомной энергии. Учёт опасных природных процессов и явлений при выборе площадки размещения АЭС |
| [11] НП-032-01  | Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности |
| [12] А.И. Снитковский | Смерчи на территории России. - Метеорология и гидрология, № 9, 1987 |
| [13] Specific Safety Guide № SSG-18 | Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations». - Vienna, IAEA, 2011.  |
| [14] Руководства МАГАТЭ по безопасности № 50-SG-S11A | Учёт экстремальных метеорологических явлений при выборе площадок АЭС (без учёта тропических циклонов). – Вена, МАГАТЭ, 1983 |
| [15] М.В. Сидоренко, Д.А. Коршунов | Вопросы смерчеопасности. – «Промышленное и гражданское строительство», № 6, 2000 |
| [16] Бесчастнов С.П., Найденов А.В., Погребняк В.Н. | К оценке смерчеопасности территорий. – «Промышленное и гражданское строительство», №10, 2001 |
| [17] Regularoty Guide 1.76 NRC US | Design-basis tornado and tornado missiles for Nuclear Power Plants, Rev.1, 2007 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Приложение А
(рекомендуемое)
Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча на примере территории площадки размещения Нововоронежской АЭС-2

А.1. В соответствии со схемой районирования, приведённой в Рекомендациях [7] и Руководстве [8], площадка размещения Нововоронежской АЭС-2 расположена в зоне повышенной смерчеопасности в пределах смерчеопасного района IЕ.

А.2. По данным каталогов Рекомендаций [7] (с 1844 года по 1988 год) и Руководства [8] (дополненных данными на 2001 год), актуализированных материалов об опасных явлениях погоды ESWD (с 2001 по 2015 год), проведён анализ повторяемости зарегистрированных смерчей по классам интенсивности для расчёта МРС. В таблице А.1 приведены систематизированные результаты для разных вариантов выбора расчётной области возможного прохождения смерча района IЕ.

Таблица А.1 – Исходные данные для расчёта характеристик МРС в районе расположения АЭС для разных вариантов выбора расчётной области

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Зона | Площадь, тыс. км2 | Период, лет | Количество зарегистрированных смерчей в классе интенсивности | Всего смерчей |
| 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 |
| IE 1 | 414 | 45 | 12 | - | 17 | 1 | 1 | 1 | 32 |
| 363 км 2 | 414 | 59 | 23 |  | 36 | 2 | 3 |  | 64 |
| 170 км 2 | 100 | 59 | 9 | - | 12 |  |  |  | 21 |
| R≥300 км 2 | ≥ 283  | 59 | 17 | - | 32 | 1 | 1 | - | 51 |
| R≥500 км 2 | ≥785 | 59 | 31 | - | 60 | 2 | 12 | - | 105 |
| 1 смерчи из каталогов [7, 8,12]; 2 смерчи из каталогов [7, 8,12] и архива ESWD за 2001-2015 годы |

А.2.1 Из таблицы А.1 следует, что для области радиусом 363 км площадью 414 тыс. км2 с учетом дополнительных данных из архива ESWD за 2001-2015 годы количество смерчей увеличивается в два раза, меняется и их состав по сравнению с зоной IE. Установлено, что в эту область не попадает смерч 3 класса интенсивности из смерчеопасной зоны Б.

А.2.2 В район радиусом примерно около 170 км попадает всего 21 смерч самых низких классов интенсивности. При этом области, ограниченные радиусом 300 и 500 км, учитывают смерчи и более высоких классов.

А.3. В основу расчётов характеристик особых воздействий МРС положена методика, первоначально и подробно описанная в Рекомендациях [7], согласно которой общее число смерчей, прошедших через рассматриваемый район, и суммарная площадь разрушений S определяются, как

 и  (А.1)

где  число зарегистрированных смерчей класса интенсивности от 0 до;

наибольший наблюдённый класс;

поправка к количеству зафиксированных смерчей классов от 0 до 1;

в зависимости от изученности зоны и повторяемости слабых смерчей (для зоны IE принимается a0=2);

длина и ширина пути следа смерча класса  на подстилающей поверхности.

