Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ НП «ИНВЭЛ»

СТО 70238424.27.100.059-2009

Ветроэлектростанции (ВЭС)
Условия создания
Нормы и требования

Дата введения – 2009-08-31

Издание официальное

Москва
2009

ядро земный участок

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Основные положения».

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН	ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского» и ЗАО «Научно-производственный центр малой энергетики»
2 ВНЕСЕН	Комиссией по техническому регулированию НП «ИНВЭЛ»
3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ	Приказом НП «ИНВЭЛ» от 04.08.2009 г. № 50
4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ	

© НП «ИНВЭЛ», 2009

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НП «ИНВЭЛ»

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, сокращения и обозначения 4
4 Общие положения 14
5 Порядок создания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 16
6 Разработка технического задания на проектирование 20
7 Требования по составу и объему исходной информации при создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 21
8 Требования к территории размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 26
9 Сооружения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС. Состав и компоновка 27
10 Общие требования безопасности, реализуемые при разработке ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 32
11 Требования к оборудованию ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 36
12 Требования для обеспечения эксплуатации, технического обслуживания и ремонта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 63
13 Требования по обеспечению работоспособности и безопасности эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в чрезвычайных ситуациях 65
14 Охрана окружающей среды 67
15 Мероприятия по охране труда обслуживающего персонала 69
16 Требования к документации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 70
17 Нормы и требования к производству строительных работ, поставкам и монтажу оборудования 76
18 Ввод в промышленную эксплуатацию, управление и техническое обслуживание 78
19 Требования к обеспечению качества создания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 80
20 Подтверждение соответствия 80
21 Приемка результатов разработки ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 81
22 Требования по утилизации (ликвидации) ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 83
Приложение А (обязательное) Форма задания на проектирование ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 84
Приложение Б (обязательное) Методические рекомендации для проведения инженерных изысканий для создания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 85
Приложение В (обязательное) Методические рекомендации для проектирования конструкции ВЭУ 97
Приложение Г (обязательное) Методика выбора ВЭУ по условиям соответствия площадке размещения 118
Приложение Д (обязательное) Методика оценки воздействий на ВЭУ факторов внешней окружающей среды 126

Приложение Е (справочное) Методика прогнозирования распределения ветра для площадок размещения ВЭУ на основе метода «Измерение-сопоставление-прогноз» 138
Приложение Ж (обязательное) Методические рекомендации для проведения испытаний ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 140
Приложение И (обязательное) Рекомендации для создания устройств защиты и управления ВЭУ 152
Приложение К (обязательное) Перечень проектных данных для конструирования ВЭУ класса S 161
Приложение Л (справочное) Методические рекомендации по применению моделей турбулентности 163
Приложение М (справочное) Рекомендации для расчета сейсмических нагрузок 168
Приложение Н (обязательное) Методические рекомендации для разработки системы безопасности ВЭУ 169
Приложение П (рекомендуемое) Методика экономического обоснования выбора параметров и оценки эффективности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 174
Приложение Р (справочное) Методика статистической экстраполяции нагрузок для расчета предельной прочности 179
Приложение С (справочное) Метод расчета на усталость по правилу Майнера с экстраполяцией нагрузки 182
Приложение Т (справочное) Методика оценки влияния аэродинамического следа и турбулентности на площадках ВЭС 188
Библиография 191

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ НП «ИНВЭЛ»

Ветроэлектростанции (ВЭС). Условия создания. Нормы и требования

Дата введения – 2009-08-31

1 Область применения

Настоящий стандарт организации:

- является нормативным документом, устанавливающим нормы и требования к проектированию и строительству ветроэлектростанций (ВЭС), ветродизельных электростанций (ВДЭС), требования к составу и разработке для них документации;
- предназначен для обеспечения единых требований к созданию вновь строящихся, расширяемых и для замены оборудования ветроэлектростанций, ветродизельных электростанций и используемому на них энергетическому оборудованию, а также для обеспечения единых требований к проектированию ветроэнергетических установок (за исключением ВЭУ очень малой и малой мощности - по ГОСТ Р 51990);
- распространяется на ВЭУ, ВЭС и ВДЭС субъектов хозяйственной деятельности в электроэнергетике при их проектировании, строительстве и приемке в эксплуатацию.

Необходимые изменения в настоящий стандарт (вызванные новым опытом проектирования, внедрением новых видов конструкций ВЭУ и комплектующего оборудования, изменением нормативной базы и иными причинами) вносятся установленным порядком.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы ссылки на следующие законодательные акты и стандарты:

«Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ

«Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 № 136-ФЗ

Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»

Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»

ГОСТ 2.102-68 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки

ГОСТ 2.201-80 Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление

ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.3.002-75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности

ГОСТ 20.39.108-85 Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора

ГОСТ 10032-80 Дизель-генераторы стационарные, передвижные, судовые вспомогательные. Технические требования к автоматизации

ГОСТ 10150-88 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Общие технические условия

ГОСТ 10448-80 Двигатели судовые, тепловозные и промышленные. Приемка. Методы испытаний

ГОСТ 10511-83 Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных дизелей. Общие технические требования

ГОСТ 11928-83 Системы аварийно-предупредительной сигнализации и защиты автоматизированных дизелей и газовых двигателей. Общие технические условия

ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 13822-82 Электроагрегаты и передвижные электростанции дизельные. Общие технические условия

ГОСТ 14228-80 Дизели и газовые двигатели автоматизированные. Классификация по объему автоматизации

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 15846-79 Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и труднодоступные районы. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение

ГОСТ 17677-82 Светильники. Общие технические условия

ГОСТ 18477-79 Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры

ГОСТ 21130-75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкции и размеры

ГОСТ 26653-90 Подготовка генеральных грузов к транспортированию. Общие требования

ГОСТ 29076-91 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Требования к пожарной безопасности

ГОСТ 30331.2-95 Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики

ГОСТ Р 12.4.026-2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ Р 15.201-2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство

ГОСТ Р 50571.10-96 Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники

ГОСТ Р 50571.16-2007 Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания

ГОСТ Р 50761-95 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Общие требования безопасности

ГОСТ Р 50783-95 Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Общие технические требования

ГОСТ Р 51237-98 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения

ГОСТ Р 51317.6.1-2006 Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.6.3-99 Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоэмиссия от технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Нормы и методы испытаний

ГОСТ Р 51990-2002 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Классификация

ГОСТ Р 51991-2002 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Общие технические требования

ГОСТ Р 52380-99 Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям, Общие требования

ГОСТ Р ИСО 9001-2001 Системы менеджмента качества. Требования

ГОСТ Р ИСО 9004-2001 Системы менеджмента качества. Руководящие указания по улучшению качества

С-ЕЭС ЗД2-2004 Система стандартов по организации закупочной деятельности. Способы закупок и условия их выбора. Процедуры закупок

СТО 70238424.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

СТО 70238424.27.140.011-2008 Гидроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.100.054-2009 Дизельные и газопоршневые электростанции. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.100.055-2009 Дизельные и газопоршневые электростанции. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.27.100.061-2009 Ветроэлектростанции (ВЭС). Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

СТО 70238424.27.100.063-2009 Ветроэлектростанции (ВЭС). Охрана труда (правила безопасности) при эксплуатации и техническом обслуживании. Нормы и требования.

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов 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 соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, сокращения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 51237, СТО 70238424.27.010.001-2008, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **абсолютная величина вектора скорости ветра** V: Скорость ветра для заданной точки в пространстве – это скорость движения элементарного количества воздуха, окружающего указанную точку.

Примечание - Скорость ветра - это также величина локального вектора скорости ветра.

3.1.2 **базовая скорость ветра** V_{ref} **:** Основная характеристика скорости ветра, используемая для классификации ВЭУ; остальные, влияющие на конструкцию климатические параметры, выводятся из базовой скорости и прочих основных параметров, определяемых классом принадлежности ВЭУ.

Примечание - ВЭУ, принадлежащая к классу ВЭУ с базовой скоростью V_{ref}, должна выдерживать климатические условия, в которых экстремальная средняя за 10-минутный интер-

вал скорость ветра с периодом повторяемости 50 лет на высоте оси ветроколеса меньше или равна V_{ref}.

3.1.3 **блокировка (ВЭУ)**: Использование штифтов, штырей, пальцев или других устройств (кроме обычного механического тормоза), которые не могут быть рассоединены случайно, для предотвращения движения, например, вала ветроколеса или механизма установки на ветер.

3.1.4 **вектор скорости ветра:** Вектор, указывающий направление движения элементарного объема воздуха, окружающего рассматриваемую точку. Величина вектора равна скорости движения этого элементарного объема воздуха (т. е. локальной скорости ветра).

Примечание - Вектор скорости в любой точке, таким образом, является производной по времени от вектора положения элементарного объема воздуха, перемещающегося через рассматриваемую точку.

3.1.5 **вертикальный профиль ветра - закон сдвига ветра:** Математическое выражение для предполагаемого изменения скорости ветра по высоте над землей.

Примечание - Обычно используемые профили описываются логарифмическими зависимостями (уравнение 1) или степенными функциями (уравнение 2)

$$V(z) = V(z_r) \cdot \frac{\ln(z / z_0)}{\ln(z_r / z_0)}, \quad (1)$$

$$V(z) = V(z_r) \cdot \left(\frac{z}{z_r}\right)^{\alpha} \quad (2)$$

где V (z) - скорость ветра на высоте Z;

Z - высота над поверхностью земли;

Z_r - базовая высота над землей, используемая для построения профиля;

Zo - параметр шероховатости поверхности;

α - показатель степени функции распределения

3.1.6 **ветроагрегат:** Система, состоящая из ветродвигателя, системы передачи мощности и приводимой ими в движение машины (электромашинного генератора, насоса, компрессора и т. п.).

3.1.7 **ветроэлектрическая станция (ВЭС):** Электростанция, состоящая из двух и более ветроэнергетических установок, предназначенная для преобразования энергии ветра в электрическую энергию и передачу ее потребителю.

3.1.8 **ветроэлектрическая установка (ВЭУ):** Ветроэнергетическая установка, предназначенная для преобразования ветровой энергии в электрическую с помощью системы генерирования электроэнергии.

Примечание - Ветроэлектрическая установка, обеспеченная общестанционным оборудованием и работающая на энергосистему или изолированного потребителя, в настоящем стандарте рассматривается как ветроэлектростанция.

3.1.9 **внешние условия (ВЭУ):** Факторы, оказывающие воздействия на процесс эксплуатации ВЭУ, включая экологические условия (температура, плохая видимость, гололед, и т.д.) и условия, накладываемые сетью подключения.

3.1.10 **втулка (ступица) ветроколеса**: Элемент ветроколеса, предназначенный для крепления лопастей и передачи момента вращения к системе передачи мощности ветроагрегата.

3.1.11 **внутренняя норма доходности проекта (ВНД):** Определяется как ставка дисконта, при которой ЧДД обращается в нуль, т.е. суммарные приведенные расходы (выгоды) равны суммарным приведенным. Критерий эффективности – ВНД не ниже допустимого норматива.

3.1.12 **дефлированные цены**: Определяются с применением к прогнозным (учитывающим инфляционные удорожания будущих расходов и доходов) ценам понижающих индексов-дефляторов для приведения к масштабу современных цен при выполнении расчетов эффективности в постоянных (реальных) ценах.

3.1.13 **запаркованная ВЭУ**: Состояние ВЭУ, при котором ее ветроагрегат не вращается, либо совершает холостой ход (зависит от конструкции ВЭУ).

3.1.14 **зона безопасности:** Необходимое пространство между габаритным размером оборудования в горизонтальной и вертикальной плоскостях и контуром, за пределом которого может производиться в полной безопасности работа или движение.

3.1.15 **интенсивность турбулентности** I**:** Отношение среднеквадратичной пульсации скорости ветра к средней скорости ветра, определенной из того же самого набора выборок измеренной скорости ветра, которое берется за указанный период времени.

3.1.16 **кадастр ветровой:** Систематизированный свод сведений, характеризующий ветровые условия местности, составляемый периодически или путем непрерывных наблюдений и дающий возможность количественной оценки энергии ветра и расчета ожидаемой выработки ветроэнергетическими установками.

3.1.17 **коммерческая эффективность проекта:** Привлекательность инвестиционного проекта с коммерческой точки зрения (эффективность вложения капитала). Рассчитывается условно при финансировании проекта полностью за счет собственных средств инвестора, т.е. без учета возможностей привлечения заемных и прочих финансовых ресурсов. Применяется для характеристики и отбора инвестиционных проектов.

3.1.18 **коэффициент использования установленной мощности** ($К_{ИУМ}$)**:** годовое число часов использования установленной мощности, отнесенное к календарному времени в относительных единицах или в процентах.

3.1.19 **лопасть ветроколеса:** Составная часть ветроколеса, создающая вращающий момент.

3.1.20 **максимальная рабочая скорость ветра** V_{out}: Самая высокая скорость ветра на высоте оси ветроколеса, на которую рассчитана ВЭУ и при которой она вырабатывает электроэнергию в случае устойчивого нетурбулентного набегающего ветрового потока.

3.1.21 **метод бин:** Методика преобразования данных, которая группирует результаты испытаний по определенному параметру в интервалах скорости ветра (бинах).

3.1.22 **минальная скорость ветра** V_r **:** Минимальная скорость ветра на высоте оси ветроколеса, при которой достигается номинальная мощность ВЭУ в случае устойчивого нетурбулентного набегающего воздушного потока.

3.1.23 **минимальная рабочая скорость ветра** V_{in} **:** Самая низкая скорость ветра на высоте оси ветроколеса, при которой ВЭУ начинает вырабатывать элек-

троэнергию в случае устойчивого нетурбулентного набегающего ветрового потока.

3.1.24 **момент ветроколеса номинальный:** Момент вращения, развиваемый ветроколесом при работе с расчетной мощностью на расчетной скорости вращения.

3.1.25 **момент вращения ветроколеса:** Вращающий момент сил, возникающий за счет аэродинамического взаимодействия конструкции ветроколеса с ветровым потоком.

3.1.26 **мощность ветроагрегата номинальная (расчетная):** Мощность, развиваемая ветроагрегатом в расчетном режиме работы, при расчетной (номинальной) скорости ветра и номинальной (расчетной) скорости вращения ветроколеса.

3.1.27 **мощность ветроагрегата установленная:** Паспортная мощность машины на выходном валу ветроагрегата.

3.1.28 **мощность номинальная (расчетная), (номинальная производительность):** Мощность (производительность) объекта при расчетных (проектных) условиях его работы.

3.1.29 **нагрузка ветроколеса аэродинамическая:** Составляющие аэродинамической силы, действующей на ветроколесо, по направлению ветра и перпендикулярно скорости ветра в горизонтальном и вертикальном направлениях.

3.1.30 несовпадение оси ветроколеса с направлением скорости ветра (для ветроколес с горизонтальной осью вращения): Отклонение оси вращения ветроколеса в горизонтальной плоскости от направления ветра.

3.1.31 **номинальная мощность:** Величина мощности, объявленная производителем и соответствующая указанным режимам эксплуатации устройства или оборудования.

Примечание - (Для ВЭУ) Величина максимальной непрерывной электрической мощности, выдаваемой в режиме нормальной эксплуатации и при нормальных внешних условиях, которая была задана в процессе проектирования ВЭУ.

3.1.32 **номинальная скорость ветра** V_r: Минимальная скорость ветра на высоте оси ветроколеса, при которой достигается номинальная мощность ВЭУ в случае устойчивого нетурбулентного набегающего воздушного потока.

3.1.33 **нормальное выключение**: Выключение, при котором все его этапы находятся под контролем системы управления.

3.1.34 **остановка**: Состояние ВЭУ, при котором ее ветроагрегат неподвижен.

3.1.35 **параметр масштаба турбулентности** Λ_1 **:** Длина волны, при которой безразмерная плотность продольной спектральной мощности равна 0,05.

Примечание - Длина волны, таким образом, определена как $\Lambda_1 = V_{hub} / f_0$, где $f_0 S_1(f_0)/\sigma_1^2 = 0{,}05$.

3.1.36 **площадь ветроколеса ометаемая:** Геометрическая проекция площади ветроколеса на плоскость, перпендикулярную вектору скорости ветра.

3.1.37 **по ветру:** В направлении скорости ветра.

3.1.38 показатель степени функции сдвига ветра α: Также известный как показатель степени функции распределения.

3.1.39 **порыв:** Внезапное изменение скорости ветра.

Примечание - Порыв ветра характеризуется временем нарастания, амплитудой и продолжительностью.

3.1.40 **потенциал ветровой (ветропотенциал)**: Полная энергия ветрового потока какой-либо местности на определенной высоте над поверхностью земли.

3.1.41 **потеря сети:** Отсутствие соединения с сетью в течение периода, превышающего любое время задержки срабатывания в системе управления ВЭУ.

3.1.42 **предельное состояние:** Состояние конструкции и нагрузок, действующих на нее, превышение которых приводит к тому, что конструкция больше не удовлетворяет проектным требованиям.

Примечание - Назначение проектных расчетов (т. е., проектных требований по условиям предельного состояния) состоит в том, чтобы сохранить вероятность достигнутого предельного состояния ниже определенной величины, заранее назначенной для рассматриваемого вида конструкции (см. ГОСТ 27.301).

3.1.43 **проектные ограничения:** Максимальные или минимальные значения, используемые в проекте.

3.1.44 **производимая мощность:** Мощность определенного вида, выработанная устройством для определенной цели.

Примечание - Для ВЭУ это вырабатываемая электрическая мощность.

3.1.45 **производительность ветроагрегата:** Зависимость объема продукции, производимого ветроагрегатом за единицу времени, от средней скорости ветра.

3.1.46 **простой (ВЭУ):** Состояние ВЭУ, при котором ее ветроагрегат не вращается.

3.1.47 **профиль скорости ветра вертикальный:** Зависимость скорости ветра по высоте в приземном слое, определяемая для конкретной местности на основе измерений скорости ветра на различной высоте относительно земной поверхности.

3.1.48 **распределение скорости ветра:** Вероятностная функция распределения, используемая для описания распределения скоростей ветра за продолжительный период времени.

Примечание - Наиболее часто используют функцию Рэлея $P_R(V_0)$ и функцию Вейбулла $P_w(V_0)$

$$P_R(V_0) = 1 - \exp\left[-\pi(V_0 / 2V_{ave})^2\right], \quad (3)$$

$$P_w(V_0) = 1 - \exp\left[-(V_0 / C)^k\right],$$

при $$V_{ave} = \begin{Bmatrix} C\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right) \\ C\sqrt{\pi}/2, \quad если \quad k=2 \end{Bmatrix}, \quad (4)$$

где $P(V_0)$ - совокупная функция вероятности, т. е. вероятность того, что $V < V_0$;

V_0 - предельная скорость ветра;

V_{ave} - среднее значение V;

C - масштабный параметр функции Вейбулла;

k - параметр формы функции Вейбулла;

Г - гамма - функция.

Оба параметра C и k можно определить по результатам измерения данных. Функция Рэлея идентична функции Вейбулла при k=2, а C и V_{ave} удовлетворяют условиям, установленным в (4) при k=2.

Функции распределения выражают совокупную вероятность того, что скорость ветра ниже, чем V_0. Таким образом, разность $(P(V_1) - P(V_2))$, вычисленная для указанных пределов V_1 и V_2, соответствует доле времени, в течение которого скорость ветра остается в этих пределах. Дифференцирование функций распределения дает соответствующие функции плотности вероятности.

3.1.49 **сдвиг ветра:** Изменение скорости ветра в плоскости, перпендикулярной к направлению ветра.

3.1.50 **система установки ветроагрегата на ветер (рыскания):** Комплекс устройств горизонтально-осевого ветроагрегата, предназначенный для установки оси вращения ветроколеса в соответствии с направлением ветра в определенных пределах в каждый момент времени.

3.1.51 **система передачи мощности:** Комплекс устройств для передачи мощности от вала ветроколеса к валу соответствующей машины ветроагрегата с повышением или без повышения частоты вращения вала этой машины.

3.1.52 **система регулирования ветродвигателя:** Комплекс устройств, обеспечивающий регулирование в требуемых пределах частоты вращения и нагрузки ветродвигателя при изменении скорости ветра в рабочем диапазоне.

3.1.53 **сложный ландшафт:** Окружающий ландшафт, который имеет существенные изменения рельефа и препятствия на поверхности земли, которые могут вызвать искажение воздушного потока.

3.1.54 **среднее годовое:** Среднее значение ряда измеренных данных, достаточного объема и продолжительности, служащее для оценки ожидаемой величины рассматриваемого параметра; временной интервал осреднения должен представлять собой целое число лет, чтобы учесть нестационарные эффекты, такие как сезонность.

3.1.55 **средняя годовая скорость ветра** V_{ave}**:** Скорость ветра, осредненная согласно определению среднегодового значения.

3.1.56 **среднее квадратическое отклонение турбулентных пульсаций скорости σ_1 :** Среднее квадратическое отклонение продольной составляющей скорости ветра на высоте оси ветроколеса.

3.1.57 **средняя скорость ветра:** Среднее статистическое мгновенных значений скорости ветра, осредненных на заданном периоде времени, продолжительность которого может изменяться от нескольких секунд до нескольких и даже десятков лет.

3.1.58 **тормоз (ВЭУ):** Устройство, способное снижать скорость ветроколеса или останавливать его вращение.

Примечание - Тормоз может приводиться в действие аэродинамически, иметь механический или электрический привод.

3.1.59 **тормоз ветродвигателя аварийный:** Тормоз, который обеспечивает полную безаварийную остановку ветроагрегата при его отключении от потребителя и отказе главного тормоза.

3.1.60 **тормоз ветродвигателя аэродинамический:** Тормоз, функционирование которого основано на использовании аэродинамических сил, действующих на поворотные или выдвигаемые части ветроагрегата.

3.1.61 **тормоз ветродвигателя главный:** Тормоз, который обеспечивает остановку при отсутствии аварии или поддержание номинальной частоты вращения ветроколеса при отключении ветроагрегата от потребителя (противоразгонный режим).

3.1.62 **тормоз ветродвигателя механический:** Механическая тормозная система, использующая силы трения для снижения частоты вращения или остановки ротора ветродвигателя.

3.1.63 **угол установки оси ветроколеса:** Отклонение угла установки оси ветроколеса от горизонтали.

3.1.64 **фундамент ВЭУ:** Строительная железобетонная или металлическая конструкция, служащая для установки башни с гондолой и ветроколесом.

3.1.65 **функции защиты (ВЭУ)**: Функции системы управления и защиты, которые гарантируют, что состояние ВЭУ и ее параметры останутся в пределах, определенных проектом.

3.1.66 **функции управления (ВЭУ):** функции систем управления и защиты, основанные на данных о состоянии ВЭУ, ее элементов и/или окружающей ее среды, которые удерживают ВЭУ в заданных рабочих пределах.

3.1.67 **характеристика ветроагрегата энергетическая:** Размерная зависимость выходной мощности ветрагрегата от скорости ветра незаторможенного потока.

3.1.68 **характеристики ветроагрегата рабочие:** Размерные характеристики зависимости момента вращения и мощности от частоты вращения для ряда постоянных скоростей ветра.

3.1.69 **характеристическое значение:** Величина, имеющая установленную вероятность того, что она не будет достигнута (то есть вероятность превышения меньше или равна установленному значению).

3.1.70 **холостой ход**: Состояние ВЭУ, при котором ее ветроагрегат медленно вращается, не производя электроэнергии.

3.1.71 **циклы самовключения**: Событие с периодом времени, изменяющимся приблизительно от 0,01 с. до нескольких секунд, в течение которых тор-

моз, освобожденный после сбоя в сети, автоматически повторно включается и линия вновь подключается к сети.

3.1.72 **частота вращения ветроколеса:** Угол, проходимый лопастью ветроколеса за единицу времени, измеренный в оборотах в единицу времени.

3.1.73 **чистый дисконтированный доход (ЧДД):** разность между дисконтированной стоимостью потока доходов от проекта и потока расходов на осуществление и эксплуатацию проекта на протяжении всего периода анализа. Критерий эффективности – ЧДД больше нуля. Иногда, в случае превышения расходов над доходами, используется в форме чистой приведенной стоимости (ЧДД с обратным знаком).

3.1.74 **шероховатость поверхности Z_0:** Экстраполированная высота, при которой средняя скорость ветра принимается равной нулю в предположении, что профиль скорости ветра по высоте подчиняется логарифмическому закону.

3.1.75 **экстремальная скорость ветра:** Величина самой высокой скорости ветра, осредненной за период t с., с ежегодной вероятностью превышения 1/N ("период повторяемости" - N лет).

Примечание - В данном стандарте периоды повторяемости N = 50 лет и N = 1 год и интервалы времени, для которых определяется среднее значение, составляют t = 3 с и t = 10 минут. Часто используется широко известный, но менее точный термин – «скорость выживания». В данном стандарте при проектировании ВЭУ используются экстремальные скорости ветра для определения расчетной нагрузки.

3.2 Сокращения

В стандарте использованы следующие сокращения:

А – аварийный;
АВР – автоматическое включение резерва;
АПВ – автоматическое повторное включение;
АСДУ – автоматизированная система диспетчерского управления;
АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;
ВДЭС – ветро-дизельная электростанция;
ВЛ – высоковольтная линия;
ВЭС – ветроэлектрическая станция;
ВЭУ – ветроэлектрическая установка;
ГСМ – горюче-смазочные материалы;
ГПЭ – годовое производство энергии;
ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
ДЭС – дизельная электростанция;
ЗИП – запасные части, инструмент и принадлежности;
ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
ИСП – измерение-сопоставление-прогноз;
КИА – контрольно-измерительная аппаратура;
МНШ – метод независимых штормов;
МЭВ – модель экстремальной скорости ветра;
Н – нормальный;
НМТ – модель нормальной турбулентности;
НПВ – модель нормального профиля ветра;

П – расчет по предельным нагрузкам;
ПОС – проект организации строительства;
ППБ – правила противопожарной безопасности;
ППР – проект производства работ;
ПСН – проектный случай нагружения;
РУ – распределительное устройство;
САУ – система автоматического управления;
СМСС – система мониторинга состояния сооружений;
ССБТ – система стандартов безопасности труда;
Т – транспортирование/монтаж;
ТЗ – техническое задание;
ТЭО – технико-экономическое обоснование;
У – расчет на усталостную прочность;
ЧС – чрезвычайная ситуация;
ЭМТ – экстремальная модель турбулентности;
ЭКН – экстремальный когерентный порыв с изменением направления;
ЭСВ – экстремальный сдвиг фрагмента воздушного потока;
ЭРП – экстремальная величина рабочего порыва;
ЭИН – экстремальное изменение направления.

3.3 **Обозначения**

В стандарте использованы следующие обозначения:
Тсл – средний срок службы;
Тр – средний ресурс до капитального ремонта;
T_1 - средняя наработка до отказа;
Тв – среднее время восстановления;
Ку.н – удельное металлосодержание;
Ку – удельная выработка электрической энергии на 1 м2 площади, ометаемой ветроколесом;
F_d – проектная расчетная величина суммарной внутренней нагрузки;
γ_f – парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам;
F_k – нормативная величина нагрузки [–];
f_d – проектная расчетная величина прочности материала;
γ_m – парциальный коэффициент безопасности для материала;
f_k – нормативная величина прочности материала;
γ_n – парциальный коэффициент безопасности, учитывающий последствия отказа;
V_{in} – минимальная рабочая скорость ветра;
V_{out} – максимальная рабочая скорость ветра;
Z_{hub} – высота оси ветроколеса над поверхностью земли;
$\hat{\sigma}$ – расчетное среднее квадратическое отклонение турбулентности набегающего воздушного потока;

$\hat{\sigma}_{\sigma}$ – среднее квадратическое отклонение расчетного среднего квадратического отклонения турбулентности набегающего воздушного потока

V_{ref} – базовая скорость ветра;

I_{eff} – эффективная интенсивность турбулентности;

σ_1 – среднее квадратическое отклонение продольной составляющей скорости ветра;

C_{CT} – коэффициент, учитывающий характеристики турбулентности, порожденной сложным ландшафтом;

V_{e1} и V_{e50} – максимальные скорости с периодами повторяемости 1 год и 50 лет соответственно;

σ_{wake} – среднеквадратическое отклонение турбулентности в аэродинамическом следе;

I_{ref} – расчетное значение интенсивности турбулентности воздушного потока при средней скорости ветра 15 м/с, определенной на 10-тиминутном интервале на высоте оси ветроколеса;

σ_2 – среднее квадратическое отклонение боковой составляющей скорости ветра;

σ_3 – среднее квадратическое отклонение нормальной составляющей скорости ветра;

Λ_1 – продольный масштаб турбулентности воздушного потока, определенный как длина волны, при которой безразмерная спектральная плотность энергии продольной составляющей скорости;

$S_1(f)$ – спектральная плотность энергии продольной составляющей турбулентных пульсаций;

S_k – одномерный спектр составляющей вектора скорости;

$P_R(V_0)$ – вероятностная функция распределения Рэлея, т. е. вероятность того, что $V < V_0$;

V_{ave} – среднее значение скорости ветра;

$V(z)$ – скорость ветра на высоте Z над уровнем земли;

V - скорость ветра;

$E\langle\ \rangle$ – ожидаемая величина параметра в скобках;

$Var\langle\ \rangle$ – вариация параметра в скобках;

V_{gust} – величина скорости порыва ветра на высоте оси ветроколеса;

T – собственное значение времени порыва;

$V(z)$ – скорость ветра на высоте Z над уровнем земли;

α – показатель степени для функции, описывающей профиль ветра;

θ_e – величина экстремального изменения направления ветра;

Λ_1 – продольный масштаб турбулентности воздушного потока, определенный как длина волны, при которой безразмерная спектральная плотность энергии продольной составляющей скорости $fS_1(f)/\sigma_1^2$, равна 0,05;

$\theta(t)$ – переходный процесс изменения направления ветра;

V_{cg} – величина экстремального когерентного порыва на всей площади, ометаемой ветроколесом;

$V(z,t)$ – продольная составляющая вектора скорости, определяющая переходный процесс при экстремальном порыве и сдвиге ветра;

$V(y,z,t)$ – продольная составляющая вектора скорости, определяющая переходный процесс для горизонтального сдвига;

P_{design} – проектная мощность;

n_{design} – проектная частота вращения;

T_{design} – проектный крутящий момент на валу;

n_{max} – максимальная частота вращения;

$V_{design}=1,4\ V_{ave}$ – проектная скорость ветра;

O – доля рабочего времени;

T_T – полный исследуемый период времени;

T_N – измеренный период времени, в течение которого ВЭУ не работала;

T_U – время, в течение которого состояние турбины не известно;

T_E – время, исключенное из расчетов;

C_p – коэффициент мощности;

$S_{\alpha,j}$ – стандартная погрешность по атмосферным явлениям (турбулентность, вертикальный сдвиг) ;

$S_1(f)$ – спектральная плотность энергии продольной составляющей турбулентных пульсаций;

S_k – одномерный спектр составляющей вектора скорости;

σ_k – среднее квадратическое отклонение составляющей вектора скорости;

L_k – интегральный масштаб k - ой составляющей вектора скорости;

C_{oh} – функция когерентности;

L_e – масштаб когерентности

L_k – интегральный масштаб, определенный для k -ой составляющей вектора скорости.

4 Общие положения

4.1 При создании электростанций ВЭУ, ВЭС, ВДЭС (далее ВЭУ, ВЭС, ВДЭС) необходимо руководствоваться требованиями в соответствии с Градостроительным кодексом РФ, Федеральными законами «О техническом регулировании», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «Об отходах производства и потребления», законодательными и нормативными актами

Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, настоящим стандартом, а также иными государственными документами, регулирующими инвестиционную деятельность по созданию и воспроизводству основных фондов.

4.2 При создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен быть соблюден приоритет обеспечения безопасных условий труда персонала, охраны жизни и здоровья, а также соблюдения требований экологической безопасности.

4.3 Ветроэлектростанции классифицируются в зависимости от вида ВЭУ в соответствии с ГОСТ Р 51990.

4.4 Разработка проектной документации на строительство ВЭУ, ВЭС, ВДЭС осуществляется на основе утвержденных (одобренных) Обоснований инвестиций в строительство названных объектов. Проектной документацией детализируются принятые в обоснованиях решения и уточняются основные технико-экономические показатели.

Примечание - Понятие строительство включает новое строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение;

4.5 Основным проектным документом на строительство ВЭУ, ВЭС, ВДЭС является технико-экономическое обоснование (проект) строительства. На основании утвержденного в установленном порядке ТЭО (проекта) строительства разрабатывается рабочая документация.

Примечание - Двойное обозначение стадии, единой по составу и содержанию, принято в целях преемственности действующей законодательной и нормативной базы и совместимости с терминологией, применяемой за рубежом;

4.6 При создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, являющихся технически и экологически сложными объектами, а также при особых природных условиях строительства, по решению заказчика и/или инвестора или заключению государственной экспертизы по рассмотренному проекту одновременно с разработкой рабочей документации и осуществлением строительства могут выполняться дополнительные детальные проработки проектных решений по отдельным объектам, разделам и вопросам.

4.7 Основным документом, регулирующим правовые и финансовые отношения, взаимные обязательства и ответственность сторон, является договор (контракт), заключаемый заказчиком с привлекаемыми им для разработки проектной документации проектными, проектно-строительными организациями, другими юридическими и физическими лицами (проектировщиками). Неотъемлемой частью договора (контракта) должно быть задание на проектирование.

Рекомендуемый состав и содержание задания на проектирование ВЭУ, ВЭС, ВДЭС приведены в Приложении А.

4.8 Проектирование объектов строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должно осуществляться юридическими и физическими лицами, получившими в установленном порядке право на соответствующий вид деятельности.

4.9 В случаях, когда в договоре (контракте) не обусловлены специальные требования о составе выдаваемой заказчику проектной документации, в ее состав не включаются расчеты строительных конструкций, технологических процессов и

оборудования, а также расчеты объемов строительно-монтажных работ, потребности в материалах, трудовых и энергетических ресурсах.

Эти материалы хранятся у проектировщиков и представляются заказчику или органам государственной экспертизы по их требованию.

4.10 Заказчики проектной документации и проектировщики обязаны своевременно вносить в рабочую документацию изменения, связанные с введением в действие новых нормативных документов.

4.11 Использование изобретений при проектировании объектов строительства и правовая защита изобретений, созданных в процессе разработки проектной документации, осуществляются в соответствии с действующим законодательством.

5 Порядок создания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

5.1 При создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в соответствии с ГОСТ Р 15.201 (п. 4.8) и ГОСТ 2.103 должны быть выполнены следующие виды работ:

- технико-экономическое обоснование проекта строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС;
- разработка, согласование и утверждение технического задания;
- разработка конструкторской и технологической документации;
- проведение предварительных и приемочных испытаний, включая корректировку технической документации по результатам испытаний.

5.2 Оценка возможных объемов выработки и потребления электроэнергии (тепла) в регионе, а также долгосрочные перспективы сбыта энергии, выработанной ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, должны быть выполнены Заказчиком ВЭУ, ВЭС, ВДЭС на основании предварительных исследований.

5.3 Технические требования по условиям создания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны найти отражение на всех стадиях разработки в соответствии с ГОСТ 2.103.

5.4 Выбор подрядной организации на выполнение работ в соответствии с п. 5.1 должен быть осуществлен Заказчиком на конкурсной основе, в том числе через торги подряда (тендер).

5.5 Подрядная организация (проектировщик) должна располагать необходимыми программными продуктами для выполнения расчетов, материально-техническим оснащением и квалифицированными специалистами, которые должны выполнить все виды работ в соответствии с п. 5.1.

5.6 Одним из основных проектных документов на строительство ВЭУ, ВЭС, ВДЭС является ТЭО.

5.7 При разработке ТЭО ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть выполнены инженерные изыскания на площадках строительства, осуществлен сбор метеорологических данных (минимум на двух альтернативных площадках) в соответствии с Приложением Б настоящего стандарта, выполнена оценка воздействия будущих ВЭУ, ВЭС, ВДЭС на окружающую среду, проведены все необходимые расчеты, выбраны основные технические характеристики объекта, в соответствии с усло-

виями заказчика, намечена схема размещения ВЭУ на площадках, определен прогнозируемый объем годовой выработки энергии, определены предварительные эксплуатационные и капитальные затраты на строительство, стоимость 1 кВт*ч, объем инвестиций, период окупаемости, а также выявлены условия подключения к сети (для ВЭУ, ВЭС, ВДЭС сетевого назначения), уточнены технические требования.

5.8 ТЭО строительства ВЭУ ВЭС, ВДЭС, утвержденное и согласованное с инвесторами и государственными органами надзора в установленном порядке, является основанием для подготовки тендерной документации и проведения торгов подряда для выбора Генерального подрядчика.

5.9 Выбор Генерального подрядчика для строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС (а также осуществление процедур закупок, включая поставщиков оборудования), должен производиться в соответствии с С-ЕЭС ЗД2.

5.10 Основанием для разработки проектной и конструкторской документации является наличие следующих документов, полученных на стадии реализации ТЭО:

- утвержденное решение о предварительном согласовании места размещения объекта;
- утвержденные (одобренные) обоснования инвестиций в строительство;
- договор;
- техническое задание на проектирование;
- материалы инженерных изысканий.

5.11 Разработка проектной документации осуществляется в соответствии с ГОСТ 2.102 и ГОСТ 2.201 при наличии решения о предварительном согласовании места размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС на основе утвержденных обоснований инвестиций в строительство или иных предпроектных материалов, договора и задания на проектирование.

5.12 При проектировании особо сложных и уникальных ВЭУ, ВЭС и ВДЭС заказчиком совместно с соответствующими научно-исследовательскими и специализированными организациями должны быть разработаны специальные технические условия, отражающие специфику проектирования, строительства и эксплуатации данных объектов.

В технических условиях должны быть отражены:
- данные о рельефе площадки и примыкающей местности;
- ветровые и климатические особенности площадки размещения;
- геологическое строение;
- состав, состояние, физико-механические и электрические свойства грунтов;
- сейсмичность;
- гидрогеологические условия;
- геодинамические и инженерно-геологические процессы взаимодействия объектов строительства с геологической средой и прогноз их возможного изменения в процессе строительства и эксплуатации;

- специфические требования к качеству и количеству вырабатываемой энергии;
- требования, накладываемые электрической сетью (для ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, подключаемых к сети) или потребителем;
- требования, связанные с прохождением электромагнитных сигналов;
- требования, связанные с визуальными и шумовыми эффектами;
- требования природоохранных мероприятий;
- требования, накладываемые движением воздушных и морских судов.

5.13 Технические требования должны быть направлены проектировщиком или заказчиком на экспертизу (заключение) в экспертные организации в соответствии с п. 5.17. Решение по полученным заключениям принимают заказчик с участием проектировщика.

5.14 Разработка проектной документации осуществляется в соответствии с ГОСТ 2.102 и ГОСТ 2.201 при наличии решения о предварительном согласовании места размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС на основе утвержденных обоснований инвестиций в строительство или иных предпроектных материалов, договора и задания на проектирование.

5.15 Проектировщик должен определить основные экономические характеристики проектируемого объекта, в том числе ожидаемые затраты, срок окупаемости, чистый дисконтируемый доход, индекс доходности.

5.16 Проектная документация на строительство предприятия, здания и сооружения, разработанная в соответствии с государственными нормами, правилами и стандартами, должна быть согласована с органами государственного надзора и другими заинтересованными организациями, предусмотренными законодательством Российской Федерации на момент выполнения проекта.

5.17 Проекты на строительство ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, независимо от источников финансирования, форм собственности и принадлежности подлежат государственной экспертизе в соответствии с порядком, установленным в Российской Федерации.

При создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть проведены следующие виды экспертизы:
- государственная экологическая экспертиза;
- государственная экспертиза промышленной безопасности;
- государственная экспертиза гидротехнических сооружений (для ВЭУ, ВЭС, ВДЭС морского базирования).

5.18 Обоснованные отступления от требований нормативных документов допускаются только при наличии разрешений органов, которые утвердили и (или) ввели в действие эти документы.

5.19 Утверждение проектов, рабочих проектов на строительство ВЭУ, ВЭС, ВДЭС при строительстве за счет собственных финансовых ресурсов, заемных и привлеченных средств инвесторов (включая иностранных инвесторов) производится непосредственно заказчиками (инвесторами).

5.20 При разработке оборудования на стадии проектирования необходимо согласовывать основные технические решения между заказчиком, Генеральным подрядчиком и проектировщиком с привлечением заводов-изготовителей, ведущих научных и наладочных организаций.

5.21 Оборудование ВЭУ, ВЭС, ВДЭС при изготовлении и поставке подвергается контролю с участием заказчика.

На стадии изготовления отдельные узлы ВЭУ должны проходить контрольные испытания, сборку на испытательных стендах или контрольную сборку на заводах-изготовителях.

5.22 На стадии поставки на ВЭУ, ВЭС, ВДЭС проводится входной контроль после разгрузки оборудования до передачи его в монтаж.

5.23 Приемка оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС заказчиком происходит по следующим этапам:

- первый этап проводится по результатам входного контроля оборудования;
- второй этап – поузловая приемка из монтажа;
- третий этап – пуско-наладочные работы;
- четвертый этап – комплексное опробование ВЭУ в течение 72 ч с приемкой в опытно-промышленную эксплуатацию;
- пятый этап – опытно-промышленная эксплуатация с режимной наладкой (этап для ВЭУ считается законченным после непрерывной работы установки в течение не менее 30 суток; для ВЭС, ВДЭС опытно-промышленная эксплуатация продолжается в течение 1 года после выполнения указанного условия);
- шестой этап – гарантийные испытания (пятый и шестой этапы по времени совпадают);
- седьмой этап – приемка оборудования в эксплуатацию.

5.24 Приемочные испытания проводят в соответствии с программой и методикой испытаний, разрабатываемых при участии проектировщика (разработчика) ВЭУ, ВЭС, ВДЭС совместно с проектировщиками и поставщиками основного оборудования.

Примечание – В международной практике используется International Energy Agency (IEA). Recommended Practice for Wind Turbine Testing and Evaluation, 3. Fatigue Loads, 2-nd ed-n, 1989/ Международное агентство по энергетике. Рекомендованные методики испытания и оценки ветровых турбин.3. Усталостные нагрузки.

5.25 При отрицательных результатах испытаний Генеральный подрядчик (с поставщиком и проектировщиком) должен выявить причины возникновения дефектов и за свой счет провести мероприятия по их устранению. После устранения дефектов проводят повторные испытания в полном объеме.

