

---

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
«РОСАТОМ»**

---

**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 № 12 от 10 февраля 2017 года

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ**  
**ОБЪЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**  
**Определение характеристик особых воздействий максимального**  
**расчётного смерча для проектирования АС**

**СТО СРО-Г 60542954 00014-2017**

**Москва**  
**2017**

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом № 162 от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», Федеральным законом от 27 декабря 2001 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и Федеральным законом от 1 мая 2007 г. № 65-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании» , 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»

ВНЕСЁН Советом СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»

3 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Протоколом общего собрания СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО» № 12 от 10 февраля 2017 г.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

## Содержание

1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки .....	1
3 Термины и определения .....	2
4 Сокращения.....	3
5 Общие положения .....	3
6 Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча .....	3
7 Формирование региональных каталогов данных о прохождении смерчей ...	6
Приложение А (рекомендуемое) Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча на примере территории площадки размещения Нововоронежской АЭС-2.....	9
Приложение Б (рекомендуемое) Анализ варианта зарубежного методического подхода к оценкам смерчеопасности районов размещения АЭС.....	18
Приложение В (справочное) Анализ варианта альтернативного методического подхода к оценкам смерчеопасности размещения площадок АС .....	21
Библиография .....	<a href="#">2255</a>

## Введение

Настоящий стандарт «Объекты использования атомной энергии. Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча для проектирования АС» разработан с учетом требований и положений 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» [1] 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, включая:

- статью 3 части 6 Федерального закона № 384-ФЗ [1] 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 [2] и повышенного уровня ответственности по Федеральному закону № 384-ФЗ [1];

- статью 15 части 1 Федерального закона № 384-ФЗ [1] в части общих требований к достоверности результатов инженерных изысканий, достаточных для подготовки проектной документации;

- НП-064-05 [3] в части учёта внешних воздействий смерчей на объектах использования атомной энергии;

- РД 95 10444-91 [4] и РБ-022-01 [5] в части снижения консерватизма установления расчётных характеристик особых воздействий МРС на этапе подготовки проектной документации;

- СТО СРО-Г 60542954 00005-2015 [6] в части учета требований по

установлению характеристик максимального расчетного смерча;

- НП-032-01 [7] 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;

- Specific Safety Guide № SSG-18 [8] в части учета воздействий смерчей при выборе площадки размещения ядерного объекта.

Смерчи, наряду с ураганами и тайфунами, входят в число наиболее опасных метеорологических явлений, способных разрушать здания и сооружения. Нормы строительного проектирования ПиНАЭ-5.6 [2] 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 № 384-ФЗ [1]). При этом воздействие смерчей на здания и сооружения АС принимаются в ПиНАЭ-5.6 [2] и нормах НП-064-05 [3], исходя из периода повторяемости события один раз в 10 000 лет (вероятности  $10^{-4}$  по терминологии ГОСТ Р 50779.10-2000).

На территории РФ и стран бывшего СССР возникновение смерчей теоретически можно ожидать в любом месте, за исключением горных хребтов и Арктики. Обобщенные в РД 95 10444-91 [4] 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 под конкретную исследовательскую задачу путём сбора данных из различных информационных ресурсов. При этом в основном учитывают 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 этим актуален вопрос о нормативном регулировании создания региональных каталогов данных для расчётов смерчеопасности территорий размещения АС.

В настоящем СТО формулируются требования к порядку формирования и оперативного ведения базы данных (региональных каталогов) смерчей с учетом классификации наблюдаемых смерчей по интенсивности и описанию 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 РД 95 10444-91 [4] и РБ-022-01 [5] позволяют оценивать смерчеопасность территорий РФ и устанавливать весьма консервативные расчётные характеристики максимального расчётного смерча (по терминологии СТО СРО-Г 60542954 00005-2015 [6]) с годовой вероятностью возникновения смерчеопасного события равной  $10^{-4}$  в пределах

окружающей площадку размещения АС территории площадью 1000 км<sup>2</sup>. Учитывая низкую вероятность объектной реализации смерча в целом по территории России, которая составляет  $\leq 10^{-6}$  реактор/год, оценка смерчеопасности, полученная указанным методом, является вполне достаточной для предпроектного этапа работ, включая выбор площадки размещения АС.

На этапе подготовки проектной документации, с учётом норм проектирования ПиНАЭ-5.6 [2] требуется объектная конкретизация: учет расчётных характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча, фактически проходящего через проектируемый объект.

Внедрение требований настоящего СТО 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 АС;

- повысить достоверность и снизить реальный уровень смерчеопасности (завышенный консерватизм оценки) 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**

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

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

1.3 Настоящий СТО следует использовать:

- исполнителю инженерно-гидрометеорологических изысканий для установления достоверных расчетных характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча на стадии подготовки проектной документации;
- 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 50779.10-2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения»

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по опубликованным в текущем году выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты». Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ) на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Сведения о действии сводов правил могут быть проверены в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

### 3 Термины и определения

#### 3.1

<b>достоверные</b> (характеристики), экспериментами	<b>результаты</b> эмпирически (расчётами) или	<b>(характеристики):</b> подтверждённые другой	<b>Результаты</b> специальными общественно-производственной
практикой, не требующие дополнительной проверки.			