А.3.1 Интегральная вероятность разрушений, возрастающая с каждым учтённым смерчем наблюдённого класса интенсивности,



 , (А.2)

выравнивается в графических координатах линией регрессионной зависимости:

 (А.3)

где  и  - эмпирические коэффициенты регрессионной зависимости, определённые методом наименьших квадратов

 (А.4).

А.3.2 Годовая вероятность  возникновения смерчеопасного события на однородной территории прилегающей к площадки размещения АЭС площадью равной около 1000 км2, определяется по модифицированнымой в Руководстве [8] формуле

 (А.5)

 где  ***–*** эффективный период регулярных наблюдений в каждой зоне.

А.3.3 Годовая вероятность прохождения смерчей класса **** определяется соотношением

 (А.6)

где  - вероятность непревышения класса  смерчами, зафиксированными в данном районе (вероятность прохождения относительно слабых смерчей).

А.3.4 Пороговый уровень вероятности , определяющий необходимость учёта смерчеопасности района, принимается согласно
ПиНАЭ [5] равным 10-4.

При  территория считается смерчеопасной, что требует определения эмпирической вероятности  расчётного класса интенсивности по шкале Фуджиты и других характеристик МРС .

При  расчётный класс интенсивности МРС определяется из соотношений (А.6, А.7).

 (А.7)

А.3.5 Согласно приложению 3 Руководства [8] следует, что по результатам наблюдений смерчей до 2001 года вероятность для территории площадью 1000 км2 в пределах зоны ***IE*** составляет 6,6∙10-4 реактор/год, расчётный класс интенсивности МРС равен 2,12 (таблица 2 Руководства [8]).

Таблица А.2 – Основные расчётные характеристики МРС для района расположения Нововоронежской АЭС-2 смерчеопасных зон разной площади

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зона |  реактор/год  | Расчётные характеристики МРС |
|  | м/с |  м/с | гПа | км |  м | гПа/м |
| IE | 6,6 | 2,12 | 62 | 16 | 48 | 10,3 | 103 | 0,92 |
| 363 км | 3,8 | 1,43 | 49 | 12 | 30 | 4,7 | 47 | 1,28 |
| 170 км | 3,6 | 1,13 | 44 | 11 | 23 | 3,3 | 33 | 1,40 |
| 300 км | 4,0 | 1,29 | 46 | 12 | 26 | 4,0 | 40 | 1,30 |
| 500 км | 4,5 | 1,68 | 53 | 13 | 35 | 6,1 | 61 | 1,15 |
| Принято: [6] |

Из-за неучтённого самого мощного смерча рассчитанный класс вероятного смерча, равный 1,43 для круглой области площадью 414 тыс. км2, значительно ниже, чем для района IE. По понятным причинам самый низкий класс  получается для области площадью 100 тыс. км2.

А.4 В состав основных расчётных характеристик МРС, достаточных для установления проектных значений параметров и других проектных характеристик зданий и сооружений АЭС, следует включать:

- максимальную горизонтальную скорость вращательного движения стенки ***Vp***;

***-*** поступательную скорость движения ***Up***;

- перепад давления между периферией и центром вращения воронки ***∆Pp***;

- длину  и ширину ***W*** следа смерча на пути его прохождения.

А.4.1 Скорость спада давления ***∆P/∆r*** в поперечном сечении воронки следует рассчитывать по перепаду давления и поперечному размеру следа смерча.

А.4.2 Для определения расчетных параметров при 0<***k***<5 в Рекомендациях [7] предложены формулы:

 м/с;

 м/с;

, км; (А.7)

, м;

 гПа.

А.5 При применении вариантных расчётов характеристик МРС следует учитывать ряд технических особенностей схемы районирования территории по смерчеопасности, предложенной в Рекомендациях [7] и Руководстве [8]:

- геометрически сложную конфигурацию границ зон;

- искажение стереографической полярной проекции северного полушария и границ смерчеопасных зон, что затрудняет распределение наблюдённых смерчей по зонам смерчеопасности.

А.5.1 Решение поставленной задачи упрощается с учётом рекомендаций [14], в соответствии с которыми для оценки смерчеопасности района расположения АЭС следует рассматривать однородные зоны с центром на площадке и прилегающими территориями правильной формы в виде круга или прямоугольника площадью не менее 100 тыс. км2.