5.26 Показатели надежности, требующие длительного времени эксплуатации, должны быть проверены методом подконтрольной эксплуатации, что должно быть предусмотрено договором заказчика с проектировщиком (разработчиком) и поставщиком оборудования.

5.27 Приобретение оборудования для ВЭУ, ВЭС, ВДЭС осуществляется только при наличии экспертных заключений и сертификатов соответствия систе-

мы ГОСТ Р, если оборудование подлежит обязательной сертификации в соответствии с номенклатурой продукции, в отношении которой законодательными актами РФ предусмотрена обязательная сертификация.

6 Разработка технического задания на проектирование

6.1 Основанием для выполнения работы по созданию ВЭУ, ВЭС, ВДЭС является договор (контракт) с обязательными приложениями: техническим заданием на проектирование (ТЗ), календарным планом и структурой цены (сметой затрат), утвержденными заказчиком и разработчиком электростанции.

6.2 ТЗ разрабатывает проектировщик электростанции на основе исходных требований заказчика в соответствии с Приложением А настоящего стандарта.

На основе ТЗ проектировщик должен провести необходимые научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, обращая особое внимание на обеспечение следующих требований:

- безопасности, охраны здоровья и окружающей среды (в том числе их сохранности в процессе эксплуатации);
- ресурсосбережения;
- установленных для условий использования продукции значений показателей, определяющих ее технический уровень;
- устойчивости к внешним воздействиям;
- взаимозаменяемости и совместимости составных частей и продукции в целом.

6.3 ТЗ должно содержать нижеследующие разделы:

- наименование и область применения;
- основание для разработки;
- цель и назначение разработки;
- технико-экономические требования;
- требования к консервации, упаковке и маркировке;
- требования по стандартизации и унификации;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приемки.

6.4 В разделе «Наименование и область применения» указывают наименование электростанции и краткую характеристику области ее эксплуатации.

6.5 В разделе «Основание для разработки» указывают полное наименование документа, на основании которого разрабатывают электростанцию, а также организацию, утвердившую этот документ с указанием даты утверждения.

6.6 В разделе «Цель и назначение разработки» указывают эксплуатационное и функциональное назначение электростанции и перспективы ее развития. Приводят сравнительные данные новой электростанции с лучшими отечественными и зарубежными.

6.7 В разделе «Технико-экономические требования» указывают требования, определяющие потребительские свойства и эффективность применения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

Раздел должен состоять из следующих подразделов:

- состав электростанции и требования к ее конструктивному устройству;
- показатели назначения и экономического использования оборудования, материалов, топлива и энергии;
- требования к надежности;
- требования по живучести и стойкости к внешним воздействиям;
- требования к технологичности и метрологическому обеспечению разработки и эксплуатации;
- требования по безопасности и требования по охране природы;
- эстетические и эргономические требования;
- требования к патентной чистоте;
- требования к составным частям электростанции, исходным и эксплуатационным материалам;
- условия эксплуатации, требования к техническому обслуживанию и ремонту.

6.8 В разделе «Стадии и этапы разработки» устанавливают необходимые стадии разработки, этапы работ в соответствии с ГОСТ 2.103 и сроки их выполнения.

6.9 В разделе «Порядок контроля и приемки» приводят:

- перечень документов, подлежащих согласованию и утверждению на отдельных стадиях разработки;
- перечень организаций, с которыми следует согласовывать документы;
- общие требования к приемке работы на стадиях разработки, в том числе сроки проведения предварительных и приемочных испытаний и, при необходимости, место проведения этих испытаний; сроки сдачи электростанции в эксплуатацию.

7 Требования по составу и объему исходной информации при создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

7.1 Инженерные изыскания

Инженерные изыскания должны выполняться при разработке проектной документации объекта на всех стадиях проектирования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в соответствии с Приложением Б. Подготовка и использование проектной документации без выполнения соответствующих инженерных изысканий не допускается.

Инженерные изыскания должны выполняться в целях получения:

- данных о природных условиях территории, на которой будет осуществляться строительство или реконструкция объекта и природных объектов, затрагиваемых строительством;
- материалов, необходимых для обоснования размещения объекта и его сооружений (несущих конструкций ВЭУ, метеорологических мачт, энергетических, защитных сооружений) в соответствии с намечаемым их назначением и параметрами;
- данных, необходимых для обоснования конструкции сооружений и их надежности, наличие местных строительных материалов;

- информации о необходимости выполнения специальных видов работ в основании сооружений (противофильтрационных, противооползневых, предотвращающих эрозию почвы, изъятия слабых грунтов, ликвидации естественных нарушений сплошности массива);

- данных о воздействии нового объекта или реконструируемого на природную среду и социально-экономическую сферу и разработке необходимых природоохранных и компенсационных мер, позволяющих довести уровень воздействия до допустимого или согласованного уровня.

В состав инженерных изысканий входят четыре основных вида разведочно-исследовательских работ:

- инженерно-геодезические изыскания;
- инженерно-геологические, включающие геологические, гидрогеологические и сейсмологические изыскания и исследования;
- инженерно-гидрометеорологические изыскания;
- инженерно-экологические изыскания в соответствии со строительными нормами и правилами [1].

7.1.1 Инженерно-геодезические изыскания для строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны выполняться в соответствии с требованиями нормативно-технической документации Федеральной службы геодезии и картографии России, регламентирующих производство геодезических и картографических работ федерального назначения.

Исходными материалами для проведения проектных проработок должны служить картографические, топографические, аэрофотосъемочные материалы, космические съемки.

На всех участках, намечаемых для проектирования сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, должна быть создана планово-высотная геодезическая основа топографических съемок. На более перспективном участке необходимо создать плановую геодезическую сеть сгущения в виде пунктов класса точности 1 и 2 разрядов и высотную опорную сеть с реперами нивелирования IV класса, обеспечивающую возможность производства инженерных изысканий, проектирования и производства строительно-монтажных работ.

7.1.2 Инженерно-геологические изыскания для строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны обеспечить достаточными данными об инженерно-геологических условиях района проектируемых сооружений включая:

- геологическое строение;
- состав, состояние и свойства грунтов;
- сейсмичность;
- гидрогеологические условия;
- геодинамические и инженерно-геологические процессы в области взаимодействия объектов с геологической средой с прогнозом их возможного изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружений;
- получение данных об обеспеченности строительства местными строительными материалами для обоснования выбора типов сооружений, их компоновки и конструкции;
- исследование состава, состояния и физико-механических свойств грунтов, залегающих в пределах области взаимодействия сооружений с основанием или являющихся средой подземных сооружений, получение детальной характеристи-

ки структурно-геологических, горно-технических, гидрогеологических и геокриологических условий массивов горных пород, вмещающих подземные сооружения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС;

- разработку системы геомониторинга неблагоприятных процессов и организацию соответствующих режимных наблюдений в соответствии с документами [2], [3].

7.1.3 Метеорологические и инженерно-гидрологические изыскания должны обеспечить проект:

- материалами об энергетических характеристиках ветра, физико-географических, климатических условиях участков намечаемого размещения энергетического строительства (климатические условия, сведения о величине ветропотенциала, возможной величине выработки энергии при различных вариантах размещения ВЭУ на площадках строительства, гидрометеорологических процессах);
- характеристиками опасных метеорологических и гидрологических процессов и явлений (отклонений от температурной нормы, обледенений, наводнений, заторов и зажоров, цунами, селевых потоков, снежных лавин, ураганных ветров и смерчей, активных проявлений эрозии почвы);
- данными для установления расчетных значений ветроэнергетических характеристик, необходимых для обоснования основных проектных решений по выбору сооружений, типов ВЭУ, конструкций и компоновки основных сооружений);
- данными для подготовки площадки размещения ВЭУ;
- прогнозом характера, направленности и масштабов возможных изменений метеорологических и гидрологических условий проектируемого энергетического объекта в процессе его строительства и эксплуатации и выработки рекомендаций по предотвращению или ликвидации последствий их потенциального негативного влияния в соответствии с нормами [4].

7.1.4 Инженерно – экологические изыскания должны выполняться на всей территории, затрагиваемой строительством. К объектам изысканий относятся: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, геологическая среда, растительный и животный мир, социально – экономические условия, социально - гигиенические условия, состояние здоровья населения. Результатом данных изысканий должна стать оценка влияния намеченного строительства и эксплуатации объекта на окружающую среду. Полученные данные должны быть использованы для разработки сооружений и мониторинга объекта, разработки мероприятий по охране окружающей среды, включая природную, техногенную и социальные сферы, в том числе археологические памятники, животный и растительный мир, а также информационное обеспечение экологической и социальной безопасности при строительстве и эксплуатации объектов в соответствии с Земельным Кодексом РФ (глава 8) и правилами [5].

Перечисленные требования к результатам всех видов инженерных изысканий, выполняемых для обоснования гидроэнергетического строительства детализированы в Приложении Б.

7.2 **Ветроэнергетический комплекс**

Ветроэнергетический комплекс представляет собой совокупность ВЭУ, входящих в состав ВЭС, ВДЭС.

Оценка и обоснование ветроэнергетического потенциала площадки размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и энергетических характеристик всего комплекса должна производиться в соответствии с Приложением Д с соблюдением следующих требований к исходным метеорологическим данным, их анализу и обработке.

Требования к метеорологическим данным:

- метеорологические данные, полученные в результате мониторинга с помощью специально установленного метеорологического оборудования на площадках, предполагаемых для размещения ВЭУ;
- многолетний ряд метеорологических наблюдений, выполненный ближайшими к району строительства существующими метеорологическими станциями (Росгидромета, служб аэропортов, научных организаций): скорости ветра, направления, частота повторяемости, среднемесячные, среднесезонные, среднегодовые значения;
- максимальные значения скорости ветра с периодом повторяемости 1 год и 50 лет;
- максимальные значения порывов ветра.

7.3 Требования к топографическим данным:

Топография площадки (обязательное требование) и примыкающей местности в радиусе 20 километров (рекомендуемое требование) в соответствии с Приложением Г.

7.4 Требования к сведениям о мощности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и ее предполагаемом изменении:

- предполагаемые объемы выработки энергии в году и по сезонам;
- современный и планируемый объем энергопотребления.

7.5 Выбор параметров ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен производиться на основе расчетов и использовать результаты проведенных метеорологических наблюдений на площадках размещения ВЭУ. В процессе расчетов должна быть выполнена корректировка результатов с учетом многолетних рядов наблюдений.

7.6 Выбор режима регулирования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен быть основан на учете установленных особенностей ветропотенциала, результатах ветроэнергетических расчетов, назначении ВЭУ, ВЭС, ВДЭС (для параллельной работы с энергосистемой или для децентрализованного энергоснабжения), особенностях климатических условий и условиях заказчика.

7.7 Выбор установленной мощности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС осуществляется на основе энергетических характеристик ветра, климатических особенностей, назначения энергетического объекта и условий заказчика.

7.8 Выбор типа и числа ВЭУ, входящих в состав ВЭС, ВДЭС должен осуществляться на основе сравнения результатов технико-экономических расчетов альтернативных вариантов.

7.9 Охрана окружающей среды

Раздел проекта «Охрана окружающей среды», разрабатываемый для периода строительства, постоянной эксплуатации и утилизации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, должен предусматривать мероприятия по охране и рациональному использованию земельных и водных ресурсов, охране растительности и животного мира наземных экосистем, охране рыбных запасов, мероприятия по снижению отрицательного влияния на местный климат, мероприятия в социальной сфере, мероприятия по организации мониторинга взаимоотношений объекта с окружающей средой, а также выводы о соответствии принятых решений действующему природоохранному законодательству Российской Федерации, Федеральному закону «Об охране окружающей среды» и Федеральному закону "Об отходах производства и потребления".

Основные требования к разделу проекта «Охрана окружающей среды» изложены в п. 14 настоящего стандарта.

7.10 Экономическое обоснование

7.10.1 При разработке проекта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС любого назначения, установлении ее параметров и режима использования должен быть проведен анализ современного и перспективного энергетического рынка в зоне влияния станции с выявлением потребности в:

- режимах использования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС;
- сезонном распределении энергоотдачи;
- разрывах между установленной и располагаемой мощностью в различные сезоны года;
- возможном резервировании энергии и мощности;
- единичной мощности агрегата;
- схеме и структуре выдачи мощности станции.

Потребности энергосистемы, как потребителя продукции ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, должны быть удовлетворены в максимально возможной степени.

7.10.2 При разработке проекта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должно быть выполнено технико-экономическое обоснование строительства с учетом всех видов затрат, связанных с созданием и эксплуатацией объекта на основе рассмотрения альтернативных вариантов.

При выполнении сравнительного экономического анализа должны использоваться следующие показатели эффективности:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- с критерием выбора: ЧДД→ max и ИД больше 1.

При оценке эффективности объекта и выборе его основных параметров должна быть проведена оценка:

- общественной эффективности капитальных вложений в сравнении с альтернативным способом покрытия спроса;
- коммерческой эффективности с оценкой коммерческой нормы прибыли.

Методика экономического обоснования выбора параметров ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и оценки их эффективности приведена в Приложении П.

8 Требования к территории размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

8.1 Площадки для размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть выбраны за пределами территорий архитектурных памятников, заповедников, заказников, мест гнездования и кормления птиц и животных, путей их миграции на расстоянии, исключающем возможность негативного влияния названных объектов на обитателей заповедных территорий в процессе строительства и эксплуатации.

8.2 В проекте строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть предусмотрена отдельная площадка (площадки) для размещения ветроустановок.

8.3 Площадка для размещения ветроустановок ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть выбрана в соответствии с данными ветрового кадастра, результатами исследования ветропотенциала, топографии местности, геологических и гидрологических изысканий, схемой электроснабжения, проектами планировки и застройки объектов. Выбор площадки должен основываться на комплексном анализе энергетических, технических и экономических характеристик альтернативных площадок, оборудования, коммуникаций и затрат на эксплуатацию и обслуживание.

8.4 Выбор площадки для размещения прочих объектов и строений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен быть произведен таким образом, чтобы не создавать препятствий для свободного движения ветра на площадке размещения ВЭУ.

8.5 Земельные участки должны удовлетворять требованиям для строительства промышленных предприятий. При выборе земельного участка следует учитывать требования санитарных правил [6].

Размеры площадки размещения ветроустановок определяются условиями проекта, прочие земельные участки электростанций, размещение на них зданий и сооружений, а также противопожарные разрывы принимают с учетом требований действующих норм и правил.

8.6 Места размещения объектов ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть согласованы с органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора с оформлением санитарно-эпидемиологического заключения по выбору земельных участков для строительства объекта.

8.7 Площадки под строительство прочих объектов электростанции по размерам и конфигурации должны обеспечивать удобное взаимное размещение зданий и сооружений при минимальных длинах инженерных коммуникаций, а также соблюдение санитарных, противопожарных, экологических и специальных требований с учетом возможного расширения основного здания и наружного хозяйства.

Рекомендуется площадки для строительства выбирать с учетом следующих условий:

- грунты, слагающие площадку, должны допускать строительство зданий и сооружений, а также установку соответствующего оборудования;
- уровень грунтовых вод должен быть ниже глубины заложения подвалов зданий и подземных инженерных коммуникаций;
- поверхность площадки должна быть относительно ровной с уклоном, обеспечивающим поверхностный водоотвод;

- площадка не должна располагаться в местах залегания полезных ископаемых или в зоне обрушения выработок, на закарстованных или оползневых участках и участках, загрязненных радиоактивными выбросами, а также в охранных зонах.

8.8 Для подъезда автотранспорта к зданиям и сооружениям электростанции следует предусматривать автодороги и площадки, а также пожарные проезды и выезды на дороги общего пользования в соответствии со строительными нормами и правилами [7].

9 Сооружения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС. Состав и компоновка

9.1 Тип компоновки ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, состав сооружений и их параметры следует выбирать на основании технико-экономических показателей вариантов с учетом:

- функционального назначения сооружений;
- энергетических характеристик ветра;
- климатических особенностей и топографии площадки размещения объектов ВЭУ, ВЭС, ВДЭС;
- противопожарных, санитарных норм для обслуживающего персонала, норм по защите окружающей среды при требуемых категориях надежности электроснабжения (теплоснабжения);
- максимальной экономии технических ресурсов в строительстве и эксплуатации;
- условий и методов производства работ;
- воздействия на окружающую среду;
- влияния строительства и эксплуатации объекта на социальные условия и здоровье населения;
- установленного режима природопользования (сельхозугодья, заповедники, архитектурные и исторические памятники);
- условий быта и отдыха населения (пляжи, курортно-санаторные зоны);
- обеспечения эстетических и архитектурных требований к сооружениям;
- особых требований и условий заказчика.

9.2 В состав сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны входить:

- ВЭУ - одна или несколько (количество и тип определяются в проекте);
- метеорологические мачты с метеорологическим оборудованием;
- объекты выдачи мощности;
- здания и сооружения, в том числе подъездные дороги к ВЭУ.

9.3 В зависимости от мощности проектируемой ВЭС, ВДЭС на территории электростанции следует предусматривать:

- основное здание электростанции;
- систему противопожарного водоснабжения;
- сооружения для хранения противопожарных средств;
- инженерные коммуникации.

Для ВДЭС дополнительно - участок приема, хранения и перекачки ГСМ.

Допускается размещать пульт управления ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, ремонтные мастерские, склады хранения запасных частей и расходных материалов в помещениях базовой электростанции при условии обеспечения быстрого доступа ремонтной бригады на ВЭУ, доставки запасных частей и расходных материалов.

9.4 При проектировании сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть обеспечены и предусмотрены:

- надежность сооружений на всех стадиях их строительства и эксплуатации;
- максимальная экономическая эффективность строительства;
- постоянный инструментальный и визуальный контроль за состоянием несущих конструкций и грунтов, а также природными и техногенными воздействиями на них;
- сохранность животного и растительного мира.

9.5 При проектировании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть рассмотрена возможность и целесообразность:

- совмещения сооружений, выполняющих различные эксплуатационные функции;
- возведения сооружений и ввода их в эксплуатацию отдельными пусковыми комплексами;
- унификации компоновки оборудования, конструкций и их размеров и методов производства строительно-монтажных работ.

9.6 При проектировании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в районах распространения многолетнемерзлых грунтов следует учитывать возможные изменения физико-механических, теплофизических и фильтрационных свойств пород оснований и материалов сооружений при их переходе из мерзлого состояния в талое и наоборот, а также размеры и скорость осадки сооружения в процессе оттаивания основания в соответствии со строительными нормами и правилами [8].

9.7 При проектировании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС на скальных грунтах необходимо учитывать структуру скального массива, его обводненность, газоносность и естественное напряженное состояние в соответствии со строительными нормами и правилами [8].

9.8 В составе проекта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС следует разрабатывать специальный проект натурных наблюдений за работой и состоянием несущих конструкций в процессе строительства и при эксплуатации для своевременного выявления дефектов и неблагоприятных процессов, назначения ремонтных мероприятий, предотвращения отказов и аварий, улучшения режимов эксплуатации и оценки уровня безопасности и риска аварий.

Проект натурных наблюдений должен включать:

- перечень контролируемых нагрузок и воздействий на сооружение;
- перечень контролируемых и диагностических показателей состояния сооружения и его основания, включая критерии безопасности;
- программу и состав инструментальных и визуальных наблюдений;
- технические условия и чертежи на установку контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), спецификацию измерительных приборов и устройств;

- структурную схему и технические решения системы мониторинга состояния сооружений, природных и техногенных воздействий на них, включая состав ее основных технических и программных средств;
- инструктивные документы и методические рекомендации по проведению натурных наблюдений за работой и состоянием сооружений.

9.9 Перед вводом в эксплуатацию и в процессе эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС критерии безопасности должны уточняться на основе результатов натурных наблюдений за состоянием сооружений, нагрузок и воздействий, а также изменений характеристик материалов сооружений и оснований, конструктивных решений в соответствии со строительными нормами и правилами [8].

9.10 ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны выполняться отдельно стоящими и иметь свои вспомогательные здания и сооружения. Количество и состав вспомогательных помещений определяется условиями проекта. Пристроенные и встроенные дизельные электростанции, входящие в состав ВДЭС, а также контейнерного исполнения рекомендуется выполнять в зонах промышленной застройки.

9.11 При проектировании основного здания и вспомогательных сооружений электростанции следует соблюдать требования строительных норм и правил [9], [10], а для сейсмических районов – строительных норм и правил [11].

9.12 В зависимости от мощности электростанции в здании электростанции рекомендуется предусматривать следующие вспомогательные помещения:

- комнату начальника электростанции;
- класс для занятий с персоналом;
- механическую мастерскую;
- склад ЗИП;
- гардеробные;
- душевые, умывальники;
- комнату приема пищи;
- туалеты.

9.13 Площади вспомогательных помещений устанавливают в соответствии со строительными нормами и правилами [10].

9.14 С целью рационального использования объема сооружения и унификации строительных ограждающих конструкций по высоте допускается размещение бытовых и вспомогательных помещений в два этажа при условии отсутствия затенения ветроустановок.

9.15 Для обеспечения монтажа крупногабаритного оборудования в стенах и перекрытиях здания следует предусматривать ворота, монтажные проемы, размеры которых должны превышать наибольшие габариты оборудования, как правило, не менее чем на 400мм.

9.16 Здания электростанции должны выполняться не ниже II степени огнестойкости по строительным нормам и правилам [12].

В удаленных труднодоступных районах допускается строительство электростанций из легкосборных металлических конструкций при условии доведения их до III степени огнестойкости по строительным нормам и правилам [12] и разме-

щения топливного хозяйства в отдельно стоящем сооружении с автономной системой автоматического пожаротушения.

9.17 Конструктивные решения электростанций контейнерного исполнения должны отвечать требованиям - по ГОСТ 13822, ГОСТ 18477, ГОСТ Р 50783.

9.18 Компоновка оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, должна обеспечивать рациональную механизацию и автоматизацию технологических процессов, безопасное и удобное обслуживание оборудования, а также условия для механизации ремонтных работ.

Для механизации трудоемких работ при монтаже и ремонте отдельных узлов оборудования, арматуры и трубопроводов следует предусматривать подъемно-транспортные средства, рабочие характеристики которых: грузоподъемность, высоту подъема, зону обслуживания,- выбирают с учетом места расположения и массы наиболее тяжелой детали, узла, агрегата, который требуется перемещать.

9.19 Компоновка электрических агрегатов, установок и вспомогательного оборудования на электростанции должны производиться на основе технико-экономических сравнений вариантов с учетом требований обеспечения безопасности обслуживания, применения надежных схем, внедрения новой техники, энерго- и ресурсосберегающих технологий, опыта эксплуатации

9.20 План размещения ветроэлектрических установок на площадке должен быть выполнен с учетом розы скоростей ветра, розы энергии ветра, топографических особенностей площадки, эффекта затенения, ветроустановок друг другом на основе анализа альтернативных вариантов.

9.21 Мощность ВЭУ, ВЭС и ВЭС, входящей в состав ВДЭС, должна быть определена на основании результатов продолжительных метеорологических исследований, охватывающих все сезонные изменения ветропотенциала. В том случае, если в зоне размещения ВЭУ, ВЭС имеется традиционная метеорологическая станция, то проектная мощность должна быть откорректирована на основании имеющихся данных многолетних метеорологических наблюдений.

9.22 Суммарная установленная мощность рабочих энергетических установок должна быть больше или равна расчетной нагрузке с учетом собственных нужд электростанции и потерь мощности в электрических и тепловых сетях.

9.23 Каналы для прокладки кабелей и трубопроводов электростанций должны перекрываться съемными плитами или щитами из несгораемого материала массой до 50 кг, выдерживающими нагрузку не менее 200 кгс/см^2

9.24 Конструкция фундаментов для установки башен ВЭУ определяется в процессе проектирования на основе свойств грунтов, несущей способности, заданных нагрузок и сейсмичности района.

В зонах с вечномерзлым грунтом фундаменты должны быть выполнены в соответствии со строительными нормами и правилами [13].

9.25 При проектировании ВЭС необходимо предусмотреть транспортные средства для доставки оборудования, запасных частей, расходных материалов,

обслуживающего и ремонтного персонала на ВЭУ, а также гаражи и ремонтные мастерские.

9.26 Для всех ВЭУ при проектировании необходимо предусмотреть защиту от несанкционированного подъема на башни и доступа к оборудованию.

9.27 Дополнительные требования к ВДЭС

9.27.1 Не допускается размещать встроенные дизельные электростанции, входящие в состав ВДЭС, под помещениями с дорогостоящим технологическим оборудованием, мокрыми процессами, раздевальными, душевыми, а также под складами сгораемых материалов.

9.27.2 Мощность основной (резервной) дизельной электростанции, входящей в состав ВДЭС, определяется по расчетной нагрузке потребителей с учетом результатов продолжительных аппаратных исследований ветропотенциала на площадке размещения ветроустановок в соответствии с Приложением Д. В случае существования в районе размещения ВДЭС метеорологической станции, при назначении мощности основной (резервной) дизельной электростанций должны быть учтены данные многолетних наблюдений за ходом ветра, полученные на данной станции и приведенные к площадке размещения ветроустановок.

9.27.3 По требованию заказчика допускается установка одного рабочего дизельного электроагрегата.

9.27.4 Выбор дизельных электроагрегатов ВДЭС должен производиться с учетом возможности их работы в широком диапазоне скоростей, автоматического пуска и приема нагрузки за минимально короткое время и способности агрегатов работать длительное время без обслуживающего персонала в соответствии с 3 степенью автоматизации - по ГОСТ 14228.

9.27.5 При проектировании ВДЭС рекомендуется применять типовые или повторно применяемые проекты.

9.27.6 Все оборудование дизельных электростанций, входящих в состав ВДЭС, должно быть газоплотным и удовлетворять требованиям к воздуху рабочей зоны – по ГОСТ 12.1.005.

9.27.7 Для ВДЭС соотношение установленных мощностей ветроустановок и дизельных агрегатов определяется при разработке проектных решений с учетом возможных рисков, особенностей ветропотенциала, назначения станции и требований потребителя энергии.

9.27.8 Фундаменты под электроагрегаты дизельной электростанции, входящей в состав ВДЭС, должны выполняться в соответствии со строительными нормами и правилами [14] с учетом рекомендаций их заводов-изготовителей и не иметь жесткой связи с другими фундаментами, а также с каркасом и стенами здания.

9.27.9 Полы машинного зала ДЭС, входящей в состав ВДЭС, и распределительных устройств необходимо выполнять из керамической плитки или другого несгораемого материала, не создающего пыли и не разрушающегося под действием топлива и масла, удовлетворяющего условиям безискровости и выдерживающего давление не менее 0,5 МПа.

9.27.10 Помещения машинного зала и топливоподготовки ВДЭС длиной более 10 м должны иметь не менее двух выходов, расположенных в противоположных концах помещений.

В машинном зале расстояние от его наиболее удаленной точки до эвакуационного выхода (двери) должно быть не более 25 м.

9.27.11 Основные входы в машинный зал ВДЭС и механическую мастерскую должны иметь размеры, обеспечивающие пронос крупногабаритных деталей и механизмов.

9.28 Дополнительные требования для ВЭС, размещенных в море

9.28.1 При проектировании ВЭС, размещенных в море, должны быть дополнительно предусмотрены морские транспортные средства для доставки оборудования, запасных частей, расходных материалов, обслуживающего и ремонтного персонала на ВЭУ, а также док. Количество морских транспортных средств определяется в проекте.

9.28.2 В проекте создания ВЭС морского размещения должны быть предусмотрены сооружения и/или оборудование для подводного и надводного ограждения акватории ВЭС.

10 Общие требования безопасности, реализуемые при разработке ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

10.1 Оборудование ВЭУ, ВЭС, ВДЭС любого исполнения и назначения должно быть разработано с учетом обеспечения безопасности персонала при транспортировании, строительстве, монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию, эксплуатации и утилизации, при условии соблюдения требований и правил, предусмотренных технической документацией.

10.2 Оборудование должно обеспечивать безопасность для жизни и здоровья людей, как при нормальной работе ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, так и при экстремальных расчетных метеорологических условиях, а также при отказах отдельных технических средств, входящих в состав электростанции.

10.3 В процессе проектирования оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть обеспечена защита обслуживающего персонала, осуществляющего эксплуатацию и техническое обслуживание:

- от поражения электрическим током в соответствии с ГОСТ 12.1.019;
- от воздействия электрических полей;
- от травмирования вращающимися подвижными частями;
- травмирования при выполнении верхолазных работ и работ на высоте, при подъеме по внутренним или наружным лестницам;
- от ожогов в результате соприкосновения с нагретыми поверхностями;
- воздействия шума и вибрации;
- загазованности производственных помещений топливными газами (для ВДЭС);
- травмирования при пожарах и взрывах.

10.4 При создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть обеспечены пожаро- и взрывобезопасность процессов выработки энергии, осуществления эксплуатации и технического обслуживания в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010.

10.5 Процессы осуществления эксплуатации и технического обслуживания должны быть разработаны таким образом, чтобы исключить загрязнение окружающей среды (воздуха, почвы, водоемов) и распространение вредных факторов выше предельно допустимых норм – по ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.005, ГОСТ Р 51991, а также в соответствии с федеральными законами № 7-ФЗ, № 52-ФЗ , № 89-ФЗ и настоящим стандартом.

10.6 При проектировании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС необходимо разрабатывать процессы эксплуатации на основе комплексной механизации, автоматизации, с применением дистанционных методов управления, контроля и реализации безопасных режимов работы, внутренней диагностики оборудования с использованием компьютерных технологий.

10.7 Разработчиком должны быть предусмотрены меры, направленные на предотвращение загрязнения окружающей среды, возникновения пожара или взрыва в случае аварии ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

10.8 Для обеспечения безопасной эксплуатации и технического обслуживания разработчик оборудования должен предусматривать сигнальные знаки и знаки безопасности в соответствии с ГОСТ Р 12.4.026.

10.9 На стадии проектирования должны быть решены задачи по защите персонала от поражения электрическим током в соответствии с пунктами 10.22, 11.11, 11.12, 11.13, 11.14, 11.17 настоящего стандарта.

10.10 Разработчик оборудования в руководстве по эксплуатации должен установить перечень возможных аварийных ситуаций, порядок действий в каждой аварийной ситуации и дать рекомендации для всех видов персонала электростанции в случае наступления аварийной ситуации.

10.11 При разработке порядка действий в аварийных ситуациях необходимо принять во внимание, что угроза разрушения элементов конструкции возрастает при перечисленных ниже условиях:

- превышение скорости ветра;
- обледенение;
- гроза;
- землетрясение;
- разрыв или ослабление растяжек;
- отказ тормоза;
- дисбаланс ветроколеса и прочих вращающихся элементов конструкции;
- ослабление резьбовых и крепежных соединений;
- неполадки в системе смазки;
- песчаная буря (торнадо);
- пожар или наводнение;
- прочие аналогичные случаи.

10.12 При проектировании ВЭУ разработчик оборудования должен разработать план эвакуации обслуживающего и ремонтного персонала из гондолы в случае аварии или пожара. Данный план должен быть отражен в инструкции по эксплуатации. Устройства для эвакуации из гондолы не должны допускать травмирования персонала при их использовании.

10.13 В конструкции горизонтально осевых ВЭУ средней и большой мощности должны быть предусмотрены устройства и разработана методика надежного фиксирования обтекателя, лопастей, втулки (ступицы), вала ветроколеса от вращения для обеспечения безопасных условий труда при выполнении работ, связанных с эксплуатацией, ремонтом или обслуживанием ВЭУ.

10.14 Для обеспечения безопасности персонала при проведении работ, связанных с осмотром и ремонтом вертикально осевых ВЭУ средней и большой мощности, разработчик должен предусмотреть методику надежного фиксирования ветроколеса от вращения.

10.15 При проектировании ВЭУ морского базирования в башне ВЭУ следует предусмотреть специально оборудованное помещение на случай невозможности эвакуации персонала из-за погодных условий.

10.16 Для ВЭУ, пуск которых предусмотрен в состоянии обледенения, разработчик ВЭУ должен предоставить подробную инструкцию по выполнению данной операции. Разработчиком оборудования должен быть определен и указан в инструкции по эксплуатации радиус опасной зоны.

10.17 При проектировании ВДЭС должна быть предусмотрена установка газоанализаторов со звуковой или световой сигнализацией для предупреждения персонала о превышении предельно допустимых значений вредных веществ в производственных помещениях дизельной электростанции.

10.18 В соответствии с ГОСТ Р 51991 на деталях и сборочных единицах массой от 20 до 50 кг должны быть предусмотрены приспособления, обеспечивающие удобство их перемещения.

10.19 В соответствии с ГОСТ Р 51991 в эксплуатационной документации должны быть указаны схемы строповки для монтажа и демонтажа деталей и сборочных единиц массой более 100 кг.

10.20 В соответствии с ГОСТ Р 51991 места подсоединения подъемных средств должны быть выбраны с учетом центра тяжести поднимаемого оборудования (его частей) так, чтобы исключить возможность повреждения его при подъеме и перемещении и обеспечить удобный и безопасный подход к ним.

10.21 Производитель крупногабаритного оборудования (например, лопастей ветроколес, элементов несущих конструкций, прочих крупногабаритных узлов и деталей конструкций ВЭУ) должен разработать технологию и приспособления для строповки, с указанием строповочных узлов или обозначением мест строповки в зависимости от положения центра тяжести и массы груза.

10.22 Общие требования к электробезопасности

10.22.1 Оборудование ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должно соответствовать требованиям безопасности – по ГОСТ 12.2.007 и настоящего стандарта.

10.22.2 Электросети и электрооборудование, входящие в состав ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, должны отвечать требованиям – по ГОСТ 12.2.007.0 и настоящего стандарта.

10.22.3 Для ВДЭС с поршневыми двигателями внутреннего сгорания, электроагрегаты и электростанции должны отвечать требованиям – по ГОСТ 10150, ГОСТ 13822, ГОСТ 29076, ГОСТ Р 50761, ГОСТ Р 50783, СТО 70238424.27.100.054-2009 и настоящему стандарту в части требований безопасности.

10.22.4 Электрические установки ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в части обеспечения требований безопасности разделяются по уровням напряжения на установки до 1000 В и свыше 1000 В.

10.22.5 Электробезопасность установок ВЭУ, ВЭС ВДЭС с напряжением до 1000 В в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0 обеспечивается следующими основными мероприятиями:

- изоляцией токоведущих частей (рабочая, дополнительная, двойная, усиленная);
- безопасным сверхнизким напряжением в электрических цепях;
- элементами для осуществления защитного заземления металлических нетоковедущих частей изделия, которые могут оказаться под напряжением (при нарушении изоляции, режима работы изделия);
- элементами, отключающими изделие от сети, когда доступные прикосновению части изделия оказываются под напряжением, в том числе и грозовых разрядов;
- оболочками для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим, движущимся, нагревающимся частям изделия;
- защитными кожухами или устройствами, закрывающими наружные движущиеся части трансмиссий, электрооборудования, являющиеся возможным источников травматизма, в соответствии с ГОСТ 12.2.003;
- блокировками для предотвращения ошибочных действий и операций;
- экранами и другими средствами защиты от опасного и вредного воздействия электромагнитных полей, теплового, оптического и рентгеновского излучения, а также от токов наведения и статического электричества;
- средствами удаления образующихся в процессе эксплуатации, опасных и вредных веществ;
- элементами, предназначенными для контроля изоляции и сигнализации о ее повреждении, а также для отключения изделия при уменьшении сопротивления изоляции ниже допустимого уровня;
- предупредительными надписями, знаками, окраской в сигнальные цвета и другими средствами сигнализации об опасности (только в сочетании с другими мерами обеспечения безопасности);
- использованием коллективных и индивидуальных средств защиты, в том числе электрозащитных средств;
- выполнением требований системы стандартов безопасности труда;
- выполнением требований эргономики.

Примечание - Безопасное сверхнизкое напряжение - номинальное напряжение, которое не превышает 42 В между отдельными проводниками или между проводником и землей, при этом без нагрузки напряжение не превышает 50 В. При наличии особо неблагоприятных условий, когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах, колодцах, на понтонах) для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

10.22.6 Для обеспечения электробезопасности установок с напряжением свыше 1000 В следует применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные и стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляцию рабочего места;
- защитное отключение;
- предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

11 Требования к оборудованию ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

11.1 Общие требования

11.1.1 В состав оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС входят:

- энергетическое оборудование – ветроагрегат с ветроколесом, для ВДЭС дополнительно - дизельгенератор;
- электротехническое оборудование;
- механическое и грузоподъемное оборудование;
- устройства системы безопасности;
- вспомогательное оборудование;
- средства автоматизации, управления и связи;
- средства эксплуатации и ремонта, мастерские и лаборатории, необходимые для обслуживания оборудования и сооружений;
- системы жизнеобеспечения объекта.

11.1.2 Функциональное назначение, параметры и размещение оборудования для всех сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть определены в проекте.

Компоновка оборудования на всех сооружениях ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна разрабатываться с учетом требований:

- надежной и экономичной работы технологического оборудования;
- удобства эксплуатационного обслуживания оборудования и сооружений, зданий и территорий;
- механизации ремонтных работ, удобного доступа к оборудованию для обеспечения его монтажа, демонтажа и транспортировки;
- выполнения санитарно – технических требований;
- предотвращения недопустимого воздействия на человека и окружающую среду;
- транспортных и технологических коммуникаций;
- пожарной безопасности;
- выполнения требований по обеспечению эвакуации персонала в аварийных условиях;

- требований по промышленной эстетике и архитектуре.

11.1.3 Ветроагрегат, его вспомогательные системы и оборудование, система автоматического управления ВЭУ должны обеспечивать надежную работу ВЭУ, ВЭС, ВДЭС во всех режимах без вмешательства дежурного персонала.

11.1.4 Электротехническое оборудование должно иметь параметры и характеристики, обеспечивающие выдачу электроэнергии потребителю или в энергосистему во всех нормальных и экстремальных режимах, предусмотренных проектом.

11.1.5 Параметры, характеризующие надежность ветроагрегата и прочего оборудования: количество пусков в год, средний срок службы, средний ресурс между капитальными ремонтами, средняя наработка на отказ, коэффициент готовности- должны задаваться величинами, не менее достигнутых на момент ввода оборудования в работу.

11.1.6 Выбор числа и единичной мощности ветроагрегатов ВЭС, ВДЭС производится на основе технико-экономического сравнения вариантов.

В расчетах необходимо учитывать ветровые и климатические характеристики площадки размещения ВЭУ, влияние величины мощности ветроагрегата на стоимость оборудования, стоимость строительной части, эксплуатационные затраты и ветроэнергетические характеристики ветроагрегата, обеспечение необходимых режимов работы ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в зависимости от их назначения.

11.2 Ветроэлектрическая установка (ВЭУ)

Основное энергетическое оборудование включает ветроколесо, ветроагрегат и их вспомогательное оборудование.

11.2.1 Ветроагрегат

11.2.1.1 Конструкция ВЭУ должна отвечать требованиям в соответствии с ГОСТ Р 51991, Приложением В, Приложением Г, Приложением Д, Приложением Ж, Приложением Н. Для ВЭУ импортного производства необходимо установить ее соответствие ветровым и климатическим условиям площадки размещения.

11.2.1.2 Класс ВЭУ в зависимости от внешних условий должен соответствовать п. Д.2 (Приложение Д).

11.2.1.3 Выбор конструкции, мощности, типоразмера ветроагрегата и модификации ветроколеса должен производиться на основе эксплуатационных характеристик, подтвержденных заводом-изготовителем оборудования в соответствии с Приложением Ж.

11.2.1.4 Конструирование ВЭУ должно осуществляться по нагрузкам в соответствии с Приложением В по методике, описанной в Приложении Е с учетом влияния внешней окружающей среды в соответствии с Приложением Д

11.2.1.5 Конструкцию ветротурбины рекомендуется выбирать в соответствии с энергетическими характеристиками ветра, климатическими факторами, назначением ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с учетом турбулентности атмосферы, руководствуясь данными, приведенными в таблице Д.1 (Приложение Д).

Если эффективная работа ВЭУ, ВЭС, ВДЭС при заданных внешних условиях может быть обеспечена ветроагрегатами нескольких различных видов конструкций, окончательный выбор должен производиться на основе технико-экономического сопоставления вариантов.

11.2.1.6 В составе проекта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть представлены системы управления, регулирования и безопасности, а также вспомогательное оборудование, обеспечивающее выполнение всех возлагаемых на ВЭУ функций. Система управления ВЭУ должна быть построена в соответствии с Приложением Н.

11.2.1.7 Требования к ВЭУ, состав оборудования, характеристики систем и вспомогательного оборудования, поставляемого комплектно с ВЭУ, определяется нормами и требованиями, изложенными в настоящем стандарте.

11.2.1.8 Оборудование, входящее в состав ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, должно соответствовать требованиям безопасности – по ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ Р 51991 и настоящему стандарту.

11.2.1.9 Технические и технологические требования к обеспечению безопасного функционирования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, системы управления и безопасности должны соответствовать настоящему стандарту.

11.2.1.10 Оборудование ВЭУ должно быть испытано в соответствии с Приложением Ж.

11.2.1.11 Данные результатов полномасштабного испытания ВЭУ могут быть использованы для проверки расчетных проектных параметров, подтверждения динамического моделирования конструкции и проектных ситуаций.

Подтверждение соответствия конструкции может быть произведено на основании вычислений и/или испытаний. Если результаты испытаний используются для таких проверок, то должны быть отражены внешние условия, бывшие во время испытаний, для определения собственного значения исследуемых параметров и проектных состояний, определенных в соответствующем стандарте. При выборе условий проведения испытаний, включая испытания под нагрузкой, необходимо принять во внимание соответствующие коэффициенты безопасности.

11.3 Генератор

11.3.1 Номинальная мощность и тип конструктивного исполнения генератора должны соответствовать типу, параметрам ветроагрегата, действующим электрическим, механическим нагрузкам, внешним условиям и назначению ВЭУ

11.3.2 Генераторы должны удовлетворять техническим требованиям, установленным в государственных стандартах на генераторы соответствующего типа.

11.3.3 В составе проекта генератора должна быть представлена система возбуждения и вспомогательное оборудование, обеспечивающие выполнение всех возлагаемых на генератор функций.

11.4 Система выдачи мощности

11.4.1 Главная электрическая схема

11.4.1.1 Параметры электротехнического оборудования и его количество определяются главной электрической схемой, представляемой в проекте.