[СТО СРО-Г 60542954 00005-2015] [6]

#### 3.2

<b>смерч:</b> 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] [4]

**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;

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 достаточных для подготовки проектной документации сооружения АС путём:

- создания актуализированных региональных каталогов смерчей для территорий вокруг центра размещения площадки АС;
- применения вариативных методических подходов к оценке смерчеопасности площадки размещения АС.

## **6 Определение характеристик особых воздействий максимального расчётного смерча**

6.1 Для определения достоверных характеристик особых воздействий

МРС на площадку размещения АС, требуемых для подготовки проектной документации, следует использовать оценки смерчопасности, основанные на результатах вариантных расчётов.

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

- допустимый предел вероятности (с учетом терминологии по ГОСТ Р 50779.10-2000) возникновения смерчей  $P_0$  для проектируемой площадки размещения АС должен приниматься, согласно ПиНАЭ -5.6 [2] и НП-064-05 [3], равным  $10^{-4}$ ;

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

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

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

- районирование по смерчопасности научное обоснование, которого выполнено в работе <sup>1)</sup>, приведенное в нормативах РД 95 10444-91 [4] и РБ-022-01 [5];

- примеры вариативных расчётов характеристик МРС для различных условий размещения площадок АС, приведённые в приложениях А и Б.

6.3.1 Для слабоизученных (в части наблюдений за прохождением смерчей) территорий следует проводить научное сопровождение работ по оценке по смерчопасности площадок размещения АС.

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 смерчопасности, для которой составлен региональный каталог;

---

<sup>1)</sup> Примечание: Ф.Ф. Брюхань, М.Е. Ляхов, В.Н. Погребняк. Смерчеопасные зоны в СССР и размещение атомных станций. – Известия АН СССР, серия геогр., № 1, 1989.

- незарегистрированные смерчи 0 - 1 класса интенсивности следует учитывать введением коэффициента 1,5 - 3 к количеству зарегистрированных смерчей с учетом степени изученности территории;

- смерчи 3 и 4 классов интенсивности учитываются по созданному региональному каталогу с поправочным коэффициентом к 40-летнему периоду. Значение поправочного коэффициента должно быть обосновано дополнительно в каждом конкретном расчёте.

6.5 При оценке достоверности результатов вариантных расчётов следует учитывать, что применение рекомендуемых настоящим СТО вариантных методик установления расчётного класса интенсивности МРС, приведённых в приложениях А и Б, повышает достоверность расчётных характеристик МРС при снижении излишнего консерватизма оценок смерчеопасности, рассчитанных по РД 95 10444-91 [4] и РБ-022-01 [5].

6.5.1 За основной метод при проведении вариантных расчётов МРС следует принимать методику расчёта с формированием расчётных зон радиусом 300 и 500 км (площадью равной 283 и 785 тыс. км<sup>2</sup>, соответственно), приведённую в приложении А.

6.6 Для учёта 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, характеристики МРС следует устанавливать на основе расчетов максимальной скорости ветра 0,01 % обеспеченности по ряду многолетних значений, составленному на основе длительных наблюдений опасных и особо опасных атмосферных явлений (ОЯ и ООЯ) на сетевых метеостанциях путём:

- использования рекомендаций приложения Б;
- проведения научного сопровождения гидрометеорологических

изысканий, предусмотренное Федеральным законом № 384-ФЗ [4].

## **7 Формирование региональных каталогов данных о прохождении смерчей**

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

а) опубликованные каталоги смерчей, включая каталоги из РД 95 10444-91 [4] за период до 1986 года и РБ-022-01 [5] за период с 1987 по 2000 годы;

б) данные результатов наблюдений на сети метеостанций и гидропостов Росгидромета, а так же данные ВНИГМИ-МЦД;

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

г) альтернативные способы фиксации случаев прохождения смерчей:

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

2) в результате космического мониторинга;

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

7.1.1 В региональный каталог следует включать любой случай прохождения смерча, полученный из информационных ресурсов, в соответствии с 7.1, с описанием характеристик разрушительного воздействия смерча на подстилающую поверхность, а также размера причинённого ущерба.

7.1.2 Зафиксированные случаи образования воронкообразного мощного кучево-дождевого облака следует учитывать, как прохождение смерча, только при условии подтверждённых 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;
- принятой формы и размеров расчётной территории.
- исключения дублирования случаев прохождения смерчей.

7.1.4 Для определения расчетного расстояния удалённости наблюждённых смерчей от конкретной площадки АС следует использовать физическую или географическую систему координат, если расчётная зона выбрана в форме круга или прямоугольника.

7.2 Удаление точки наблюдения смерча от площадки АС следует определять по декартовым координатам её центра  $(x_0, y_0)$  и координатам смерчей, а также по соответствующим углам северной широты и восточной долготы точек  $(\varphi_0, \lambda_0, \varphi_i, \lambda_i)$  по формуле (1).

$$R_i = \sqrt{\Delta x_{i0}^2 + \Delta y_{i0}^2}, \quad (1)$$

где  $(x_i, y_i)$  – координаты смерчей.

7.2.1 При этом следует учитывать, что угловые и линейные координаты связаны соотношениями, вычисляются по формуле (2)

$$\Delta x_i = R_{1E} \cdot \cos\left(\frac{\varphi_i + \varphi_0}{2}\right) \cdot (\lambda_i - \lambda_0), \quad \Delta y_i = R_{1N} \cdot (\varphi_i - \varphi_0), \quad (2)$$

где  $i = 1, \dots, n$ ,  $n$  - количество наблюждённых смерчей;

$R_{1E} \approx 101,3$  км – цена  $1^\circ$  на широте экватора (при  $\varphi \approx 0$ ) по оси  $X$ , направленной на восток;

$R_{1N} \approx 101,1$  км – цена  $1^\circ$  по меридиану, вдоль которого направлена на север ось  $Y$ .