А.5.1.1 По данным проверочных расчетов установлено, что в условиях Европейской территории России в пределах расчетной зоны с площадью около 100 тыс. км2 (радиусом до 170 км) не представляется возможным получить статистически обеспеченные оценки характеристик.

А.5.1.2 Размер расчётной зоны должен отвечать следующим условиям:

 - определяться с учётом требований статистической обеспеченности основных расчётных характеристик МРС;

- протяженность зоны должна превышать длину пути прохождения наиболее интенсивных смерчей, наблюдавшихся в рассматриваемом регионе. А.5.2 С учётом граничных условий, перечисленных в п. А.5.1, при исследовании смерчеопасности площадки Нововоронежской АЭС-2 были выделены две расчетные зоны с радиусом 300 и 500 км, площадь которых составляла 283 и 785 тыс. км2, соответственно.

А.5.2.1 Входные параметры для использованных расчётных методик представлены в таблице А.1, а результаты расчётов – в таблице А.2, перечень зарегистрированных смерчей в зоне радиусом 300 км помещен в таблице А.3 настоящего СТО.

А.5.3 В качестве исходных данных использованы каталоги смерчей до 1986 года включительно из Рекомедаций [7] и работы [12], а за 1987-2000 годы из Руководства [8], а также архивы c 2001 года и по 2015 год (сайт <http://www.eswd.eu/>).

А.5.3.1 Из помещенных в ESWD сведений об атмосферных явлениях под названием торнадо, подтвержденных разными источниками, учтены только случаи с присвоенным классом интенсивности смерча или с описанием размеров причиненных разрушений, или вращательной скорости смерча.

А.5.3.2 Во всех случаях класс смерча дополнительно уточнялся или оценивался с использованием таблицы Фуджиты [7,8,14].

А.5.4 Из таблиц А.1 и А.3 следует, что в расчетную 300-километровую зону из интенсивных смерчей попал только один смерч 2 класса. С увеличением радиуса зоны до 500 км, а площади зоны, соответственно, почти в 3 раза, количество наблюдённых смерчей 2 класса возрастает до 12. На ещё больших расстояниях в расчётной зоне фиксируется даже смерч 3 класса из зоны IE.

А.5.5 Отбор смерчей из сформированного каталога (базы данных) осуществлялся машинным способом с учётом:

- географических координат центра площадки АЭС;

- координат наблюдённых смерчей;

- заданных формы и размеров расчётной зоны.

А.5.6 В качестве примера в таблице А.3 представлены смерчи, зафиксированные в 300-километрововой зоны Нововоронежской АЭС-2.

Таблица А.3 – Перечень смерчей, зафиксированных в прилегающей к площадке Нововоронежской АЭС зоне радиусом 300 км