11.4.1.2 Выбор главной электрической схемы ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и соответствующего для нее электротехнического оборудования производится на основании мощности и количества электрических машин на ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и следующих данных:

- количество линий на каждом повышенном напряжении, по которым выдается мощность ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в энергосистему (потребителю);

- требования к связи распределительных устройств повышенных напряжений;

- рекомендуемое распределение агрегатов по напряжениям;

- графики активной и реактивной нагрузок с учетом ветропотенциала на каждом напряжении и перетоки мощности между распределительными устройствами разных напряжений;

- требования к ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, определяемые условиями устойчивости работы электрической сети;

- наибольшая мощность, потеря которой допустима при возникновении чрезвычайных ситуаций;

- величины токов короткого замыкания от энергосистемы на шинах распределительных устройств повышенных напряжений для максимального и минимального режимов нагрузки энергосистемы.

11.4.1.3 В состав главной электрической схемы ВЭУ, ВЭС, ВДЭС входит электрическое оборудование каждой ВЭУ, включенной в состав ВЭС, электрическое измерительное оборудование, которое постоянно установлено на ВЭУ для выполнения различного рода измерений, все элементы системы сбора и выдачи мощности, включая шины подключения «ввод-вывод», трансформаторы, кабели, ВЛ. Электрическая система ВДЭС включает также электрооборудование дизельных электростанций, входящих в состав ВДЭС.

11.4.1.4 Главная электрическая схема электростанции должна обеспечивать:

- заданную надежность электрораспределения;

- требуемое количество и качество электрической энергии;

- возможность проведения ремонтных и регламентных работ на агрегатах и оборудовании без прекращения подачи энергии потребителям;

- совместную параллельную работу генераторов в соответствии с техническим заданием на проектирование;

- заданную категорийность электроснабжения потребителей;

- электроснабжение агрегатов собственных нужд.

11.4.1.5 Главная электрическая схема ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, подключенных к энергосистеме, должна отвечать следующим требованиям:

- отказ любого выключателя (в том числе и в период ремонта любого другого выключателя) не должен приводить к потере мощности, большей, чем это определено энергосистемой и приводить к выпадению двух линий транзита одного направления;

- отключение присоединений в распределительных устройствах повышенного напряжения должно производиться: линий – не более чем двумя выключателями; электрических блоков – не более чем тремя выключателями;

- ветрогенераторы должны присоединяться к повышающим трансформаторам со стороны автоматических выключателей ВЭУ, как правило, рассчитанных на отключение максимального тока короткого замыкания; для укрупненных электрических блоков должны применяться автоматические выключатели, обеспечивающие отключение каждого генератора ВЭУ при возникновении тока короткого замыкания.

11.4.2 Электротехническое оборудование выдачи мощности

11.4.2.1 Повышающие трансформаторы, автотрансформаторы связи, как правило, принимаются трехфазные. В случае невозможности изготовления трех-

фазных трансформаторов, автотрансформаторов необходимой мощности или транспортных ограничений применяются группы из двух трехфазных или группы из однофазных трансформаторов, автотрансформаторов.

Мощностью повышающих трансформаторов определяется мощность электрического блока.

11.4.2.2 В главных электрических схемах ВЭУ, ВЭС, ВДЭС рекомендуется применять следующие типы электрических блоков:

- одиночный блок (генератор-трансформатор);
- укрупненный блок (несколько генераторов, подключенных к одному общему повышающему трансформатору или к одной группе однофазных трансформаторов);
- объединенный блок (несколько одиночных или укрупненных блоков, объединенные между собой без выключателей на стороне высшего напряжения повышающих трансформаторов).

11.4.2.3 Выбор типа электрического блока и мощности трансформатора определяется назначением и типом ветрогенератора, его мощностью, количеством ветрогенераторов, схемой размещения ВЭУ на площадке и размещением трансформаторов, связью трансформаторов с распределительными устройствами повышенного напряжения.

11.4.2.4 Суммарная мощность силовых трансформаторов электростанции между шинами отбора мощности от генераторов и шиной распределительного устройства должна обеспечивать передачу полной мощности, вырабатываемой генераторами, за исключением мощности, потребляемой для собственных нужд электростанций, и нагрузок, подключенных к распределительному устройству.

11.4.2.5 Выбор коммутационного, защитного, измерительного, ремонтного и другого электротехнического оборудования для всех напряжений выполняется в проекте.

Электротехническое оборудование выдачи мощности напряжением 110 кВ и выше компонуется в распределительном устройстве повышенного напряжения, которое может выполняться в виде открытого распределительного устройства (ОРУ) или закрытого распределительного устройства (ЗРУ).

ЗРУ повышенного напряжения размещается на территории ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с учетом направлений линий выдачи мощности.

11.4.2.6 Для ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, сооружаемых в сложных топографических и климатических условиях, для напряжений 110 кВ и выше рекомендуется применять комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией.

11.5 Общестанционное электротехническое оборудование

11.5.1 Общестанционное электротехническое оборудование должно включать оборудование и средства, обеспечивающие: электроснабжение потребителей собственных нужд ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, наружное и внутреннее освещение, телефонную связь и сигнализацию, систему управления технологическим процессом ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

11.5.2 Питание собственных нужд переменного тока должно обеспечиваться как минимум от двух независимых источников питания, в качестве которых должны использоваться обмотки генераторного напряжения повышающих трансформаторов и обмотки низкого напряжения автотрансформаторов связи распре-

делительных устройств повышенного напряжения. Питание потребителей постоянного тока должно выполняться от аккумуляторных батарей.

11.5.3 Внутреннее освещение помещений, наружное освещение сооружений и территории ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должно отвечать соответствующим нормам освещенности и требованиям по обеспечению надежности рабочего и аварийного освещения и освещения путей эвакуации.

11.6 Электрическая часть ВЭУ

11.6.1 В соответствии с ГОСТ Р 51991 электрическая система ВЭУ российского производства, включая все электрическое оборудование и компоненты, например: контроллеры, генераторы, должна соответствовать установленным требованиям государственной системы стандартизации Российской Федерации.

11.6.2 Конструкция электрической системы ВЭУ должна гарантировать максимальный уровень безопасности для людей и животных в соответствии с ГОСТ 12.1.019. Возможность нанесения ущерба самой ВЭУ, внешней сети в процессе эксплуатации и технического обслуживания, как в нормальных, так и в экстремальных условиях, должна быть минимальной.

11.6.3 Каждое электрическое устройство должно выдерживать все проектные условия окружающей среды, а также механические, химические и тепловые напряжения, воздействию которых оно может подвергаться при эксплуатации.

Каждое электрическое устройство, выбранное по его мощностным характеристикам, должно обеспечивать требуемые функции в расчетных случаях нагружения, включая условия неисправности ВЭУ.

11.6.4 Оборудование ВЭУ, поступающее по импорту, эксплуатация которого возможна в климатических условиях России, должно соответствовать международным стандартам. Для ВЭУ, имеющих электрические схемы, рассчитанные на напряжение более 1 000 В переменного тока или 1 500 В постоянного тока, должны быть указаны использованные при конструировании и изготовлении стандарты.

11.6.5 Конструкция электрической системы должна учитывать пульсирующий характер энергии, выработанной генераторами ВЭУ.

11.6.6 Электрическая система ВЭУ российского и импортного производства в части электромагнитной совместимости должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51317.6.1, ГОСТ Р 51317.6.3.

11.6.7 Любая цепь электрической системы ВЭУ, которая может самовозбуждаться, должна иметь защиту от повышения напряжения и защиту от недопустимого падения напряжения в сети.

11.6.8 Если в цепи генератора ВЭУ предусмотрены устройства, не допускающие его самовозбуждение, то в соответствующей документации должно быть указано, что самовозбуждение генератора возникнуть не может.

11.6.9 В электрической системе ВЭУ должны быть предусмотрены устройства, обеспечивающие защиту от повреждений, отказов и неправильной работы, как собственной электрической системы, так и сети подключения. Данные меры должны быть приняты в том случае, когда перечисленные неисправности могут привести к опасным состояниям ВЭУ или стать причиной опасных условий работы.

11.6.10 В конструкции ВЭУ должны быть предусмотрены вспомогательные электрические схемы с независимым источником питания (система собственных нужд) и отключающим устройством для освещения, обеспечения технологических процессов и осуществления мер безопасности во время технического обслуживания или ремонта. Данные вспомогательные схемы должны находиться под напряжением в то время, когда все остальные электрические схемы отключены.

11.6.11 Должна быть предусмотрена возможность отключения электрической системы ВЭУ от питающих источников электрической энергии, если это требуется по условиям технического обслуживания, ремонта, осмотра или испытаний.

11.6.12 Полупроводниковые приборы не могут использоваться в качестве единственных, самостоятельных отключающих приборов и устройств. В качестве отключающих приборов должны использоваться устройства с механическим размыканием контактов.

11.6.13 Гармоники выходных токов и искажения формы синусоиды напряжения силовых регулирующих устройств, таких как: инверторы, силовые электронные регуляторы, компенсаторы реактивной мощности; - должны быть согласованы с релейной защитой сети. Гармоники напряжения, созданные генератором ВЭУ, должны быть такими, чтобы суммарное искажение формы синусоиды в точках подключения к сети не превышало бы предельного напряжения сети.

11.6.14 Допускаемая перегрузка генератора ВЭУ по току и мощности и время работы с перегрузками должна соответствовать требованиям стандартов или технических условий на генератор конкретного вида в соответствии с ГОСТ Р 51991.

11.7 Трансформаторы собственных нужд

11.7.1 Мощность трансформаторов собственных нужд электростанции определяют при проектировании. Мощность собственных нужд ВЭУ не должна превышать 10% установленной мощности генераторов ВЭУ.

11.7.2 Электроснабжение собственных нужд электростанции рекомендуется выполнять на напряжение 380 В, частотой 50 Гц по трехфазной четырехпроводной схеме с глухозаземленной нейтралью от распределительных устройств 0,4 кВ, подключаемых на шины генераторного напряжения непосредственно для электростанций с генераторами более высокого напряжения - через понижающие трансформаторы.

11.7.3 На распределительных устройствах 0,4 кВ в цепях защиты и управления электроприемниками собственных нужд должны быть установлены автоматические выключатели.

11.7.4 Подключение взаиморезервирующих электроприемников собственных нужд электростанции, как правило, следует предусматривать к разным секциям распределительного устройства 0,4 кВ с использованием АВР.

11.8 Распределительные устройства

11.8.1 Помещения и конструкции распределительных устройств должны быть выполнены из несгораемых материалов.

11.8.2 Помещения для распределительных устройств напряжением до 1 кВ рекомендуется оборудовать фальшполами или кабельными каналами, закрытыми

рифленым железом или огнестойкими плитами с пылеотталкивающим покрытием.

11.8.3 В помещениях для распределительных устройств рекомендуется размещать:

- низковольтное электротехническое оборудование;
- комплектные устройства управления энергетической установкой;
- силовые распределительные щиты (шкафы, пульты, щитки) приема и распределения электроэнергии напряжением 0,4 кВ;
- устройства управления, защиты и коммуникации электропитающих установок оперативного постоянного тока;
- выпрямительные устройства;
- щиты, шкафы, пульты диспетчеризации и телемеханики;
- релейные щиты;
- устройства и аппараты управления и защиты электроприемниками собственных нужд электростанции.

11.8.4 Распределительное устройство трансформаторных подстанций выше 1 кВ должно размещаться в отдельном помещении с самостоятельными запирающимися входами для обслуживания персоналом ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

Размещение РУ до 1 кВ и выше в одном помещении допускается только при условии их эксплуатации персоналом одной организации.

11.8.5 Электрические распределительные устройства напряжением до 1 кВ для силовой и осветительной сетей должны располагаться на расстоянии не менее 6 м от неогражденных токопроводов.

11.9 Электрическое освещение

11.9.1 Помещения электростанций с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение, выполненное в соответствии со строительными нормами и правилами [15].

Разряд зрительной работы для машинного зала - VIII-в., а для щитов управления (на фасаде щита) при постоянном обслуживании - IV-г.

Уровень освещенности на местах управления - 100 лк, местах обслуживания – 50 лк.

Должно быть предусмотрено рабочее и аварийное освещение.

11.9.2 Электростанции должны иметь рабочее, аварийное, местное и ремонтное освещение, выполненное в соответствии с требованиями строительных норм и правил [16].

11.9.3 Рабочее и аварийное освещение должно быть подключено к разным шинам распределительного устройства 0,4 кВ.

В аварийном режиме аварийное и эвакуационное освещение должно осуществляться от отдельного независимого внешнего источника питания или местного (аккумуляторная батарея, двигатель-генераторная установка) или автоматически на него переключаться.

При технической нецелесообразности питания аварийного и эвакуационного освещения допускается применение ручных световых приборов с аккумуляторами или сухими элементами.

11.9.4 В качестве источника аварийного освещения должны использоваться:

- аккумуляторные батареи, предназначенные для аварийного освещения;
- аккумуляторные батареи источника оперативного тока;
- стартерные аккумуляторные батареи двигатель-генераторов.

11.9.5 Напряжение ремонтного освещения, от которого питаются ручные светильники и электрифицированный инструмент, не должно превышать 42 В.

11.9.6 Штепсельные розетки сети ремонтного освещения должны отличаться от сети рабочего освещения.

11.9.7 Выбор светильников и способа прокладки сетей освещения следует производить с учетом требований к помещениям по взрывопожарной и пожарной опасности, приведенным в правилах [17].

11.9.8 В помещениях ВДЭС с взрывоопасными зонами любого класса со средой, для которой не имеется светильников необходимого уровня взрывозащиты, допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

- через неоткрывающиеся окна без фрамуг и форточек, снаружи здания, причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла или стеклянные кожухи;
- через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;
- через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;
- в коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом. В местах, где возможны поломки стекол, для застекления коробов следует применять небьющееся стекло.

11.10 Оперативный ток

11.10.1 В качестве источника оперативного тока для питания устройств управления, сигнализации и релейной защиты элементов главной схемы и собственных нужд электростанции с высоковольтными генераторами, автоматизированными по 2-й и 3-й степени – по ГОСТ 14228, должны применяться стационарные аккумуляторные батареи напряжением 220 В.

Включение аккумуляторной батареи на шины постоянного тока должно осуществляться через автоматический выключатель.

11.10.2 На дизельной электростанции, входящей в состав ВДЭС, устанавливается одна аккумуляторная батарея, емкость которой определяется длительностью питания электродвигательной нагрузки (приводы насосов масло- и топливопрокачки) и нагрузки аварийного освещения.

11.10.3 В качестве источника оперативного тока для питания устройств управления, сигнализации и релейной защиты элементов главной схемы электрических соединений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с высоковольтными генераторами, автоматизированных по 1-й степени – по ГОСТ 14228, должны применяться:

- шкафы управления оперативным током с встроенными аккумуляторными батареями, подзарядными устройствами и коммутационной аппаратурой с выходным напряжением 220 В;
- устройства комплектные питания электромагнитных приводов включения масляных выключателей с выходным напряжением 220 В.

При использовании высоковольтных распределительных устройств, выполненных на переменном оперативном токе, источником оперативного тока является силовая сеть собственных нужд напряжением 220 В (линейное напряжение сети 380 В).

11.10.4 Источники оперативного тока, за исключением аккумуляторных батарей, должны иметь резервирование.

11.10.5 Количество резервных устройств или узлов определяется в зависимости от главной схемы электрических соединений электростанций.

11.10.6 В качестве источника оперативного тока для питания устройств управления, сигнализации и релейной защиты элементов главной схемы электрических соединений электростанций с низковольтными генераторами, автоматизированными по 2-й и 3-й степени – по ГОСТ 14228, следует применять оперативный переменный ток напряжением 220В.

Допускается использование в качестве источника оперативного тока (при ограниченном потреблении) аккумуляторных батарей напряжением 24В, входящих в состав автоматизированных электроагрегатов. При этом их функция должна ограничиваться питанием цепей защиты минимального напряжения на вводных аппаратах.

11.10.7 В качестве источника оперативного тока для питания устройств управления, сигнализации и релейной защиты элементов главной схемы электрических соединений электростанции с низковольтными генераторами, автоматизированными по 1-й степени – по ГОСТ 14228 и собственных нужд всех станций, должен применяться оперативный переменный ток напряжением 220 В. В качестве источника оперативного тока должна использоваться сеть вторичного напряжения собственных нужд.

В схемах с центральным питанием оперативно-переменного тока должно выполняться резервирование шин от разных источников, что обеспечивает сохранение питания шин при возможных аварийных режимах (питание шин от двух секций распределительного устройства 0,4 кВ).

11.11 Кабельные линии и электропроводка

11.11.1 При выборе и монтаже электропроводки должны учитываться требования пожаробезопасности. В пожароопасных зонах ВДЭС любого класса кабели и провода должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

11.11.2 При проектировании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС рекомендуется применять кабели с медными жилами.

Кабели управления, контроля, сигнализации и силовые кабели от генераторов до распределительного устройства должны быть только с медными жилами.

11.11.3 Бронированные кабели и изолирующие трубы должны использоваться в том случае, когда имеется вероятность повреждения кабелей грызунами и другими животными. Подземные кабели должны располагаться на такой глубине, чтобы избежать повреждений от передвижной техники, обслуживающей ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, и сельскохозяйственных машин.

11.11.4 В случае применения кабелей, не защищенных изолирующими трубами или защитными каналами, линии расположения кабелей должны быть маркированы лентами разметки или специальными укрытиями для кабеля.

11.11.5 Трассы кабельных линий должны выбираться с учетом:

- удобства осмотра и ремонта;
- обеспечения сохранности кабеля от механических повреждений, нагрева, вибрации;
- наиболее экономного расхода кабеля.

11.11.6 Каждая кабельная линия должна иметь маркировку в соответствии с кабельным журналом.

11.11.7 В стальных и других механически прочных трубах, рукавах, коробках и лотках допускается совместная прокладка проводов и кабелей, за исключением взаиморезервируемых:

- всех цепей одного электроагрегата;
- силовых и контрольных цепей нескольких машин, щитов, пультов и т.п., связанных единым технологическим процессом;
- цепей нескольких групп одного вида освещения (рабочего или аварийного) с общим числом проводов в трубе не более 8;
- осветительных цепей напряжением до 42 В с цепями напряжением 380 В при условии заключения проводов цепей до 42 В в отдельную изоляционную трубу.

11.11.8 Совместная прокладка цепей рабочего и аварийного освещения в одной трубе, коробе или лотке не допускается.

11.11.9 Электропроводка должна соответствовать условиям окружающей среды, конструктивным особенностям помещений и требованиям пожарной безопасности.

11.11.10 В кабельных сооружениях, производственных помещениях и помещениях для электропроводок следует применять провода и кабели с оболочками из материалов, не распространяющих горение.

11.12 Заземление

11.12.1 Конструкция электрооборудования, входящего в состав ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна обеспечивать возможность заземления, выполненного в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0.

11.12.2 Конструкция ВЭУ производства Российской Федерации для обеспечения нормальной работы электрических систем должна иметь систему заземления и молниезащиты в соответствии с ГОСТ 12.1.030.

11.12.3 Электрооборудование ВЭУ должно иметь заземляющие зажимы для подключения нулевого защитного и нулевого рабочего проводников, а также знаки заземлений, выполняемые – по ГОСТ 12.2.007.0.

11.12.4 Типы систем токоведущих проводников и систем заземления должны устанавливаться – по ГОСТ 30331.2.

11.12.5 В проектной документации на оборудование для системы заземления должно быть установлено соответствие типа заземляющих устройств характеристикам грунта и диапазону их изменения, а также прочие условия, которые должны быть в случае необходимости приняты в расчет.

11.12.6 Выбор и установка оборудования для заземления (заземляющие электроды, провода заземления, главные клеммы заземления и заземляющие шины) для отечественного и импортного оборудования должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ Р 50571.10.

11.12.7 Любая электрическая система, находящаяся под напряжением свыше 1000 В переменного тока или 1 500 В постоянного тока, должна иметь возможность заземления токоведущих частей для проведения технического обслуживания.

11.12.8 Электроустановки номинальным напряжением выше 115 В должны иметь заземляющие зажимы для подключения заземления, на который должен быть нанесен знак заземления.

11.12.9 Заземляющие зажимы должны соответствовать требованиям – по ГОСТ 21130.

11.12.10 Для обеспечения мер электробезопасности должно быть предусмотрено заземляющее устройство, к которому присоединяются металлические части электрооборудования и электроустановок в соответствии со строительными нормами и правилами [18].

11.12.11 Защитному заземлению (или занулению) в сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью) подлежат:

- корпуса электрических машин, аппаратов и других электроприемников;
- вторичные обмотки измерительных трансформаторов;
- приводы электрических аппаратов;
- металлические конструкции распределительных устройств (РУ) и щитов, кабельные конструкции и оболочки кабелей и проводов, трубы электропроводок, конструкции шинопроводов и аналогичное оборудование;
- металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей переменным напряжением выше 42 В и постоянным напряжением выше 110 В, проложенных в общих металлических конструкциях вместе с кабелями и проводами, оболочки и броня которых подлежат заземлению (занулению).

11.12.12 Не допускается использование для заземления болтов, винтов, шпилек, выполняющих роль крепежных деталей.

11.12.13 Болт (винт, шпилька) для заземления должен быть размещен на изделии в безопасном и удобном для подключения заземляющего проводника месте. Возле места, в котором должно быть осуществлено присоединение заземляющего проводника, должен быть помещен нанесенный любым способом нестираемый при эксплуатации знак заземления. Размеры знака и способ его выполнения - по ГОСТ 21130, а для светильников - по ГОСТ 17677.

11.12.14 Вокруг болта (винта, шпильки) должна быть контактная площадка для присоединения заземляющего проводника. Площадка должна быть защищена от коррозии или изготовляться из антикоррозийного металла, и не иметь поверхностной окраски.

11.12.15 Должны быть приняты меры против возможного ослабления контактов между заземляющим проводником и болтом (винтом, шпилькой) для заземления (контргайками, пружинными шайбами).

11.12.16 Диаметры болта (винта, шпильки) и контактной площадки должны выбираться по току (см. таблицу 1).

Таблица 1

Номинальный ток электротехнического изделия, А	Номинальный диаметр резьбы для места присоединения, не менее	Диаметр контактной площадки места присоединения, мм	
		на плоскости поверхности	возвышенно относительно поверхности
Св. 4 до 6	М 3	10	7
" 6 " 16	М 3,5	11	8
" 16 " 40	М 4	12	9
" 40 " 63	М 5	14	11
" 63 " 100	М 6	16	12
" 100 " 250	М 8	20	17
" 250 " 630	М 10	25	21
" 630	М 12	28	24

Примечания

1. На токи свыше 250 А допускается вместо одного болта ставить два, но с суммарным поперечным сечением не менее требуемого.

В качестве тока при выборе наименьшего диаметра болта для потребителей и преобразователей электромагнитной энергии следует принимать значение тока, потребляемого изделием от источника (сети), для источников электромагнитной энергии - значение номинального тока нагрузки.

2. Для источников электромагнитной энергии, имеющих несколько номинальных токов, выбор диаметра болта следует производить по наибольшему из этих токов.

11.12.17 Каждая часть установки, оборудованная элементом для заземления, должна быть выполнена так, чтобы:

- была возможность ее независимого присоединения к заземлителю или заземляющей магистрали посредством отдельного ответвления, чтобы при снятии какой-либо заземленной части изделия (например, для текущего ремонта) цепи заземления других частей не прерывались;
- не возникла необходимость в последовательном соединении нескольких заземляемых частей изделия.

11.12.18 Заземление частей изделий, установленных на подвижных элементах конструкции, должно выполняться гибкими проводниками или скользящими контактами.

11.12.19 При наличии металлической оболочки элемент для ее заземления должен быть расположен внутри оболочки. Допускается выполнять его снаружи оболочки или выполнять несколько элементов как внутри, так и снаружи оболочки.

11.12.20 В случае, если размеры изделия малы, а также если болт (винт) заземления установлен при помощи приварки его головки, допускается необходимую поверхность соприкосновения в соединении с заземляющим проводником обеспечивать при помощи шайб. Материал шайб должен соответствовать тем же требованиям, что и материал заземляющего болта (винта, шпильки).

11.12.21 Получение электрического контакта между съемной и заземленной (несъемной) частями оболочки должно осуществляться непосредственным прижатием съемной части к несъемной. При этом в местах контакта поверхности съемной и несъемной частей оболочки должны быть защищены от коррозии и не покрыты электроизолирующими слоями лака, краски или эмали.

11.12.22 Допускается электрическое соединение съемной части оболочки с несъемной заземленной осуществлять через крепящие ее винты или болты при условии, что 1-2 винта или болта имеют противокоррозионное металлическое покрытие, а между головками этих винтов или болтов и съемной металлической частью оболочки нет электроизолирующего слоя лака, краски, эмали или между ними установлены зубчатые шайбы, разрушающие электроизолирующий слой для осуществления электрического соединения или без зубчатых шайб, при условии крепления съемной части к несъемной заземленной шестью и более болтами (или винтами) и отсутствия на съемных частях электрических устройств электрического соединения.

Допускается зубчатые шайбы применять также для электрического соединения заземленной оболочки и аппаратуры, монтируемой в изделии, и устанавливать их для заземления элементов изделия через болтовые соединения.

11.12.23 Элементом для заземления должны быть оборудованы изделия, назначение которых не требует осуществления способа защиты человека от поражения электрическим током, соответствующего классам II и III – по ГОСТ 12.2.007.0.

Примечание -

К классу II должны относиться изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

К классу III следует относить изделия, предназначенные для работы при безопасном сверхнизком напряжении, не имеющие ни внешних, ни внутренних электрических цепей, работающих при другом напряжении.

Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу III только в том случае, если они присоединены непосредственно к источнику питания, преобразующему более высокое напряжение, что осуществляется посредством разделительного трансформатора или преобразователя с отдельными обмотками.

При использовании в качестве источника питания разделительного трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны и между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

Допускается при этом выполнять без элемента заземления и не заземлять следующие изделия:

- предназначенные для установки в недоступных, без применения специальных средств, местах (в том числе - внутри других изделий);
- предназначенные для установки только на заземленных металлических конструкциях, если при этом обеспечивается стабильный электрический контакт соприкасающихся поверхностей;
- части которых не могут находиться под переменным напряжением выше 42 В и под постоянным напряжением выше 110 В;
- заземление которых не допускается принципом действия или назначением изделия.

11.13 Молниезащита ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

11.13.1 Конструкцией ВЭУ должна быть предусмотрена защита от ударов молнии посредством использования молниеотводов, обеспечивающих прохождение тока разряда молнии, минуя подшипники лопастей и главного вала ветроагрегата.

11.13.2 Дополнительные требования по защите от грозовых перенапряжений следует указывать в технических условиях и руководствах по эксплуатации ВЭУ конкретного типа. Рекомендуется при проектировании систем защиты ВЭУ от грозовых перенапряжений руководствоваться требованиями – по ГОСТ 51991.

11.13.3 Нет необходимости защиты от грозовых электрических разрядов тех частей ВЭУ, которым они не могут причинить ущерба.

11.13.4 Система автоматического управления ВЭУ должна быть защищена от электростатического электричества грозоразрядниками, экранами и другими способами.

11.14 Защита от перенапряжений

11.14.1 Защита от перенапряжения должна быть выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51991.

11.14.2 Границы защиты от перенапряжения должны быть выбраны таким образом, чтобы любое перенапряжение, возникшее в электрическом оборудовании, не превышало пределов, определяемых уровнями изоляции оборудования.

11.14.3 Сопротивление электрической изоляции силовых цепей между собой и по отношению к корпусу в соответствии с ГОСТ Р 50783 должно быть не ниже, приведенного в таблице 2.

Таблица 2

Наименование воздействующего фактора	Сопротивление изоляции, МОм, для электрических цепей с номинальным напряжением, В		
	от 115 до 400	6300	10500
Температура воздуха выше 303 К (30 °С), относительная влажность воздуха не более 70 %, атмосферное давление 84 …107 кПа (630 … 800 мм рт.ст.):			
холодное состояние изоляции	3,0	32,0	40,0
горячее состояние изоляции (при работы в установившемся режиме при номинальной нагрузке)	1,0	8,0	10,0
Относительная влажность воздуха 98 % при 298 К (25 °С) и более низких температурах без конденсации влаги	0,5	1,5	2,0

11.14.4 Электрическая изоляция силовых токоведущих частей электроустановок в соответствии с ГОСТ Р 50783 должна выдерживать без повреждения в течение 1 мин. синусоидальное испытательное напряжение частотой 50 Гц, приведенное в таблице 3 (при отключенных конденсаторах и полупроводниковых приборах).

Таблица 3

Номинальное напряжение, В	Испытательное напряжение, В
115, 230	1500
400	1800
6300	18000
10500	25000

11.14.5 Выбор изоляции оборудования и его частей следует определять классом нагревостойкости, уровнем напряжения электрической сети, а также значениями климатических факторов внешней среды.

Значение электрической прочности изоляции и значение ее сопротивления должны указываться в стандартах и технических условиях на конкретные виды изделий.

Допускается для изделий, работающих при напряжении не выше 12 В переменного тока и 36 В постоянного тока, не приводить в указанных документах значения электрической прочности изоляции и ее сопротивления.

11.14.6 Изоляция частей изделия, доступных для прикосновения, должна обеспечивать защиту человека от поражения электрическим током.

Покрытие токоведущих частей изделий лаком, эмалью или аналогичными материалами не является достаточным способом для защиты от поражения при непосредственном прикосновении к частям и для защиты от переброса электрической дуги от токоведущих частей изделия на другие металлические части (кроме тех случаев, когда применяемые для покрытия материалы специально предназначены для создания такой защиты).

11.15 ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, предназначенные для параллельной работы с энергосистемой

11.15.1 При проектировании ВЭС, предназначенных для включения на параллельную работу с энергосистемой, необходимо выполнить оценку устойчивости энергосистемы, к которой ВЭС будет подключена.

11.15.2 При проектировании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть выполнена оценка влияния подключаемой электрической нагрузки на процесс эксплуатации оборудования ВЭУ, ВЭС.

Электрические режимы, возникающие во внутренней сети ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, в точках подключения к внешней электрической сети, должны быть определены. В соответствии с ГОСТ 13109 должна быть обеспечена совместимость оборудования ВЭУ с любым электротехническим оборудованием, расположенным между ВЭУ и внешней электрической сетью.

Внешние условия, накладываемые сетью подключения, должны быть следующими:

- номинальное напряжение и диапазон колебаний, включая условия, при которых ВЭУ остается подключенной/отключенной от сети, на основе установленного номинального диапазона напряжения и продолжительности;
- номинальная частота, диапазон колебаний и темпы изменения, включая условия, при которых ВЭУ остается подключенной/отключенной от сети, на основе установленного номинального диапазона частоты и продолжительности;

- асимметрия напряжений: изменение составляющей обратной последовательности фаз по отношению к составляющей прямой последовательности фаз;
- метод заземления нейтрали;
- метод обнаружения/защиты от замыкания на землю;
- простои: количество отключений от принимающей сети в год;
- циклы повторного автоматического включения;
- график потребления реактивной мощности;
- продолжительность короткого замыкания и величина токов короткого замыкания;
- полное сопротивление короткого замыкания на клеммах ВЭУ (фаза-фаза, фаза-фаза-земля, земля-фаза);
- фоновое нелинейное искажение напряжения сети;
- наличие несущей частоты ВЧ - связи и ее частота;
- профиль падения напряжения в сети, при котором ВЭУ остается подключенной к сети;
- требования к управлению мощностью;
- скорость отслеживания графика нагрузки; и
- другие требования по обеспечению совместимости с сетью.

Примечание - При проектировании ВЭУ может возникнуть необходимость выполнения условия совместимости с сетью подключения. Требования по совместимости с сетью подключения, основывающиеся на требованиях стандартов РФ и обусловленные местными условиями, должны быть предусмотрены на стадии проектирования. Могут быть установлены дополнительные требования:

- тип, назначение и месторасположение ВЭУ;
- мощность ВЭУ;
- наличие, мощность и энергопотребление нагрузки;
- требуемая степень надежности электроснабжения потребителей (категория электроприемников);
- наличие оборудования нужных параметров и надежность его работы;
- размер ущерба при нарушении электроснабжения и недоотпуске электроэнергии потребителям, а также системного ущерба из-за ухудшения режимов работы энергетических систем при отказах элементов ВЭУ

11.15.3 Технические требования к ветроагрегату ВЭУ в составе ВЭС, ВДЭС:

- напряжение: номинальное значение (+-)10%;
- частота тока: номинальное значение (+-)2%;
- асимметрия напряжений: изменение составляющей обратной последовательности фаз по отношению к составляющей прямой последовательности фаз не должно превышать 2%;
- циклы автоматического повторного включения – период цикла первого автоматического повторного включения от 0,1 с до 5 с, второго - от 10 с до 90 с;
- простои - количество отключений от сети - следует принять равным 20 в год. Нормальным следует считать отключение до 6 час, что соответствует продолжительности самой сильной грозы. Отключение продолжительностью до одной недели должно рассматриваться как экстремальное условие.

Примечание – В сложившейся мировой практике проектирования ВЭУ, ВЭС количество отключений от сети электроснабжения в год и наибольшая суммарная продолжительность отключений, которая принимается в расчет ветроагрегата и ВЭУ в целом, регламентируются:

- МЭК 61400-1(2005) Издание 2.0 Системы турбогенераторные ветровые. Часть 1. Требования к конструкции (Wind turbines - Part 1: Design requirements);

- МЭК 61400-2(2006) Издание 1.0 Системы турбогенераторные ветровые. Часть 2. Требования к проектированию небольших ветровых турбогенераторов (Wind turbines-Part 2: Design requirements for small wind turbines).

11.16 Автономные ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

Для ВЭУ, входящих в состав ВЭС, ВДЭС и работающих в автономном режиме, характеристики должны быть в соответствии с ГОСТ Р 51991.

11.16.1 По ГОСТ Р 51991 установившееся отклонение частоты тока при работе на нагрузку в рабочем диапазоне скоростей ветра и изменении нагрузки от холостого хода до мощности, удовлетворяющей расчетной характеристике ВЭУ при соответствующей скорости ветра, не должно быть более:

- мощностью свыше 5 кВт и ВЭУ гарантированного электроснабжения (±)3%.
- переходное отклонение частоты тока по ГОСТ Р 51991– не более (±)10%

11.16.2 Установившееся отклонение напряжения на выходных клеммах ВЭУ в рабочем диапазоне скорости ветра при снижении и увеличении нагрузки от холостого хода до мощности, удовлетворяющей расчетной характеристике ВЭУ при соответствующей скорости ветра, не должно быть более – по ГОСТ 51991:

- для автономных ВЭУ мощностью свыше 5 кВт различного назначения (±)8%

11.16.3 Переходное отклонение напряжения на выходе ВЭУ в рабочем диапазоне скорости ветра при снижении и увеличении нагрузки до мощности, удовлетворяющей расчетной характеристике ВЭУ при соответствующей скорости ветра, не должно быть более (±) 20% номинального значения – по ГОСТ 51991.

11.16.4 Время переходного процесса при снижении и увеличении нагрузки от холостого хода до мощности удовлетворяющей расчетной характеристике ВЭУ при соответствующей скорости ветра, в рабочем диапазоне скорости, не должно быть более 5 с. – по ГОСТ Р 51991.

11.16.5 Коэффициент несинусоидальности кривой выходного напряжения не должен быть более – по ГОСТ 51991:

- 5% для ВЭУ трехфазного тока частотой 50 Гц;
- 8% для ВЭУ однофазного тока и трехфазного тока частотой свыше 50 Гц.

11.16.6 Коэффициент несинусоидальности кривой тока в линии «ВЭС - электрическая сеть» не должен быть более 10% – по ГОСТ 51991.

11.16.7 Коэффициент небаланса линейных напряжений при несимметричной нагрузке фаз с коэффициентом небаланса тока нагрузки 25% номинального значения (при условии, что ни в одной из фаз ток не превышает номинального значения) не должен быть более 10% – по ГОСТ 51991.

11.16.8 Для ВДЭС оборудование, входящее в комплект ДЭС, должно быть в соответствии с СТО 70238424.27.100.054-2009.

11.17 Релейная защита и электроавтоматика ВЭУ

11.17.1 Электрическая система ВЭУ должна содержать устройства, обеспечивающие защиту от опасных условий и состояний, которые могут возникнуть в результате неправильной работы ВЭУ или воздействий внешней электрической сети.

11.17.2 Все электрические устройства должны быть защищены от повреждений, вызываемых перегрузкой или коротким замыканием.

11.17.3 Защитные устройства должны гарантировать, что в случае отключения ВЭУ, энергия, имеющаяся в компонентах электроники и в силовой цепи, не вызовет повреждений. При этом в случае возникновения неисправности в компонентах электроники, играющих важную роль в функционировании ВЭУ, должны быть обеспечены:

- контролируемый останов ВЭУ;
- отключение поврежденной подсистемы.

11.17.4 Должна быть предусмотрена защита от сверхтока.

11.18 Механическое оборудование

11.18.1 Основные положения

11.18.1.1 В состав механического оборудования входят:

- механические системы ВЭУ;
- грузоподъемное и транспортное оборудование;
- защитные металлоконструкции.

11.18.1.2 Механическое оборудование ВЭУ, ВЭС, кроме грузоподъемного и транспортного, является нестандартным и изготавливается по индивидуальным проектам, утвержденным в установленном порядке.

11.18.1.3 Состав, размещение, типы, параметры, технологические функции и режим эксплуатации механического оборудования в целом и каждого его вида задаются в проекте ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и определяются типом станции, составом и компоновкой ее сооружений, параметрами и количеством основного оборудования, режимом эксплуатации оборудования.

11.18.1.4 Условия работы каждого вида механического оборудования определяется, помимо исполняемых технологических функций, компоновкой сооружений станции, размещением ВЭУ на площадке, оборудования в сооружениях, температурно-климатическими условиями района размещения станции.

11.18.1.5 Состав, параметры, условия и режим эксплуатации механического оборудования разрабатываются на период постоянной эксплуатации станции с учетом этапности возведения сооружений, строительного периода и временной эксплуатации объекта.

11.18.2 Механические системы ВЭУ

11.18.2.1 Механическая система ВЭУ может состоять из:

- элементов трансмиссии: коробки (коробок) передач, мультипликатора, вала (валов), соединительной муфты (муфт);
- вспомогательных устройств: тормоза, привода управления лопастями, привода управления механизмом поворота (рысканием);
- вспомогательные устройства могут иметь электрический привод, гидравлический или пневматический.

11.18.2.2 При конструировании механических систем должны быть приняты конструктивные меры, обеспечивающие невозможность разборки и повторной сборки деталей и узлов в том случае, когда повторная сборка не может быть произведена с гарантированным качеством и без ошибок, опасных для обслуживающего персонала и/или приводящих к опасному состоянию ВЭУ. В том случае, когда данное условие невозможно осуществить конструктивно, рекомендуется для

обслуживающего персонала ВЭУ предусмотреть соответствующие надписи на таких элементах или на их кожухах.

11.18.2.3 На подвижных частях ВЭУ или на их кожухах должны быть сделаны надписи и указано направление движения, чтобы исключить возможность нанесения ущерба здоровью обслуживающего персонала или повреждений оборудованию ВЭУ.

Прочая необходимая информация указывается в инструкции по управлению и в руководстве по эксплуатации.

11.18.3 Гидравлическая и пневматическая системы

В оборудовании и конструкции вспомогательных устройств с гидравлическим или пневматическим приводом должны быть предусмотрены изолирующие и предохранительные устройства для исключения потенциальной опасности, возникающей при использовании данных видов устройств.

Все трубки и/или шланги, по которым циркулирует рабочее тело (гидравлическая жидкость или сжатый воздух), а также присоединяющиеся к ним детали должны быть сконструированы и рассчитаны таким образом, чтобы выдерживать расчетные внешние и внутренние нагрузки. В конструкции ВЭУ должны быть приняты меры, снижающие до минимума риск повреждения ВЭУ вследствие разрушений в гидравлических и пневматических устройствах.

11.19 Несущие конструкции ВЭУ

11.19.1 Основные положения

11.19.1.1 Несущие конструкции ВЭУ состоят из башни и фундамента. Несущие конструкции являются ответственными видами сооружений. Несущие конструкции ВЭУ должны выдерживать нагрузки, создаваемые ветроагрегатом и действием внешних условий окружающей среды, включая сейсмические нагрузки (для сейсмически активных областей), обледенения, воздействия волн (для ВЭУ, размещенных в море). Для ВЭУ, имеющих площадь ометания ветроколесом более 2 $м^2$, несущие конструкции рассматриваются как часть системы ВЭУ.

11.19.1.2 Несущие конструкции должны соответствовать климатическим параметрам и характеристикам грунтов на площадке установки.

11.19.1.3 При проектировании несущих конструкций следует предусмотреть защиту от коррозии стальных элементов башни.

11.19.1.4 При проектировании фундамента, башни, гондолы и прочего оборудования ВЭУ необходимо предусмотреть предохраняющие ограждения и устройства.

11.19.1.5 Несущие конструкции ВЭУ, предназначенные для размещения в шельфовой зоне, должны иметь устройства для причаливания морских транспортных средств, безопасного доступа обслуживающего и ремонтного персонала, защиту от воздействия льда и волн.

11.19.2 Динамические нагрузки, действующие на несущие конструкции

При проектировании ВЭУ должны быть приняты меры для исключения возможности возникновения повышенного уровня вибраций и резонансных явлений в несущих конструкциях. Резонансные частоты должны быть определены и исключена возможность длительной работы ВЭУ в опасных спектрах частот.

11.19.3 Учет факторов окружающей среды при конструировании несущих конструкций

Несущие конструкции ВЭУ должны выдерживать все внешние условия, перечисленные в Приложениях Д и Г. В проектной документации должны быть отражены подробные расчеты несущих элементов конструкции.

Проектировщик оборудования должен разработать подробную инструкцию по возведению и монтажу несущих конструкций с указанием предельно допустимых значений климатических факторов при проведении строительно-монтажных работ. Проектировщик должен указать проектные условия окружающей среды для ВЭУ в инструкциях по эксплуатации и проектной документации

11.19.4 Требования к заземлению несущих конструкций

Несущие конструкции ВЭУ, включая тросовые растяжки, должны иметь устройства для заземления – по ГОСТ Р 50571.10.