7.2.2 В дальнейших расчётах следует использовать только смерчи, для которых выполняется условие  $R_i \leq R_o$ , где  $R_o$  – радиус расчётной зоны в виде

круга.

7.2.3 В случае прямоугольной формы расчётной области следует задавать диапазоны изменения углов наблюдаемых смерчей по широте ( $\varphi_1, \varphi_2$ ) и долготе ( $\lambda_1, \lambda_2$ ). При этом выборка должна включать все наблюдаемые смерчи в заданном диапазоне углов.

7.3 При формировании региональных каталогов смерчей и учёта угловых координат дополнительно к рекомендациям РБ-022-01 [5] следует учитывать искажения стереографической полярной проекции северного полушария в пределах геометрически сложной конфигурация границ зон по схеме районирования, предложенной в РД 95 10444-91 [4].

7.4 При формировании региональных каталогов смерчей для смерчопасных территорий (при  $P_s > P_o$  по рекомендациям РД 95 10444-91 [4]) следует:

- рассматривать приблизительно однородные расчётные зоны с центром на площадке размещения проектируемой АС площадью не менее 100 тыс. км<sup>2</sup>;
- использовать по возможности расчётные зоны правильной формы в виде круга (радиусом более 178 км) или прямоугольника.

7.5 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. км<sup>2</sup>;
- превышать длину пути прохождения наиболее интенсивных смерчей, наблюдавшихся в рассматриваемом регионе.

## 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 РД 95 10444-91 [4], площадка размещения Нововоронежской АЭС-2 расположена в зоне повышенной смерчеопасности в пределах смерчеопасного района ІЕ.

А.2. По данным каталогов из РД 95 10444-91 [4] (с 1844 года по 1988 год) и РБ-022-01 [5] (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 MPC. В таблице А.1 приведены систематизированные результаты для разных вариантов выбора расчётной области возможного прохождения смерча района ІЕ.

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

Зона	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Период, лет	Количество зарегистрированных смерчей в классе интенсивности						Всего смерчей
			0	0,5	1	1,5	2	3	
ІЕ <sup>1)</sup>	414	45	12	-	17	1	1	1	32
$R \leq 363$ км <sup>2)</sup>	414	59	23		36	2	3		64
$R \leq 178$ км	100	59	9	-	12				21
$R \leq 300$ км <sup>2</sup>	283	59	17	-	32	1	1	-	51
$R \leq 500$ км <sup>2</sup>	785	59	31	-	60	2	12	-	105
Примечания									
<sup>1)</sup> смерчи из каталогов [4], [5];									
<sup>2)</sup> смерчи из каталогов [4], [5] и архива ESWD за 2001-2015 годы.									

А.2.1 Из таблицы А.1 следует, что для области радиусом 363 км площадью 414 тыс. км<sup>2</sup> с учётом дополнительных данных из архива ESWD за 2001-2015 годы количество смерчей увеличивается в два раза, меняется и их состав по сравнению с зоной ІЕ. Установлено, что в эту область не попадает смерч 3 класса интенсивности из смерчеопасной зоны Б (по РД 95 10444-91 [4]).

А.2.2 В район радиусом примерно около 178 км попадает всего 21 смерч самых низких классов интенсивности. При этом в областях, ограниченных радиусом 300 и 500 км, учитываются смерчи и более высоких классов.

А.3. В основу расчётов характеристик особых воздействий МРС положена методика, первоначально и подробно описанная в РД 95 10444-91 [4], согласно которой общее число смерчей, прошедших через рассматриваемый район, и суммарная площадь разрушений  $S$  определяются по формуле (А.1)

$$N = \sum_{k=0}^M n_k \cdot a(k) \quad \text{и} \quad S = \sum_{k=0}^M S_k = \sum_{k=0}^M n_k \cdot a(k) \cdot L_k W_k, \quad (\text{А.1})$$

где  $n_k$  – число зарегистрированных смерчей класса интенсивности  $k$  от 0 до  $M$  ;

$M$  – наибольший наблюденный класс;

$a(k) = a_o$  – поправка к количеству зафиксированных смерчей классов от 0 до 1;

$a_o = 1,5 \div 3$  – в зависимости от изученности зоны и повторяемости слабых смерчей (для зоны ІЕ принимается  $a_o=2$ );

$L_k, W_k$  – длина и ширина пути следа смерча класса  $k$  на подстилающей поверхности.