| Номер смерча | Дата наблюдения | Классинтенсивности | Координаты | Расстояние до центра площадки АЭС |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| широта, о | долгота, о |
| Каталоги смерчей [6, 7] до 2001 года |
| 1 | 12-08-1937 | 0,0 | 37,0 | 52,0 | 166,6 |
| 2 | 17-06-1955 | 1,0 | 40,0 | 51,0 | 86,3 |
| 3 | 17-06-1955 | 0,0 | 41,0 | 53,0 | 184,4 |
| 4 | 31-07-1957 | 0,0 | 36,0 | 52,0 | 234,0 |
| 5 | 14-08-1961 | 1,0 | 39,0 | 52,0 | 44,6 |
| 6 | 14-08-1961 | 1,0 | 38,0 | 52,0 | 100,9 |
| 7 | 03-06-1965 | 0,0 | 38,0 | 51,0 | 120,7 |
| 8 | 03-06-1965 | 1,0 | 37,0 | 51,0 | 180,4 |
| 9 | 27-07-1965 | 0,0 | 38,0 | 51,0 | 120,7 |
| 10 | 27-07-1965 | 0,0 | 39,0 | 52,0 | 44,6 |
| 11 | 06-07-1970 | 1,0 | 40,0 | 52,0 | 56,6 |
| 12 | 06-07-1970 | 1,0 | 41,0 | 53,0 | 184,4 |
| 13 | 06-07-1970 | 1,0 | 40,0 | 52,0 | 56,6 |
| 14 | 06-07-1970 | 1,0 | 41,0 | 53,0 | 184,4 |
| 15 | 06-07-1970 | 1,0 | 42,0 | 53,0 | 231,5 |
| 16 | 06-07-1970 | 1,0 | 42,0 | 53,0 | 231,5 |
| 17 | 19-07-1970 | 1,0 | 37,0 | 52,0 | 166,6 |
| 18 | 01-07-1974 | 0,0 | 38,0 | 51,0 | 120,7 |
| 19 | 23-07-1974 | 0,0 | 40,0 | 49,0 | 299,7 |
| 20 | 06-06-1975 | 1,0 | 41,0 | 50,0 | 217,8 |
| 21 | 23-07-1979 | 1,0 | 41,0 | 53,0 | 184,4 |
| 22 | 01-08-1981 | 0,0 | 40,0 | 51,0 | 86,3 |
| 23 | 1981 | 1,0 | 41,0 | 52,0 | 117,6 |
| 24 | 10-07-1985 | 1,0 | 39,0 | 53,0 | 149,7 |
| 25 | 21-08-1986 | 1,5 | 43,0 | 53,0 | 287,1 |
| 26 | 11-08-1994 | 1,0 | 41,0 | 54,0 | 280,8 |
| Архивы сайта [http://www,eswd,eu/](http://www.eswd.eu/) , 2001-2015 годы |
| 27 | 01-09-2003 | 0,0 | 37,1 | 51,5 | 157,2 |
| 28 | 01-09-2003 | 0,0 | 37,1 | 51,6 | 155,1 |
| 29 | 01-09-2003 | 0,0 | 35,0 | 51,7 | 298,7 |
| 30 | 01-09-2003 | 1,0 | 37,4 | 51,0 | 155,8 |
| 31 | 01-09-2003 | 2,0 | 35,7 | 51,5 | 256,0 |
| 32 | 14-07-2004 | 0,0 | 36,7 | 52,9 | 230,3 |
| 33 | 02-08-2005 | 1,0 | 37,6 | 50,6 | 167,6 |
| 34 | 05-06-2006 | 1,0 | 35,4 | 52,8 | 296,7 |
| 35 | 05-06-2006 | 1,0 | 36,3 | 51,2 | 219,8 |
| 36 | 08-08-2006 | 1,0 | 36,1 | 53,0 | 265,8 |
| 37 | 08-08-2006 | 1,0 | 37,0 | 52,2 | 171,4 |
| 38 | 08-08-2006 | 0,0 | 37,8 | 51,3 | 113,5 |
| 39 | 08-08-2006 | 1,0 | 35,7 | 50,8 | 275,3 |
| 40 | 08-08-2006 | 1,0 | 35,7 | 50,8 | 275,3 |
| 41 | 06-08-2006 | 1,0 | 35,8 | 52,2 | 249,1 |
| 42 | 15-08-2006 | 0,0 | 35,6 | 52,7 | 280,7 |
| 43 | 07-07-2010 | 0,0 | 36,1 | 51,6 | 225,6 |
| 44 | 02-06-2013 | 0,0 | 35,3 | 51,7 | 281,5 |
| 45 | 31-05-2015 | 1,0 | 42,2 | 51,7 | 194,1 |
| 46 | 15-05-2015 | 1,0 | 38,1 | 54,0 | 270,8 |
| 47 | 15-05-2015 | 0,0 | 38,1 | 54,0 | 266,6 |
| 48 | 15-05-2015 | 1,0 | 38,1 | 54,0 | 270,8 |
| 49 | 18-07-2015 | 1,0 | 39,1 | 51,8 | 20,6 |
| 50 | 28-07-2015 | 0,0 | 36,2 | 52,0 | 218,2 |
| 51 | 28-07-2015 | 1,0 | 36,2 | 52,0 | 218,2 |

А.5.6 С учётом результатов вариантных расчётов по данным из таблиц А.1, А.2 и Рекомендаций [7] класс интенсивности МРС для расчетной 300 километровой зоны следует принять равным 1,29.

Для расчётной 500 километровой зоны, включающей большее количество интенсивных смерчей, класс вероятного смерча увеличивается до 1,68, который и рекомендуется для установления проектных параметров при подготовки проектной документации.

А.5.7 Распределение зарегистрированных смерчей сформированного регионального каталога для зоны радиусом 300 км приведено на рисунке А.1.