Для ветротурбин с площадью ометания ветроколеса более 2 м^2 проектировщик должен задавать требования к фундаменту, в том числе указать схему фундамента и расположение заземляющих элементов. Если применяются тросовые растяжки, то необходимо дать рекомендации по их размещению, указать их число и привести требования по установке тросовых растяжек. Проектировщик должен предоставить подробные чертежи фундамента ВЭУ с указанием проектных почвенных условий и проектных нагрузок на фундамент.

11.19.5 Определение проектных нагрузок на несущие конструкции ВЭУ

Проектные нагрузки определяются в соответствии с Приложениями Д и Г.

При составлении расчетной схемы несущих конструкций ВЭУ в числе проектных нагрузок должны быть представлены нагрузки, возникающих при нормальном обслуживании ВЭУ, в том числе при подъёме на башню обслуживающего и ремонтного персонала, при подъеме и опускании грузов с помощью установленного на несущих конструкциях подъемного оборудования. Данные нагрузки должны быть отражены в проектной документации и в инструкции по эксплуатации оборудования ВЭУ.

Расчеты должны быть проведены по предельной прочности, усталости, устойчивости. Для стальных трубчатых конструкций башни должна быть выполнена проверка на скручивание.

11.20 Технические системы

11.20.1 В проекте ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть предусмотрены:

- система масляного хозяйства;
- противопожарные системы;
- система хозяйственного и питьевого водоснабжения, канализации; система отопления, вентиляции и кондиционирования (для обеспечения необходимых условий в служебных помещениях объекта разрабатывается в проекте ВЭУ, ВЭС ВДЭС для всех зданий и сооружений в соответствии с действующими санитарно-гигиеническими нормами строительных норм и правил [19] и СТО 70238424.27.100.054-2009);
- система связи и сигнализации;
- автоматическая система управления технологическими процессами в соответствии со строительными нормами и правилами [20];
- система оперативно-диспетчерского управления

11.20.2 Технические системы разрабатываются в проекте ВЭУ, ВЭС ВДЭС в соответствии с требованиями настоящего стандарта и СТО 70238424.27.100.054-2009.

11.20.3 Система масляного хозяйства

В зависимости от мощности ветроэлектростанции в ее проекте должна быть предусмотрена система масляного хозяйства. Система масляного хозяйства предназначена для обеспечения маслонаполненного оборудования ВЭУ, ВЭС ВДЭС комплексом операций, связанных с приемом, хранением, обработкой, распределением и сбором масел, а также консистентных смазок различных марок. Требования к системе масляного хозяйства должны быть в соответствии с СТО 70238424.27.100.054-2009.

11.20.4 Противопожарные системы

11.20.4.1 В проекте ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в соответствии с нормативными требованиями должны быть определены категории помещений, сооружений и зданий по взрывопожарной опасности, а также разработаны мероприятия по оснащению помещений и оборудования средствами автоматической пожарной сигнализации и средствами автоматического пожаротушения.

11.20.4.2 Система противопожарного водоснабжения на ВЭУ, ВЭС ВДЭС должна быть самостоятельной.

Выполнение наружной и внутренней систем противопожарного водоснабжения определяется проектом.

11.20.4.3 Оснащение помещений средствами пожарной сигнализации должно обеспечивать выдачу сигнала о пожаре с указанием конкретного помещения на центральный пункт управления.

11.20.4.4 Помещения ДЭС, входящей в состав ВДЭС, имеющие взрывопожароопасные производства, должны быть обеспечены газоанализаторами с устройством световой и звуковой сигнализации, оповещающими о наличии в помещении опасных концентраций взрывоопасных веществ в соответствии с СТО 70238424.27.100.054-2009.

11.20.4.5 Оборудование, оснащаемое средствами автоматического пожаротушением, должно иметь датчики обнаружения возгорания, от которых должны выдаваться сигнал на открытие запорно-пусковых органов подачи воды или других веществ, используемых для тушения пожара, о срабатывании системы пожаротушения на центральный пункт управления и другие необходимые по технологии тушения пожара сигналы.

11.20.4.6 Пожарная безопасность ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и их агрегатов в соответствии с ГОСТ 12.1.004 должна обеспечиваться в нормальном и в аварийном режиме работы в соответствии с правилами [21].

ДВС, входящие в состав ВДЭС, должны соответствовать ГОСТ 29076.

11.20.4.7 Категории помещений электростанций и классификация зон по взрывопожарной и пожарной опасности должны быть приняты в соответствии с требованиями правил [17].

Категории помещений должны быть установлены путем последовательной проверки их принадлежности к категориям от высшей («А») к низшей («Д») в соответствии с правилами [17].

11.20.4.8 При проектировании противопожарной защиты электростанций автоматическими установками пожаротушения должны быть оборудованы:

- ветроустановки, мощность которых выше или равна средней мощности – по ГОСТ Р 51990;

- стационарные ВДЭС мощностью 200 кВт и более (помещения машинного зала, агрегатных распределительных устройств, расходных баков и насосной ГСМ);

- ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, расположенные в районах северной климатической зоны, независимо от мощности;

- передвижные и контейнерные электростанции.

11.20.4.9 Автоматической пожарной сигнализацией должны быть оборудованы все помещения, не оборудованные автоматическими установками пожаротушения.

11.20.4.10 Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны быть спроектированы в соответствии с требованиями правил [22].

11.20.4.11 Проект противопожарного водоснабжения должен соответствовать требованиями строительных норм и правил [12], правил [22].

В сооружениях стационарных электростанций мощностью 100 кВт и более должен быть предусмотрен внутренний противопожарный водопровод.

11.20.4.12 На ВЭУ, ВЭС ВДЭС должны быть предусмотрены первичные средства пожаротушения в соответствии с требованиями нормативно-технических документов.

11.20.4.13 Выбор электрооборудования для помещений ВДЭС и наружных установок, являющихся пожароопасными, производится в соответствии классом пожароопасных зон.

11.20.4.14 Классы пожароопасных зон:

- зоны класса П-1 — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие; жидкости с температурой вспышки выше 61 °С;

- зоны класса П-П — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха;

- зоны класса П-Па — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;

- зоны класса П-Ш — зоны, расположенные вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества;

- зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в котором постоянно или периодически обращаются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей, либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих паров, пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным;

- зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным;

- зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с рециркуляцией возду-

ха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-П, относятся тоже к пожароопасным зонам класса П-П;

- зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона.

11.20.4.15 Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями, обслуживающих пожароопасные зоны класса П-П и пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели должны быть выбраны, как для пожароопасной зоны класса П-П.

11.20.4.16 При выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, необходимо учитывать условия окружающей среды (например, химическую активность, атмосферные осадки).

11.20.4.17 В пожароопасных зонах любого класса должны быть предусмотрены меры для снятия статических зарядов с оборудования.

11.20.4.18 Неподвижные контактные соединения в пожароопасных зонах должны выполняться сваркой, опрессовкой, пайкой или свинчиванием.

11.20.4.19 В случае наличия на ВДЭС пожароопасных зон выбор оборудования, электропроводки, токопроводов, воздушных и кабельных линий должен быть осуществлен с учетом класса пожароопасной зоны.

11.20.4.20 При проектировании силового электротехнического оборудования и их элементов для снижения пожарной опасности следует:

- исключить использование в конструкции изделий легковоспламеняющихся материалов. Пожарная безопасность оборудования и его элементов должна быть обеспечена как в нормальном, так и в аварийном режиме работы (например, короткое замыкание, перегрузка, плохой контакт);
- ограничить массу горючих материалов, а также использовать негорючие;
- ограничить проникновение горючих материалов (веществ) извне к пожароопасным узлам электротехнических устройств;
- использовать конструкции устройств, обеспечивающих предотвращение выброса раскаленных и (или) горячих частиц;
- предусмотреть в конструкции оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и установок средства и элементы электротехнической защиты, снижающие вероятность возникновения пожара;
- применять устройства с минимальным количеством контактных точек на полюс;
- исключить применение материалов и устройств, способных выделять токсичные продукты горения в количествах, представляющих опасность для жизни и здоровья людей;
- предусмотреть контроль и ограничение температуры возможных источников зажигания, выбрать режим работы электротехнического оборудования, обеспечивающий условия пожаровзрывобезопасности веществ и материалов;
- применить средства автоматического отключения оборудования и устройств в аварийном режиме работы (перегрузка, перегрев, короткое замыкание), выполненные из электроизоляционных материалов.

11.20.4.21 В конструкции системы управления и безопасности ВЭУ должен быть предусмотрен надежный способ обесточивания ВЭУ в случае возникновения пожара на ВЭУ или вблизи нее.

11.20.4.22 В руководстве по эксплуатации должен быть установлен размер опасной зоны вокруг ВЭУ, в которой категорически запрещается находиться персоналу в случае возникновения пожара вследствие короткого замыкания.

11.20.4.23 Топливные баки и топливопроводы ВДЭС не должны быть расположены вблизи источников тепла, а также вблизи коммутационной аппаратуры или должны быть защищены теплоизоляцией от нагрева

11.20.4.24 Поршневые двигатели должны быть снабжены средствами, предотвращающими попадание капель или струй топлива и масла на горячие поверхности, электрические устройства и в систему впуска воздуха в соответствии с СТО 70238424.27.100.054-2009.

11.20.4.25 Для ВДЭС, имеющих в своем составе двигатели внутреннего сгорания, защита от пламени и искр должна быть разработана так, чтобы возникающее пламя или взрыв гасли внутри и не проникали в пожароопасную среду в соответствии с СТО 70238424.27.100.054-2009.

11.20.4.26 Для тушения при возгорании газа должны применяться углекислотные, пенные или порошковые огнетушители, сухой песок или земля, асбестовое полотно.

11.20.5 Система отопления вентиляции и кондиционирования

11.20.5.1 При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования помещений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС необходимо соблюдать требования строительных норм и правил [23].

11.20.5.2 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны в производственных помещениях должны быть в соответствии с ГОСТ 12.1.005. При отсутствии постоянных рабочих мест температуру и влажность воздуха принимают по техническому заданию.

11.20.5.3 Система вентиляции машинного зала ДЭС, входящей в состав ВДЭС, принимается из расчета ассимиляции теплопоступлений в машинный зал и разбавления газовых вредностей от всех рабочих электроагрегатов, оборудования и коммуникаций.

11.20.5.4 Система приточной вентиляции машинного зала должна быть с принудительным или естественным побуждением, а система вытяжной вентиляции – с принудительным побуждением.

Все системы приточной и вытяжной вентиляции должны быть оборудованы фильтрами.

11.20.5.5 Самостоятельную вытяжную систему вентиляции с механическим побуждением следует предусматривать из помещений насосных и хранилищ ГСМ, входящих в состав ВДЭС. При этом допускается устройство общей или отдельных систем.

11.20.5.6 Отопление и вентиляция служебных помещений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть выполнена в соответствии с требованиями строительных норм и правил [10], [23].

11.20.5.7 Все вентиляционные системы помещений должны отключаться автоматически при пожаре в любом из помещений электростанций.

11.20.5.8 Для помещений, в которых возможно выделение больших количеств взрывоопасных паров и газов, должна предусматриваться аварийная вытяжная вентиляция, имеющая автоматическое включение от сигнализирующих устройств, а также ручное включение снаружи помещения.

11.20.6 Система связи и сигнализации

11.20.6.1 Средства связи должны соответствовать структуре оперативно-диспетчерского и хозяйственного управления ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и включать: средства внешней связи, средства внутриобъектной и местной связи, включая громкоговорящую поисковую связь, радиофикацию, пожарную и охранную сигнализацию.

11.20.6.2 Стационарные ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть оборудованы следующими видами связи и сигнализации:

- оперативная связь;
- технологическая связь;
- автоматическая пожарная сигнализация;
- охранная сигнализация.

Передвижные электростанции должны быть оборудованы средствами связи в соответствии с техническим заданием.

11.20.6.3 Сигналы автоматической системы управления и безопасности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны передаваться на дисплей пульта управления оперативного персонала.

11.20.6.4 Технологическая связь должна осуществляться по системе двухсторонней громкоговорящей связи и обеспечивает связь ответственного дежурного электростанции с рабочими местами, в основном и вспомогательных сооружениях.

11.20.6.5 Персонал, осуществляющий работы на ВЭУ, должен быть обеспечен индивидуальными мобильными средствами связи.

11.20.6.6 Сигналы автоматической пожарной сигнализации должны передаваться на пульт дежурного электростанции.

11.20.6.7 Необходимость оборудования сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС средствами охранной сигнализации должна быть установлена заказчиком в техническом задании на проектирование.

11.20.6.8 Места установки аппаратуры телефонной сети, автоматической пожарной и охранной сигнализации должны быть определены в техническом задании на проектирование электростанции.

11.20.7 Автоматическая система управления технологическими процессами

11.20.7.1 ВЭУ, ВЭС ВДЭС должна быть оснащена автоматизированной системой управления технологическим процессом производства и выдачи электроэнергии (АСУТП), то есть выполнять функции производства и выдачи электроэнергии без участия персонала станции по сигналам соответствующих датчиков.

Каждая ВЭУ, входящая в состав ВЭС, ВДЭС, должна быть оснащена системой автоматического управления (САУ). АСУТП ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна включать в себя все САУ оборудованием, входящим в состав ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

11.20.7.2 АСУТП и САУ должны выполняться структурно в виде централизованной двухуровневой распределенной системы.

11.20.7.3 АСУТП для управления работой ВЭС, ВДЭС должна быть построена в соответствии с Приложением И.

11.20.7.4 Вспомогательные инженерные системы, обеспечивающие работу механических и электрических установок, должны быть автоматизированы в объеме, необходимом для функционирования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС на различных режимах ее работы, оговоренных в техническом задании на проектирование.

11.20.7.5 Степень автоматизации и объем контроля, сигнализации и автоматического регулирования устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51991, ГОСТ 14228, ГОСТ 10032, ГОСТ 10511, ГОСТ 11928 и требованиями технических условий на электроагрегаты, а также задачами автоматизации технологических процессов.

11.20.7.6 Внутри контейнеров блочно-модульных электроустановок должна предусматриваться система автоматического поддержания температурного режима ДВС, обеспечивающего их надежный пуск.

11.20.7.7 Внутри помещений гондолы ВЭУ климатического исполнения У, УХЛ – по ГОСТ 15150 должна быть предусмотрена система автоматического поддержания температурного режима оборудования.

11.20.7.8 Система автоматизации ДЭС, входящей в состав ВДЭС, должна обеспечивать автоматический пуск и прием нагрузки в автономном режиме работы электроустановок, автоматическую синхронизацию и распределение нагрузки между ними в соответствии с заданной программой.

11.20.7.9 Проектирование импульсных трубных проводок должно проводиться в соответствии со строительными нормами и правилами [24].

11.20.7.10 Длина импульсной линии должна быть не более 50м и выполняться из труб диаметром от 6 до 15мм из материала, соответствующего материалу трубопровода, где осуществляется отбор показаний с учетом технических условий на приборы.

11.20.7.11 Соединительные линии должны прокладываться по кратчайшему расстоянию и должны иметь уклон не менее 0,1.

11.20.7.12 В проекте должны быть предусмотрены мероприятия для слива дренажа из импульсных трубопроводов.

11.20.8 Система оперативно-диспетчерского управления

11.20.8.1 В условиях работы ВЭУ, ВЭС, ВДЭС параллельно с энергосистемой в проектах должны быть предусмотрены автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ), обеспечивающие решение задач оперативно-диспетчерского управления производством и передачей электрической и тепловой энергии.

11.20.8.2 Система оперативно-диспетчерского управления ВЭУ, ВЭС, ВДЭС может проектироваться как самостоятельная система, так и интегрироваться в состав автоматизированной системы централизованного диспетчерского управления.

11.20.8.3 Основными задачами оперативно-диспетчерского управления являются:

- автоматизированный контроль (локальный или дистанционный) за основными параметрами, характеризующими режимы работы отдельных ВЭУ (для ВДЭС - ДЭС) и потребителей электрической и тепловой энергии, а также их техническое состояние;
- автоматизированное управление основными технологическими процессами в соответствии с заданным режимом;
- автоматизированное обнаружение аварий, перевод электростанции на функционирование в аварийном режиме;

- накопление и передача информации в необходимой форме и количестве, обеспечение на этой основе экономии тепловой энергии, ресурса энергоустановок, а также расходных сред и теплоносителей;

- проведение оперативно-технического обслуживания персоналом.

11.20.8.4 Состав объектов диспетчеризации, а также состав контролируемых и регулируемых диспетчерским управлением параметров определяется техническим заданием заказчика на создание АСДУ и АСУТП.

12 Требования для обеспечения эксплуатации, технического обслуживания и ремонта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

12.1 Службы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта

12.1.1 В проекте организации эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС при участии заказчика проекта должны быть определены:

- организационная структура управления;

- численность промышленно-производственного персонала и примерное штатное расписание;

- организация технического обслуживания и ремонта оборудования, технологических систем, зданий, сооружений.

- На основании этих данных должны быть определены:

- номенклатура и площадь производственных, служебных, бытовых и вспомогательных помещений;

- оснащение лабораторий, мастерских, технологических групп и участков, служебных помещений;

- для ВЭС морского размещения – оснащение дока и судоходным транспортом.

Проект должен быть разработан для условий постоянной эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

12.1.2 В проекте организации эксплуатации должны быть решены задачи по организации ремонта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с учетом наличия специализированных ремонтных предприятий; система управления ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна учитывать специфические особенности каждой электростанции.

12.1.3 Номенклатура и площади помещений зданий ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть определены в соответствии с принятой организацией технического обслуживания и ремонта, организационной структурой управления и численностью промышленно – производственного персонала.

12.1.4 При проектировании служебных и вспомогательных производственных помещений должны быть обеспечены условия для нормального и эффективного функционирования систем управления предприятием, рациональное размещение производственных помещений и служб, а также создание благоприятных условий труда для эксплуатационного персонала.

12.1.5 При наличии базовой электростанции рекомендуется использовать ее производственные помещения, лаборатории, столовую (буфет), здравпункт, кабинеты технической учебы, архивы, бытовые помещения для обеспечения нужд ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

12.1.6 В зависимости от мощности электростанции рекомендуется предусматривать помещения структурных подразделений, ответственных за эксплуатацию оборудования и технических систем, которые должны быть размещены в служебно-производственном корпусе.

Механические мастерские рекомендуется размещать в районе монтажной площадки.

Столярная мастерская, колерная, склад стройматериалов и металлопроката, гараж, авторемонтная мастерская и прочие аналогичные помещения должны быть размещены на хозяйственном дворе.

Док, предназначенный для обслуживания ВЭУ, ВЭС морского базирования, должен находиться максимально близко к акватории размещения ВЭУ.

12.1.7 При размещении служебных и производственных помещений рекомендуется стремиться к сокращению пути персонала от указанных помещений к площадке, на которой установлены ВЭУ.

12.1.8 Проектировщик оборудования в руководстве по эксплуатации должен указать, что эксплуатация и техническое обслуживание ВЭУ, ВЭС должно осуществляться специально обученным, подготовленным и аттестованным персоналом в соответствии с СТО 70238424.27.100.061-2009.

12.2 Документация по эксплуатации

12.2.1 Руководство по эксплуатации является обязательным документом, который проектировщик ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен разработать на основе руководств по эксплуатации отдельных узлов и конструкций, входящих в состав проекта, и предоставить заказчику.

Руководство по эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должно включать:

- сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частей;
- описание технологии использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования;
- требования по безопасности труда, взрыво-, пожаробезопасности, специфические для данной установки, объекта;
- описание области устойчивой работы систем и интервалы соответствующих параметров;
- процедуры нормального включения и выключения;
- порядок и рекомендации по обслуживанию и ремонту;
- процедуры по контролю работоспособности системы защиты и управления;
- критерии оценки технического состояния оборудования при определении необходимости отправки его в ремонт;
- список рекомендованных запасных и расходных материалов и деталей, перечень изнашивающихся деталей и элементов конструкции с обозначением критериев их замены;
- список требующихся инструментов и приспособлений;
- комплект чертежей по сборке в полевых условиях и по установке и монтажу оборудования;
- руководство по выявлению и устранению неисправностей;

- графики осмотра и подтяжки растяжек и болтовых соединений, графики проверки контролируемых ответственных резьбовых соединений, включая контроль осевого растяжения и момента в резьбе;
- график проведения работ по осуществлению смазки, предписывающий частоту смазывания и виды смазок или других специальных жидкостей;
- установленные интервалы, через которые должны проводиться технические обслуживания;
- полную электрическую схему и схему межэлементных соединений;
- перечень возможных аварийных ситуаций;
- порядок действий в аварийных ситуациях;
- действия персонала при пожаре;
- сведения по утилизации изделия и его составных частей.

Руководство по эксплуатации должно быть написано на русском языке.

12.2.2 В процессе эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должно быть организовано ведение журналов по техническому обслуживанию и эксплуатации.

В журнале «Техническое обслуживание и эксплуатация» должна быть отражена следующая информация:
- маркировка ветроагрегатов;
- величина выработанной энергии;
- длительность времени работы;
- время пребывания в отключенном состоянии;
- дата и время выявления отказов;
- дата и время проведения планового обслуживания и ремонтов;
- описание причин отказов и обслуживания;
- описание предпринятых действий;
- перечень замененных деталей.

13 Требования по обеспечению работоспособности и безопасности эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в чрезвычайных ситуациях

13.1 Общие положения

13.1.1 При проектировании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть обеспечена их живучесть в случае возникновения возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) в процессе эксплуатации. Должны быть учтены:
- ветровые явления ураганной силы в соответствии с Приложением Д настоящего стандарта;
- образование нагонных, ветровых волн в акватории ВЭУ, ВЭС морского размещения;
- экстремально низкие температуры воздуха;
- сейсмические явления;
- обледенения;
- пыльные бури;
- удары молний;
- чрезвычайные условия техногенного характера, связанные с пожаром, нарушением прочности и разрушением технологического оборудования в резуль-

тате нарушения условий и требований эксплуатации оборудования и сооружений (в т.ч. вызванные террористическими актами).

13.1.2 ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в обязательном порядке должны быть оснащены структурированными системами мониторинга и управления инженерными системами и системами мониторинга состояния сооружений (СМСС), как неотъемлемым элементом автоматизированных систем управления объектом. СМСС должны создаваться в целях обеспечения гарантированной устойчивости функционирования системы процессов жизнеобеспечения на контролируемых объектах и выступать как средство информационной поддержки принятия решения по предупреждению и ликвидации ЧС в условиях действия дестабилизирующих факторов в соответствии с СТО 70238424.27.140.011-2008.

13.1.3 В соответствии с действующим законодательством проект ВЭУ, ВЭС, ВДЭС подлежит государственной экспертизе, предметом которой является оценка соответствия проектной документации требованиям технических регламентов. В процессе строительства объекты ВЭУ, ВЭС, ВДЭС подлежат государственном строительному надзору, предметом которого является проверка соответствия выполняемых работ требованиям технических регламентов и проектной документации. Сооружения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, при эксплуатации подлежат декларированию безопасности. Декларация безопасности является обязательной частью проекта.

В проектах сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС для ликвидации их возможных аварий должны предусматриваться технические решения по использованию:

- производственных объектов, транспорта и оборудования базы строительства;
- мостов и подъездных путей в районе и на территории объекта;
- автономных или резервных источников электроэнергии и линий электропередачи;
- других противоаварийных средств оперативного действия.

13.1.4 При проектировании сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть разработаны критерии безопасности сооружений и предусмотрены конструктивно-технологические решения по предотвращению развития возможных опасных повреждений и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в периоды строительства и эксплуатации.

13.1.5 В проектах сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны выполняться расчеты по оценке возможных материальных и социальных ущербов от потенциальной аварии сооружения.

Надлежит также предусматривать мероприятия по снижению негативных воздействий возможных аварий сооружений на окружающую среду.

13.2 Требования по обеспечению работоспособности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС при действии различных дестабилизирующих факторов

13.2.1 Ветровые воздействия, низкие температуры, песчаные бури, удары молний.

13.2.1.1 Все сооружения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, включая несущие конструкции, гондолы, ветроагрегаты, метеорологические мачты, должны быть запроектирова-

ны и построены в соответствии с учетом нагрузок от воздействия факторов окружающей среды в соответствии с Приложением Д настоящего стандарта.

13.2.1.2 Все сооружения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть обеспечены устройствами молниезащиты в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

13.2.2 Учет сейсмических воздействий

Предотвращение повреждений сооружений и оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС при сейсмических воздействиях должно быть обеспечено учетом сейсмических нагрузок, возможных в районе размещения объекта, в проекте объекта в соответствии с нормативами учета этих нагрузок для различных параметров объекта в соответствии со строительными нормами и правилами [11] и Приложением М настоящего стандарта.

13.2.3 Требования предотвращения чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Основными требованиями предотвращения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются:

- строгое выполнение инструкций и правил эксплуатации сооружений, технологического оборудования, технологических и инженерных систем объекта;
- поддержание оборудования в работоспособном состоянии, путем своевременного проведения ремонтных и восстановительных работ;
- использования квалифицированного персонала, прошедшего необходимую подготовку в области должностного круга обязанностей;
- наличие должностных инструкций эксплуатационного персонала с отражением в них требований по действию персонала при ожидании и наступлении чрезвычайных ситуаций, выполнение тренировочных занятий по действию персонала в условиях чрезвычайных ситуаций;
- создание зоны ограниченного доступа на территорию объекта посторонних лиц.

14 Охрана окружающей среды

В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей природной среды» в составе проекта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен быть раздел «Охрана окружающей среды».

Раздел «Охрана окружающей среды» в соответствии Федеральными законами «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и «Об охране окружающей природной среды» должен предусматривать выполнение комплекса мероприятий по охране окружающей среды от загрязнений и рациональному использованию природных ресурсов, оценке воздействия на окружающую среду с учетом фонового загрязнения среды.

14.1 Основные требования

14.1.1 Экологическая безопасность ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна быть обеспечена на этапе предпроектных исследований и в течение всего жизненного цикла ВЭУ, ВЭС, ВДЭС (периода строительства, эксплуатации и ликвидации).

14.1.2 В проект охраны окружающей среды должны быть включены мероприятия по защите природной среды и жизненно важных интересов людей от

возможных негативных воздействий ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, а также чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий.

Должен быть учтен полный перечень возможных воздействий технологического оборудования и систем ВЭУ, ВЭС, ВДЭС. Возможные воздействия должны быть классифицированы по характеру воздействия на окружающую среду и способу их исключения или ограничения.

14.1.3 В проекте должны быть учтены следующие виды воздействий ВЭУ, ВЭС, ВДЭС на окружающую среду:

- электромагнитное;
- экранирующее (затенение радаров);
- воздействие на флору и фауну;
- ландшафтное загрязнение.

Проектные решения по охране окружающей среды должны быть разработаны с учетом оценки воздействия технологического оборудования на окружающую среду района размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

14.1.4 В проекте ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть приведены величины предельно допустимых сбросов (ПДС) масла и других загрязняющих веществ, исходя из установленных предельно допустимых концентраций (ПДК).

14.1.5 Допустимые уровни шума на территории жилой застройки не должны превышать допустимых показателей в соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

14.1.6 Заказчик должен организовать проведение инженерно-экологических изысканий для экологического обоснования строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.

14.1.7 Разработка раздела «Охрана окружающей среды» в составе проекта строительства электростанции должна быть выполнена на основе материалов инженерно-экологических изысканий, выполненных в соответствии с Приложением Б. Раздел «Охрана окружающей среды» должен быть согласован с региональными органами санитарно-эпидемиологического надзора и экологической экспертизы.

14.1.8 Локальная организация мероприятий по сбору и удалению масла должна быть предусмотрена в местах установки маслонаполненного оборудования и на площадках его ремонта путем устройства бортов, поддонов и сливных баков.

14.1.9 Производственные сточные воды, образующиеся на территории открытого маслосклада, от мойки полов, которые могут быть загрязнены маслопродуктами, а также от вспомогательных производств, обеспечивающих эксплуатацию и ремонт основного оборудования, могут приниматься в систему канализации с сооружениями для биологической очистки с выполнением требований допустимых концентраций по нефтепродуктам в соответствии с СТО 70238424.27.140.011-2008.

14.2 Дополнительные требования для ВДЭС

14.2.1 Для проектируемых ВДЭС, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха, устанавливаются санитарно-защитные зоны в соответствии с требованиями строительных норм и правил [9].

Размеры санитарно-защитных зон должны быть обоснованы расчетом концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе и акустическим расчетом. При этом границы санитарно-защитных зон должны быть не менее 50 м от источников загрязнений, если по акустическому расчету не требуется корректировка в сторону ее увеличения.

14.2.2 Величины предельно-допустимых концентраций вредных веществ принимаются в соответствии с действующими в районе застройки электростанции гигиеническими нормами.

14.2.3 В соответствии с требованиями Федерального закона «Об охране окружающей среды» в целях охраны водных объектов от загрязнения, защиты и рационального использования водных ресурсов в проектах ВДЭС должны предусматриваться следующие технологические и санитарно-технические мероприятия:

- схемы оборотного водоснабжения в системах охлаждения технологического оборудования;
- оборудование топливных и масляных систем, хранилищ топлива и масла, машинных залов, участков приема и перекачки ГСМ должно исключать возможность попадания топлива и масла в грунт, поверхностные водоемы и хозяйственно-бытовую канализацию, в том числе и в случаях аварийных ситуаций, с дождевыми и талами водами;
- для очистки стоков, содержащих нефтепродукты с участков приема и перекачки ГСМ, должны предусматриваться локальные очистные сооружения;
- под горизонтальными стальными резервуарами для хранения топлива должны устраиваться лотки (поддоны) с наклоном в сторону контрольного колодца для сбора протечек топлива при нарушении герметичности резервуаров или использоваться резервуары с двойным днищем (двойной обечайкой) с возможностью контроля протечек;
- для аварийного слива должны применяться одностенные стальные резервуары или железобетонные емкости с металлоизоляцией или внутренним покрытием, стойким к ГСМ;
- запрещается размещение складов ГСМ на территории зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения и водопроводных сооружений.

15 Мероприятия по охране труда обслуживающего персонала

15.1 В составе проекта ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен быть раздел «Организация охраны труда при строительстве и эксплуатации электростанции и ее техническом обслуживании».

15.2 В разделе следует предусматривать комплекс мероприятий по охране труда (электробезопасности, взрывопожаробезопасности, допустимой загазованности производственных помещений, допустимым уровням звукового давления и вибрации, и прочим параметрам, предусмотренным в системе стандартов безопасности труда (ССБТ)), а также обеспечению санитарно-гигиенических условий обслуживающего персонала в соответствии с правилами [25] и СТО 70238424.27.100.063-2009.

15.3 Уровни вредных факторов внутри помещений не должны превышать величин, установленных соответствующими государственными стандартами:

- микроклимат- по ГОСТ 12.1.005;
- шум – по ГОСТ 12.1.003-83;
- вибрация – по ГОСТ 12.1.012.

16 Требования к документации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

16.1 Основные положения

16.1.1 Данный раздел содержит требования к объему и содержанию документации, руководствам (инструкциям) для оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС. Названная документация должна в полном объеме содержать информацию, необходимую для выполнения работ по сборке, установке, монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, демонтажу и выполнению подъемно-транспортных работ на ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

16.1.2 Проектировщик оборудования должен предоставить документацию заказчику и персоналу, выполняющему работы по установке и обслуживанию оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

16.1.3 Технология выполнения всех видов работ должна быть основана на соблюдении норм стандартов системы безопасности труда, законодательства Российской Федерации и СТО 70238424.27.100.063-2009.

16.1.4 При разработке требований приоритет должен быть отдан требованиям, обеспечивающим безопасность персонала и процессов, а также гарантиям защиты окружающей среды.

16.1.5 В документации должны быть представлены инструкции по безопасной организации эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту в соответствии с СТО 70238424.27.100.061-2009. Документация подлежит хранению. В каждом из документов должна быть указана модель агрегата, серийный номер и номер исполнения.

16.1.6 Руководства (инструкции) для осуществления транспортировки, проекты организации строительства, установки, сборки, монтажа, наладки, порядка ввода в эксплуатацию ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть разработаны проектировщиком на основе паспортов технических изделий. Руководства (инструкции), ПОС и ППР должны входить в комплект поставки оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

16.1.7 Проектировщик оборудования должен обеспечить наличие необходимых чертежей, спецификаций для выполнения сборочных, монтажных, подъемных, транспортных и строительных работ. Документация должна содержать информацию о всех допустимых нагрузках на оборудование при выполнении перечисленных выше работ. Должны быть указаны веса всех сборочных единиц, обозначены точки подъема, приведено описание технологии транспортировки, подъема, установки и монтажа оборудования. В комплект оборудования должны входить специальные устройства и приспособления, предназначенные для выполнения данных видов работ.

16.1.8 Требования должны быть четко и ясно сформулированы. В числе главных требований должны быть требования к уровню подготовки и квалификации персонала для выполнения работ. Например: «Установка оборудования должна быть выполнена квалифицированным, специально обученным персоналом».

16.2 Документация по транспортированию негабаритного оборудования.

Проектировщик негабаритного оборудования должен разработать инструкцию по транспортированию.

16.2.1 Требования к транспортировке негабаритных грузов должны быть основаны на правилах дорожного движения Российской Федерации, ГОСТ 15846 и ГОСТ 26653. При разработке требований к транспортированию должны быть учтены следующие факторы:

- особенность дорожного движения;
- состояние и вид дорожного покрытия;
- дорожный просвет;
- несущая способность дорожного покрытия и грунта,
- перемещение оборудования в пределах строительной площадки.

16.2.2 Проектировщик должен разработать требования к подъемно-транспортному оборудованию, выполнению погрузочно-разгрузочных и транспортных работ для негабаритных узлов и деталей ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

16.3 Документация по строительству, установке, монтажу и демонтажу оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

16.3.1 Общие положения

16.3.1.1 Проектировщик оборудования должен предоставить руководство для выполнения строительных работ, установки, монтажа и демонтажа, которое должно содержать: описание методики выполнения всех видов работ, инструкции, в том числе инструкцию по выполнению подъемно-транспортных работ, технические условия, упаковочные, монтажные, компоновочные и сборочные чертежи.

16.3.1.2 Руководство по строительству, монтажу и установке должно содержать:

- нормы безопасности при проведении земляных работ;
- подробные чертежи и спецификации, обеспечивающие выполнение работ и план осуществления контроля;
- описание технологии, обеспечивающей надежное и качественное выполнения закладных деталей, таких как каркасы, болты, якоря и арматура;
- стандарты и нормы для производства бетонных смесей, их транспортировки, взятия контрольных образцов и анализов, заливки, отделки, укладки изоляции;
- нормы безопасности при проведении взрывных работ;
- порядок производства работ (ППР) по установке элементов конструкции башни (мачты) и элементов крепления;
- правила обеспечения гарантированного качества работ.

В руководстве по строительству и монтажу ВЭУ с горизонтальной осью вращения должны быть предусмотрены меры, исключающие возможность возникновения поперечных колебаний в возведенной башне без смонтированной гондолы.

16.3.1.3 Документация должна содержать подробные данные по всем нагрузкам, весам, подъёмным устройствам и методикам, необходимым для безопасного возведения и монтажа оборудования.

16.3.1.4 Проектировщик должен указать максимально допустимые параметры окружающей среды для осуществления транспортировки, установки, монтажа:

- скорость ветра;
- температуру окружающей среды;
- предельную дальность видимости.

16.3.1.5 В документации должны быть даны указания для персонала, выполняющего транспортировку, установку, монтаж, на случай возникновения экстремальных природных явлений, характерных для территории строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, таких как:

- снегопад;
- гололед;
- песчаная буря;
- гроза;
- дождь;
- землетрясение.

16.3.1.6 Требование проектировщика к квалификации персонала должно быть нанесено на обложку соответствующего руководства, например: «Установка и монтаж производятся только обученным персоналом».

16.3.1.7 Инструкция для выполнения подъемно-транспортных работ должна содержать:

- предельные значения климатических параметров для выполнения работ;
- требования к кранам, лебёдкам и прочему подъёмному и транспортному оборудованию, в том числе ко всем стропам, крюкам и другим инструментам, требующимся для безопасного подъёма.
- чертежи, схемы строповки со специальными приспособлениями с указанием точек для строповки;

На поднимаемых узлах и деталях должны быть чётко обозначены конкретные точки для строповки.

В инструкции должна быть приведена технология установки и дано указание по использованию конкретных инструментов, оснастки, приспособлений и приборов, требуемых для безопасной установки.

16.3.1.8 В документации по предпусковому обслуживанию проектировщик должен установить требования к выполнению проверки правильности выполнения сборочных и монтажных работ, подготовке оборудования к пуску и смазке всех узлов.

16.3.1.9 Монтажная схема системы ВЭУ должна быть представлена в разделе руководства по установке и монтажу. Монтажная схема электрических соединений должна содержать информацию, достаточную для выполнения монтажа использованного отечественного и импортного оборудования.

16.3.2 Дополнительные требования к документации для ВЭУ, ВЭС морского размещения

Проектировщик при разработке руководств (инструкций) по строительству, монтажу, техническому обслуживанию ВЭУ, ВЭС морского размещения должен указать в руководствах на необходимость присутствия плавучих спасательных средств в непосредственной близости от рабочей зоны при выполнении работ на воде или над ее поверхностью в соответствии с СТО 70238424.27.100.061-2009.

16.3.3 Документация по возведению, монтажу, испытаниям, вводу в эксплуатацию несущей конструкции ВЭУ

Для ВЭУ, ветроколеса которых имеют ометаемую площадь более 2 м^2, изготовитель должен представить полную информацию, необходимую пользователю для возведения, монтажа, испытаний, ввода в эксплуатацию несущих конструкций в соответствии с ГОСТ Р 51991.

16.3.4 Требования к документации по эксплуатации ВЭУ

Содержание руководства по эксплуатации должно соответствовать п. 12.2.1 настоящего стандарта. Документация по эксплуатации должна содержать конкретные методики для запуска ВЭУ и её остановки в нормальных рабочих условиях. Руководство должно содержать все соответствующие настройки системы управления и защиты, указания по критериям аварийного отключения. Документация по эксплуатации должна содержать описание функционирования всей системы при нормальной работе и в экстремальных ситуациях.

Проектировщик должен предоставить инструкцию по ручной остановке ВЭУ, включая технические требования, значение предельной скорости ветра, прочие параметры и условия, при которых действия по ручной остановке могут быть безопасно выполнены. Изготовитель ВЭУ должен представить контактную информацию для внепланового обслуживания и помощи покупателю оборудования.

16.3.5 Документация по техническому обслуживанию и профилактическим осмотрам ВЭУ

Проектировщик должен предоставить руководство для выполнения осмотров и технического обслуживания ВЭУ, в котором должны содержаться требования по регламентному обслуживанию оборудования ВЭУ. Эта информация должна содержать полное описание технологии осмотров, методики остановки и надежного фиксирования от взаимного перемещения таких элементов, как: лопасти, ступица ветроколеса, главный вал, механизм установки на ветер (для ВЭУ с горизонтальной осью вращения) и аналогичные элементы и механизмы.

Обслуживание, профилактический осмотр и ремонт должны производиться обученным персоналом. Формулировка данного требования должна содержаться на обложке руководства по осмотру и обслуживанию: «ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ДОЛЖНЫ ВЫПОЛНЯТЬСЯ ТОЛЬКО ОБУЧЕННЫМ ПЕРСОНАЛОМ».

16.3.6 Методики безопасной остановки ВЭУ

В руководстве по обслуживанию должны быть отражены методики останова, включающие, как минимум, инструкции о том, как:

- отключить ВЭУ от источников нагрузки и/или энергии;
- отключить от внешней сети;
- остановить и зафиксировать ветроколесо (ротор);
- остановить и затормозить механизм установки на ветер (рыскания);
- остановить и закрепить механизм угла установки оси ветроколеса (ротора), если он предусмотрен в конструкции.

Если ВЭУ предназначена для автономного энергоснабжения, то должна быть предоставлена методика отключения ВЭУ от потребителя.

Проектировщик должен предоставить инструкции по безопасному подъёму персонала на несущие конструкции (башню) ВЭУ, включая инструкции по выполнению подъемных операций и использованию подъёмного оборудования.

16.3.7 Документация по проведению плановых осмотров ВЭУ

Проектировщик должен установить периодичность, с которой должен проводиться плановый профилактический осмотр всего оборудования ВЭУ, включая несущие конструкции (башню, фундамент), привод трансмиссии, ветроколесо, устройства системы управления и безопасности ВЭУ.

В документации Проектировщик должен установить необходимость осмотра и определения состояния, как минимум:

- лопастей ветроколеса;
- износа тормозных накладок главного тормоза;
- скручивания навесных кабелей;
- натяжения тросовых растяжек;
- резьбовых крепежных изделий;
- герметичность системы и узлов смазки;
- клемм и контактов;
- состояния пневматических и гидравлических систем.

Проектировщик должен предоставить список оборудования, инструментов и приборов для выполнения контрольных измерений, необходимых для обеспечения правильной работы и контроля состояния оборудования ВЭУ. Проектировщик должен установить все значения параметров рабочих диапазонов, критичных для безопасности ВЭУ (Это могут быть напряжения батарей, скорость нагнетания насоса, напряжение инвертора, ток и частота).

Проектировщик должен предоставить рекомендации по ведению и заполнению журнала технического обслуживания для каждой ВЭУ. К данным, которые следует отражать в журнале, относятся: дата и время выполнения осмотра, климатические параметры окружающей среды, информация о лицах из числа ремонтного или ремонтно-оперативного персонала, проводящих осмотр, любые важные события и все предпринятые действия.

16.3.8 Документация по обслуживанию ВЭУ

Проектировщик должен назначить периодичность, с которой должно производиться регламентное обслуживание ВЭУ. Регламентное обслуживание - это любое обслуживание или ремонт, которые изготовитель считает необходимым провести через некоторый период времени для обеспечения и поддержания безопасной работы ВЭУ. Перечень работ по регламентному обслуживанию должен определяться конструктивными особенностями ВЭУ. В минимальный, но не ограниченный перечень работ, рекомендуется включать:

- выполнение работ по смазке;
- периодическое испытание системы аварийной остановки и системы предотвращения превышения скорости;
- регулировку и замену деталей в тормозной системе;
- замену подшипников, щёток и токосъемных колец.

Если для выполнения регламентного обслуживания ВЭУ должна быть остановлена, то в документации необходимо дать формулировку данного положения: «ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ! ПРИ ОСТАНОВКЕ ВЭУ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕГЛА-

МЕНТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫПОЛНЯЙТЕ МЕТОДИКУ ПО ПРАВИЛЬНОЙ ОСТАНОВКЕ ВЭУ».