А.3.1 Интегральная вероятность разрушений, возрастающая с каждым учтённым смерчем наблюденного класса интенсивности по формуле (А.2),

$$F_i(k=0) = \frac{i a_o L_o W_o}{S} \quad (i = 1, \dots, n_o),$$

$$F_i(k) = \frac{1}{S} \sum_{j=1}^{k-1} n_j a(j) L_j W_j + \frac{i a(k) L_k W_k}{S} \quad (k = 1, \dots, M, i = 1, n_k), \quad (\text{А.2})$$

выравнивается в графических координатах линией регрессионной зависимости по формуле (А.3)

$$-\ln F(k) = a \cdot k + b, \quad (\text{А.3})$$

где  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты регрессионной зависимости, определённые методом наименьших квадратов

$$a = -\frac{\langle k \rangle \cdot \langle \ln F(k) \rangle - \langle k \cdot \ln F(k) \rangle}{\langle k \rangle^2 - \langle k^2 \rangle}, \quad b = -\frac{\langle k \rangle \cdot \langle k \cdot \ln F(k) \rangle - \langle k^2 \rangle \cdot \langle \ln F(k) \rangle}{\langle k \rangle^2 - \langle k^2 \rangle} \quad (\text{А.4})$$

А.3.2 Годовая вероятность  $P_s$  возникновения смерчопасного события на однородной территории, прилегающей к площадке размещения АС, площадью  $A$ , равной  $1000 \text{ км}^2$ , определяется по модифицированной в РБ-022-01 [5] (формула А.5)

$$P_s = S \cdot 10^3 / AT, \quad (\text{А.5})$$

где  $T$  – эффективный период регулярных наблюдений в каждой зоне.

А.3.3 Годовая вероятность прохождения смерчей класса  $k$  определяется соотношением по формуле (А.6)

$$P = P_s \cdot [1 - F(k)], \quad (\text{A.6})$$

где  $F(k)$  - вероятность не превышения класса  $k$  смерчами, зафиксированными в данном районе (вероятность прохождения относительно слабых смерчей).

А.3.4 Пороговый уровень вероятности  $P_o$ , определяющий необходимость учёта смерчеопасности района, принимается равным  $10^{-4}$ , согласно правил и норм [2], [3].

При  $P_s > P_o$  территория считается смерчеопасной, что требует определения эмпирической вероятности  $F(k)$  расчётного класса интенсивности  $K_p$  по шкале Фуджиты и других характеристик МРС.

При  $P_s > P_o$  расчётный класс интенсивности МРС определяется из соотношений (А.7)

$$K_p = -\frac{1}{a} \left[ \ln \left( 1 - \frac{P_o AT}{S \cdot 10^3} \right) + b \right], \quad (\text{A.7})$$

А.3.5 Согласно РБ-022-01 [5, приложение 3] следует, что по результатам наблюдений смерчей до 2001 года вероятность  $P_s$  для территории площадью  $1000 \text{ км}^2$  в пределах зоны **IE** составляет  $6,6 \cdot 10^{-4}$  реактор/год, расчётный класс интенсивности МРС равен 2,12 по таблице А.2 (с использованием РБ-022-01 [5, таблица 2]).

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

Зона	$P_s, 10^{-4}$ реактор/год	Расчётные характеристики МРС						
		$K_p$	$V_p, \text{ м/с}$	$U_p, \text{ м/с}$	$\Delta P_p, \text{ гПа}$	$L, \text{ км}$	$W, \text{ м}$	$\Delta P/\Delta r, \text{ гПа/м}$
IE	6,6	2,12	62	16	48	10,3	103	0,92
$R \leq 363 \text{ км}$	3,8	1,43	49	12	30	4,7	47	1,28
$R \leq 178 \text{ км}$	3,6	1,13	44	11	23	3,3	33	1,40
$R \leq 300 \text{ км}$	4,0	1,29	46	12	26	4,0	40	1,30
$R \leq 500 \text{ км}$	4,5	1,68	53	13	35	6,1	61	1,15

Из-за неучтённого самого мощного смерча, класс МРС, равный 1,43 для круглой области площадью  $414 \text{ тыс. км}^2$ , значительно ниже, чем для района IE. По понятным причинам, самый низкий класс  $K_p$  получается для области площадью  $100 \text{ тыс. км}^2$ .

А.4 В состав основных расчётных характеристик МРС, достаточных для установления проектных значений параметров и других проектных характеристик зданий и сооружений АС, в соответствии с РД 95 10444-91 [4] и РБ-022-01 [5] следует включать:

- максимальную горизонтальную скорость вращательного движения стенки  $V_p$ ;

- поступательную скорость движения  $U_p$ ;
- перепад давления между периферией и центром вращения воронки  $\Delta P_p$ ;
- длину  $L$  и ширину  $W$  следа смерча на пути его прохождения.

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

А.4.2 Для определения расчётных параметров при  $0 < k < 5$  в РД 95 10444-91 [4] предложены формулы

$$\begin{aligned}
 V_k &= 6,3(k + 2,5)^{1,5}, \text{ м/с;} \\
 U_k &= 1,575(k + 2,5)^{1,5}, \text{ м/с;} \\
 L_k &= 1,609 \cdot 10^{0,5(k-0,5)}, \text{ км;} \\
 W_k &= 1,609 \cdot 10^{0,5(k-4,5)}, \text{ м;} \\
 \Delta p_k &= 0,486(k + 2,5)^3, \text{ гПа.}
 \end{aligned}
 \tag{A.8}$$

А.5 При применении вариантных расчётов характеристик МРС следует учитывать ряд технических особенностей схемы районирования территории по смерчеопасности, первоначально нормируемой в РД 95 10444-91 [4]:

- геометрически сложную конфигурацию границ зон;
- искажение стереографической полярной проекции северного полушария и границ смерчеопасных зон, что затрудняет распределение наблюдаемых смерчей по зонам смерчеопасности.