Рисунок А.1– Распределение смерчей на прилегающей к площадке Нововоронежской АЭС-2 зоне радиусом 300 км

А.5.7.1 На рисунке А.1 смерчи разной интенсивности изображены кружками разного цвета, класс смерча с точностью до десятичного знака указан справа и ниже. Центр 300-метровой зоны помещён в точке с координатами (500, 500) км.

А.8 Результаты выравнивания интегральной вероятности разрушений, вызванных смерчем, экспоненциальной зависимостью приведены на рисунке А.2.

1 – эмпирические точки - ; 2 – регрессионная зависимость

Рисунок А.2– Выравнивание интегральной вероятности разрушений экспоненциальной зависимостью

Приложение Б
(справочное)
Анализ варианта альтернативного методического подхода к оценкам смерчеопасности

В качестве альтернативного подхода к определению характеристик МРС для площадки размещения объекта предлагается использовать методику оценки смерчеопасности района размещения АС, которая изложена в Руководстве US NRC RG 1.76 “Design-basis tornado and tornado missiles for Nuclear Power Plants”, Rev.1, 2007 [17].

Б.1 В методике [17] по 46800 случаям наблюдения смерчей, произошедших с 1 января 1950 по 31 августа 2003 года, выделяется всего три смерчеопасные зоны в пределах континентальной части США. На рисунке Б.1 показаны зоны интенсивности смерчей с вероятностью 10-7 в год. Здесь ось абсцисс – долгота (в градусах к западу) и ось ординат – широта (в градусах к северу).

Рисунок Б.1 – Распределение интенсивности смерчей с вероятностью превышения 10-7 в год по территории США (mph- миль в час)

По 39600 случаям зафиксированных смерчей с достаточной информацией об их местоположении, интенсивности, длине и ширине следа установлены расчетные характеристики вероятного смерча для рассматриваемых зон (таблица Б.1).

Таблица Б.1 – Основные расчетные характеристики МРС из [17] для территории США

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Зона | Максимум полной скорости,м/с (км/час) | Поступательная скорость ,м/с (км/час) | Максимум вращательной скорости ,м/с (км/час) | Радиус максимума скорости вращения,м | Перепад давления внутри смерча, гПа | Скорость падения давления в смерче, гПа/сек |
| I | 103(370) | 21(74) | 82(296) | 45,7 | 83 | 37 |
| II | 89(322) | 18(64) | 72(257) | 45,7 | 63 | 25 |
| III | 72(257) | 14(51) | 57(206) | 45,7 | 40 | 13 |

Б.2 Смерч характеризуется набором параметров, включая максимальную общую скорость ветра, радиус максимальный тангенциальной (вращательной) скорости ветра, максимальную вращательную и поступательную скорости ветра и характеристики изменения атмосферного давления внутри ядра.

Распределение скорости по радиусу смерча описывается моделью вихря Рэнкина:

 при  и  при , (Б-1)

где  максимум скорости вращения (тангенциальная составляющая при ). Поступательная скорость перемещения смерча как целого обычно обозначается как . Обозначения компонентов скорости иллюстрируются рисунком Б.2.

Рисунок Б.2 – Схема обозначений скорости ветра в вихре Рэнкина

Б.3 Падение давления в центре смерча определяется как , где – плотность воздуха, кг/м3.

Скорость падения давления описывается уравнением

, гПа/сек.

Б.4 В качестве переносимых смерчами предметов, представляющих опасность для конструкций АС, рассмотрены наиболее часто встречающиеся в ее ближней зоне автомобили массой 1810 кг (зоны I и II) и массой 1178 кг в зоне III, куски стальных труб массой 130 кг, диаметром 0,168 м и длиной 4,58 м, а также стальные сферы диаметром 2,54 см и массой 0,0669 кг.

Приложение В
(справочное)
Анализ варианта альтернативного методического подхода к оценкам смерчеопасности

Б.1. В одном из альтернативных подходов к определению характеристик МРС для площадки размещения объекта воздействия смерча, принцип которого изложен в статье [15], принимается, что годовая вероятность ***Ps*** прохождения МРС через расчетную зону площадью ***А*** равна:

***Ps = As / (A·Т),*** (Б.1)

- где ***As*** *-* сумма площадей следов всех смерчей, которые наблюдались в этой зоне за период ***Т*** лет.