Проектировщик должен дать рекомендации о занесении всех действий по обслуживанию и ремонту в журнал технического обслуживания.

16.3.9 Перечень деталей с ограниченным сроком службы

Проектировщик должен предоставить список деталей, отказ которых возможен, и которые нужно проверить перед вызовом обслуживающего персонала изготовителя. В данный список должны быть включены детали, проверку которых может осуществить обученный оператор без специального оборудования или навыков профессионального обслуживающего персонала.

16.3.10 Отражение в документации требований к безопасности персонала

В руководствах по установке, эксплуатации и обслуживанию Проектировщик должен представить всю необходимую информацию по обеспечению безопасности персонала. Эта информация должна включать все предусмотренные виды работ, требования к содержанию лестниц, ограждений, указание анкерных точек, использование личных средств безопасности. Производитель также должен указать предельные климатические параметры при подъёме на башню и спуске с неё, например, скорость ветра.

Проектировщик должен разработать инструкцию по эвакуации персонала из гондолы в случае пожара или аварии в соответствии с СТО 70238424.27.100.061-2009.

16.4 Требования к маркировке ВЭУ

Каждая ВЭУ должна иметь маркировку. Маркировка должна быть выполнена разборчиво несмываемой краской на хорошо видной части ВЭУ. Минимальный объем информации при маркировке ВЭУ:

- страна и фирма-изготовитель ВЭУ;
- модель и серийный номер, номер изделия;
- климатическое исполнение;
- дата изготовления;
- максимальные напряжение и ток на контактах (клеммах) ВЭУ;
- частота тока на клеммах ВЭУ при подключении к внешней сети

В числе дополнительных данных следует указать:

- максимальную массу башни;
- максимальную высоту оси ветроколеса;
- предельно допустимую скорость ветра;
- класс ВЭУ
- ометаемую площадь ветроколеса;
- проектную мощность;
- количество лопастей;
- длину лопасти;
- заданную нагрузку и момент на фундамент.

17 Нормы и требования к производству строительных работ, поставкам и монтажу оборудования

17.1 Основные требования

17.1.1 Нормы и требования по производству строительных работ при возведении сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть установлены в проекте электростанции на основе требований системы стандартов безопасности труда Российской Федерации, защиты окружающей среды и настоящего стандарта. Должны быть учтены особенности электростанции, площадки строительства, производства работ по конкретному сооружению и климатические особенности территории строительства.

17.1.2 Поставка оборудования и материалов должна выполняться с учетом требований СТО 70238424.27.100.055-2009.

17.1.3 Транспортирование, установка, сборка, монтаж должны производиться в соответствии с руководствами, проектом организации строительства (ПОС), предоставленными проектировщиком.

17.1.4 Транспортирование негабаритных грузов должно осуществляться в соответствии с требованиями п. 16.2.1 настоящего стандарта.

17.1.5 Выполнение сборки, монтажа и установки должно проводиться в соответствии с проектом производства работ (ППР) и разработанной технологической картой. Все выполненные работы и их результаты должны заноситься в журнал выполненных работ, ведение и сохранность которого должны быть обеспечены руководителем организации, осуществляющей данные виды работ.

17.1.6 Монтаж технологического оборудования должен осуществляться с полным соблюдением требований по его монтажу (включая перемещение, укрупненную сборку, последовательность выполнения операций, промежуточный и послемонтажный контроль), изложенных в техническом паспорте, сопровождающем каждый вид поставляемого оборудования. Технический паспорт на каждый вид поставляемого оборудования должен быть затребован при осуществлении закупки.

Монтаж оборудования должен осуществляться организацией сертифицированной по этому виду деятельности в соответствии с СТО 70238424.27.100.061-2009.

17.1.7 Краны, лебедки и прочее подъемное и транспортное оборудование, включая крюки, тросы, стропы, должно соответствовать нормам безопасности при выполнении подъемно-транспортных работ в соответствии с ГОСТ 12.3.009 и ГОСТ 12.3.002.

17.2 Специальные требования по установке и монтажу ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

17.2.1 С целью обеспечения надежной и безопасной сборки и монтажа должны использоваться разработанные производителем оборудования ВЭУ устройства и приспособления: специальные инструменты, зажимы и фиксаторы.

17.2.2 Организация работ и содержание площадки строительства, на которой устанавливается оборудование ВЭУ, должно исключать возможность возникновения опасных ситуаций.

Должны быть также предусмотрены меры, обеспечивающие защиту от несанкционированного доступа на площадку строительства.

17.2.3 Оборудование для монтажа ВЭУ, располагающееся на площадке, должно быть подготовлено, содержаться в исправном и работоспособном состоянии. Все работы должны выполняться с наибольшей эффективностью и с соблюдением норм безопасности.

17.2.4 В процессе установки и монтажа любой элемент электрической системы ВЭУ не должен находиться под напряжением, за исключением тех случаев, когда это необходимо по условиям технологии монтажа, предусмотренной разработчиком. В этом случае подача питания на оборудование должна быть проведена в соответствии с технологией, разработанной, оформленной в письменном виде и предоставленной разработчиком.

17.2.5 Все элементы конструкции, самопроизвольное движение которых (вращательное или поступательное) является потенциальным источником опасности, в процессе установки и монтажа должны быть закреплены так, чтобы сделать самопроизвольное движение невозможным.

17.2.6 Тяжелое оборудование и элементы конструкции ВЭУ, устанавливаемые на площадке, имеющей уклон, должны быть зафиксированы от самопроизвольного перемещения.

Все промежуточные сборочные операции рекомендуется выполнять на площадках соответствующего размера, расположенных ниже площадки установки ВЭУ. Все тяжелое оборудование должно быть надежно закреплено в устойчивом положении.

17.2.7 При выполнении подъема и монтажа лопастей, гондол, прочего аэродинамического оборудования и легких решетчатых конструкций должно быть предусмотрено страхование с помощью такелажных строп, канатов, подпорок и грунтовых якорей.

17.2.8 Производитель работ должен своевременно распознавать и предотвращать возникновение потенциальных опасностей в процессе работы.

17.2.9 Выполнение погрузочно-разгрузочных операций и транспортирование оборудования ветроагрегатов в процессе установки и монтажа должно выполняться оборудованием, предназначенным для выполнения данного вида работ в соответствии с требованиями руководства, разработанного производителем. Технология выполнения работ должна соответствовать практическим рекомендациям производителя.

17.2.10 Персонал, занятый на выполнении подъемно-транспортных, строительных, монтажных работ, должен быть обеспечен соответствующими средствами личной безопасности и защиты. Минимальные средства личной защиты должны предусматривать защиту: глаз, ног, органов слуха и головы в соответствии с правилами [25].

17.2.11 Все работники, занятые на верхолазных работах и в работах на высоте, находясь над уровнем земли или воды, должны быть специально обучены и аттестованы для выполнения данных работ и должны использовать ремни безопасности, устройства безопасности для выполнения верхолазных работ, прочие приспособления и приборы безопасности в соответствии с правилами [25].

17.2.12 Во время выполнения любых работ на ВЭУ для предотвращения травмирования падающими предметами запрещается нахождение людей в опас-

ной зоне на земле у основания ВЭУ. Наименьший размер радиуса опасной зоны равен 1/3 высоты уровня производства работ. Разработчик, исходя из особенностей функционирования и эксплуатации оборудования, вправе уточнить размеры опасной зоны вблизи ВЭУ и прочего оборудования в соответствии с требованиями строительных норм и правил [9] и СТО 70238424.27.100.061-2009.

17.2.13 Все оборудование должно содержаться в исправном состоянии и соответствовать выполнению требуемых задач. Краны, лебедки, прочее подъемное оборудование и его элементы, включая все тросы, стропы, канаты, крюки и прочие устройства, необходимые для выполнения безопасного подъема и возведения, должны соответствовать нормам технической безопасности и предъявляемым к ним техническим и технологическим требованиям (возможность подъема и установки элементов конструкции на заданной высоте). Все подъемное оборудование и его элементы: тросы, канаты, стропы, крюки - должны быть испытаны и иметь сертификаты безопасности.

17.2.14 Оборудование ВЭУ должно быть смонтировано в соответствии с рекомендациями производителя. Также должно быть проведено обследование для проверки правильности работы системы смазки и предпусковое освидетельствование всех элементов конструкции.

17.2.15 Резьбовые крепежные изделия и прочие соединения и устройства должны быть установлены с соблюдением рекомендуемых производителем инструкций для выполнения контролируемых соединений. Соединения, обозначенные как ответственные, должны быть выполнены с соблюдением всех требований производителя, контролем усилий в затяжке и соблюдением прочих требований, предъявляемых к соединениям такого типа.

17.2.16 Должно быть проведено обследование для подтверждения:

- правильности сборки всех механизмов и элементов конструкции, соединений, крепления растяжек, тросов, винтовых стяжек, монтажных мачт и прочих устройств.
- надлежащего присоединения подъемных устройств для обеспечения требований безопасности подъемных работ.

18 Ввод в промышленную эксплуатацию, управление и техническое обслуживание

18.1 Основные положения

18.1.1 Приемка объекта в эксплуатацию после строительства, реконструкции осуществляется после завершения всех строительных, монтажных и пусконаладочных работ до начала эксплуатации объекта или надлежащим образом выделенной его очереди.

18.1.2 Приемка осуществляется приемочной комиссией, создаваемой собственником объекта. В состав комиссии должны входить органы государственного контроля (надзора) в сферах, затрагиваемых вводимым объектом.

18.1.3 Приемка в эксплуатацию осуществляется путем проверки документации и внешнего осмотра объекта.

18.1.4 Проверке подлежит следующая документация:

- заключение государственной экспертизы проектной документации;

- акты приемки строительных, монтажных и пусконаладочных работ;
- техническая документация на материалы, оборудование и комплектующие, предусмотренная договором на поставку;
- протоколы испытаний и измерений.

18.1.5 По итогам приемки приемочная комиссия утверждает заключение о соответствии объекта требованиям законодательства РФ.

18.1.6 Процедуры по вводу в эксплуатацию, операции по управлению, обследованию и техническому обслуживанию должны быть разработаны с учетом требований охраны труда и внесены в руководства.

18.1.7 Все узлы и элементы конструкции ВЭУ и ВЭС должны быть снабжены специальным оборудованием, обеспечивающим безопасный доступ к ним для выполнения осмотров и технического обслуживания.

18.2 Ввод в промышленную эксплуатацию

Ввод в промышленную эксплуатацию должен производиться в соответствии с настоящим стандартом и руководством по вводу в эксплуатацию, предоставленным проектировщиком ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

18.3 Подключение к сети

Подключение оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС к электрической сети и его начальной запитки током должно быть произведено в соответствии с инструкцией по порядку подключения оборудования, предоставленной производителем.

18.4 Испытания при вводе в эксплуатацию

После установки и монтажа оборудование ВЭУ должно быть подвергнуто испытаниям для подтверждения соответствия проектным параметрам, безопасной работы с заданными эксплуатационными параметрами всех приборов и устройств, систем управления и защиты. Испытания должны проводиться в соответствии с методиками, рекомендованными производителем и в соответствии с Приложением Ж. Как минимум проверке подлежат:

- надежное включение;
- надежное выключение;
- безопасное аварийное отключение;
- безопасное аварийное отключение при превышении скорости ветра или на основе его достоверного моделирования;
- проверочные тесты на работоспособность системы защиты.

18.5 Документирование процедур по вводу в эксплуатацию

Описание испытаний, процедур по вводу в эксплуатацию, регулированию параметров и полученные результаты должны быть внесены в журнал «Ввод в эксплуатацию»

18.6 Действия после ввода в эксплуатацию

После завершения операций по вводу в эксплуатацию должны быть выполнены работы, предписанные производителем для периода «обкатки» или «приработки».

В обязательный перечень работ входят:

- проверка и затяжка крепежных изделий;

- замена смазывающих жидкостей;
- проверка деталей и узлов на предмет их правильной установки и функционирования;
- коррекция контролируемых параметров.

Площадка, на которой установлены ВЭУ, должна быть очищена от посторонних предметов. На площадке должны быть проведены работы по предотвращению эрозии почвы.

19 Требования к обеспечению качества создания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

19.1 Для обеспечения гарантии качества готовых к эксплуатации энергетических объектов: ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и всех входящих составных частей,- процесс создания (проектирования, конструирования, производства, поставки) должен быть организован в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9004, ГОСТ Р ИСО 9001.

19.2 Для гарантирования качества ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должен быть осуществлен контроль качества на этапах: проектирования, конструирования оборудования, производства, транспортировки, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и технического обслуживания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и всех ее составных частей.

20 Подтверждение соответствия

20.1 Подтверждение соответствия при создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС установленным требованиям осуществляется на каждом этапе создания продукции - разработки проекта, строительства объекта, изготовления оборудования и его приемки, сдаче объекта в эксплуатацию.

20.2 На этапе разработки проекта:

- государственной экспертизой проекта объекта, осуществляемой учреждениями Государственной экспертизы, органами осуществляющими контроль промышленной и экологической безопасности, органом по чрезвычайным ситуациям;
- негосударственной экспертизой проекта по желанию заказчика;
- анализом и проверкой конструкторской и строительной документации на соответствие техническому заданию на разработку и установленным требованиям на каждый вид оборудования и сооружения.

20.3 На этапе строительства объекта:

- органами государственного строительного надзора;
- службами строительного контроля, создаваемыми Заказчиком, осуществляющими контроль за:
- качеством подготовки основания сооружений и его соответствие требованиям проекта;
- качеством поступающих на строительство материалов;
- качеством выполнения всех видов строительных и монтажных работ по каждому элементу и этапу их выполнения;

- оценкой качества объекта или его очереди, законченной строительством, перед вводом в эксплуатацию.

20.4 Службами контроля предприятия-изготовителя на этапе изготовления оборудования и его приемки:

- выполнение в полном объеме контроля материалов и технологии изготовления оборудования на каждом этапе в соответствии с технологическими требованиями предприятия – изготовителя;
- контроль соответствия изготовленной продукции установленными требованиями предприятия - изготовителя с ведением соответствующей документации.

20.5 Заказчиком - контроль и испытания поставленного оборудования, регламентированные техническими требованиями.

20.6 При сдаче объекта в эксплуатацию приемными комиссиями осуществляется комплексная оценка соответствия объекта, сдаваемого в эксплуатацию, установленным техническим, экологическим требованиям и требованиям безопасности.

21 Приемка результатов разработки ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

21.1 Законченную строительством ВЭУ, ВЭС, ВДЭС для оценки и контроля качества результатов разработки подвергают предварительным и приемочным испытаниям в соответствии ГОСТ Р 15.201 (п. 6.5).

21.2 Предварительные испытания проводят с целью предварительной оценки соответствия построенной ВЭУ, ВЭС, ВДЭС требованиям технического задания на проектирование, а также для определения готовности ее к приемочным испытаниям

21.3 Приемочные испытания проводят с целью оценки всех установленных в техническом задании характеристик электростанции и подтверждения соответствия построенной ВЭУ, ВЭС, ВДЭС требованиям технического задания на проектирование в условиях максимально приближенных к условиям ее эксплуатации.

21.4 Для проведения приемочных испытаний и оценки результатов разработки ВЭУ, ВЭС, ВДЭС назначается приемочная комиссия:

- органами государственного управления субъектов Российской Федерации (объекты, сооружаемые за счет средств их бюджетов) в соответствии с разделом 4 строительных норм и правил [26];
- непосредственно заказчиками (объекты, сооружаемые за счет средств инвесторов).

21.5 В состав приемочной комиссии должны быть включены представители:

- заказчика - председатель комиссии,
- генерального проектировщика,
- генерального подрядчика,
- субподрядных организаций,

- территориальных органов государственного энергетического, технического, пожарного, санитарного надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ,
- ответственный представитель энергоаудитора (по согласованию с территориальным органом госэнергонадзора),
- органов государственного газового надзора (при наличии в пусковом комплексе объектов, подконтрольных этим органам),
- представители других заинтересованных организаций, определяемых заказчиком.

Состав комиссии формирует и утверждает заказчик или при согласии заказчика – разработчик.

21.6 Предварительные и приемочные испытания проводят по соответствующим программам и методикам, разработанным и утвержденным разработчиком ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и согласованным с заказчиком.

21.7 Программы и методики приемочных испытаний ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны содержать следующие сведения в соответствии с Приложением Ж:

- объект испытаний и цель испытаний;
- общие положения;
- объем испытаний;
- условия и порядок проведения испытаний;
- материально-техническое и метрологическое обеспечение испытаний;
- показатели, характеристики и способы их обработки, анализа и оценки;
- меры безопасности при проведении испытаний;
- отчетность.

21.8 Программы и методики приемочных испытаний должны устанавливать:

- режимы испытаний и их продолжительность;
- необходимый объем измерений во время испытаний;
- порядок завершения отдельных этапов испытаний и испытаний в целом, порядок действий в случае отказов в работе объекта испытаний или каких-либо отклонений от программы испытаний.

21.9 В процессе испытаний без разрешения приемочной комиссии не допускается проведение на ВЭУ, ВЭС, ВДЭС иных работ и регулировок, кроме работ по техническому обслуживанию, предусмотренных инструкциями по эксплуатации.

21.10 Весь ход испытаний, параметры ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и их систем, объем работ по техническому обслуживанию и ремонтам должен быть зарегистрирован в журнале испытаний, оперативной документации и удостоверен подписью ведущего инженера, проводившего испытания, и представителя заказчика.

21.11 В случае выхода из строя ответственных деталей и сборочных единиц испытания прекращают. После рассмотрения приемочной комиссией причин выхода из строя деталей и сборочных единиц назначают повторные испытания в частичном или полном объеме.

21.12 В случае выхода из строя деталей, комплектующих изделий по случайным причинам, не связанным с конструкцией или качеством изготовления, и не влияющих на основные характеристики, испытания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС могут быть продолжены. Приемочная комиссия в этом случае должна принять решение о необходимости корректирования программы испытаний.

21.13 Выявленные в процессе испытаний дефекты неаварийного характера (например, протечки) должны быть зарегистрированы в журнале испытаний и устранены во время плановых остановок.

21.14 Величины проверяемых характеристик и фактические данные, полученные при испытаниях, должны быть отражены в протоколе испытаний.

21.15 По результатам проведения приемочных испытаний и рассмотрения представленных материалов комиссия должна составить акт, в котором указываются:

- соответствие ВЭУ, ВЭС, ВДЭС требованиям, установленным в техническом задании, и допустимость сдачи ВЭС, ВЭУ, ВДЭС потребителю;
- результаты оценки технического уровня;
- результаты оценки разработанной технической документации;
- замечания и предложения по доработке электростанции и документации (при необходимости);
- другие рекомендации, замечания и предложения приемочной комиссии.

21.16 Акт приемочной комиссии должен быть утвержден заказчиком.

22 Требования по утилизации (ликвидации) ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

При ликвидации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть выполнены все нормы и требования промышленной, экологической, санитарной безопасности и социологические требования, действующие в период ликвидации объекта.

Ликвидация ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должна производиться в соответствии со специально разработанным проектом, прошедшем все требуемые согласования.

Приложение А
(обязательное)
Форма задания на проектирование ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ (ВЭУ, ВЭС, ВДЭС)

_____

(наименование и месторасположение ВЭУ, ВЭС, ВДЭС)

Перечень основных данных и требований
1. Основание для проектирования 2. Вид строительства 3. Стадийность проектирования 4. Требования по вариантной и конкурсной разработке 5. Особые условия строительства 6. Основные технико-экономические показатели ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, в т. ч. установленная мощность, коэффициент использования установленной мощности, выработка 7. Требования к качеству, конкурентоспособности и экологическим параметрам ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 8. Требования к технологии, режиму эксплуатации 9. Требования к архитектурно-строительным, объемно-планировочным и конструктивным решениям 10. Выделение очередей и пусковых комплексов, требования по перспективному расширению ВЭУ, ВЭС, ВДЭС 11. Требования и условия к разработке природоохранных мер и мероприятий 12. Требования к режиму безопасности и гигиене труда 13. Требования по разработке инженерно-технических мероприятий гражданской обороны и мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций 15. Требования по выполнению опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ 16. Состав демонстрационных материалов

Приложение Б
(обязательное)
Методические рекомендации для проведения инженерных изысканий для создания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

Введение

Настоящее приложение устанавливает нормативно-методическое регулирование в области инженерных изысканий для строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, обеспечивающее получение достоверной количественной и качественной информации о состоянии и свойствах природной среды, используемой для обоснования энергетических сооружений, а также надежного прогноза ее изменений в процессе строительства и эксплуатации энергообъектов с целью обеспечения их безаварийной работы, защиты жизни и здоровья граждан, их имущества и охраны окружающей среды.

Приложение устанавливает общие требования к составу, степени детальности и достоверности специальных инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических и инженерно-экологических изысканий и исследований для обеспечения:

- исходной информацией, необходимой для моделирования техноприродных процессов в зоне взаимодействия будущих сооружений с геологической средой с целью прогноза характера и направленности их развития и предотвращения, в случае необходимости, возможных негативных последствий;
- максимальной достоверности получаемых результатов, обеспечивающей возможность принятия оптимальных проектных решений, отвечающих как требованиям надежности и безопасной эксплуатации будущих сооружений, так и экономической целесообразности их строительства;
- объективной информацией о потенциально опасных техноприродных процессах в зоне взаимодействия сооружений с геологической средой с целью разработки системы их геомониторинга и организации соответствующих режимных наблюдений в период строительства и эксплуатации энергетических объектов.
- предварительного анализа на базе экспертных оценок, использования компьютеризованных информационно-поисковых систем, аналогового моделирования и решения прогнозно-диагностических задач;
- минимизации объемов трудоемких и дорогостоящих полевых изыскательских работ (горно-буровых, опытно-фильтрационных и др.) за счет их рационального совмещения с современными высокоэффективными дистанционными, геофизическими, геомеханическими и гидравлическими экспресс- методами;
- информативности результатов исследований, внедрение в производство более производительного оборудования, приборов и аппаратуры, максимальной автоматизации полевых измерений и обработки их результатов.

Б.1 Общие положения

Б.1.1 В состав инженерных изысканий для строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС входят следующие виды изысканий: инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические, инженерно-экологические,

изыскания грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

К инженерным изысканиям для энергетического строительства также отнесены:

- геотехнический контроль;
- обследование и определение расчетных характеристик грунтов оснований сооружений;
- оценка опасности и риска от природных и техноприродных процессов;
- обоснование мероприятий по инженерной защите территорий;
- локальный мониторинг компонентов окружающей среды и процессов ее взаимодействия с сооружениями;
- геодезические, геологические, гидрогеологические, кадастровые и другие сопутствующие работы и исследования (наблюдения) в процессе строительства, эксплуатации и ликвидации объектов;
- различные виды моделирования техноприродных процессов в области взаимодействия сооружений с природной средой;
- инженерно- геологическая документация строительных котлованов, откосов и подземных выработок;
- инжиниринговые услуги в процессе строительства.

Б.1.2 Инженерные изыскания для строительства энергетических сооружений следует проводить по техническим заданиям заказчика, как правило составляемых совместно с исполнителем инженерных изысканий и утвержденных заказчиком.

Б.2 Обоснование инвестиций в проектируемое строительство

Инженерные изыскания для обоснования инвестиций в намечаемое строительство должны обеспечить получение необходимых и достаточных материалов (данных) о природных и техногенных условиях предлагаемых вариантов размещения объекта энергетического строительства для обоснования выбора площадки, определения экономической эффективности выбранного варианта на основе сравнительного анализа принципиальных конструктивных и компоновочных решений на конкурирующих участках, оценки воздействия будущего объекта на окружающую среду и, по возможности, базироваться на фондовых материалах в соответствии с СТО 70238424.27.140.011-2008.

Б.2.1 Инженерно-геодезические изыскания на стадии обоснования инвестиций

Б.2.1.1 Инженерно-геодезические изыскания на стадии обоснования инвестиций в проектируемое энергетическое строительство должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуациях и рельефе местности (в том числе о водотоках, водоемах и акваториях), элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической или иных формах), необходимым для комплексной оценки природных и техногенных условий территории размещения проектируемых сооружений и обоснования целесообразности проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Результаты обследования излагаются в отчете с указанием рекомендаций по организации инженерных изысканий, методики выполнения работ и данных, необходимых для составления программы инженерных изысканий и сметы стоимости работ (виды, объемы и кате-

гории сложности изыскательских работ, проценты заселенности и заболоченности, местоположение имеющихся и намечаемых баз и др.).

Б.2.1.2 Положение намечаемых вариантов площадок закрепляется на местности знаками. Положение вариантов площадок привязывается к контурам местности или к знакам геодезической основы и наносится на имеющиеся карты и планы. По результатам геодезических измерений составляются профили вариантов площадок в удобном для проектирования масштабе.

Б.2.2 Инженерно-геологические изыскания на стадии обоснования инвестиций

Б.2.2.1 Инженерно-геологические изыскания на стадии обоснования инвестиций в проектируемое энергетическое строительство должны обеспечить предварительное изучение инженерно-геологических условий района проектируемых сооружений, включая рельеф, геологическое строение, сейсмичность, геоморфологические и гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов, геодинамические и инженерно-геологические процессы в области взаимодействия объектов с геологической средой с предварительным прогнозом их возможного изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружений, с целью получения необходимых и достаточных материалов для социально-экономического и научно-технического анализа условий проектируемого строительства в конкурирующих вариантах и сравнительной оценки капитальных затрат на его осуществление.

Б.2.2.2 Основными методами решения задачи анализа инженерно-геологических условий, а также сравнительной оценки вариантов по комплексу инженерно-геологических характеристик на данной стадии являются комплексное изучение имеющихся литературных и фондовых материалов по региону, предварительный подбор аналогов, дешифрирование аэро- и космоснимков в сочетании с аэровизуальными наблюдениями и ограниченный объем разведочных работ и лабораторных исследований.

Б.2.2.3 По завершении инженерно-геологических изысканий на стадии обоснования инвестиций в проектируемое энергетическое строительство и вводу полученной информации в информационно-поисковую систему проводится обработка имеющихся инженерно-геологических материалов с привлечением банка данных аналогов в соответствии с нормами [4].

Б.2.3 Инженерно-гидрометеорологические изыскания на стадии обоснования инвестиций

Основу инженерно-гидрометеорологических изысканий составляют работы по сбору и анализу метеорологических и гидрологические данных. Они связаны с проведением годовых циклов наблюдений и поэтому требуют заблаговременной организации.

Б.2.3.1 Инженерно-гидрометеорологические изыскания на стадии обоснования инвестиций в проектируемое строительство должны обеспечивать исходными материалами о физико-географических, метеорологических и гидрографических условиях конкурирующих участков размещения объектов энергетического строительства (климатические условия, сведения о величине ветропотенциала, полученные на основе анализа многолетних метеорологических наблюдений существующими в районе строительства метеорологическими станциями, гидрометеорологических процессах и явлениях).

Б.2.3.2 С целью получения исходных данных гидрометеорологических изысканий необходимо выполнить комплекс полевых и камеральных работ, в том числе:

- сбор, систематизацию и анализ материалов Госкомгидромета и материалов других организаций и ведомств, осуществляющих наблюдения за климатическими характеристиками, энергетическими характеристиками ветра, динамикой их изменения, определение возможного ущерба ВЭУ, ВЭС, ВДЭС от разлива рек, заторов, паводков, выявление мест и площадок, пригодных для строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС;
- выполнение на основе анализа имеющихся материалов аэрокосмических исследований и наземных наблюдений компьютерного моделирования гидрометеорологической ситуации применительно к конкурирующим участкам размещения ВЭУ и динамики изменения этой ситуации под влиянием техноприродных факторов;
- устройство гидрометрических станций и организация на них регулярных наблюдений.

Б.2.3.3 Для сбора и анализа энергетических характеристик ветра на площадках, предполагаемых к размещению ВЭУ, необходимо на каждой из площадок установить метеорологическую мачту. Минимальное число альтернативных площадок -2. Количество устанавливаемых мачт на площадке зависит от рельефа местности, но не может быть менее 1 на каждой из площадок. Должно быть использовано метеорологическое оборудование, позволяющее с интервалом не менее 10 минут производить замеры следующих параметров: скорость ветра, наибольший порыв ветра на интервале 10 минут, направление ветра, температура, давление. Наименьшая продолжительность периода наблюдений для территорий с выраженной сезонностью – 1 год. Рекомендуется размещение метеорологического оборудования на высоте, соответствующей высоте оси ветроколеса. Собранные метеорологические данные должны быть обработаны и должно быть организовано их надежное хранение.

Б.2.4 Инженерно-экологические изыскания на стадии обоснования инвестиций

Б.2.4.1 Целью инженерно- экологических изысканий является оценка воздействия намечающегося строительства и эксплуатации объекта на окружающую среду; разработка мероприятий по охране окружающей среды, включая природную, техногенную и социальные сферы; а также информационное обеспечение экологической и социальной безопасности при строительстве и эксплуатации объекта. При выполнении инженерно-экологических изысканий для решения конкретных задач рекомендуется привлечение специализированных организаций.

Б.2.4.2 Инженерно-экологические изыскания должны обеспечивать выявление характера, интенсивности и степени опасности влияния строительства и эксплуатации проектируемого объекта на природную, техногенную и социальную сферы окружающей среды.

Б.2.4.3 Задачами инженерно-экологических изысканий являются:

- оценка существующего состояния окружающей среды в районе расположения объекта;
- выявление основных процессов, воздействующих на состояние компонентов окружающей природной, техногенной и социальной среды;

- прогноз видов, характера и интенсивности воздействия проектируемого объекта на окружающую среду;

- прогноз изменения состояния компонентов окружающей среды в результате воздействия строительства и эксплуатации проектируемого объекта;

- прогноз экологических и социальных последствий строительства и эксплуатации объекта в соответствии с правилами [5].

Б.3 Технико-экономическое обоснование (проект)

Инженерные изыскания на стадии технико-экономического обоснования (проекта) должны обеспечить получение необходимых и достаточных материалов и данных о природных и техногенных условиях и прогноз их изменения с детальностью, достаточной для разработки применительно к выбранному участку конструктивных и компоновочных проектных решений, разработки мероприятий и сооружений инженерной защиты, системы мониторинга процессов взаимодействия проектируемых сооружений с природной средой и мероприятий по ее охране, а также проекта организации строительства.

Б.3.1 Инженерно-геодезические изыскания на стадии ТЭО

Б.3.1.1 Инженерные изыскания должны обеспечивать: изучение и сопоставление природных условий конкурирующих участков расположения проектируемых ВЭУ, ВЭС, ВДЭС для выбора площадок, наиболее перспективных для строительства энергетических объектов; обоснование проектных решений по компоновке и типам конструкций сооружений на выбранном участке строительства, а также получение данных об обеспеченности намечаемого строительства местными строительными материалами. В связи с этим до начала полевых работ должны быть собраны, систематизированы и изучены имеющиеся топографические, метеорологические, геодезические, аэрофотосъемочные и гидрографические материалы изысканий прошлых лет на территории рассматриваемых вариантов площадок строительства ВЭУ, ВЭС, ВДЭС.

Участки намечаемых вариантов размещения ВЭУ должны быть обеспечены топографической съемкой в масштабах, соответствующих сложности рельефа местности.

Б.3.1.2 На выбранных площадках строительства точность и густота создаваемой плановой и высотной геодезической сети должны удовлетворять требованиям производства крупномасштабных топографических съемок и трассирования линейных сооружений, обеспечить вынос на местность осей сооружений, разбивку и привязку геологических выработок и точек геофизических профилей.

Б.3.1.3 На равнинной местности территория строительной площадки, содержащей основные и вспомогательные сооружения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, инженерные коммуникации, должна быть обеспечена топографическими планами в масштабе 1:2000 с сечением рельефа через 1 или 0,5 м.

Для обеспечения исходными геодезическими данными системы автоматизированного проектирования (или автоматизированного составления топографических планов) создаются цифровые модели рельефа, которые являются основой для составления генерального плана и проектирования намечаемых сооружений.

Б.3.1.4 На участках с неблагоприятными природными процессами и явлениями (оползни, осыпи, карстовые проявления, тектонические нарушения, неустойчивые склоны и др.) по заданиям геологической службы следует выполнять ре-

жимные геодезические наблюдения за плановыми и высотными подвижками земной поверхности в целях определения количественных характеристик движения, оценки и прогноза развития неблагоприятных процессов в соответствии с правилами [27] и нормами [3].

Б.3.2 Инженерно-геологические изыскания на стадии ТЭО

В задачу инженерно-геологических изысканий на стадии разработки ТЭО (проекта) входит:

- сопоставление инженерно-геологических условий намеченных на этапе обоснования инвестиций конкурирующих участков расположения сооружений энергетического объекта для выбора основного;
- обоснование проектных решений на выбранном участке;
- оценка условий создания объекта строительства;
- оценка влияния ветроустановок и прочих сооружений на окружающую среду, прогноз характера и степени растепляющего влияния, проектируемых объектов в криолитозоне;
- получение данных об обеспеченности строительства местными строительными материалами;
- обоснование выбора типов сооружений, их компоновки и проектных решений по принятой компоновке, обеспечение изыскательскими материалами выбора принципиального подхода к проектированию ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в криолитозоне;
- выполнение комплексных сейсмологических исследований (для районов с сейсмичностью более 6 баллов), включающих определение палео- и исторических землетрясений, специальные сейсмологические наблюдения на объекте, определение регионального уровня макросейсмического поля, вероятностные и детерминистские оценки сейсмичности площадки энергообъекта заданной повторяемости, реконструкцию полей тектонических напряжений и сейсмомикрорайонирование с использованием методов инженерно-геологических аналогий, передаточных функций геологического разреза и инструментальных методов;
- получение исходных данных, обеспечивающих надежное определение расчетных сейсмических воздействий, природных (геоморфологических, инженерно-геологических, сейсмологических и др.) условий участка строительства и повторяемости землетрясений;
- уточнение гидрогеологических условий участка строительства и их дифференцированная характеристика применительно к рассматриваемым в проекте сооружениям при различных вариантах размещения с целью составления прогноза изменений гидрогеологических условий при строительстве и эксплуатации объекта и обоснования мероприятий и способов производства работ;
- исследование состава, состояния и физико-механических свойств грунтов, залегающих в пределах области взаимодействия сооружения с основанием или являющихся средой подземных сооружений;
- получение детальной характеристики структурно-геологических, горно-технических, гидрогеологических и геокриологических условий массивов горных пород, вмещающих подземные сооружения;
- разработка специальных инженерно-геологических моделей (трещиноватости, геомеханических, водопроницаемости и др.) как отдельных элементов массива горных пород, так и части общей системы «основание-сооружение»;

- выявление основных техноприродных процессов в области взаимодействия сооружения с основанием, установление степени их влияния на условия строительства и эксплуатации сооружения и характеристика его возможных изменений;

- разработка системы геомониторинга неблагоприятных техноприродных процессов и организация соответствующих режимных наблюдений в соответствии с правилами [28] и нормами [2].

Б.3.3 Инженерно-гидрометеорологические изыскания на стадии ТЭО

На стадии ТЭО следует обеспечить повышение достоверности метеорологических характеристик, характеристик гидрологического режима водных объектов и климатических условий района, установленных для обоснования инвестиций в строительство. Основные задачи следующие:

- сравнительный анализ метеорологических и гидрологических характеристик конкурирующих вариантов размещения сооружений энергетического объекта и выбор из них по инженерно-гидрометеорологическим условиям оптимального;

- уточнение метеорологических и инженерно-гидрологических условий выбранного участка размещения проектируемого объекта, включая: особенности микроклимата (температуру и влажность воздуха, энергетические характеристики ветра и розу ветров, осадки, испарения и атмосферные явления, глубину промерзания грунта, высоту снежного покрова;

- для ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, расположенных на берегу рек и морей, а также в шельфовой зоне, характеристику гидрологического режима водных объектов (режимов уровней и стока, ледового и термического режимов, режимов волнений и течений для озер, водохранилищ и прибрежных зон морей);

- характеристика опасных гидрометеорологических процессов и явлений (наводнений, цунами, селевых потоков, снежных лавин и заносов, ураганных ветров и смерчей, гололеда, активных проявлений русловых процессов, заторов и зажоров и др.);

- установление расчетных значений энергетических характеристик ветра, гидрологических характеристик, необходимых для обоснования основных проектных решений по выбору ВЭУ, прочих сооружений и оборудования, а также компоновки ВЭУ на площадке размещения и компоновки прочих сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС;

- прогноз гидрометеорологических режимов;

- для ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, расположенных в геокриолитозоне - прогноз развития процессов оттаивания их оснований;

- прогноз развития процессов эрозии почвы;

- компьютерное моделирование метеорологических процессов на выбранных участках размещения ветроустановок по материалам метеорологических наблюдений, аэрокосмических исследований и наземных наблюдений при различных характеристиках природных и техногенных воздействий;

- определение прогнозируемой выработки энергии для выбранных площадок в соответствии с СТО 70238424.27.140.011-2008.

Б.3.4 Инженерно-экологические изыскания на стадии ТЭО

Б.3.4.1 В ТЭО (проект) инженерно-экологические изыскания должны обеспечивать разработку мероприятий по охране окружающей среды, включая природную, техногенную и социальные сферы.

Б.3.4.2 Задачами инженерно-экологических изысканий являются:

- уточнение материалов, полученных при обосновании инвестиций, по оценке состояния окружающей среды, развитию процессов, воздействующих на компоненты окружающей среды;
- прогноз воздействия проектируемых сооружений в нормальном режиме и при аварийной ситуации на компоненты окружающей среды и прогноз изменения состояния этих компонентов;
- составление рекомендаций для разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия проектируемых сооружений на окружающую среду и по охране окружающей среды;
- разработка системы социально-экологического мониторинга для отслеживания изменения состояния окружающей среды с целью предотвращения негативных последствий и возникновения чрезвычайных ситуаций при строительстве и эксплуатации объекта.

Б.3.4.3 В результате инженерно-экологических изысканий на стадии ТЭО (проект) должны быть разработаны:

- раздел проекта «Охрана окружающей среды» (ООС);
- проект социально-экологического мониторинга при строительстве и эксплуатации объекта;
- правила соблюдения экологической и социальной безопасности при строительстве объекта в соответствии с правилами [5].

Б.4 Изыскания на стадии строительства

Б.4.1 Инженерно-геодезические изыскания

При разработке рабочей документации следует уточнить размещение на местности основных и вспомогательных сооружений и объемы строительно-монтажных работ, подготовить разбивочную документацию и др.

Б.4.2 Инженерно-геологические изыскания

Б.4.2.1 Инженерно-геологические изыскания в период строительства, производятся с учетом и развитием ранее выполненных работ и должны при необходимости уточнить состояние и физико-механические свойства основания и геологической среды конкретных сооружений и их гидрогеологические характеристики, позволяющие корректировать конструктивные элементы и условия производства строительных работ, в том числе:

- установить степень соответствия инженерно-геологических условий и расчетных показателей физико-механических свойств пород, заложенных в проекте, фактически выявленным в процессе строительства;
- уточнить особенности геологического строения массивов пород для их учета в конструкциях сооружений, параметрах строительных выемок и в технологии строительных работ и реализации, таким образом, принципов «активного» проектирования;
- контролировать влияние строительных работ на состояние оснований сооружений, устойчивости естественных склонов в области взаимодействия геологической среды и сооружения.

Б.4.2.2 Информация, поступающая в процессе строительства из наблюдательной сети системы мониторинга техноприродных процессов и полученная в результате дополнительных изыскательских и исследовательских работ, должна непрерывно или с заданной периодичностью пополнять базу данных динамических информационных моделей, фиксирующих на данный период времени состояние строящегося сооружения и динамику развития спровоцированных строительством инженерно-геологических процессов и позволяющих, в случае необходимости, оперативно корректировать проектные решения в соответствии с принципами «активного» проектирования и технологию строительных работ в соответствии нормами [2].

Б.4.3 Метеорологические и инженерно-гидрологические изыскания

Метеорологические и инженерно-гидрологические изыскания в период разработки рабочей документации следует проводить в целях детализации и уточнения данных об энергетических характеристиках ветра, метеорологических факторах, гидрологических процессах, оказывающих влияние на объекты ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в соответствии с нормами [4].

Б.4.4 Инженерно - экологические изыскания

Б.4.4.1 В процессе строительства инженерно-экологические изыскания должны информационно обеспечивать экологическую и социальную безопасность строительства объекта.

Б.4.4.2 Задачами являются:

- организация и проведение социально – экологического мониторинга при строительстве объекта;
- контроль изменения состояния компонентов окружающей среды в результате строительных работ;
- оценка состояния компонентов окружающей среды и опасности развития техноприродных процессов;
- оценка эффективности мероприятий по охране и защите окружающей среды, включая природную, техногенную и социальную сферы;
- корректировка защитных и предупреждающих мероприятий для обеспечения экологической и социальной безопасности строительства.

Б.4.4.3 Результатами инженерно-экологических изысканий являются:

- информационное обеспечение экологической и социальной безопасности строительства объекта при помощи социально-экологического мониторинга;
- оперативное информирование ответственных лиц о возникновении опасности и необходимости принятия управляющих решений для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций при строительстве объекта;
- правила соблюдения экологической и социальной безопасности при эксплуатации объекта в соответствии с правилами [5].

Б.5 Инженерные изыскания на стадии реконструкции ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

Инженерные изыскания на стадии реконструкции ВЭУ, ВЭС, ВДЭС выполняются с целью обоснования проекта изменения или создания новых элементов конструкции сооружения, изменяющих характер взаимодействия сооружения с природной средой, а также уточнения ранее определенных характеристик.

Б.5.1 Инженерно-геодезические изыскания

Для разработки проекта реконструкции (расширения) ВЭУ, ВЭС, ВДЭС следует представлять:

- сведения о системах координат и высот опорных геодезических сетей и пунктов строительных сеток, связи строительной системы координат с принятой местной или государственной системами, о времени и методах выполнения топографических съемок, их масштабах, высоте сечения рельефа;
- схемы и планы инженерных сооружений (коммуникаций);
- материалы исполнительных съемок подземных коммуникаций и сооружений (планы, исполнительные чертежи, схемы, каталоги и др.)
- материалы контрольных геодезических съемок законченных строительством объектов и трасс коммуникаций;
- материалы технической инвентаризации подземных коммуникаций (сетей) по данным эксплуатирующих организаций;
- ведомости координат углов зданий (сооружений) и других точек по проекту и по исполнительной съемке в соответствии с правилами [27].