А.5.1 Решение поставленной задачи упрощается с учётом рекомендаций МАГАТЭ [8], в соответствии с которыми для оценки смерчеопасности района расположения АС предлагается рассматривать однородные зоны площадью не менее 100 тыс. км<sup>2</sup> (с центром на площадке и прилегающими территориями правильной формы в виде круга или прямоугольника).

А.5.1.1 По данным проверочных расчётов установлено, что в условиях Европейской части территории России в пределах расчётной зоны с площадью около 100 тыс. км<sup>2</sup> (радиусом до 178 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;
- протяжённость зоны должна превышать длину пути прохождения наиболее интенсивных смерчей, наблюдавшихся в рассматриваемом регионе.

А.5.2 С учётом граничных условий, перечисленных в А.5.1, при исследовании

смерчеопасности площадки Нововоронежской АЭС-2 были выделены две расчётные зоны с радиусом 300 и 500 км, площадь которых составляла 283 и 785 тыс. км<sup>2</sup>, 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 помещён в таблице А.3.

А.5.3 В качестве исходных данных использованы каталоги смерчей до 1988 года включительно из РД 95 10444-91 [4] и статьи А.И Снитковского <sup>2)</sup>, а за 1987-2000 годы из РБ-022-01 [5], а также данные архивов (сайт <http://www.eswd.eu/>) за период с 2001 года и по 2015 год.

Примечание – <sup>2)</sup> Смерчи на территории России - Метеорология и гидрология, № 9, 1987.

А.5.3.1 Из помещённых в ESWD сведений об атмосферных явлениях под названием торнадо, подтверждённых разными источниками, учитывались только случаи с присвоенным классом интенсивности смерча или с описанием размеров причинённых разрушений, или вращательной скорости смерча.

А.5.3.2 Во всех случаях, класс смерча дополнительно уточнялся или оценивался с использованием таблицы Фуджиты из РД 95 10444-91 [4].

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

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

- географических координат центра площадки АС;
- координат наблюдаемых смерчей;
- заданных формы и размеров расчётной зоны.

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

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

Номер смерча	Дата наблюдения	Класс интенсивности	Координаты		Расстояние до центра площадки АС
			широта, о	долгота, о	
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

Номер смерча	Дата наблюдения	Класс интенсивности	Координаты		Расстояние до центра площадки АС
			широта, о	долгота, о	
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

Продолжение таблицы А.3

Номер смерча	Дата наблюдения	Класс интенсивности	Координаты		Расстояние до центра площадки АС
			широта, о	широта, о	
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
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

Окончание таблицы А.3

Номер смерча	Дата наблюдения	Класс интенсивности	Координаты		Расстояние до центра площадки АС
			широта, о	широта, о	
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.5.6.1 С учётом результатов вариантных расчётов по данным таблиц А.1, А.2 и РД 95 10444-91 [4] класс интенсивности МРС для расчётной 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 подготовке проектной документации.

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

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-километровой зоны помещён в точке с координатами (500, 500) км.