Б.2. При подготовки исходных данных (регионального каталога) по воздействиям смерчей при проектировании объектов предлагается пользоваться характеристиками класса интенсивности смерчей ***Х***, отнесёнными к середине целочисленных диапазонов ***Х = 0, 1, … 5,*** указанных в классификации Фуджиты – Пирсона (например, таблица 1 РД 95 10444-91 [7]), допуская дробное значение ***f*** класса интенсивности МРС:

***f = Х*** *+* ***0,5 > 0,5*** (Б.2)

Тогда площадь следа смерча ***af*** составит, км2:

***af*** *=****82·10f-4*** (Б.3)

при максимальной скорости ветра, м/с:

***Vt = 6,3(f +2,5)·1,5.*** (Б.4)

Б.3. Авторы методики отмечают, что использованное в (Б.1) суммарное значение ***As*** «обезличивает», отдельные зарегистрированные смерчи (включённые в региональный каталог). Поэтому предлагается их общее действие заменить эквивалентным воздействием условного смерча класса ***fe***:

***fe = 2/1 + lg As,*** (Б.5)

который будет несколько превышать класс ***fmax*** наиболее интенсивного из зарегистрированных смерчей регионального каталога.

Б.4. Хронологический анализ содержания каталога смерчей из Рекомендаций [7], представленный в таблице 2 работы [15], позволил выработать следующие общие рекомендации:

1) для регионов (отдельных областей) площадью более 1000 км2, принимать общий период наблюдений ***T*** не менее 40 лет;

2) некоторое количество незарегистрированных смерчей класса 1 следует учесть введением коэффициента 1,5 к количеству зарегистрированных смерчей;

3) учитывать смерчи 3 и 4 классов интенсивности за весь период по каталогу путём приведения к общему 40-летнему периоду к поправочным коэффициентом 0,3.

Б.5. С учётом рекомендаций п. Б.4 следует использовать зависимость (Б.1) для конкретной площадки размещения АС, привязывая к примыкающей территории площадью ***А***, на которой должно быть зарегистрировано не менее 10 смерчей.

Б.5.1 Для методического обеспечения требований ПиНАЭ [5] в части нормированной вероятности ***Р = 10-4*** значение расчётного класса смерча предлагается определять по зависимости:

***fd = fe + lg(Ps/ Pn),*** (Б.6)

которая отражает изменение класса смерча на единицу при изменении на порядок наблюдённой или нормированной вероятности его прохождения.

Б.5.2 Эффективность рассмотренной методики показана при примере оценке смерчеопасности площадки Чернобыльской АЭС. В работе [15] с учётом использования каталога Рекомендаций [7] установлены следующие расчётные параметры:

***As = 12,7 км2; Ps = 16,4 10-7; fe = 3,2; fd = 1,4***

Таким образом, расчётный класс интенсивности смерча составил 1,4, что примерно вдвое меньше, чем установленный в Рекомендациям[7] для территории площадью 1000 км2.

На основе анализа числа зарегистрированных смерчей с учётом вероятности ***Pf*** непревышения ***f***, приведённого в таблице 3 работы [15], получена эмпирическая зависимость хорошо описываемая уравнением:

***fd = 2,6 – 1,1lgFd,*** (Б.7)

где ***Fd= 1 –Pf.***

Б.5.3 Для площадки размещения Чернобыльской АЭС при ***Fd*** = 6 %, вычисленный по формуле (Б.7) расчётный класс МРС составит ***fd***= 1,7, что удовлетворительно согласуется со значением, полученным по выражению (Б.6).

Б.6 При использовании рассмотренного альтернативного метода следует учитывать:

- определение класса интенсивности МРС производится по произвольно заданному значению ***Fd = 6 %;*** в результате чего класс МРС может уменьшится примерно на 2 единицы, а площадь разрушений– на один-два порядка;

- отсутствие физически обоснованных закономерностей распределения природных явлений редкой повторяемости;

- ограниченность применение данной методики для территорий с отличными физико-географическими условиями по сравнению районом размещения Чернобыльской АЭС;

- рецензию на рассмотренный методический подход, опубликованный в работе [16].