Б.5.2 Инженерно-геологические изыскания

Состав инженерно-геологических изысканий на стадии реконструкции ВЭУ, ВЭС, ВДЭС определяется степенью будущего влияния планируемых изменений в конструкции сооружений на их основание или геологическую среду, а также характером уже произошедших изменений под воздействием техноприродных процессов, развившихся в эксплуатационный период.

Б.5.2.1 Инженерно-геологические изыскания при реконструкции энергообъектов, как правило, должны включать:

- оценку состояния и свойств основания основных сооружений объекта и степени изменений, произошедших в процессе эксплуатации;
- определение расчетных показателей физико-механических и фильтрационных свойств массивов грунтов основания или геологической среды (для подземных сооружений), необходимых для проектирования реконструкции сооружений;
- оценку эффективности проводившихся мероприятий по защите сооружений и окружающей среды от воздействия неблагоприятных техноприродных процессов, выявленных при эксплуатации объекта;
- выявление комплекса инженерно-геологических и гидрогеологических факторов, которые могут повлиять на безопасность реконструкционных работ и надежность эксплуатации новых сооружений;
- прогноз направленности и масштабов развития техноприродных процессов в области взаимодействия реконструируемых сооружений с геологической средой;
- подготовку рекомендаций для разработки профилактических защитных мероприятий от воздействия неблагоприятных техноприродных процессов на реконструируемые сооружения и окружающую среду;
- разведку и оценку запасов местных строительных материалов, необходимых для проведения реконструкционных работ в соответствии с нормами [2].

Б.5.3 Метеорологические и инженерно-гидрологические изыскания

Следует провести анализ изменения величины ветропотенциала, выработки энергии, установить взаимосвязь и динамику выявленных процессов, в соответ-

ствующих случаях определить изменения гидрологических процессов, вызванные воздействием техноприродных факторов в соответствии с нормами [4].

Б.5.4 Инженерно-экологические изыскания

На стадии реконструкции энергетических объектов инженерно-экологические изыскания должны информационно обеспечивать экологическую и социальную безопасность объекта.

Б.5.4.1 Задачами инженерно-экологических изысканий на стадии реконструкции объекта являются:

- проведение социально-экологического мониторинга объекта;
- контроль изменения состояния компонентов окружающей среды в результате эксплуатации;
- оценка загрязненности компонентов окружающей среды при эксплуатации объекта;
- оценка опасности развития техноприродных процессов при реконструкции объекта;
- разработка защитных и предупреждающих мероприятий для обеспечения экологической и социальной безопасности реконструкции и ликвидации объекта.

Б.5.4.2 Результатами инженерно-экологических изысканий в период реконструкции объекта должны быть:

- информационное обеспечение экологической и социальной безопасности реконструкции объекта при помощи социально-экологического мониторинга;
- оперативное информирование ответственных лиц, принимающих решение о возникновении опасности и необходимости принятия управляющих решений для предотвращения возникновения чрезвычайной ситуации при реконструкции объекта;
- правила соблюдения экологической и социальной безопасности при реконструкции объекта;
- регулярное информирование местного населения и общественности о результатах социально-экологического мониторинга и воздействия реконструкции объекта на окружающую среду;
- ежегодные отчеты о проведении социально - экологического мониторинга в соответствии с правилами [5].

Б.6 Инженерные изыскания на стадии ликвидации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

Б.6.1 В период ликвидации зданий и сооружений с целью определения объемов строительных работ, связанных со сносом или консервацией сооружений, выполняется топографическая съемка контуров застройки и элементов сооружений, подлежащих сносу (консервации).

Б.6.2 Инженерно-геологические изыскания на стадии ликвидации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в основном выполняются с целью оценки ущерба, нанесенного природной среде в период их эксплуатации и опасности и риска, которые могут возникнуть при ликвидационных работах.

Б.6.3 Основной задачей инженерных изысканий на стадии ликвидации ВЭУ, ВЭС, ВДЭС является оценка инженерно-геологической, гидрометеорологической и экологической ситуации, сложившихся с окружающей средой в зоне сооружений в процессе их эксплуатации, прогноз степени и характера изменений этой ситуации после ликвидации объекта. Разработка предложений по проведе-

нию профилактических мероприятий для минимизации возможных негативных последствий ликвидационных работ в соответствии со строительными нормами и правилами [1].

Приложение В
(обязательное)
Методические рекомендации для проектирования конструкции ВЭУ

В.1 Основные положения

Проектирование ВЭУ должно ставить целью обеспечение конструктивной целостности несущих узлов и элементов ВЭУ при заданных условиях эксплуатации. Проверке по критическим нагрузкам подлежат все элементы конструкции ВЭУ. Предел прочности и усталостная прочность элементов конструкции должна быть подтверждена расчетами и/или проверена испытаниями, подтверждающими требуемый уровень безопасности.

Расчеты на прочность должны быть отражены в пояснительной записке. Расчеты должны быть выполнены в полном объеме со ссылками на принятые для проектирования нормативные документы.

При проведении испытаний величины прикладываемых нагрузок должны определяться соответствующими коэффициентами безопасности в проведенных расчетах.

В.2 Требования к конструкции ВЭУ

В.2.1 Размеры ВЭУ и ветроагрегата, входящего в ее состав, размеры башни (мачты), диаметр ветроколеса и другие характеристики определяют, исходя из требований технического задания, и указывают в технических условиях на ВЭУ конкретного типа.

В.2.2 В конструкции ВЭУ массой более 200 кг должны быть предусмотрены такелажные узлы или места для их установки для крепления тросов или траверс при монтаже и демонтаже ВЭУ различными способами (с помощью крана, трактора, лебедки и др.).

В.2.3 В нижней части башни (мачты) должна быть предусмотрена установка соединительной коробки (щита) для подключения к электрической сети.

В.2.4 Конструкция ВЭУ должна обеспечивать удобство монтажа, демонтажа, обслуживания, а также возможность свободного доступа к элементам настройки, регулирования и управления ВЭУ, а также к ее составным частям.

В.2.5 В конструкциях ВЭУ таких, как: ветродвигатель, втулка (ступица), механизм поворота гондолы, тормоза, - должны быть предусмотрены устройства (места для установки этих устройств), обеспечивающие возможность использования диагностического оборудования для поиска повреждений.

В.2.6 Для обеспечения безопасности ремонтного и оперативно-ремонтного персонала во время подъема на ВЭУ и выполнения работ необходимо предусмотреть ограждения. Ограждения должны быть:

- надежной конструкции;
- не допускать легкого (беспрепятственного) проникновения и устранения;
- там, где это представляется возможным, допускать выполнение работ по техническому обслуживанию без демонтажа ограждений.

В.2.7 ВЭУ должна быть автоматизирована. Объем автоматически выполняемых операций ВЭУ различного назначения может быть различен. В обязательный объем автоматизации входят:

- ограничение частоты вращения ветроколеса на заданном уровне при высоких скоростях ветра;
- автоматическая ориентация ветроколеса по направлению ветра (при ветроагрегате с горизонтально-осевым ветродвигателем);
- защита электрических цепей ВЭУ от токов короткого замыкания и перегрузок.

В.2.8 Конструкция ВЭУ должна соответствовать современным требованиям технической эстетики в части внешнего вида, гармоничности размещения, целостности, масштабности и оформления оборудования с учетом физиологических факторов.

В.3 Требования надежности

Для ВЭУ устанавливают следующие основные показатели надежности:

- средний срок службы Тсл, лет;
- средний ресурс до капитального ремонта Тр, ч;
- средняя наработка до отказа T_1, ч;
- среднее время восстановления Тв, ч.

Значения показателей надежности должны быть установлены в технических заданиях и технических условиях на ВЭУ конкретных видов.

В.4 Требования энергоэффективности и ресурсосбережения

Для ветроагрегатов устанавливают следующие показатели:

- удельное металлосодержание Ку.н, кг/кВт;
- удельная выработка электрической энергии на 1 $м^2$ площади, сметаемой ветроколесом, Ку, кВт·ч/$м^2$.

Значения показателей энергоэффективности и ресурсосбережения должны быть установлены в техническом задании на агрегаты (установки) конкретных типов.

В.5 Требования эргономики и технической эстетики

ВЭУ должны соответствовать эргономическим требованиям – по ГОСТ 12.2.049 и ГОСТ 20.39.108. Конкретные эргономические требования к зонам обслуживания устанавливают в стандартах или технических условиях на агрегаты и установки конкретного вида.

В.6 Общие требования к автоматизации

ВЭУ, работающие совместно с дизель-электрическими агрегатами и электроисточниками других типов, а также входящие в состав ветроэлектрических станций, работающих на стационарную электрическую сеть, должны иметь следующий минимальный объем дополнительной автоматизации:

- автоматическое включение на параллельную работу при достижении минимальной рабочей скорости ветра при соблюдении ограничений по току включения;

- автоматическое отключение и останов ВЭУ при снижении скорости ветра ниже минимальной, выходе из строя токосъемного устройства или при предельно допустимом закручивании кабеля;
- возможность дистанционного управления ВЭУ мощностью выше 30 кВт;
- автоматическое отключение и останов ВЭУ при скорости ветра выше максимальной рабочей скорости, а также при возникновении недопустимо высокого уровня вибраций основных частей ветроагрегата;
- автоматическое отключение и останов ВЭУ при температурах, не соответствующих рабочему диапазону температур;
- автоматический пуск в работу (страгивание и разгон до синхронной частоты вращения).

В.7 Общие требования безопасности

В.7.1 Проектировщик оборудования должен предусмотреть устройства для аварийной эвакуации персонала из гондолы на случай пожара, урагана, землетрясения, обледенения и прочих чрезвычайных ситуаций при невозможности эвакуации обычным путем (устройства для аварийной эвакуации разрабатывает организация, проектирующая ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с учетом инструкций производителей оборудования и местных климатических, сейсмических и геологических условий).

В.7.2 Страховочные устройства для аварийной эвакуации должны быть специальной конструкции, не допускающей травмирования персонала при аварийной эвакуации из гондолы

В.7.3 Проектировщик ВЭУ должен предусмотреть систему противопожарной защиты ВЭУ и средства защиты персонала и оборудования.

В.7.4 Проектировщик должен предусмотреть в проекте ВЭУ, ВЭС, ВДЭС надлежащие средства пожарной защиты персонала и оборудования

В.7.5 Металлические и неметаллические покрытия ВЭУ должны обеспечивать коррозионную стойкость в условиях эксплуатации и хранения, приведенных в стандартах, ТЗ и технических условиях на ВЭУ конкретного типа.

В.7.6 Ветроагрегат ВЭУ должен иметь тормоз, приводимый в действие, как вручную, так и автоматически. Управление тормозом должно быть доступно оператору, находящемуся на уровне земли.

В.8 Конструкторская документация ВЭУ

В.8.1 Конструкторская документация при создании ВЭУ, ВЭС, ВДЭС разрабатывается в соответствии с ЕСКД в объеме, предусмотренном перечнем разрабатываемой конструкторской и эксплуатационной документации. Данный перечень является неотъемлемой частью ТЗ на создание ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и договора.

В.8.2 В пояснительной записке должны быть установлены проектные нагрузки в соответствии с п. В.11, описана система обеспечения безопасности (безопасность конструкции, тормоза, регулировка лопастей, система управления, контроля и безопасности, устройства блокировки и прочие элементы, гарантирующие безопасную работу оборудования) в соответствии с Приложением Н.

В.8.3 В общем случае расчетам по проектным нагрузкам подлежат:
- лопасти ветроколеса;
- ступица (втулка) с присоединительным фланцем;
- трансмиссия;

- гондола и опора гондолы;
- подшипник узла вращения вокруг вертикальной оси;
- механизм выравнивания по ветру (рыскания), элементы присоединения к башне (для ВЭУ с вертикальной осью вращения);
- зубчатые передачи;
- генератор и электротехническое оборудование;
- башня;
- фундамент.

В.8.4 Проектировщик ВЭУ обязан подготовить и передать заказчику технические руководства и соответствующие чертежи для осуществления сборки, монтажа, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и технического обслуживания.

В.8.5 Проектировщик оборудования должен разработать технологию установки оборудования и монтажа, отразить в технической документации требования к выполнению погрузочно-разгрузочных операций и транспортированию оборудования ветроагрегатов в процессе его установки и монтажа.

В.8.6 Инструкции и документация, разрабатываемая проектировщиком для выполнения подъемных работ и работ по перемещению элементов конструкции, должна содержать информацию о допустимых нагрузках на поднимаемое оборудование в процессе выполнения данных работ, весах сборочных единиц и элементов конструкции, точках подъема. В документации должен содержаться перечень требований к техническим характеристикам применяемого подъемно-транспортного оборудования (кранам, лебедкам, прочему подъемному оборудованию и его элементам, включая все тросы, стропы, канаты, крюки и прочие устройства).

Проектировщик должен дать описание технологии для выполнения подъема, установки, монтажа и демонтажа оборудования ВЭУ, а также обеспечить специальными приспособлениями и устройствами, использующимися при выполнении данных видов работ.

В.8.7 Проектировщик оборудования ВЭУ должен обеспечить наличие необходимых чертежей, спецификаций для выполнения сборочных, монтажных и строительных работ.

В.8.8 Проектировщик должен указать в технической документации перечень ответственных крепежных изделий, прочих соединительных устройств и дать инструкции по выполнению контролируемых соединений.

В.8.9 Проектировщик оборудования ВЭУ должен указать предельные значения климатических параметров, которые должны быть учтены при разработке технологии, плана установки и монтажа оборудования. Надлежит учесть следующие факторы:

- скорость ветра;
- снегопад и обледенение;
- температуру окружающей среды;
- песчаную бурю (там, где это событие возможно);
- грозу;
- дальность видимости;
- дождь.

В.8.10 При формулировании требований к выполнению сборки, возведению, монтажу оборудования ВЭУ, ВЭС, ВДЭС и сопутствующего оборудования, про-

ектировщик должен руководствоваться нормами безопасности, местными и общероссийскими нормативными документам.

В.8.11 В числе обязательных требований к проведению монтажных работ и работ по возведению ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должно быть требование о выполнении названных видов работ аттестованным и специально обученным для выполнения данных работ персоналом. При обучении особое внимание должно быть уделено освоению предписанной технологии проведения монтажных работ и соблюдению норм безопасности.

В.9 Методология проектирования ВЭУ

Оборудование и конструкция ВЭУ должны обеспечивать заданные режимы эксплуатации под воздействием ветровых нагрузок, определенных классом принадлежности ВЭУ (Таблица Д.1 (Приложение Д)), соответствовать климатическим характеристикам территории размещения и прочим параметрам окружающей среды, перечисленным ниже. Результаты испытаний - граничных, климатических, механических, на прочность, на устойчивость или натурных испытаний опытных образцов - также допускается использовать вместо расчетов для подтверждения прочности конструкции.

В.10 Нагрузки, учитываемые в расчете

Нагрузки, описанные в п.п. В.10.1 - В.10.4, должны быть рассмотрены при проектировании.

В.10.1 Гравитационные и инерционные нагрузки

Гравитационные и инерционные нагрузки – это статические и динамические нагрузки, действующие на элементы конструкции ВЭУ и возникающие в результате вибрации, вращения, действия силы тяжести и сейсмической активности (или движения опорной конструкции).

В.10.2 Аэродинамические нагрузки

Аэродинамические нагрузки – это статические и динамические нагрузки, которые вызваны обтеканием воздушным потоком подвижных и неподвижных частей ВЭУ (в том числе башни и фундамента) и силовым взаимодействием воздушного потока с ними.

Процесс обтекания воздушным потоком зависит от частоты вращения ветроколеса, средней скорости воздушного потока, протекающего через площадь, ометаемую ветроколесом, турбулентности, плотности воздуха, аэродинамических профилей поверхностей ВЭУ и их взаимодействия с воздушным потоком, включая аэроупругие эффекты.

В.10.3 Эксплуатационные нагрузки

Эксплуатационные нагрузки возникают в процессе работы ВЭУ вследствие управляющих воздействий на элементы и системы ВЭУ. Они подразделяются по видам. Существуют нагрузки, возникающие в процессе регулирования частоты вращения ветроколеса путем изменения вращающего момента за счет поворота лопастей или с помощью других аэродинамических устройств. На ВЭУ воздействуют также усилия, развиваемые механическим тормозом, установленным в цепи привода, и переменные нагрузки, возникающие во время пуска и останова ветроколеса, а также нагрузки, вызванные включением - выключением генератора и рысканием.

В любом случае важно при расчете характеристик, реакций и нагрузок учесть возможный диапазон изменения эксплуатационных нагрузок. В частности для механических тормозов при определении реакций и нагрузок в любом процессе торможения должен быть принят во внимание диапазон изменения тормозных характеристик, сил сжатия пружин или давления, поскольку они зависят от температуры, степени износа и старения.

В.10.4 Прочие виды нагрузок

В расчетах должны быть также учтены нагрузки, если они обусловлены особыми условиями эксплуатации ВЭУ, например: нагрузки от волн (для ВЭУ, размещенных в море), аэродинамического следа, ударные, ледовые; нагрузки, возникающие при транспортировании, установке, монтаже, обслуживании и ремонте ВЭУ п. Г.4 (Приложение Г).

В.11 Проектные ситуации и варианты нагружения

Данный подпункт описывает расчетные варианты нагружения ВЭУ и устанавливает минимальное количество вариантов, которые должны быть рассмотрены при проектировании.

При проектировании ВЭУ ставится цель рассмотреть все наиболее важные проектные ситуации, которые возникают в процессе жизненного цикла ВЭУ.

Варианты нагружения должны быть определены комбинированием событий, возникающих в процессе эксплуатации ВЭУ (или прочих ситуаций, возникающих, например, во время сборки, возведения или технического обслуживания), с факторами окружающей среды.

Все варианты нагружения, ожидаемые с достаточной степенью вероятности, должны быть рассмотрены совместно с функционированием системы управления и защиты. Проектные варианты нагружения, использующиеся для проверки структурной целостности ВЭУ, должны быть рассчитаны на основе комбинирования:

- нормальных проектных ситуаций с соответствующими нормальными или экстремальными факторами внешней среды;
- ситуаций отказа с соответствующими факторами внешней среды;
- проектных ситуаций транспортировки, установки и технического обслуживания с соответствующими факторами внешней среды.

Если существует взаимосвязь между экстремальным фактором внешней среды и ситуацией отказа, то комбинация этих двух событий должна рассматриваться как реальный проектный вариант нагружения и учтена в расчетах.

Каждая проектная ситуация требует рассмотрения нескольких вариантов расчетного нагружения. Минимальное количество расчетных вариантов нагружения приведено в Таблице В.1. В этой таблице варианты расчетного нагружения определены для каждой проектной ситуации в соответствии с режимами ветра, электрическими нагрузками и прочими факторами внешней среды.

Если система управления предусматривает в процессе проектного варианта нагружения, описываемого заданной моделью ветра, контролируемый останов до момента достижения максимального угла рыскания и/или скорости ветра, то должно быть показано, что ВЭУ обеспечивает надежное выполнение останова при воздействии турбулентности с теми же самыми определенными изменениями параметров ветра.

Для ВЭУ, имеющих конструктивные особенности, с целью обеспечения целостности конструкции, должны быть рассмотрены соответствующие случаи проектного нагружения.

В Таблице В.1 для каждого случая расчетной нагрузки установлен соответствующий вид расчета. *«У»* относится к случаям усталостного нагружения и обозначает расчет на усталостную прочность. *"П"* относится к расчетам по предельным нагрузкам и связан с прочностными характеристиками материалов, деформациями, устойчивостью элементов конструкции.

Варианты расчетного нагружения

Таблица В.1

Проектная ситуация	*ПСН*	Режим ветра	Прочие условия	Вид расчета	Парциальный коэффициент безопасности
1 Выработка электроэнергии	1.1	*НМТ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	Для экстраполяции экстремальных событий	*П*	*Н*
	1.2	*НМТ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		*У*	*
	1.3	*ЭМТ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		*П*	*Н*
	1.4	*ЭКН* $V_{hub} = V_r - 2м/с$, V_r, $V_r + 2м/с$		*П*	*Н*
	1.5	*ЭСВ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		*П*	*Н*
2 Выработка электроэнергии в сочетании с отказом	2.1	*НМТ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	Отказ в системе управления или потеря электрической нагрузки	*П*	*Н*
	2.2	*НМТ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	Система защиты или предшествующий отказ внутренней электрической сети	*П*	*А*
	2.3	*ЭРП* $V_{hub} = V_r \pm 2м/с$ *и* V_{out}	Отказы в системе управления, защиты, электрической сети, включая потерю электрической нагрузки	*П*	*А*
	2.4	*НМТ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		*У*	*
3 Включение	3.1	*НПВ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		*У*	*
	3.2	*ЭРП* $V_{hub} = V_r \pm 2м/с$, V_{in} *и* V_{out}		*П*	*Н*
	3.3	*ЭИН* $V_{hub} = V_r \pm 2м/с$, V_{in} *и* V_{out}		*П*	*Н*
4 Нормальный останов (под контролем системы управления)	4.1	*НПВ* $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		*У*	*
	4.2	*ЭРП* $V_{hub} = V_r \pm 2м/с$ *и* V_{out}		*П*	*Н*
5 Аварийный останов	5.1	*НМТ* $V_{hub} = V_r \pm 2м/с$ *и* V_{out}		*П*	*Н*
6 Парковка (холостой ход)	6.1	*МЭВ* 50 –летний период повторяемости		*П*	*Н*
	6.2	*МЭВ* 50 –летний период повторяемости	Отсоединение от сети	*П*	*А*
	6.3	*МЭВ* период повторяемости 1 год	Экстремальное рассогласование угла рыскания	*П*	*Н*

Проектная ситуация	*ПСН*	Режим ветра	Прочие условия	Вид расчета	Парциальный коэффициент безопасности
Проектная ситуация	*ПСН*	Режим ветра	Прочие условия	Вид расчета	Парциальный коэффициент безопасности
6 Парковка (холостой ход)	6.4	*НМТ* $V_{hub} < 0{,}7V_{ref}$		*У*	*
7 Парковка в сочетании с отказом	7.1	*МЭВ* период повторяемости 1 год		*П*	*А*
8 Транспортирование,сборка, техническое обслуживание и ремонт	8.1	*НМТ* V_{maint} должна быть определена производителем		*П*	*Т*
	8.2	*МЭВ* период повторяемости 1 год		*П*	*А*

Варианты расчетного нагружения, обозначенные *"П"*, подразделяются на нормальные *(Н)*, аварийные *(А)* и транспортные/монтажные *(Т)*. В данном стандарте принято, что нормальные варианты расчетной нагрузки воздействуют на ВЭУ часто в течение ее жизненного цикла. Считается, что ВЭУ в процессе эксплуатации находится в нормальном рабочем состоянии. Допускаются незначительные отказы или поломки. Возникновение аварийной проектной ситуации рассматривается как более редкое событие. Аварии обычно связаны с ситуациями возникновения серьезных отказов, которые приводят к активации функций системы защиты. Вид проектной нагрузки: *Н*, *А*, или *Т*;- определяет величину парциального коэффициента безопасности γ_f для расчета предельной нагрузки. Эти коэффициенты приведены в Таблице В.2.

В процессе проектирования должны быть рассмотрены скорости ветра из диапазонов, установленных в Таблице В.1, приводящие к самому опасному случаю нагружения ВЭУ. Диапазон скоростей ветра рекомендуется представлять рядом дискретных величин с интервалами, обеспечивающими необходимую точность вычислений [8)]. При определении вариантов расчетного нагружения сделана ссылка на режимы ветра, описанные в Приложении Д.

В.11.1 Проектная ситуация нагружения элементов конструкции ВЭУ при выработке электроэнергии (ПСН 1.1 - 1.5)

В данной проектной ситуации рассматривается режим: ветроколесо вращается, ВЭУ работает и подключена к электрической нагрузке. В расчетной схеме следует учесть дисбаланс ветроколеса. Максимальный дисбаланс массы ветроколеса и аэродинамическая неуравновешенность (например, шаг лопастей и различие их углов поворота), указанные производителем, должны быть учтены в расчетах.

При расчетах эксплуатационных нагрузок должны быть приняты во внимание и отражены в расчетах отклонения от оптимальных теоретических эксплуата-

---

[8)] В большинстве случаев приемлемы интервалы в 2 м/с.

ционных ситуаций, например, рассогласование углов рыскания и ошибки системы управления при выполнении функции слежения.

Проектные случаи нагружения (ПСН) 1.1 и 1.2 включают нагрузки, исходя из турбулентности атмосферы, которая сопровождает процесс нормальной эксплуатации ВЭУ в течение срока ее службы (НМТ).

ПСН 1.3 включает требования к предельным нагрузкам, которые обусловлены экстремальными параметрами турбулентности. ПСН 1.4 и 1.5 относятся к переходным процессам, которые были отобраны как потенциально опасные ситуации, возникающие в процессе эксплуатации.

Статистические расчеты данных моделирования ПСН 1.1 должны включать как минимум расчеты экстремальных значений изгибающих моментов, возникающих в привтулочной части лопасти, и величину изгиба на вершине лопасти ветроколеса. Если экстремальные проектные величины этих параметров меньше экстремальных проектных величин, полученных для ПСН 1.3, дальнейший анализ ПСН 1.1 может быть опущен.

Если экстремальные проектные величины этих параметров не превышены экстремальными проектными величинами, полученными для ПСН 1.3, то параметр *c* в уравнении (Д.15) для экстремальной модели турбулентности в ПСН 1.3 рекомендуется увеличить для выполнения условия равенства или превышения экстремальных проектных величин параметров, вычисленных в ПСН 1.1 экстремальными проектными величинами в ПСН 1.3.

В.11.2 Проектная ситуация нагружения элементов ВЭУ при выработке электроэнергии в сочетании с отказами или потерей электрической сети (ПСН 2.1 - 2.4)

В данной проектной ситуации должны быть рассмотрены переходные процессы, вызванные отказом или потерей электрической сети во время производства ВЭУ электроэнергии. Важным событием для нагружения ВЭУ, подлежащим рассмотрению, является любой отказ в системе управления и защиты или отказ в собственной электрической цепи (например, короткое замыкание в цепи генератора). Для ПСН 2.1 возникновение отказа, связанного с выполнением функций управления, или потеря связи с электрической сетью должны рассматриваться как нормальные события. Для ПСН 2.2 такие редкие события как отказы реализации функций защиты или отказы во внутренних электрических цепях, должны рассматриваться как аварийные. Для ПСН 2.3 потенциально опасный режим ветра, ЭРП, рассматривается вместе с отказом собственной или внешней электрической сети (включая потерю связи с электрической сетью). Данная ситуация рассматривается как аварийная; время возникновения этих двух событий должно быть выбрано таким образом, чтобы рассмотреть в расчете наихудший случай нагружения. Если отказ или потеря электрической связи с сетью не вызывают немедленной остановки ВЭУ, а следующее в результате этого дальнейшее нагружение может привести к существенному усталостному повреждению, то вероятная продолжительность этой ситуации наряду с получающимся усталостным повреждением при нормальных параметрах турбулентности (НМТ) должна быть рассмотрена в ПСН 2.4.

В.11.3 Проектный случай нагружения при включении ВЭУ (ПСН 3.1 - 3.3)

Этот проектный случай включает все события, приводящие к нагружению ВЭУ в течение переходных процессов из неподвижного (заторможенного) состо-

яния или состояния покоя (парковки) до момента начала выработки электроэнергии. Число проектных расчетных ситуаций должно основываться на особенности функционирования системы управления.

В.11.4 Проектный случай нагружения при нормальном (контролируемом) останове ВЭУ (ПСН 4.1 - 4.2)

Этот проектный случай включает все события, приводящие к нагружению ВЭУ в течение нормальных переходных процессов с момента окончания производства электроэнергии до заторможенного состояния (неподвижного) или состояния покоя (парковки). Число проектных расчетных ситуаций должно основываться на особенности функционирования системы управления.

В.11.5 Проектный случай нагружения при аварийном останове ВЭУ (ПСН 5.1)

При проектировании ВЭУ должны быть рассмотрены нагрузки, возникающие в процессе аварийного останова.

В.11.6 Проектный случай нагружения ВЭУ, находящейся в состоянии парковки (заторможенном состоянии или при холостом ходе) (ПСН 6.1 - 6.4)

В данном проектном случае нагружения ветроколесо запаркованной ВЭУ либо неподвижно, либо совершает холостой ход (вращается, не вырабатывая электроэнергии). В ПСН 6.1, 6.2 и 6.3 названные ситуации должны рассматриваться на основе модели экстремальной скорости ветра (МЭВ). Для ПСН 6.4, должна быть рассмотрена нормальная модель турбулентности (НМТ).

Для проектных случаев нагружения, которые соответствуют МЭВ, допускается использовать как модель экстремального стационарного ветрового потока, так и турбулентную модель экстремальной скорости ветра. Если используется турбулентная модель экстремальной скорости ветра, то характеристики должны быть определены на основе полномасштабного динамического моделирования или квазистатического анализа с соответствующими поправками для порывов и динамических реакций, с учетом положения строительных норм и правил [11]. Если используется модель экстремального стационарного ветрового потока, то воздействия резонансных характеристик должны быть определены методами квазистатического анализа, упомянутого выше. Если отношение резонансных характеристик к фоновым не превышает 5 %, то рекомендуется использовать статический анализ на основе модели экстремального стационарного ветрового потока.

Если конструкция системы установки на ветер (рыскания) допускает возникновение рассогласования при воздействии нормативной нагрузки, то величина наибольшего возможного неблагоприятного рассогласования должна быть добавлена к средней величине рассогласования. Если ВЭУ имеет систему установки на ветер, которая допускает вращение при экстремальных ветровых режимах (например, свободное вращение, пассивная установка на ветер или полусвободное вращение), то должна использоваться турбулентная модель ветра; рассогласования в механизме установки на ветер будут определяться турбулентными изменениями направления ветра и динамическими характеристиками механизма установки ВЭУ на ветер. В проектном расчете должны быть рассмотрены ситуации, при которых ВЭУ испытывает существенные отклонения от положения равновесия или под воздействием ветра (в диапазоне от нормальной рабочей скорости до экстремальной скорости) изменяется ее состояние равновесия.

В ПСН 6.1 для ВЭУ с активной системой управления рысканием рассогласование установки на ветер должно быть принято в диапазоне ± 15° (для модели экстремального стационарного ветрового потока), или ± 8° (для турбулентной модели экстремальной скорости ветра), если можно обеспечить ограничение несовпадения оси ветроколеса с направлением скорости ветра.

В ПСН 6.2 должен быть рассмотрен случай отключения ВЭУ от электрической нагрузки в начале грозы, имеющей экстремальные параметры ветра. Если резервное питание не обеспечивает работу системы управления, системы установки на ветер и выравнивание по ветру в течение как минимум 6 часов, то должно быть рассмотрено воздействие от изменения направления ветра в диапазоне ±180°.

В ПСН 6.3 должен быть рассмотрен экстремальный ветер с периодом повторяемости один год при максимальном рассогласовании установки на ветер. При использовании модели экстремального стационарного потока воздуха должно быть принято максимальное рассогласование установки на ветер до ± 30°, для турбулентной модели экстремальной скорости ветра- ± 20°.

В ПСН 6.4 должно быть определено ожидаемое число часов простоя (отсутствия выработки энергии), когда под воздействием переменных нагрузок, вызванных соответствующим воздействием ветра (например, от веса вращающихся вхолостую лопастей), может возникнуть существенное усталостное повреждение в каком-либо из элементов конструкции.

В.11.7 Проектный случай нагружения ВЭУ, находящейся в состоянии парковки в сочетании с ситуацией отказа (ПСН 7.1)

Должны быть рассмотрены отклонения от нормального поведения запаркованной ВЭУ, последовавшие в результате отказов электрической сети или самой ВЭУ. Если какой-либо отказ в сети подключения, исключая ситуацию отключения от сети, вызывает отклонения от нормального поведения ВЭУ в состоянии парковки, то возможные последствия должны быть предметом анализа. Состояния отказа должны быть рассмотрены МЭВ для периода повторяемости ветра один год. Режимы ветра МЭВ должны соответствовать либо турбулентной модели, либо квазистатической с соответствующими поправками на порывы и динамические характеристики.

В случае отказа в системе установки на ветер, должно быть рассмотрено рассогласование ±180°. Для прочих отказов, рассогласование должно соответствовать ПСН 6.1.

Если рассогласование в системе управления рысканием может произойти при воздействии нормативной нагрузки (ПСН 7.1), то должно быть принято в расчет возможное наиболее неблагоприятное рассогласование.

В.11.8 Проектные случаи нагружения ВЭУ при транспортировании, сборке, монтаже, техническом обслуживании и ремонте (ПСН 8.1 - 8.2)

Для ПСН 8.1 изготовитель должен указать все климатические параметры и проектные ситуации, допустимые при транспортировании, установке, сборке в полевых условиях, техническом обслуживании и ремонте ВЭУ. Максимальные установленные параметры ветра должны быть рассмотрены при проектировании, если они приводят к существенному нагружению ВЭУ. Для обеспечения приемлемого уровня безопасности изготовитель должен предусмотреть достаточный резерв между установленными и принятыми при проектировании величинами пара-

метров ветра. Рекомендуется к установленной величине скорости ветра добавить 5 м/с для обеспечения резерва.

ПСН 8.2 должен включать все состояния ВЭУ при транспортировании, сборке, техническом обслуживании и ремонте, продолжительность которых превышает одну неделю. В соответствии с этим должны быть рассмотрены ситуации, когда:

- несущая конструкция башни возведена не полностью;
- возведена несущая конструкция без гондолы;
- на возведенной ВЭУ установлено неполное количество лопастей ветроколеса.

Допускается предполагать, что все лопасти устанавливаются одновременно.

Предполагается, что электрическая сеть в любой из этих ситуаций отключена. Рекомендуется принять меры для уменьшения нагрузок в любой из перечисленных выше ситуаций до подключения ВЭУ к электрической сети.

Блокировочные устройства должны выдерживать нагрузки, являющиеся результатом ситуаций ПСН 8.1. В частности, должно быть принято во внимание воздействие максимальных проектных эксплуатационных нагрузок.

В.12 Расчет нагрузок

Нагрузки, описанные в п.п. В.10.1 – В.10.4, должны быть рассмотрены для каждого проектного случая нагружения. В соответствующих случаях необходимо принять во внимание:

- возмущения поля скоростей ветра, вызванные работой самих ВЭУ (эффекты аэродинамического следа, «затенение» башней, и т.д.);
- влияние пространственного потока на аэродинамические характеристики лопасти (например, трехмерный срыв потока и аэродинамические концевые потери);
- нестационарные аэродинамические процессы;
- динамику конструкции и ее собственные колебания;
- аэроупругие эффекты;
- особенности функционирования системы управления и защиты ВЭУ.

Для расчета нагрузок, действующих на элементы конструкции ВЭУ, обычно используется моделирование на основе подобной динамической модели. Некоторые варианты нагружения используют в качестве исходных данных данные о турбулентном воздействии ветра. Для таких вариантов полное количество данных, соответствующих продолжительности нагружения, должно быть достаточно большим, чтобы гарантировать статистическую надежность расчета нормативной нагрузки. Для расчета каждой средней величины при минимальном количестве данных, удовлетворяющих этому условию, являются данные шести 10 - минутных стохастических результатов (или непрерывный 60 -минутный период); при этом для моделирования используется скорость ветра, измеренная на высоте оси ветроколеса, Для каждого случая при данной скорости ветра в ПСН 2.1, 2.2 и 5.1 должно быть выполнено не менее 12 испытаний.

Так как начальные условия, используемые при динамическом моделировании, обычно оказывают влияние на статистику нагружения в начале испытания, то данные, полученные в течение первых 5 с (или более, в случае необходимости)

должны быть исключены из рассмотрения для любого интервала исходных данных при исследовании турбулентности.

В тех случаях, когда местные нагрузки или напряжения в критических сечениях рассматриваемых элементов ВЭУ обусловлены совместным нагружением пространственной системы сил, для точного определения расчетных нагрузок допускается использовать временные ряды ортогональных нагрузок, полученные в результате моделирования. Когда такие ортогональные составляющие временных рядов используются для вычисления усталостных и предельных нагрузок, они объединяются с сохранением как направления, так и величины. Таким образом, прямой метод основан на получении достоверного напряжения как временной диаграммы нагружения. Затем этот единственный параметр используется в проектных расчетах экстремальных и усталостных нагрузок, что позволяет избежать расчетов комбинированных нагрузок.

Составляющие предельной нагрузки также допускается объединять традиционным методом при условии, что экстремальные величины составляющих нагрузки возникают одновременно.

B.13 Расчет предельной прочности

B.13.1 Метод расчета предельной прочности элементов конструкции ВЭУ

Метод расчета предельной прочности основан на использовании парциальных коэффициентов безопасности. Парциальные коэффициенты безопасности учитывают неопределенность, непостоянство прикладываемых нагрузок и свойств материалов, различного рода погрешности, неполное соответствие расчетных моделей и методов расчета, степень ответственности несущих элементов конструкции и последствия отказов.

B.13.1.1 Парциальные коэффициенты безопасности для нагрузок и материалов

Чтобы обеспечить надежные значения проектных величин, необходимо учесть парциальными коэффициентами безопасности нестабильность нагрузок и свойств материалов в соответствии с уравнениями (B.1) и (B.2).

$$F_d = \gamma_f F_k , \qquad \text{(B.1)}$$

где F_d - проектная расчетная величина суммарной внутренней нагрузки или реакция, возникающая внутри рассматриваемого элемента конструкции в результате одновременного воздействия всех составляющих внешней нагрузки для рассматриваемого варианта нагружения;

γ_f - парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам;

F_k - нормативная величина нагрузки.

$$f_d = \frac{1}{\gamma_m} f_k , \qquad \text{(B.2)}$$

где f_d - проектная расчетная величина, учитывающая свойства материала;

γ_m - парциальный коэффициент безопасности для материала; и

f_k - нормативное значение свойств материала.

Парциальные коэффициенты безопасности для нагрузок, используемые в настоящем стандарте учитывают:

- возможные неблагоприятные отклонения/неточности в определении нагрузок по сравнению с нормативной величиной;
- неполное соответствие расчетной модели нагрузки.

Парциальные коэффициенты безопасности для материалов, используемые в данном стандарте учитывают:

- возможные неблагоприятные отклонения/неточности прочностных характеристик материала по сравнению с нормативными характеристиками;
- возможную неточность в расчете геометрических характеристик расчетных сечений или несущей способности нагруженных элементов конструкции;
- неточность геометрических размеров;
- несоответствие свойств материала элемента конструкции свойствам материала, полученным в результате испытаний опытных образцов;
- неточность переводных коэффициентов.

В некоторых случаях перечисленные выше неточности и неопределенности учитываются по отдельности, но в данном стандарте, как и во многих других, коэффициенты, относящиеся к нагрузкам, объединены в один коэффициент γ_f, а относящиеся к материалам – в γ_m.

В.13.1.2 Парциальный коэффициент безопасности по назначению

Парциальный коэффициент безопасности по назначению учитывает последствия отказа и степень ответственности элемента конструкции. Данный коэффициент зависит от класса рассматриваемого элемента:

- элементы 1 класса: данный класс используется для безопасных элементов конструкции, отказ которых не приводит к отказу основных частей ВЭУ, например, заменяемые подшипники, находящиеся под контролем системы управления.
- элементы 2 класса: данный класс используется для "непредохраняемых" элементов конструкции, отказы которых могут привести к отказу основных частей ВЭУ.
- элементы 3 класса: данный класс используется для "непредохраняемых" механических элементов, которые связывают приводы и тормоза с главными элементами конструкции без резервирования функций защиты ВЭУ (Приложения З и И).

Для расчета ВЭУ по предельным состояниям в соответствующих случаях должны быть выполнены следующие четыре вида расчетов:

- расчет предельной прочности (см. п. В.13.2);
- расчет усталостной прочности (см. п. В.13.3);
- расчет на устойчивость (прогибы и т.д.) (см. п. В.13.4);
- проверка критических деформаций (зазор между лопастью и башней и т.д.) (см. п. В.13.5).

Каждый тип расчета устанавливает свои зависимости для описания предельного состояния и имеет дело с различными видами неопределенностей и неточностей, учитываемых с помощью парциальных коэффициентов безопасности.

В.13.1.3 Применение установленных стандартов на свойства материалов

При проверке структурной целостности элементов конструкции ВЭУ рекомендуется использовать национальные или международные стандарты для соответствующих материалов. Особую осторожность следует проявить при совместном использовании парциальных коэффициентов безопасности, установленных в

национальных или международных стандартах, и парциальных коэффициентов безопасности данного стандарта. При проектировании ВЭУ необходимо обеспечить уровень безопасности не ниже установленного данным стандартом.

Различные стандарты подразделяют парциальные коэффициенты безопасности для материалов γ_m на несколько составляющих коэффициентов, учитывающих различные типы неопределенности свойств материалов, например естественную нестабильность прочностных характеристик, методы промышленного контроля или способ получения заготовки. Парциальные коэффициенты безопасности для материалов, приведенные в этом стандарте, соответствуют так называемым "главным парциальным коэффициентам безопасности для материалов", учитывающим естественную нестабильность прочностных характеристик. Если стандарт устанавливает парциальные коэффициенты безопасности или использует уменьшенные их значения, чтобы учесть прочие неопределенности, то это следует учесть при выполнении расчетов.

Отдельные стандарты для проверочных расчетов могут устанавливать другое соотношение парциальных коэффициентов безопасности по нагрузкам и материалам. Соотношение коэффициентов, принятое в данном стандарте, соответствует ГОСТ 12.2.007.0. Если разделение коэффициентов в выбранном стандарте имеет отклонение от ГОСТ 12.2.007.0, то должны быть выполнены необходимые поправки для коэффициентов, установленных в выбранном стандарте, при выполнении проверочных расчетов согласно данному стандарту.

В.13.2 Расчет предельной прочности элементов конструкции ВЭУ

Условие прочности по предельному состоянию представлено соотношением между действующими нагрузками и сопротивлением рассматриваемого элемента конструкции:

$$\gamma_n \cdot S(F_d) \le R(f_d) \tag{B.3}$$

Сопротивление R в большинстве случаев соответствует максимально допустимым расчетным прочностным характеристикам материала, следовательно, $R(f_d) = f_d$, функция S для расчета предельной прочности обычно определяется как наибольшая величина внутреннего силового фактора в рассматриваемом элементе конструкции, следовательно $S(F_d) = F_d$. Уравнение приобретает вид:

$$\gamma_f F_k \le \frac{1}{\gamma_m \gamma_n} f_k \tag{B.4}$$

По условию предельной прочности должен быть проверен каждый нагруженный элемент конструкции ВЭУ для каждого соответствующего случая нагружения, установленного в Таблице В.2, и обеспечено условие предельной прочности в соответствии с выражением (В.4) для самого опасного предельного состояния, установленного на основе полученного наименьшего запаса.