**СМЕРЧИ В ОКРЕСТНОСТИ АЭС и ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕРЧЕОПАСНОСТИ РАЙОНА**

Координаты площадки АЭС - (500, 500) км

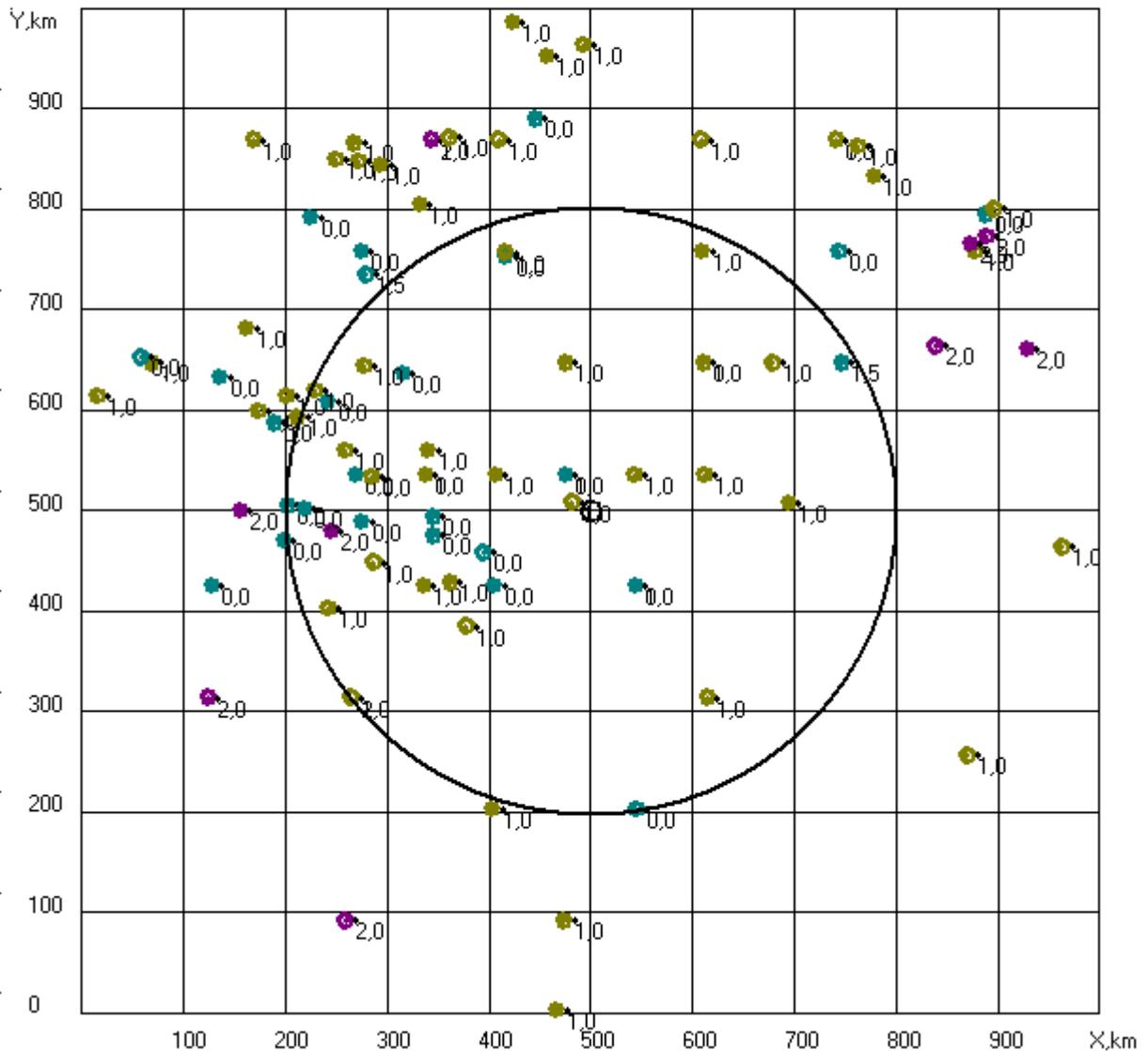
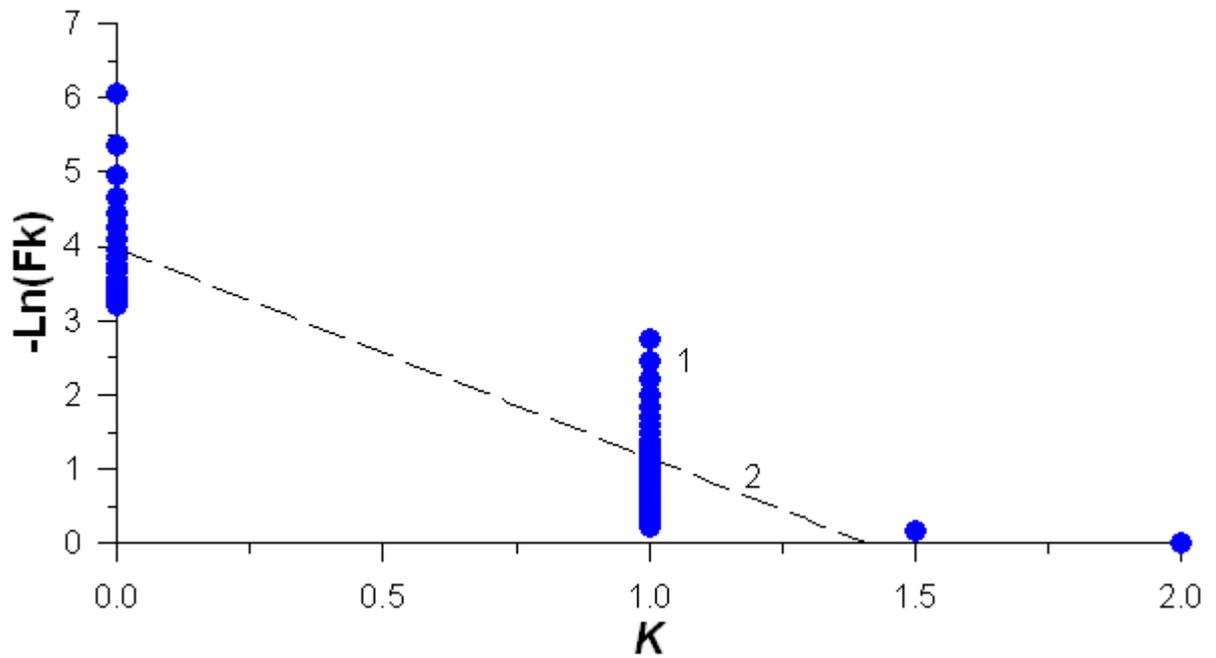


Рисунок А.1 – Распределение смерчей на прилегающей к площадке Новovoroneжской АЭС-2 зоне радиусом 300 км

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



1 – эмпирические точки  $-\ln[F(k)]$  ; 2 – регрессионная зависимость

Рисунок А.2 – Выравнивание интегральной вероятности разрушений экспоненциальной зависимостью

## Приложение Б

(рекомендуемое)

### Анализ варианта зарубежного методического подхода к оценкам смерчопасности районов размещения АЭС

В качестве альтернативного подхода к определению характеристик MPC для площадки размещения объекта предлагается использовать методику оценки смерчопасности района размещения АС, которая изложена в Руководстве US NRC RG [9].

Б.1 Применение данной методики из Руководства US NRC RG [9] к 46800 случаям наблюдения смерчей, произошедших с 1 января 1950 по 31 августа 2003 года в пределах континентальной части США, позволило выделить всего три смерчопасные зоны. 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).

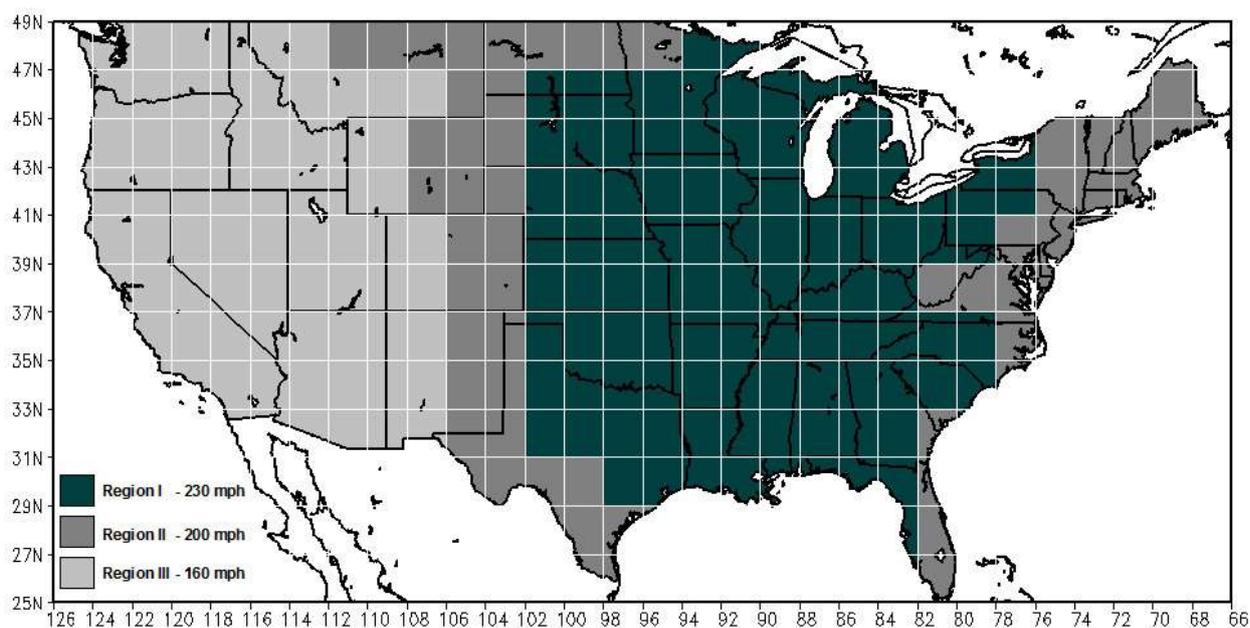


Рисунок Б.1 – Распределение интенсивности смерчей с вероятностью превышения  $10^{-7}$  в год по территории США (mph- миль в час)

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

Таблица Б.1 – Основные расчётные характеристики МРС по данным методики Руководства US NRC RG [9] для территории США

Зона	Максимум полной скорости, м/с (км/час)	Поступательная скорость $V_{\tau}$ , м/с (км/час)	Максимум вращательной скорости $V_{Rm}$ , 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 В данном рассмотрении смерчи характеризуются 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 по формуле (Б.1)

$$V_r = V_{Rm} \cdot r / R_m \quad \text{при } r \leq R_m \quad \text{и} \quad V_r = V_{Rm} \cdot R_m / r \quad \text{при } r \geq R_m, \quad (\text{Б.1})$$

где  $V_{Rm}$  – максимум скорости вращения (тангенциальная составляющая при  $r = R_m$ ). Поступательная скорость перемещения смерча как целого обычно обозначается как  $V_{\tau}$ . Обозначения компонентов скорости иллюстрируются рисунком Б.2.

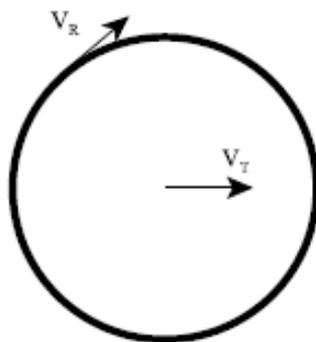


Рисунок Б.2 – Схема обозначений скорости ветра в вихре Рэнкина

Б.3 Падение давления в центре смерча определяется как  $\Delta p = \rho \cdot V_{Rm}^2$ , где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Скорость падения давления описывается уравнением:

$$(d p / d t)_{\max} = (V_{\tau} / R_m) \cdot \Delta p, \quad \text{гПа/с}$$

Б.4 В качестве переносимых смерчами предметов, представляющих опасность для

конструкций АС, рассмотрены наиболее часто встречающиеся в её ближней зоне автомобиля 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 смерчопасности размещения площадок АС

В.1 В одном из альтернативных подходов к определению характеристик МРС для площадки размещения объекта воздействия смерча, принцип которого изложен в статье М.В. Сидоренко, Д.А. Коршунова<sup>3)</sup>, принимается, что годовая вероятность прохождения МРС через расчётную зону площадью равна:

$$P_s = A_s / (A \cdot T), \quad (\text{В.1})$$

где  $A_s$  - сумма площадей следов всех смерчей, которые наблюдались в этой зоне за период  $T$  лет.