Для случаев нагружения турбулентным потоком с заданным диапазоном изменения скоростей ветра вероятность превышения для нормативной нагрузки должна быть вычислена с учетом распределения скорости ветра, данного в п. Д.3.1.1. Поскольку многие расчеты нагрузок основаны на стохастических моделях ограниченной продолжительности, нормативные нагрузки, определенные для требуемого периода повторяемости, могут оказаться больше, чем любая из вели-

чин, вычисленных при моделировании. Руководство для расчета нормативных нагрузок от турбулентного набегающего потока дается в Приложении Р.

Для ПСН 1.1 нормативная величина нагрузки должна быть определена методом статистической экстраполяции и соответствовать вероятности превышения, для наибольшей величины в любой 10 - минутный период не более $3{,}8\times10^{-7}$ (50-летний период повторяемости) для нормальных проектных ситуаций. Для руководства см. Приложение Р.

Для случаев нагружения с указанными явлениями в поле ветра нормативные нагрузки должны быть вычислены для наихудшего варианта переходного процесса. Для случаев турбулентного воздушного потока должна быть определена средняя величина из числа самых опасных вычисленных нагрузок для различных 10 - минутных наборов случайных данных, за исключением ПСН 2.1, 2.2 и 5.1, для которых величина нормативной нагрузки должна быть равна средней величине наибольших половин максимальных нагрузок.

В.13.2.1 Парциальные коэффициенты безопасности для нагрузок

Парциальные коэффициенты безопасности для нагрузок должны быть не менее установленных в Таблице В.2.

Использование парциальных коэффициентов безопасности по нагрузкам для нормальных и аварийных проектных ситуаций, определенных в Таблице В.2, требует, чтобы выбранная модель расчета нагрузки была подтверждена результатами измерений нагрузок. Эти измерения должны быть выполнены на ВЭУ, имеющей конструкцию, подобную конструкции рассматриваемой ВЭУ в отношении аэродинамических характеристик, осуществления процессов управления и динамических реакций.

Таблица В.2

Парциальные коэффициенты безопасности для нагрузок γ_f

Неблагоприятные нагрузки			Благоприятные[9] нагрузки
Нормальные (Н)	Аварийные (А)	Транспортные/монтажные (Т)	Все проектные ситуации
1,35*	1,1	1,5	0,9
* Для проектного случая нагружения ПСН 1,1 при условии, что нагрузки определены методом статистической экстраполяции для заданного интервала скорости ветра между V_{in} и V_{out}, парциальный коэффициент безопасности по нагрузке для нормальных проектных ситуаций принимается равным γ_f=1,25.			
Если для нормальной проектной ситуации может быть рассчитана нормативная величина реакции $F_{gravity}$ от воздействия силы тяжести, и эта нагрузка является неблагоприятной, то парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам рекомендуется определить в соответствии с зависимостями: $\gamma_f = 1{,}1 + \varphi\zeta^2$			

9) Инерционные и гравитационные нагрузки, которые существенно уменьшают суммарную величину внутренних усилий в элементах конструкции, считаются благоприятными. В случае как благоприятных, так и неблагоприятных нагрузок выражение (30) имеет вид: $\gamma_n S\left(\gamma_{f,unfav} F_{k,unfav}, \gamma_{f,fav} F_{k,fav}\right) \le R\left(f_d\right)$

$$\varphi = \begin{cases} 0{,}15 & \textit{для ПСН}1{,}1 \\ 0{,}25 & \textit{для прочих} \end{cases} \qquad \zeta = \begin{cases} 1 - \left| \dfrac{F_{gravity}}{F_k} \right|; & \left|F_{gravity}\right| \le \left|F_k\right| \\ 1; & \left|F_{gravity}\right| > \left|F_k\right| \end{cases}$$

В.13.2.2 Парциальные коэффициенты безопасности для материалов в случае отсутствия установленных стандартов

В данном случае парциальные коэффициенты безопасности должны быть определены в соответствии с имеющимися данными испытаний свойств материалов. Величина главного парциального коэффициента безопасности для материалов γ_m, учитывающего естественную нестабильность прочностных свойств, должна быть:

$$\gamma_m \ge 1{,}1 \tag{32}$$

для свойств материала с 95% - ной вероятностью выживания, p, с 95% - ной достоверностью[10)]. Эта величина относится к элементам, обладающим упругими свойствами[11)], отказы которых способны приводить к отказу главных элементов конструкции ВЭУ, например, трубчатая сварная башня, фланцевое соединение башни, сварная рама гондолы или сочленения лопастей. Виды отказа включают:

- пластические деформации упругих материалов;
- разрыв болта в болтовом соединении с достаточным количеством болтов, чтобы обеспечить $\frac{1}{\gamma_m}$ части нагрузки в результате разрушения одного болта.

Для "непредохраняемых" механических/структурных элементов, не обладающих упругими свойствами, отказы которых быстро приводят к отказу главных элементов конструкции ВЭУ, главный парциальный коэффициент безопасности для материалов должен быть не менее, чем:

- 1,2 для глобальной потери устойчивости изогнутых оболочек типа трубчатых башен и лопастей;
- 1,3 для разрушения вследствие превышения напряжений растяжения или сжатия.

Парциальные коэффициенты безопасности, учитывающие последствия отказа:

- элемент класса 1: γ_n=0,9;
- элемент класса 2: γ_n=1,0;
- элемент класса 3: γ_n=1,3.

В.13.2.3 Парциальные коэффициенты безопасности для материалов в случае использования установленных стандартов

[10)] Нормативные прочностные характеристики должны быть отобраны как 95%-ый квантиль (определенный с 95%-ой достоверностью) или в соответствии с величиной, указанной в сертификате на материалы и полученной в соответствии с установленным порядком проведения испытаний установленных образцов.

[11)] Упругие свойства в данном случае относятся не только к упругим свойствам материалов, но также к элементам, конструкция которых предусматривает упругое поведение, например, внутреннее резервирование.

Объединенные парциальные коэффициенты безопасности для нагрузок, материалов и учета последствий отказа γ_f, γ_m, γ_n должны быть не менее установленных в п.п. В.13.2.1 и В.13.2.2.

В.13.3 Усталостное разрушение

Расчеты на усталостную прочность должны быть выполнены по соответствующей надежной методике. Например, в соответствии с методикой Майнера, предельное состояние считается достигнутым, когда накопленное повреждение превысит 1. В данном случае повреждение, накопленное за проектный срок службы ВЭУ, должно быть меньше или равно 1. Выражения для расчета усталостной прочности должны учитывать как особенности цикла нагружения, его диапазон, так и среднюю величину деформаций (напряжений). Для расчета величины приращения повреждения, связанного с каждым циклом усталостного нагружения, все парциальные коэффициенты безопасности (для нагрузок, материалов и последствий отказа) должны быть применимы к рассматриваемому диапазону циклических деформаций (или напряжений). Пример методики Майнера приведен в Приложении С.

В.13.3.1 Парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам

Парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам для нормальных и аварийных ситуаций должен быть: γ_f=1,0

В.13.3.2 Парциальные коэффициенты безопасности для материалов в случае отсутствия установленных стандартов

Парциальный коэффициент безопасности для материалов γ_m должен быть не менее 1,5 при условии, что кривая S-N основана на 50%-ной вероятности выживания и коэффициенте вариации <15 %.

Для элементов с большим коэффициентом вариации усталостной прочности [12)] (в диапазоне от 15 % до 20%), состоящих из многих компонентов (композитные материалы), как, например, железобетон или волоконные материалы, парциальный коэффициент безопасности должен быть увеличен и составлять не менее 1,7.

Характеристики усталостной прочности должны быть основаны на результатах статистически значимого количества испытаний, их нормативные значения должны учитывать: масштабный фактор, допуски, ухудшение свойств в результате внешних воздействий, например, ультрафиолетового излучения, а также скрытые дефекты.

Для сварных и конструкционных сталей при построении кривых S-N традиционно используется 97,7%-ная вероятность выживания. В этом случае коэффициент γ_m рекомендуется принять равным 1,1. В тех случаях, когда осуществляются периодические осмотры, позволяющие обнаружить критическое развитие усталостной трещины, допускается использовать более низкую величину γ_m. Во всех случаях коэффициент γ_m должен быть больше 0,9.

Для волоконных материалов, распределение прочностных характеристик должно быть установлено на основе данных испытаний конкретного материала. Построение кривой S-N должно основываться на 95%-ной вероятности выжива-

---

[12)] Усталостная прочность здесь определяется как диапазоны напряжений для заданного числа циклов.

ния с уровнем доверительной вероятности 95 %. В этом случае коэффициент γ_m рекомендуется принять равным 1,2. Аналогичный подход допускается использовать и для других материалов.

Парциальные коэффициенты безопасности, учитывающие последствия отказа:

- элемент класса 1: γ_n=1,0;
- элемент класса 2: γ_n=1,15;
- элемент класса 3: γ_n=1,3.

В.13.3.3 Парциальные коэффициенты безопасности для материалов в случае использования установленных стандартов

Общие парциальные коэффициенты безопасности (для нагрузок, материалов и последствий отказа) должны быть не менее установленных в п.п. В.13.3.1 и В.13.3.2 с соответствующим учетом установленных в стандарте квантилей.

В.13.4 Устойчивость

Несущие части "непредохраняемых" элементов конструкции должны сохранять устойчивость в процессе воздействия проектных нагрузок. Для всех других элементов конструкций упругие деформации под действием расчетной нагрузки допустимы. Под воздействием нормативных нагрузок все элементы конструкции должны сохранять устойчивость.

Для получения проектной расчетной нагрузки, должен быть выбран парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам, минимальная величина которого должна соответствовать установленной в п. В.13.2.1. Парциальные коэффициенты безопасности для материала должны быть не менее указанных в п. В.13.2.2.

В.13.5 Проверка критических деформаций

При проектировании должна быть выполнена проверка, показывающая, что для всех случаев нагружения и всех проектных ситуаций, установленных в Таблице В.1, деформации, способные повлиять на структурную целостность ВЭУ, отсутствуют. Одним из самых важных расчетов является определение величины зазора между лопастью и башней в наиболее опасном случае нагружения и сопоставление рассчитанной величины зазора с допустимой величиной.

Максимальные упругие деформации в неблагоприятном направлении должны быть определены для случаев нагружения, установленных в Таблице В.1 при нормативных величинах нагрузок. Полученную величину деформации затем следует умножить на общий парциальный коэффициент безопасности для нагрузок, материалов и последствий отказа.

Парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам.

Величина парциального коэффициента безопасности по нагрузкам должна быть выбрана из Таблицы В.2.

Парциальный коэффициент безопасности для упругих свойств материалов.

Величина γ_m должна быть равна 1,1, кроме тех случаев, когда упругие свойства определены в результате полномасштабных испытаний (γ_m=1,0). Особое внимание должно быть уделено учету неопределенности, связанной с геометрическими размерами и точностью метода расчета деформаций.

Парциальный коэффициент безопасности, учитывающий последствия отказа:

- элемент класса 1: γ_n=1,0;
- элемент класса 2: γ_n=1,0;
- элемент класса 3: γ_n=1,3.

Рассчитанные упругие деформации должны быть добавлены к положению рассматриваемого элемента в недеформированном состоянии в самом неблагоприятном направлении. Полученное положение должно гарантировать отсутствие касания.

Также допускается использовать прямой метод определения деформаций на основе динамического анализа. В этом случае нормативная деформация определяется методом, аналогичным использованному при определении нормативных нагрузок для случаев нагружения в Таблице В.1. Вероятность превышения для нормативной деформации в самом неблагоприятном направлении должна быть такой же, как для нормативной нагрузки. Вычисленная величина нормативной деформации должна быть умножена на общий коэффициент безопасности и добавлена к положению элемента в недеформированном состоянии, как указано выше.

В.13.6 Специальные парциальные коэффициенты безопасности

Если величины нагрузок были установлены испытаниями или на основе расчетов, подтвержденных испытаниями, и при этом обеспечен более высокий уровень надежности, то парциальные коэффициенты безопасности для нагрузок допускается уменьшить. Величины всех использованных парциальных коэффициентов безопасности должны быть отражены в проектной документации.

Приложение Г
(обязательное)
Методика выбора ВЭУ по условиям соответствия площадке размещения

Г.1 Основные положения, реализуемые при выборе ВЭУ

На ВЭУ воздействуют факторы окружающей среды, факторы, определяемые электрической сетью подключения, а также соседние ВЭУ, которые могут оказывать влияние на характер нагружения, срок службы и процессы эксплуатации ВЭУ. В дополнение к этим факторам для площадки размещения должны быть учтены: топография местности, сейсмическая опасность зоны, химические и механические свойства слагающих грунтов. При проектировании должно быть показано, что определенные для участка перечисленные выше факторы и условия не могут нанести ущерба структурной целостности выбранной ВЭУ. При проектировании должна быть оценена топографическая сложность участка (см. п. Г.2) и выполнена оценка ветрового режима площадки размещения (см. п. Г.3). Для оценки структурной целостности допускается использовать два подхода, заключающиеся в следующем:

а) показано, что величины всех факторов, описывающих специфические условия площадки размещения, не превышают принятых при проектировании ВЭУ (см. п. Г.9);

б) показано, что структурная целостность ВЭУ сохраняется при упомянутых выше условиях, когда каждое из условий является таким же или является более суровым, чем то, которое определено для площадки в соответствии с п. Г.10.

Если какие-либо условия для площадки являются более суровыми, чем принятые при проектировании ВЭУ, то структурная целостность и электрическая совместимость должны быть подтверждены на основе второго подхода.

Определение парциальных коэффициентов безопасности для нагрузок (п. В.14.2.1) выполнено в предположении, что оценка нормальных и экстремальных факторов ветрового режима на площадке была проведена в соответствии с минимальными требованиями, изложенными в данном пункте.

Г.2 Оценка топографической сложности площадки

Сложность ландшафта определяется величиной отклонений рельефа местности от плоской поверхности. Площадка, показатели которой превышают установленные в Таблице Г.1, имеет сложный ландшафт. Угол уклона аппроксимирующей плоскости, используемый в Таблице Г.1, обозначает уклон плоскости, которая обеспечивает наилучшее приближение к изменениям рельефа площадки в пределах установленного расстояния от ВЭУ и проходит через основание башни ВЭУ. В данном случае высота изменения рельефа от аппроксимирующей плоскости измеряется расстоянием, измеренным по вертикали от любой точки на поверхности ландшафта до аппроксимирующей плоскости. Z_{hub}, м, – высота от уровня основания до оси ветроколеса ВЭУ, м.

Таблица Г.1

Показатели сложности ландшафта

Расстояние от ВЭУ, м	Максимальный угол уклона аппроксимирующей плоскости	Максимальная высота изменений рельефа местности в пределах круга радиусом 1,3 Z_{hub}, расположенного в аппроксимирующей плоскости, м
<5 Z_{hub}	<10^0	<0,3 Z_{hub}
<10 Z_{hub}		<0,6 Z_{hub}
<20 Z_{hub}		<1,2 Z_{hub}

Шаг поверхностной координатной сетки, используемой для оценки сложности рельефа, не должен превышать Z_{hub}.

Г.3 Параметры ветра, определяемые в проекте

Величины перечисленных ниже параметров ветра на площадке размещения ВЭУ должны быть определены:

- экстремальная скорость ветра на 10 - минутном интервале осреднения на высоте оси ветроколеса Z_{hub} с периодом повторяемости 50 лет;

- функция плотности вероятности распределения скорости ветра $p(V_{hub})$ на интервале $V_{in} - V_{out}$;

- среднее квадратическое отклонение турбулентности набегающего воздушного потока $\hat{\sigma}$, м/с, (определенное как средняя величина среднего квадратического отклонения продольной составляющей скорости[13)]) и среднее квадратическое отклонение σ_σ, м/с, от $\hat{\sigma}$, м/с, на уровне оси ветроколеса в интервале $V_{in} - V_{out}$ при величине V_{hub}, равной V_{ref};

- угол отклонения набегающего потока;
- распределение ветра[14)];
- плотность воздуха.

В том случае, когда отсутствуют данные о плотности воздуха для рассматриваемой площадки, надлежит руководствоваться рекомендациями в соответствии с ГОСТ Р 51991 с внесением соответствующих поправок для среднегодовой температуры.

Интервал для любой выборки скоростей ветра, которая используется для определения вышеупомянутых величин, должен быть не более 2 м/с; угол сектора направления ветра должен быть не более 30°. Все параметры, кроме плотности воздуха, должны иметь интервал осреднения 10 мин и быть сгруппированы по направлениям ветра.

Параметры ветра[15)] на площадке также должны быть:

[13)] Продольная составляющая может быть аппроксимирована горизонтальной составляющей.

[14)] Высокие величины распределения для расширенных периодов времени были установлены для некоторых зон в соответствии с очень большой стратификацией воздушного потока или существенными изменениями шероховатости поверхности. Условия внешней окружающей среды в Приложения Д не предполагают учета данных случаев.

[15)] Необходимо учесть эффекты «затенения» конструкциями большого размера, располагающимися от ВЭУ на расстоянии менее 20-кратной номинальной высоты конструкции.

- измерены в диапазоне от 0,2 V_{ref} до 0,4 V_{ref} и экстраполированы или

- вычислены на основе данных длительных измерений, проведенных установленным на площадке метеорологическим оборудованием, данных, предоставленных государственными метеорологическими станциями, или на основе данных государственного ветрового кадастра.

Если используются результаты измерения параметров ветра непосредственно на площадке размещения, то должна быть выполнена их корректировка на основе доступных долговременных данных государственных метеорологических станций, наиболее близко расположенных к рассматриваемой площадке. Для площадок, находящихся в зонах с ярко выраженными сезонными климатическими колебаниями, период мониторинга, обеспечивающий надежность данных, должен быть не менее одного года и включать все сезоны. Для площадок без яркой выраженности сезонных изменений необходимо осуществлять мониторинг не менее 6 месяцев.

Величина среднего квадратического отклонения продольной составляющей скорости ветра должна быть определена соответствующими статистическими методами, пригодными для результатов измерения и предпочтительно таких, в которых не наблюдается явная тенденция. Для площадок, где топографические или другие местные факторы могут оказывать влияние на величину интенсивности турбулентности, эти факторы должны быть отражены в данных. Характеристики анемометра, интервалы измерений и время осреднения, используемые для получения опытных данных, должны быть приняты во внимание при оценке интенсивности турбулентности.

Г.4 Оценка эффекта «затенения» ВЭУ

В процессе проектирования должны быть обязательно рассмотрены эффекты взаимного воздействия расположенных рядом ВЭУ («затенение», которое влияет на процесс выработки электроэнергии и силовое нагружение ветроустановок). При проведении проектных расчетов ветроэлектростанции и выборе ВЭУ по условиям конкретной площадки следует принять во внимание осредненные и турбулентные характеристики воздушного потока, вызванные «затенением» одной или многими ВЭУ, которые расположены выше по течению воздушного потока. Расчеты должны учитывать расстояния между ВЭУ, все скорости ветра и его направления, существенные для выработки электроэнергии.

Увеличение нагружения ВЭУ, в основном учитывающее результат влияния аэродинамического следа, рекомендуется определять при помощи эффективной интенсивности турбулентности. Результирующее воздействие на ВЭУ в данном случае складывается из нагружения фоновой турбулентностью и воздействием аэродинамического следа.

Для выполнения расчетов на усталостную прочность эффективную интенсивность турбулентности I_{eff} рекомендуется определять в соответствии с Приложением Т.

При определении предельных нагрузок интенсивность I_{eff} рекомендуется принять равной максимальной величине интенсивности турбулентности, обусловленной аэродинамическими следами всех соседних ВЭУ, как определено в Приложении Т.

$$I_{eff} = \frac{1}{V_{hub}} \max\{\hat{\sigma}_T\} \qquad (Г.1)$$

Если расстояния между ВЭУ составляют менее трех диаметров ветроколеса, то рассмотренные модели применять не рекомендуется, так как в этом случае их надежность точно не определена.

Г.5 Оценка прочих факторов окружающей среды

Перечисленные ниже факторы окружающей среды требуют определения и сравнения их с принятыми при проектировании ВЭУ:

- нормальные и экстремальные температурные диапазоны;
- гололед, град и снег;
- влажность;
- удары молний;
- солнечное излучение;
- химически активные вещества;
- соленость.

Г.6 Оценка устойчивости для сейсмически опасных районов

Для ВЭУ стандартного класса требования к сейсмической устойчивости не формулируются, потому что такие события характерны лишь для незначительного количества районов в мире. Выполнение расчетов на сейсмическую устойчивость не требуется для районов с низкой сейсмической активностью в соответствии со строительными нормами и правилами [11]. Для районов, где сейсмические нагрузки, описанные ниже, являются критическими, должны быть выполнены расчеты, подтверждающие сохранение структурной целостности ВЭУ при условиях, соответствующих площадке размещения. Оценку рекомендуется основывать на методике, изложенной в Приложении М. При расчетах результирующей нагрузки сейсмическое нагружение должно быть скомбинировано с другими существенными часто встречающимися эксплуатационными нагрузками.

Сейсмические нагрузки зависят от акселерограмм и спектров реакций, определенных в строительных нормах и правилах [11].

Оценку сейсмической устойчивости допускается выполнять в соответствии с методикой, изложенной ниже.

При сейсмических явлениях ускорение земли должно быть определено для 475-летнего периода повторяемости.

Сейсмическая и рабочая нагрузки должны быть сопоставлены. В качестве рабочей нагрузки для выполнения данного сопоставления выбирается большая из двух нагрузок, приведенных ниже:

а) средняя нагрузка, возникающая в процессе производства электроэнергии и определенная для всего периода эксплуатации ВЭУ;

б) нагрузка, возникающая в случае аварийного отключения ВЭУ, если скорость ветра в начальный момент отключения соответствует величине нагрузки, указанной для случая а).

Парциальный коэффициент безопасности по нагрузкам для всех нагруженных элементов должен быть равен 1,0.

Расчет сейсмической нагрузки рекомендуется выполнять методом доминантной частоты; в этом случае рабочие нагрузки непосредственно добавляются к сейсмическим.

Расчет сейсмических нагрузок допускается выполнять методом спектрально-временных моделей. В этом случае должно быть рассмотрено необходимое количество вариантов для обеспечения репрезентативности рабочей нагрузки, полученной как средняя величина для рассматриваемых интервалов времени.

Число тонов собственных колебаний башни, используемое в расчете, должно соответствовать строительным нормам и правилам [11]. Если строительные нормы и правила не используется, то должен быть рассмотрен последовательный ряд тонов с полной модальной массой 85% от всей массы.

При выполнении оценки сейсмической устойчивости конструкции может допускаться только упругая реакция или вязкое рассеяние энергии. Важно, чтобы последний параметр был оценен правильно для примененного типа конструкции (особенно для решетчатых конструкций, выполненных с помощью болтовых соединений).

Консервативный метод вычислений и комбинирования нагрузок, действующих на башню, приведен в Приложении С. Этот метод нельзя использовать, если предполагается, что сейсмические воздействия помимо нагружения башни вызовут существенное нагружение прочих конструкций.

Г.7 Оценка влияния сети подключения

Условия, определяемые сетью подключения на клеммах ВЭУ, при размещении ее на предполагаемой площадке, должны быть определены для гарантирования соответствия проектным характеристикам электрических нагрузок. Внешние условия, накладываемые сетью подключения, должны быть следующими[16)]:

- номинальное напряжение и диапазон колебаний, включая условия, при которых ВЭУ остается подключенной/отключенной от сети, на основе установленного номинального диапазона напряжения и продолжительности;
- номинальная частота, диапазон колебаний и темпы изменения, включая условия, при которых ВЭУ остается подключенной/отключенной от сети, на основе установленного номинального диапазона частоты и продолжительности;
- асимметрия напряжений: изменение составляющей обратной последовательности фаз по отношению к составляющей прямой последовательности фаз;
- метод заземления нейтрали;
- метод обнаружения/защиты от замыкания на землю;
- простои: количество отключений от принимающей сети в год;

---

16) При проектировании ВЭУ может возникнуть необходимость выполнения условия совместимости с сетью подключения. *Требования по совместимости с сетью подключения, основывающиеся на требованиях стандартов РФ и обусловленные местными условиями, должны быть предусмотрены на стадии проектирования. Могут быть установлены дополнительные требования:*

- тип, назначение и месторасположение ВЭУ;
- мощность ВЭУ;
- наличие, мощность и энергопотребление нагрузки;
- требуемая степень надежности электроснабжения потребителей (категория электроприемников);
- наличие оборудования нужных параметров и надежность его работы;
- размер ущерба при нарушении электроснабжения и недоотпуске электроэнергии потребителям, а также системного ущерба из-за ухудшения режимов работы энергетических систем при отказах элементов ВЭУ

- циклы повторного автоматического включения;
- график потребления реактивной мощности;
- продолжительность короткого замыкания и величина токов короткого замыкания;
- полное сопротивление короткого замыкания на клеммах ВЭУ (фаза-фаза, фаза-фаза-земля, земля-фаза);
- фоновое нелинейное искажение напряжения сети;
- наличие несущей частоты ВЧ - связи и ее частота;
- профиль падения напряжения в сети, при котором ВЭУ остается подключенной к сети;
- требования к управлению мощностью;
- скорость отслеживания графика нагрузки; и
- другие требования по обеспечению совместимости с сетью.

Г.8 Инженерно-геологические и инженерно-геодезические изыскания

Инженерные изыскания для определения свойств слагающих грунтов предполагаемой площадки размещения должны осуществляться квалифицированным персоналом в соответствии с Земельным Кодексом РФ, строительными нормами и правилами [3], а также ведомственными строительными нормами [4], [5] и Приложением Б настоящего стандарта.

Г.9 Проверка структурной целостности ВЭУ на основе данных измерения параметров ветра

Проверка структурной целостности ВЭУ должна быть выполнена путем сравнения величин параметров ветра для участка размещения ВЭУ с параметрами, использованными при проектировании ВЭУ. Критерием выбора ВЭУ для предполагаемой площадки является удовлетворение перечисленным ниже условиям:

- экстремальная средняя скорость ветра с периодом повторяемости 50 лет, измеренная на высоте оси ветроколеса в течение 10 минут на площадке, должна быть меньше величины V_{ref}, м/с[17)];
- полученная в результате измерений на площадке функция плотности вероятности для V_{hub} должна быть меньше, чем проектная величина функции плотности вероятности (см. п. Д.3.1.1) для всех значений V_{hub} в интервале от $0{,}2V_{ref}$ до $0{,}4V_{ref}$;
- нормативная величина среднего квадратического отклонения турбулентности σ_1, м/с, (см. уравнение (Д.7)) должна быть больше или равна величине, определенной для площадки размещения, приблизительно для 90%-ного квантиля среднего квадратического отклонения турбулентности для всех величин скорости ветра V_{hub} в интервале от $0{,}2V_{ref}$ до $0{,}4V_{ref}$ и

$$\sigma_1 \geq \hat{\sigma} + 1{,}28\hat{\sigma}_\sigma \qquad (Г.2)$$

[17)] В качестве альтернативы допускается определять центральное (на интервале осреднения 3 секунды) значение экстремальной скорости ветра на высоте оси ветроколеса с периодом повторяемости 50 лет, которое должно быть меньше, чем V_{e50}, м/с.

Для сложного ландшафта оценка нормативной величины среднего квадратического отклонения продольной составляющей турбулентности должна быть увеличена, чтобы учесть влияние турбулентности, обусловленной сложным рельефом[18)]. Отклонение воздушного потока на площадке должно соответствовать максимальной величине отклонения из всех возможных для рассматриваемой площадки и должно быть меньше, чем определенное в п. Д.3. В том случае, когда отсутствуют данные или расчеты для отклонения воздушного потока на площадке со сложным рельефом, следует предположить, что воздушный поток всегда параллелен аппроксимирующей плоскости (см. п. Г.2) в пределах расстояния от ВЭУ, равного $5V_{hub}$.

Показатель степени кривой, описывающей распределение средней скорости ветра по вертикали, a должен быть меньше, чем определенный в п. Д.3.1.2, и больше нуля. Если данные для рассматриваемой площадки отсутствуют, то распределение ветра допускается определять на основе топографии и класса шероховатости поверхности.

Средняя плотность воздуха на площадке должна быть меньше, чем определенная для скоростей ветра, больших или равных V_r, м/с (п. Д.4.1).

Оценку влияния аэродинамического следа рекомендуется выполнять проверкой условия равенства или превышения нормативного среднего квадратического отклонения турбулентности σ_1, м/с, в модели нормальной турбулентности величины 90%-ного квантиля среднего квадратического отклонения турбулентности (включая как фоновую турбулентность окружающей среды, так и влияние аэродинамического следа) в интервале от $0{,}2V_{ref}$ до $0{,}4V_{ref}$.

Для случая, когда характеристики ВЭУ известны, расчет ведется для интервала от $0{,}6V_r$ до V_{out}:

$$\sigma_1 \geq I_{eff} \cdot V_{hub} + 1{,}28\hat{\sigma}_\sigma, \qquad (Г.3)$$

где интенсивность I_{eff} для расчетов по усталостным и предельным нагрузкам должна быть принята в соответствии с п. Г.4.

Г.10 Проверка структурной целостности ВЭУ при воздействии нагрузок, вызванных специфическими особенностями площадки размещения

Расчеты должны показать, что нагрузки и вызванные ими деформации, соответствующие специфическим особенностям площадки размещения и учитывающие влияние окружающей среды на прочностные характеристики конструкции, в сравнении с характеристиками, принятыми при проектировании ВЭУ, обеспечивают гарантированный запас. Вычисления должны быть выполнены для измене-

---

[18)] Влияние сложного ландшафта на турбулентность рекомендуется учитывать дополнительным корректирующим множителем C_{CT}, который определяется выражением:

$$C_{CT} = \frac{\sqrt{1 + \left(\hat{\sigma}_2 / \hat{\sigma}_1\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_3 / \hat{\sigma}_1\right)^2}}{1{,}375},$$

где отношения $\hat{\sigma}_i$ определены на уровне оси ветроколеса. В том случае, когда площадка имеет сложный рельеф, и отсутствуют данные измерений, допускается использовать результаты моделирования или C_{CT}=1,15.

ний параметров ветра по средним значениям скоростей ветра и его направления и учитывать воздействие аэродинамического следа и прочие факторы.

Если данные для определения составляющих турбулентности, вызванные сложным ландшафтом, отсутствуют, то рекомендуется величины продольной, боковой и нормальной составляющих стандартных средних квадратических отклонений турбулентности принять одинаковыми.

При наличии воздействия аэродинамического следа должна быть выполнена проверка структурной целостности ВЭУ для ПСН 1.1 и 1.2, в которых σ_1, м/с, в модели нормальной турбулентности заменена фактической турбулентностью от аэродинамического следа. Рекомендуется использовать выражение:

$$\sigma_{wake} = I_{eff} V_{hub} + 1{,}28\hat{\sigma}_{\sigma} \qquad (Г.4)$$

где интенсивность I_{eff} для расчетов по усталостным и предельным нагрузкам должна быть принята в соответствии с п. Г.4.

Для расчетов по усталостной прочности интенсивность I_{eff} в соответствии с Приложением Т зависит от показателя степени m кривой Веллера для материала, из которого изготовлен рассматриваемый элемент. Нагрузки, действующие на элементы конструкции с другими свойствами материалов, должны быть или пересчитаны или оценены с учетом соответствующей величины m.

Для вычислений предельных нагрузок допускается принять во внимание частоту возникновения ситуаций воздействия аэродинамического следа и соответствующим образом изменить экстраполяцию нагрузок в ПСН 1.1.

Приложение Д
(обязательное)
Методика оценки воздействий на ВЭУ факторов внешней окружающей среды

Д.1 Факторы окружающей среды. Основные положения при учете факторов окружающей среды

Факторы внешней окружающей среды, описанные в данном разделе, должны быть учтены при проектировании ВЭУ.

На ВЭУ воздействуют факторы окружающей среды и электрические нагрузки, которые влияют на процессы нагружения элементов конструкции и отражаются на сроке службы и процессе ее эксплуатации. Для обеспечения надлежащего уровня надежности и безопасности в процессе проектирования необходимо учесть факторы окружающей среды, режимы электрических нагрузок и характеристики грунтов, которые должны быть детально изложены в проектной документации.

Факторы окружающей среды подразделяются на режимы ветра и прочие факторы. Электрические режимы обусловлены режимами сети подключения. Характеристики грунтов учитываются при проектировании фундаментов ВЭУ.

Каждый вид факторов окружающей среды подразделяется на нормальный и экстремальный. Нормальные факторы главным образом затрагивают процессы повторно-периодического нагружения элементов конструкции, в то время как экстремальные факторы представляют редкие проектные состояния. Проектные случаи нагружения должны состоять из потенциально опасных комбинаций этих факторов с режимами эксплуатации ВЭУ и другими проектными случаями.

Структурная целостность ВЭУ в первую очередь зависит от режимов ветра. Прочие факторы окружающей среды также влияют на конструктивные особенности ВЭУ, такие как функции системы управления, срок службы, процессы коррозии и так далее.

Нормальные и экстремальные факторы, которые должны быть рассмотрены при проектировании ВЭУ в соответствии с классом ее безопасности, установлены в приведенных ниже подпунктах.

Выбор ВЭУ для конкретной площадки размещения на местности должен быть произведен на основе проверки соответствия технических характеристик ВЭУ ветровым режимам и прочим факторам окружающей среды, характерным для данной площадки.

Д.2 Классы ВЭУ

Параметры окружающей среды, которые должны быть рассмотрены при проектировании ВЭУ, зависят от предполагаемой площадки размещения или типа площадки для установки ВЭУ.

Классы ВЭУ определяются скоростью ветра, параметрами, описывающими турбулентность и требованиями надежности.

Приведенная в стандарте классификация ВЭУ учитывает большинство случаев, возникающих в практике проектирования. Значения скоростей ветра и пара-

метров турбулентности, приведенные в Таблице Д.1, являются базовыми для группового описания площадок, соответствующих каждому классу ВЭУ.

Таблица Д.1

Расчетные параметры классов ВЭУ

Класс ВЭУ	I	II	III	S
V_{ref} (м/с)	50	42,5	37.5	Значения расчетных параметров назначаются проектировщиком
A I_{ref}(-)	0,16			
B I_{ref}(-)	0,14			
C I_{ref}(-)	0,12			

П р и м е ч а н и е - Значения параметров приведены к оси ветроколеса.
I, II, III – нормальные классы ВЭУ;
S – специальный класс;
подкласс ВЭУ для повышенной турбулентности;
подкласс ВЭУ для умеренной турбулентности;
подкласс ВЭУ для низкого уровня турбулентности;
I_{ref}– расчетное значение интенсивности турбулентности воздушного потока [2)] при средней скорости 15 м/с, определенной на 10-ти минутном интервале, на высоте оси ветроколеса.

Определение принадлежности ВЭУ к определенному классу осуществляется в соответствии с проектными интервалами скоростей ветра и параметрами турбулентности. Каждый класс ветроагрегатов применим к широкому спектру площадок, имеющих скорости ветра и параметры турбулентности, соответствующие значениям рассматриваемого класса. В Таблице Д.1 представлены величины базовых параметров, которые определяют принадлежность ВЭУ к классу I, II, III или S. В том случае, когда выявлено наличие более жестких режимов ветра, чем это предусмотрено в Таблице Д.1, или требуется обеспечение специальных условий безопасности, а также расширение температурных интервалов эксплуатации, необходимо назначить класс безопасности S.

Проектные параметры ВЭУ для класса S должны быть выбраны проектировщиком и отражены в проектной документации. Для таких случаев величины параметров, выбранные для проектирования ВЭУ, должны быть не менее жесткими, чем ожидаемые параметры внешней окружающей среды.

ВЭУ, имеющие параметры в соответствии с классами I, II и III, не предназначены для размещения в море или в зонах тропических штормов, ураганов, циклонов и тайфунов. Для перечисленных условий должны быть использованы ВЭУ класса S.

Для полной характеристики внешних условий, используемых при проектировании ВЭУ нормальных классов (в соответствии с Таблицей Д.1 от I_A до III_C), должны быть дополнительно использованы параметры, величины которых установлены в п.п. Д.3, Д.4, Д.5 настоящего стандарта.

Срок службы ВЭУ нормальных классов – не менее 20 лет.

Для ВЭУ класса S производитель в проектной документации должен привести описание примененных моделей и указать величины проектных параметров. Если приняты модели, описанные в Приложении Д настоящего стандарта, то до-

---

[2)] В данной редакции стандарта I_{ref} определяется как среднее значение, а не как характерное.

статочно указать величины параметров. Проектная документация ВЭУ класса S должна содержать данные, перечисленные в Приложении К настоящего стандарта.

Сокращения, приведенные в заголовках остальных подпунктов данного раздела, используются для описания режимов ветра для проектных случаев нагружения, определенных в п.В.12.

Д.3 Режимы ветра

ВЭУ должна обеспечивать надежное и безопасное функционирование при режимах ветра, соответствующих выбранному классу.

Расчетные параметры режимов ветра должны быть подробно отражены в проектной документации ВЭУ.

Режимы ветра для обеспечения безопасности и определения силового воздействия на элементы конструкции ВЭУ разделяются на нормальные режимы ветра, которые часто случаются в течение нормальной эксплуатации ВЭУ, и экстремальные режимы ветра, которые имеют периоды повторяемости 1 год и 50 лет.

Режим ветра определяется сочетанием постоянного осредненного воздушного потока с переменным расчетным профилем порыва ветра или с турбулентностью. Во всех случаях должно быть рассмотрено влияние отклонения осредненного потока (далее средний поток) относительно горизонтальной плоскости до 8°. Этот угол отклонения потока принимается постоянным по высоте.

Выражение "турбулентность" обозначает среднюю величину случайных изменений скорости ветра в течение 10 минут. В том случае, когда используется модель турбулентности, она (модель турбулентности) должна учитывать изменения скорости ветра, сдвигов и направления, и позволять выполнение статистической выборки в меняющихся сечениях. Три составляющих вектора, описывающие турбулентность, определяются как:

- продольная составляющая - по направлению средней скорости ветра;
- боковая составляющая - горизонтально и перпендикулярно к продольной составляющей;
- нормальная составляющая - перпендикулярно к продольной и боковой составляющим, т. е. имеет отклонение от вертикали на угол отклонения среднего потока.

Для нормальных классов ВЭУ спектральная плотность мощности векторного поля скоростей ветра, используемая в модели турбулентности, должна удовлетворять следующим условиям:

а) среднее квадратическое отклонение продольной составляющей скорости ветра σ_1, м/с, принимается постоянным по высоте и определяется в п.п. Д.3.1.3, Д.3.2.1, Д.3.2.3; составляющие, перпендикулярные к среднему направлению воздушного потока, должны иметь следующие наименьшие характерные отклонения[3)]:

- боковая составляющая: $\sigma_2 >= 0,7\sigma_1$;

[3)] Действительные значения зависят от выбора модели турбулентности и требований Приложения Д

- нормальная составляющая: $\sigma_3 >= 0,5\sigma_1$;

б) продольный масштаб турбулентности воздушного потока Λ_1 на высоте оси ветроколеса Z выражается зависимостью:

$$\Lambda_1 = \begin{cases} 0,7Z & Z \le 60м \\ 42м & Z \ge 60м \end{cases} \quad (Д.1)$$

В зависимости от частоты в инерционной области (высокая частота) спектральные плотности энергии трех ортогональных составляющих $S_1(f)$, $S_2(f)$, $S_3(f)$, $м^2/с$, должны постепенно приближаться к функциям:

$$S_1(f) = 0,05\sigma_1^2 (\Lambda_1 / V_{hub})^{-2/3} f^{-5/3}, \quad (Д.2)$$

$$S_2(f) = S_3(f) = \frac{4}{3} S_1(f) \quad (Д.3)$$

Допускается использовать общепризнанную модель для описания когерентности, определяемую совокупной величиной взаимной спектральной плотности продольных составляющих вектора скорости, деленной на автоспектральную функцию в пространственно удаленных точках плоскости, нормальной к продольному направлению.

Рекомендуется использовать универсальную модель Манна для турбулентности в потоке со сдвигом, которая удовлетворяет изложенным требованиям (Приложение Л). Другая часто используемая модель - модель Каймала, которая удовлетворяют этим требованиям, также приведена в Приложении Л.

Использование других моделей должно быть обосновано, так как выбор модели существенно влияет на величину проектных нагрузок.

Д.3.1 Нормальные режимы ветра

Д.3.1.1 Модель распределения скорости ветра

Выбор модели распределения скорости ветра оказывает существенное влияние на проектирование ВЭУ, потому что определяет частоту изменения нагрузок, действующих на элементы конструкции в нормальных проектных состояниях. Средняя величина скорости ветра на высоте оси ветроколеса, определенная на 10 – минутном интервале, определена в соответствии с распределением Рэлея:

$$P_R(V_{hub}) = 1 - \exp\left[-\pi (V_{hub}/2V_{ave})^2\right], \quad (Д.4)$$

где: V_{hub}- скорость набегающего воздушного потока на высоте оси ветроколеса (для ВЭУ с горизонтальной осью вращения), м/с;

V_{ave}-среднее значение скорости ветра, м/с.

Для стандартных классов ВЭУ

$$V_{ave} = 0,2V_{ref} \quad (Д.5)$$

Д.3.1.2 Модель нормального профиля ветра (НПВ)

Профиль ветра, $V(z)$, м/с, определяет среднюю скорость ветра в функции высоты Z, м, над уровнем земли. Для стандартных классов ВЭУ нормальный профиль скорости ветра должен быть определен из уравнения:

$$V_{(z)} = V_{hub}\left(Z/Z_{hub}\right)^{\alpha} \quad (Д.6)$$

Показатель степени, α, принимается равным 0,2.

Принятая модель профиля ветра используется для определения изменения средней скорости ветра по нормали в плоскости, ометаемой ветроколесом.