В.2 При подготовке исходных данных (регионального каталога) по воздействиям смерчей при проектировании объектов предлагается пользоваться характеристиками класса интенсивности смерчей, отнесёнными к середине целочисленных диапазонов, указанных в классификации Фуджиты – Пирсона (например, таблица 1 РД 95 10444-91 [4]), допуская дробное значение  $f$  класса интенсивности МРС:

$$f = X + 0,5 > 0,5 \quad (\text{В.2})$$

Тогда площадь следа смерча  $a_f$  составит, км<sup>2</sup>:

$$a_f = 82 \cdot 10f^4 \quad (\text{В.3})$$

при максимальной скорости ветра, м/с:

$$V_t = 6,3(f + 2,5) \cdot 1,5 \quad (\text{В.4})$$

В.3 Следует отметить, что использованное в (В.1) суммарное значение  $A_s$  «обезличивает» (по терминологии статьи\*\*) отдельные зарегистрированные смерчи, включённые в региональный каталог. Поэтому предлагается их общее действие заменить эквивалентным воздействием условного смерча класса  $f_e$ :

$$f_e = 2/1 + \lg A_s, \quad (\text{В.5})$$

который будет несколько превышать класс  $f_{max}$  наиболее интенсивного из зарегистрированных смерчей регионального каталога.

<sup>3)</sup> Вопросы смерчопасности. – «Промышленное и гражданское строительство», № 6,

2000.

В.4 С учетом хронологического анализа каталога смерчей из РД 95 10444 [4], представленный в таблице 2 статьи\*\*), рекомендуется:

- для регионов (отдельных областей) площадью более 1000 км<sup>2</sup>, принимать общий период наблюдений  $T$  не менее 40 лет;

- некоторое количество незарегистрированных смерчей класса 1 рекомендуется учитывать введением коэффициента 1,5 к количеству зарегистрированных смерчей (значение величины данного коэффициента авторами методики не обосновывается);

- учитывать смерчи 3 и 4 классов интенсивности за весь период по каталогу путём приведения к общему 40-летнему периоду с поправочным коэффициентом 0,3 (авторы методики не обосновывают значение данного коэффициента);

В.5. С учётом рекомендаций В.4 следует использовать зависимость (В.1) для конкретной площадки размещения АС с примыкающей территорией площадью  $A$ , на которой должно быть зарегистрировано не менее 10 смерчей.

В.5.1 Для методического обеспечения требований ПиНАЭ [2], в части нормированной вероятности  $P = 10^{-4}$ , значение расчётного класса смерча предлагается определять по зависимости:

$$f_d = f_e + \lg(P_s/P_n), \quad (\text{В.6})$$

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

В.5.2 Эффективность рассмотренной методики показана на примере оценки смерчопасности площадки Чернобыльской АЭС. В работе\*\*) с учётом использования каталога РД 95 10444 [4] установлены следующие расчётные параметры:

$$A_s = 12,7 \text{ км}^2; P_s = 16,4 \cdot 10^{-7}; f_e = 3,2; f_d = 1,4$$

Таким образом, расчётный класс интенсивности смерча составил 1,4, что примерно вдвое меньше, чем установленный в РД 95 10444 [4] для территории площадью 1000 км<sup>2</sup>.

На основе анализа числа зарегистрированных смерчей с учётом вероятности  $P_f$  непревышения  $f$ , приведённого в таблице 3 работы\*\*), получена эмпирическая зависимость описываемая уравнением:

$$f_d = 2,6 - 1,1 \lg F_d, \quad (\text{В.7})$$

где  $F_d = 1 - P_f$ .

В.5.3 Для площадки размещения Чернобыльской АЭС при  $F_d = 6 \%$ , вычисленный по формуле (В.7) расчётный класс МРС составит  $f_d = 1,7$ , что удовлетворительно согласуется со значением, полученным по выражению (В.6).

В.6 При использовании рассмотренного альтернативного метода следует учитывать:

- определение класса интенсивности МРС производится по произвольно заданному значению  $F_d = 6 \%$ ; 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 применения данной методики для территорий с отличными физико-географическими условиями по сравнению районом размещения Чернобыльской АЭС;
- рецензию на рассмотренный методический подход, опубликованный в статье<sup>4)</sup>.

<sup>4)</sup> Примечание – Бесчастнов С.П., Найденов А.В., Погребняк В.Н. К оценке смерчопасности территорий. – «Промышленное и гражданское строительство», №10, 2001

## Библиография

- |   |  |
|---|--|
| [1] Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ                            | Технический регламент о безопасности зданий и сооружений   |
| [2] Правила и нормы в атомной энергетике ПиНАЭ-5.6                                | Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа   |
| [3] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-064-05 | Учёт внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии            |
| [4] РД 95 10444-91  | Рекомендации по определению расчётных характеристик смерчей при размещении атомных станций                           |
| [5] Руководство по безопасности РБ-022-01   | Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии                               |
| [6] СТО СРО-Г 60542954 00005-2015   | Объекты использования атомной энергии. Учёт опасных природных процессов и явлений при выборе площадки размещения АЭС |
| [7] НП-032-01   | Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности                               |
| [8] Specific Safety Guide № SSG-18  | Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations». - Vienna, IAEA, 2011.         |
| [9] Regularoty Guide 1.76 NRC US  | Design-basis tornado and tornado missiles for Nuclear Power Plants, Rev.1, 2007                                      |

**Коды ОКВЭД**

71.12.45

**Коды ОКПД**

71.12.45, 71.12.39.114

Стандарт обязателен к исполнению для организаций, выполняющих следующие виды работ:

Виды работ по инженерным изысканиям. Работы в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий. Изучение опасных гидрометеорологических процессов и явлений с расчетами их характеристик.

Ключевые слова: смерч, смерчеопасность, достоверные характеристики, особые воздействия, региональные каталоги.

---