Д.3.1.3 Модель нормальной турбулентности (НМТ)

Для модели нормальной турбулентности, среднее квадратическое отклонение продольной составляющей скорости ветра на высоте оси ветроколеса для 90%[4)] квантиля и стандартных классов ВЭУ дается выражением:

$$\sigma_1 = I_{ref}\left(0{,}75V_{hub} + b\right); \quad b = 5{,}6 м/с \qquad (Д.7)$$

Характерные зависимости для стандартного отклонения σ_1, м/с, и интенсивности турбулентности σ_1/V_{hub} показаны на Рисунках Д.1а и Д.1б.

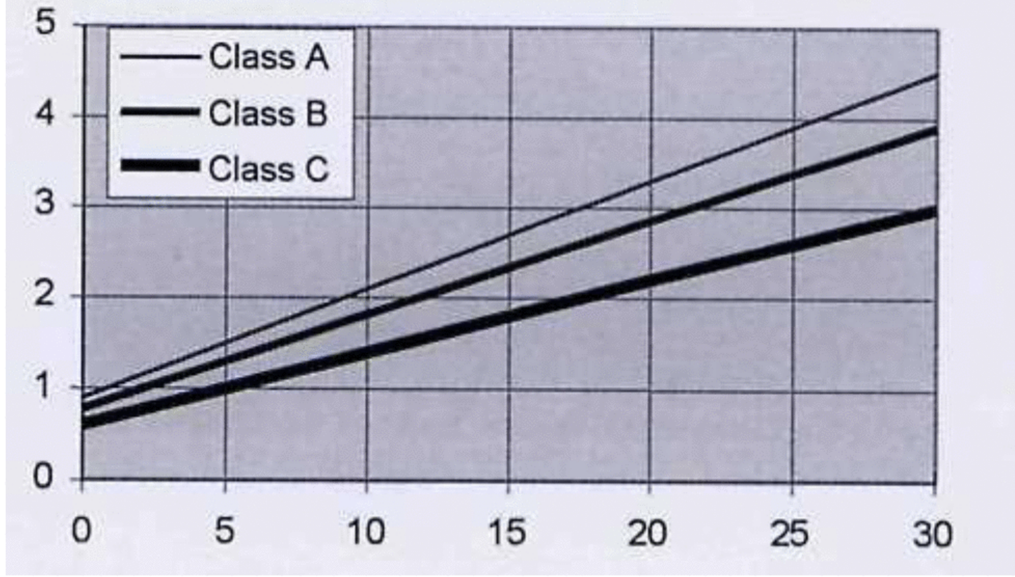

Рисунок Д.1а – Среднее квадратическое отклонение продольной составляющей скорости ветра для модели НМТ

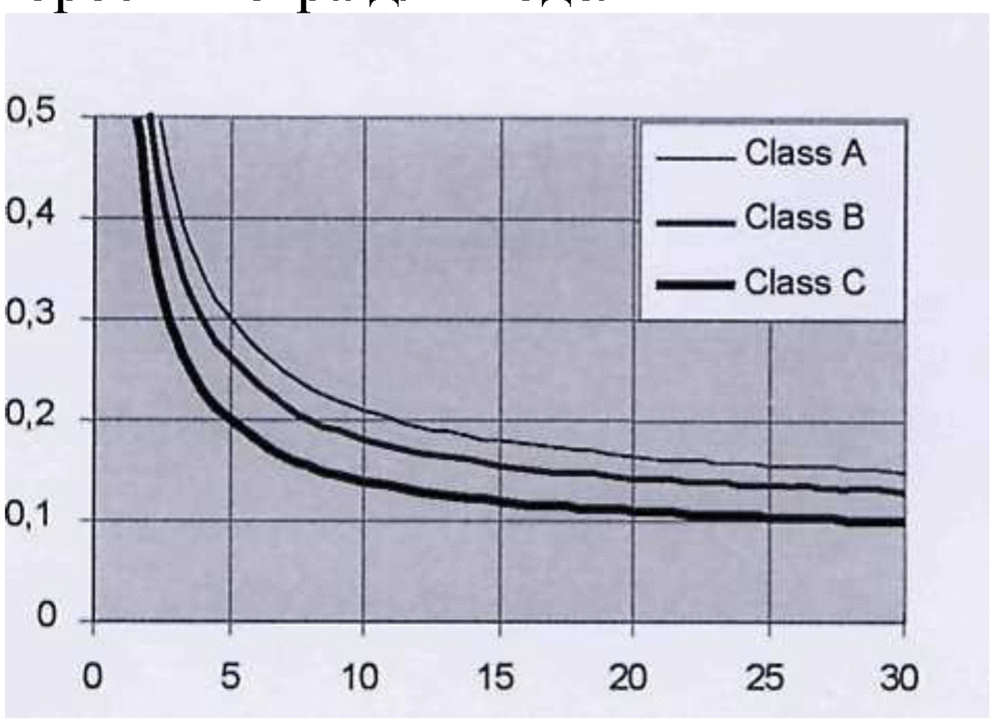

Рисунок Д.1б – Интенсивность турбулентности для модели НМТ

Д.3.2 Экстремальные режимы ветра

Экстремальные режимы ветра включают как процессы сдвига в потоке ветра, так и пиковые скорости при шторме, а также быстрые изменения скорости и направления ветра.

Д.3.2.1 Модель экстремальной скорости ветра (МЭВ)

В качестве МЭВ допускается выбор как модели стационарного воздушного потока, так и турбулентной модели ветра. Данные модели ветра должны быть ос-

---

4) Если желательны другие квантили для дополнительных необязательных вычислений нагрузок, то для ВЭУ стандартных классов они могут быть аппроксимированы логарифмическим законом распределения

$$E\left\langle \sigma_1 \middle| V_{hub} \right\rangle = I_{ref}\left(0{,}75V_{hub} + c\right); \qquad c = 3{,}8 м/с \quad ,$$
$$Var\left\langle \sigma_1 \middle| V_{hub} \right\rangle = \left(I_{ref}\left(1{,}4 м/с\right)\right)^2$$

нованы на V_{ref}, м/с, - расчетной скорости ветра и фиксированном значении величины среднего квадратического отклонения σ_1, м/с.

В модели стационарного экстремального воздушного потока, экстремальная скорость ветра, V_{e50}, м/с, с периодом повторяемости 50 лет, и экстремальная скорость ветра V_{e1}, м/с, с периодом повторяемости 1 год, определяются в функции высоты Z, м:

$$V_{e50}(Z) = 1{,}4V_{ref}(Z/Z_{hub})^{0{,}11}, \quad (Д.8)$$

$$V_{e1}(z) = 0{,}8V_{e50}(z) \quad (Д.9)$$

В случае применения модели стационарного экстремального воздушного потока необходимо внести поправку на кратковременные отклонения воздушного потока от среднего направления. Поправка учитывается постоянным углом отклонения набегающего воздушного потока в диапазоне $\pm 15^0$.

В турбулентной модели экстремального ветра средние скорости ветра на интервале в 10 минут определяются в функции Z для периодов повторяемости 50 лет и 1 год соответственно:

$$V_{50}(z) = V_{ref}\left(Z/Z_{hub}\right)^{0{,}11}, \quad (Д.10)$$

$$V_1 = 0{,}8V_{50}(z) \quad (Д.11)$$

Величина среднего квадратического отклонения продольной составляющей[5]:

$$\sigma_1 = 0{,}11\ V_{hub} \quad (Д.12)$$

Д.3.2.2 Экстремальная величина рабочего порыва (ЭРП)

Величина скорости порыва ветра на высоте оси ветроколеса V_{gust}[6], м/с, с периодом повторяемости 50 лет для стандартного класса ВЭУ определяется следующей зависимостью:

$$V_{gust} = Min\left\{1{,}35(V_{e1} - V_{hub}); 3{,}3\left(\frac{\sigma_1}{1 + 0{,}1\left(\frac{D}{\Lambda_1}\right)}\right)\right\}, \quad (Д.13)$$

где σ_1 - стандартное отклонение в соответствии с выражением (Д.7), м/с;

Λ_1 - масштаб турбулентности в соответствии с выражением (Д.1), м;

D - диаметр ветроколеса, м.

---

5) Среднее квадратическое отклонение для турбулентной модели экстремального ветра не относится к нормальной (НМТ) модели или модели экстремальной турбулентности (ЭМТ). Модель стационарного экстремального воздушного потока и турбулентная модель экстремального ветра связаны коэффициентом амплитуды, равным примерно 3,5.

6) Величина скорости порыва ветра с периодом повторяемости 50 лет была выверена с учетом вероятности возникновении порыва во время пуска или останова ВЭУ.

Скорость ветра должна быть определена уравнением:

$$V(z,t)=\begin{cases} V(z)-0{,}37V_{gust}\sin(3\pi t/T)(1-\cos(2\pi t/T)) & для \quad 0\le t\le T \\ V(z) & для \quad прочих \quad случаев \end{cases}, \qquad (Д.14)$$

где $V(Z)$ определена в уравнении (Д.6), м;

T = 10,5 с.

Пример экстремального рабочего порыва (V_{hub}= 25 м/с, Класс 1А, D = 42 м) показан на Рисунке Д.2:

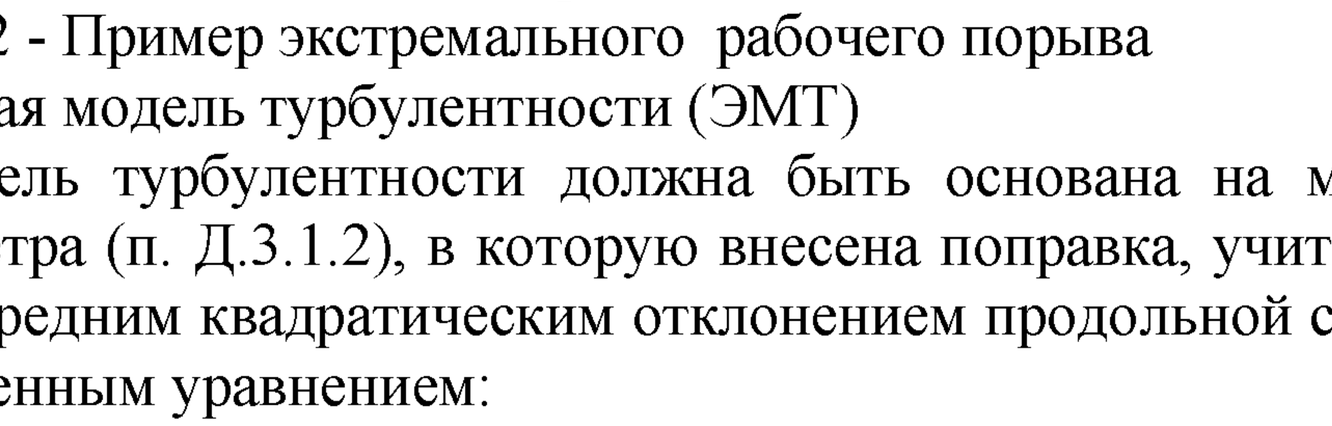

Рисунок Д.2 - Пример экстремального рабочего порыва

Д.3.2.3 Экстремальная модель турбулентности (ЭМТ)

Экстремальная модель турбулентности должна быть основана на модели нормального профиля ветра (п. Д.3.1.2), в которую внесена поправка, учитывающая турбулентность со средним квадратическим отклонением продольной составляющей σ_1, м/с, определенным уравнением:

$$\sigma_1 = cI_{ref}\left(0{,}072\left(\frac{V_{ave}}{c}+3\right)\left(\frac{V_{hub}}{c}-4\right)+10\right); \quad c=2 \text{ м/с} \qquad (Д.15)$$

Д.3.2.4 Экстремальное изменение направления ветра (ЭИН)

Величину экстремального изменения направления θ_e, град, следует вычислять в соответствии с выражением:

$$\theta_e = \pm 4 arctg\left(\frac{\sigma_1}{V_{hub}\left(1+0{,}1\left(\frac{D}{\Lambda_1}\right)\right)}\right), \qquad (Д.16)$$

где σ_1 определяется выражением (Д.7) для НМТ

θ_e ограничен интервалом $\pm 180^0$, град;

Λ_1 - масштаб турбулентности в соответствии с выражением (Д.1), м;

D - диаметр ветроколеса, м;

Переходный участок процесса экстремального изменения направления $\theta(t)$, град, определяется выражением:

$$\theta(t)=\begin{cases} 0 & для \quad t\le 0 \\ \pm 0{,}5\theta_e(1-\cos(\pi t/T)) & для \quad 0\le t\le T \\ \theta_e & для \quad t>T \end{cases}, \qquad (Д.17)$$

где T=6 с - продолжительность процесса экстремального изменения направления. Знак необходимо выбирать так, чтобы на переходном участке возникало наихудшее нагружение. Предполагается, что в конце процесса изменения направления оно остается неизменным. Поведение скорости ветра подчиняется модели нормального профиля ветра в соответствии п. Д.3.1.2.

В качестве примера на Рисунке Д.3 показано экстремальное изменение направления (подкласс турбулентности А) для ветроколеса диаметром D=42 м с высотой оси 30 м для различных V_{hub}. Соответствующий переходный процесс для V_{hub}=25 м/с показан на Рисунке Д.4.

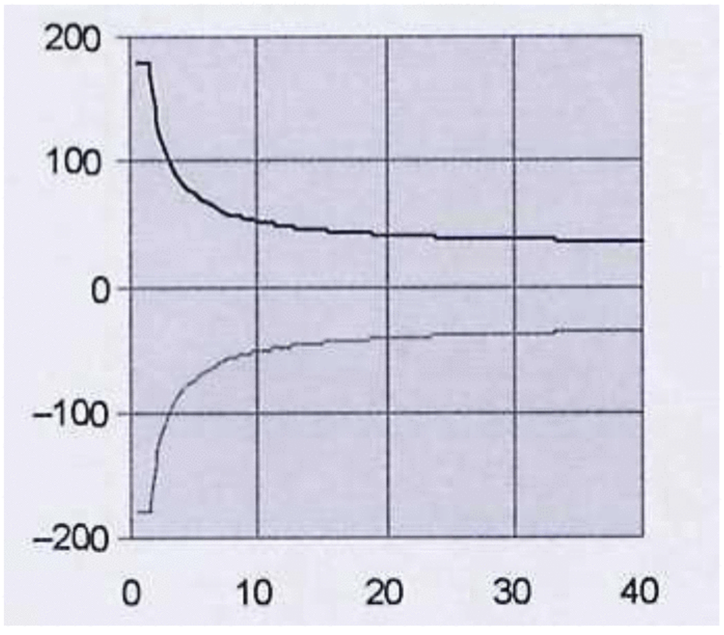

Рисунок Д.3- Пример экстремальной величины изменения направления

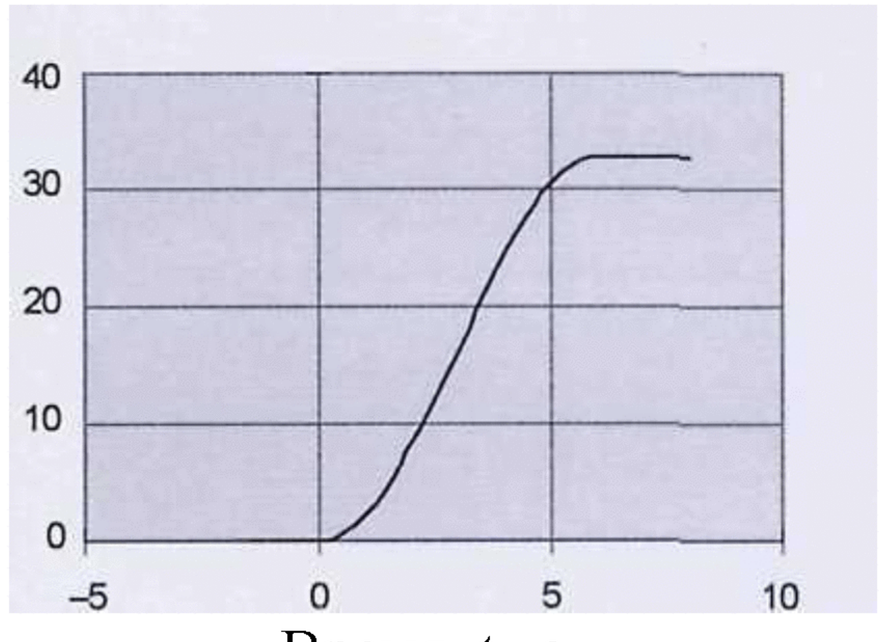

Рисунок Д.4- Пример экстремального изменения направления

Д.3.2.5 Экстремальный когерентный порыв с изменением направления ветра (ЭКН)

Величина экстремального когерентного порыва с изменением направления ветра должна быть:

$$V_{cg} = 15 \text{м/с} \qquad (Д.18)$$

Скорость ветра определяется выражением:

$$V(z,t) = \begin{cases} V(z) & \text{для} \quad t < 0 \\ V(z) + 0{,}5V_{cg}\left(1 - \cos(\pi t/T)\right) & \text{для} \; 0 \le t \le T \\ V(z) + V_{cg} & \text{для} \quad t > T \end{cases}, \qquad (Д.19)$$

где T=10 с- время нарастания порыва ветра;

$V_{(z)}=V_{hub}\left(z/z_{hub}\right)^{\alpha}$, м/с.

В расчетах используется модель нормального профиля скорости ветра в соответствии с п. Д.3.1.2. Нарастание скорости ветра в течение экстремального когерентного порыва ветра показано на Рисунке Д.5 для V_{hub} = 25 м/с.

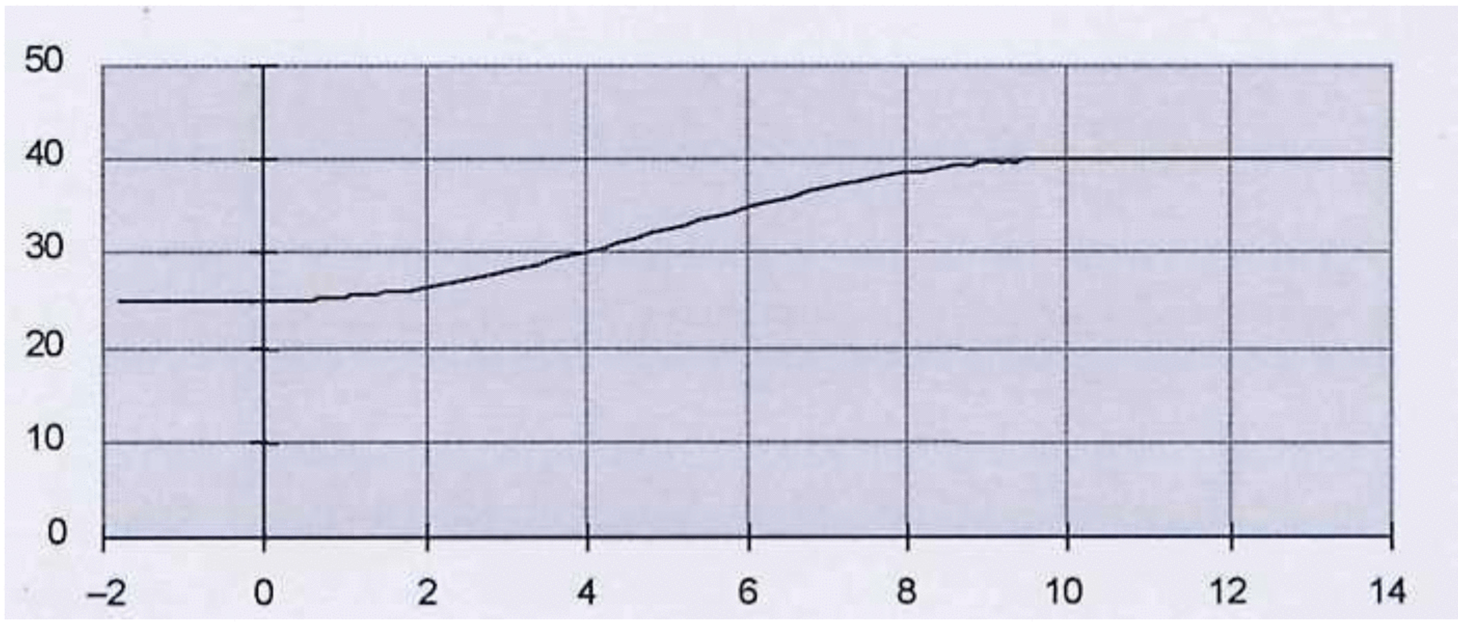

Рисунок Д.5- Пример экстремального когерентного порыва с изменением амплитуды порыва для ЭКН

Предполагается, что нарастание скорости ветра происходит одновременно с изменением направления от 0^0 до θ_{cg}, град, величина θ_{cg}, град, определяется выражением:

$$\theta_{cg}(V_{hub}) = \begin{cases} 180^0 & \text{для} \quad V_{hub} < 4{,}0\text{м/с} \\ \dfrac{720^0}{V_{hub}} & \text{для} \quad 4{,}5\text{м/с} \le V_{hub} \le V_{ref} \end{cases} \qquad (Д.20)$$

Одновременное изменение направления определяется выражением:

$$\theta(t) = \begin{cases} 0^0 & \text{для} \quad t < 0 \\ \pm 0{,}5\theta_{cg}\left(1 - \cos(\pi t/T)\right) & \text{для} \quad 0 \le t \le T \\ \pm\theta_{cg} & \text{для} \quad t > T \end{cases}, \qquad (Д.21)$$

где T=10 с - время нарастания скорости ветра. В расчетах используется модель нормального профиля скорости ветра.

Величина изменения направления θ_{cg} и процесс изменения направления $\theta(t)$ показаны в зависимости от V_{hub} и в функции времени для $V_{hub} = 25\text{м/с}$ на Рисунках Д.6 и Д.7 соответственно.

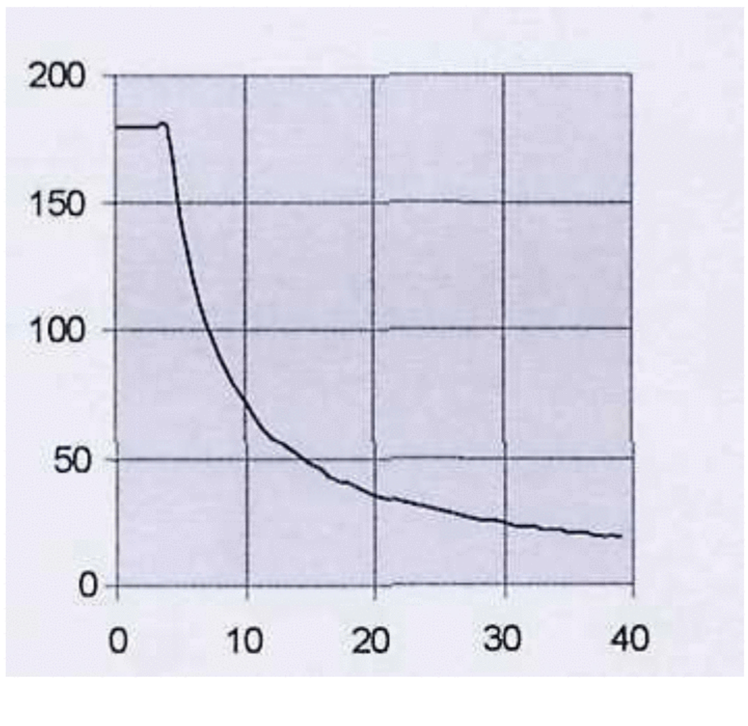

Рисунок Д.6 – Изменение направления для ЭКН

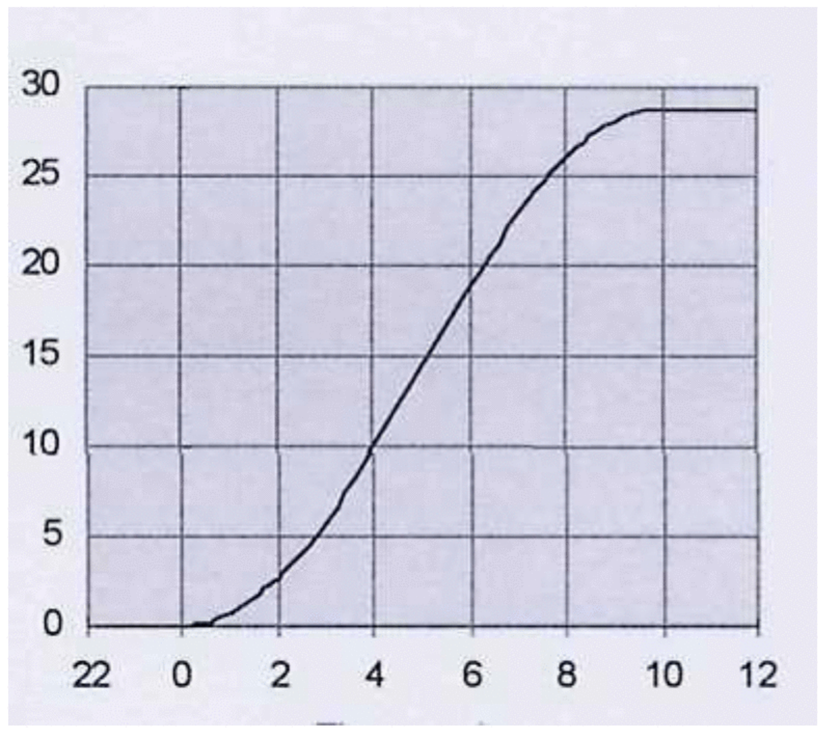

Рисунок Д.7 – Пример переходного процесса изменения направления

Д.3.2.6 Экстремальный сдвиг воздушного потока (ЭСВ)

Экстремальный сдвиг воздушного потока определяется для следующих двух составляющих неустановившейся скорости воздушного потока:

Сдвиг (положительный и отрицательный) по вертикали для неустановившейся скорости:

$$V(z,t)=\begin{cases} V_{hub}\left(\frac{Z}{Z_{hub}}\right)^{\alpha} \pm \left(\frac{Z-Z_{hub}}{D}\right)\left(2{,}5+0{,}2\beta\sigma_1\left(\frac{D}{\Lambda_1}\right)^{1/4}\right)\left(1-\cos\left(2\pi t/T\right)\right) & для \quad 0\le t\le T \\ V_{hub}\left(\frac{Z}{Z_{hub}}\right)^{\alpha} & для \quad t<0 \quad и \quad t>T \end{cases}$$

Сдвиг по горизонтали для неустановившейся скорости:

$$V(y,z,t)=\begin{cases} V_{hub}\left(\frac{Z}{Z_{hub}}\right)^{\alpha} \pm \left(\frac{y}{D}\right)\left(2{,}5+0{,}2\beta\sigma_1\left(\frac{D}{\Lambda_1}\right)^{1/4}\right)\left(1-\cos\left(2\pi t/T\right)\right) & для \quad 0\le t\le T \\ V_{hub}\left(\frac{Z}{Z_{hub}}\right)^{\alpha} & для \quad t<0 \quad и \quad t>T \end{cases},$$

где для вертикального и горизонтального сдвига:

$\alpha=0{,}2$; $\beta=6{,}4$; $T=12$ с;

σ_1 -определяется выражением (Д.7) для НМТ, м/с;

Λ_1 - масштаб турбулентности, в соответствии с выражением (Д.1), м;

D- диаметр ветроколеса, м.

Знак для переходного процесса, описывающего сдвиг воздушного потока по горизонтали, должен быть выбран так, чтобы учесть худший случай нагружения. Эти два экстремальных сдвига предполагаются взаимно независимыми и поэтому нагрузки не воздействуют на ВЭУ одновременно.

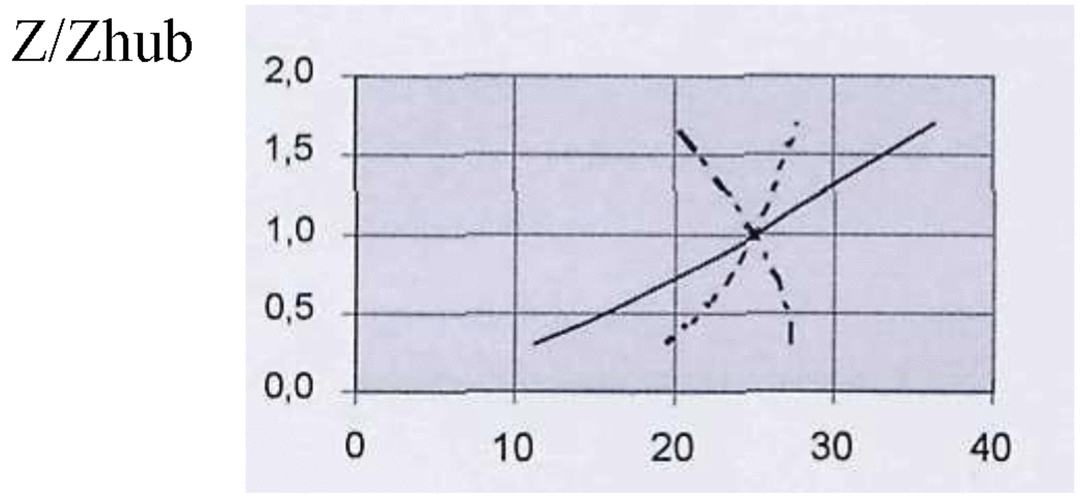

Рисунок Д.8- Пример экстремального положительного и отрицательного вертикального сдвига ветра. Профиль ветра до начала сдвига(t=0, штриховая линия) и при наибольшем сдвиге (t=6 с, сплошная линия)

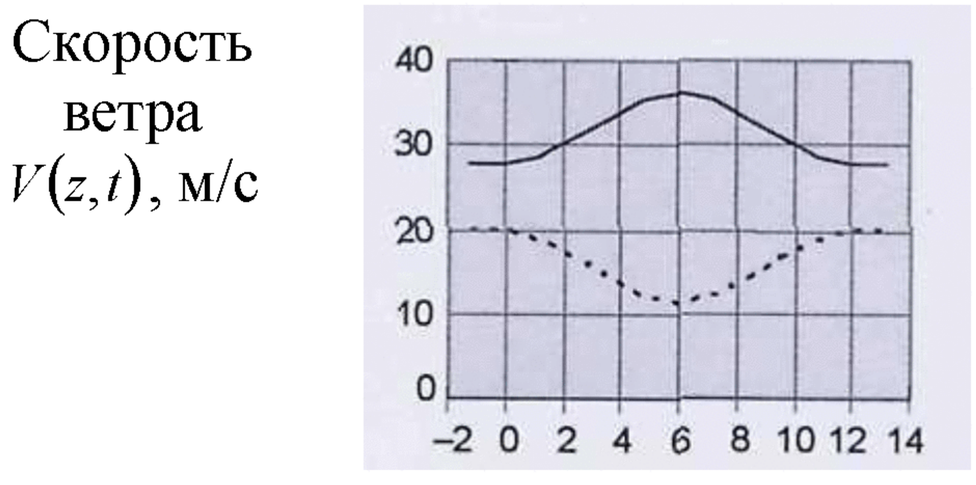

Рисунок Д.9– Пример скоростей ветра в верхней и нижней точках ветроколеса иллюстрирует переходный положительный сдвиг

На Рисунке Д.8 показано экстремальное распределение воздушного потока по вертикали до начала воздействия (*t=0*, штриховая линия) и при максимальном сдвиге ($t = 6$ с, сплошная линия) (подкласс турбулентности А, $Z_{hub} = 30$м ,

V_{hub}=25 м/с, *D*=42 м)

Рисунок Д.9 показывает скорости ветра в верхней и нижней точках ветроколеса, чтобы проиллюстрировать процесс развития сдвига ветра во времени (условия, как для Рисунка Д.8).

Д.4 Прочие факторы окружающей среды

Прочие факторы окружающей среды также влияют на целостность конструкции ВЭУ и ее безопасность. К числу таких воздействий относятся: температурное, фотохимическое, коррозионное, механическое, электрическое и прочие физические и физико-химические воздействия. Комбинация перечисленных факторов может увеличивать результирующее воздействие.

Меры по снижению воздействия перечисленных ниже факторов должны быть отражены в проектной документации. Минимальный набор факторов окружающей среды, который должен быть учтен при проектировании:

- перепады температур;
- влажность;
- плотность воздуха;
- атмосферные осадки (дождь, град, снег, иней, гололед);
- атмосферные химически активные вещества;
- запыленность атмосферы (механические частицы);
- гроза;
- сейсмические процессы;
- соляной туман и наличие плесневых грибов (для тропиков).

В случае необходимости данный перечень может быть расширен.

Для морских прибрежных условий факторы окружающей среды требуют дополнительного рассмотрения.

Климатические факторы, используемые при проектировании, должны быть представлены в виде конкретных величин, параметров или указаны пределы их изменения. При проектировании ВЭУ должна быть также учтена вероятность одновременного воздействия нескольких из перечисленных выше факторов.

Изменения климатических факторов в пределах нормы, соответствующие периоду повторяемости один год, не должны вызывать нарушений нормального процесса эксплуатации ВЭУ.

Если взаимосвязь не существует, прочие экстремальные факторы окружающей среды в соответствии с п. Д.4.2 должны быть скомбинированы с факторами нормального режима ветра в соответствии с п. Д.3.1.

Д.4.1 Прочие нормальные факторы окружающей среды

Величины прочих нормальных факторов окружающей среды, которые должны быть учтены при проектировании:

- интервал нормальных рабочих температур от -30^{0}С до +40^{0}С;
- относительная влажность воздуха до 95%;
- чистота атмосферы соответствует незагрязненной атмосфере над сушей – по ГОСТ Р 51991;

- интенсивность солнечной радиации 1 000 Вт/м2;
- плотность атмосферного воздуха 1,225 кг/м3

Если проектировщик указывает дополнительные внешние факторы, то параметры и их величины должны быть отражены в проектной документации и соответствовать требованиям ГОСТ Р 51991.

Д.4.2 Прочие экстремальные факторы окружающей среды

К числу прочих экстремальных факторов окружающей среды, которые должны быть рассмотрены при проектировании ВЭУ, относятся: экстремальные перепады температур, гроза, обледенение и сейсмические процессы (расчет сейсмических нагрузок в соответствии с п. Г.6).

Д.4.2.1 Экстремальные перепады температур

Для стандартных классов ВЭУ проектными значениями экстремальных перепадов температур являются интервалы как минимум от минус 40^0С до +50^0С.

Д.4.2.2 Молниезащита ВЭУ

Условия защиты от грозовых разрядов, приведенные в п. 10.6 настоящего стандарта, являются достаточными для исполнений ВЭУ нормального класса безопасности.

Д.4.2.3 Гололед

Для ВЭУ нормального класса данное условие не рассматривается.

Д.4.2.4 Учет сейсмичности площадки

Для ВЭУ нормального класса данный фактор не рассматривается. Для сейсмически опасных зон при проектировании ВЭУ должны быть учтены требования п. Г.6 настоящего стандарта и строительных норм и правил [11]

Д.5 Влияние сети подключения

При проектировании ВЭУ должны быть рассмотрены нормальные условия, возникающие на концевых кабельных муфтах ВЭУ. Параметры, являющиеся нормальными, должны находиться в следующих пределах:

- напряжение - номинальное значение (+-)10%;
- частота - номинальное значение (+-)2%;
- асимметрия напряжений - изменение составляющей обратной последовательности фаз по отношению к составляющей прямой последовательности фаз не должно превышать 2%;
- циклы автоматического повторного включения – период цикла первого автоматического повторного включения от 0,1 с до 5 с, второго - от 10 с до 90 с;
- простои - количество отключений от сети - следует принять равным 20 в год. Нормальным следует считать отключение до 6 час [7)], что соответствует продолжительности самой сильной грозы. Отключение продолжительностью до одной недели должно рассматриваться как экстремальное условие.

---

7) Отключение продолжительностью шесть часов принято, исходя из продолжительности самой суровой части шторма.

Приложение Е
(справочное)
Методика прогнозирования распределения ветра для площадок размещения ВЭУ на основе метода «Измерение-сопоставление-прогноз»

Оценка пригодности ВЭУ для размещения на конкретной площадке требует определения критических для проекта параметров скорости ветра на данной площадке. Для выполнения оценки часто бывает недостаточно данных, даже измеренных в одной точке на площадке размещения. Однако можно создать расширенный ряд данных с помощью экстраполяции, основанной на рядах данных долговременных наблюдений, полученных для другого местоположения. Методы ИСП являются средством, позволяющим создать расширенный ряд данных.

Примечание - Приведенные ниже объяснения взяты из работы "Прогнозирование экстремальной скорости ветра на ветроэнергетических площадках, ряд руководящих документов, подготовленных по контракту ETSU W/11/00427/00" Национальным подразделением ветроэнергетических и климатических исследований Университета Восточной Англии.

Е.1 Метод «Измерение-сопоставление-прогноз»

Метод **«Измерение-сопоставление-прогноз»** (ИСП) имеет несколько видов, в которых изменяются период осреднения данных и характер их направленности. Версия, изложенная здесь, основана на почасовых данных, полученных параллельно на площадке ВЭУ и соседней метеорологической станции (МС). Эти данные взаимозависимы и используются для получения уравнений линейной регрессии для всех секторов. Угол сектора, составляющий 30°, является совместимым с используемым МС. Наборы данных, используемые для получения уравнений регрессии, должны быть максимально длинными, как минимум обеспечивать полное покрытие полной части любых сезонных изменений.

Е.2 Применение для вычисления среднегодовой скорости ветра и распределения

Вышеупомянутые уравнения регрессии применяются к долговременным данным МС сектор за сектором. Чтобы исключить кратковременные вариации, необходимо иметь данные МС для достаточно долгого периода (по крайней мере, 7 лет). В результате получаются почасовые средние данные для площадки. Полученные средние данные должны быть преобразованы в вероятностное распределение для оценки площадки.

Е.3 Применение для вычисления экстремальной скорости ветра

Классическим методом для прогнозирования экстремальной скорости ветра является модифицированный анализ Гумбеля, (например Best Leiblein Unbiased Estimators (BLUE), описанный в "Руководстве для проектировщиков по расчету ветровых нагрузок строительных конструкций» N J Cook, Butterworths, 1995). В данном расчете рекомендуется рассматривать ряд данных, представляющих период не менее десяти лет.

Также возможно применить метод независимых штормов (МНШ), в основу которого положен метод Гумбеля. Данный метод, также описанный Куком, осно-

ван на использовании более, чем одной точки в наборе годовых данных. Названный метод может использоваться для рядов данных, продолжительность которых составляет семь лет. В соответствии с МНШ выбираются отдельные штормовые пиковые скорости ветра путем сравнения с пороговыми значениями и фильтрацией по времени, чтобы гарантировать принадлежность значений величин независимым событиям.

Коэффициенты регрессии, учитывающие специфические особенности секторов, используются в таблице почасовых максимальных скоростей ветра на МС для годовых данных (базовый анализ Гумбеля и штормы МНШ) и секторов. Аналогичная таблица также создается для площадки ВЭУ. Для каждого года извлекается наибольшая наблюдающаяся на предполагаемой площадке величина скорости, которая используется в методе Гумбеля.

Использование здесь этих коэффициентов является обоснованным, так как они были получены из средних почасовых данных и применяются к средним почасовым данным. Этот метод не предполагает, что секторы на предполагаемой площадке и базовой, в которых возникают максимальные величины скорости, должны совпадать. Максимальные величины скоростей на предполагаемых площадках рекомендуется более точно определять с помощью коэффициентов регрессии, учитывающих специфические особенности секторов, принимая во внимание специфические особенности площадки.

Выбор подходящего периода повторяемости в расчете экстремальных величин должен принимать во внимание число событий в год.

Параметры порыва ветра должны быть определены из данных, полученных на площадке, или теоретическими методами.

Приложение Ж
(обязательное)
Методические рекомендации для проведения испытаний ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

Ж.1 Общие положения

В настоящем разделе дан обзор обязательных испытаний. Образцы для испытаний ВЭУ должны представлять конструкцию ВЭУ и её узлов.

Необходимо использовать правильно откалиброванную измерительную аппаратуру и подходящие нормы отбора.

Испытания должны документироваться в отчете. Отклонения от методов, описанных в данном разделе, также необходимо документировать.

П р и м е ч а н и е – В сложившейся мировой практике проведение испытаний ВЭУ осуществляется в соответствии с документами:

- Международное агентство по энергетике. Рекомендованные методики испытания и оценки ветровых турбин.3. Усталостные нагрузки. (International Energy Agency (IEA). Recommended Practice for Wind Turbine Testing and Evaluation, 3. Fatigue Loads, 2-nd ed-n, 1989);
- МЭК 61400-12-1(2005) Издание 1.0 Системы турбогенераторные ветровые. Часть 12-1. Измерения характеристик мощности ветровых турбин для производства электроэнергии (Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines)

Ж.2 Испытания по проверке проектных параметров. Общие положения

Ж.2.1 Для всех ВЭУ требуются испытания лопастей на статическую нагрузку. Для прочих несущих узлов и элементов конструкции для проверки соответствия параметров проектным значениям требуется проводить расчеты и/или испытания. Условия испытаний должны отражать расчетные нагрузки, включая соответствующие коэффициенты запаса.

Ж.2.2 Для всех ВЭУ необходимо проводить функциональные испытания, испытания на безопасность и ресурсные испытания.

Образцом для испытаний является конструкция ВЭУ и ее узлы.

Ж.2.3 При испытаниях необходимо использовать надлежащим образом откалиброванные измерительные приборы, аппаратуру и репрезентативные нормы отбора.

Ж.2.4 При всех испытаниях, проводимых в условиях внешней окружающей среды и связанных с климатическими характеристиками, высота расположения анемометра должна соответствовать высоте оси ветроколеса и сектор измерений должны выбираться с учетом отсутствия эффектов затенения.

Ж.2.5 Описание проведенных испытаний и их результаты должны документироваться в отчете. Отчет должен содержать:

- полное описание использованных методов испытаний;
- условия испытаний;
- технические характеристики испытуемой ВЭУ или ее узлов;
- результаты испытаний.

Описание метода испытаний должно включать подробное описание измерительных приборов, методик измерения, сбора данных и их анализа.

Ж.3 Испытания для проверки проектных моделей и характеристик

Ж.3.1 Для проверки аэроупругой модели необходимо провести испытание по определению следующих проектных характеристик:

- P_{design} - проектная мощность;
- n_{design} - проектная частота вращения;
- T_{design} - проектный крутящий момент на валу;
- n_{max} максимальная частота вращения

Ж.3.2 Проектная мощность P_{design} и проектная частота вращения n_{design} равны величине мощности и частоте вращения при работе на проектной скорости ветра V_{design} (например, $V_{design}=1,4\ V_{ave}$). Чтобы определить эти параметры, скорость ветра, вырабатываемую энергию и число оборотов в минуту необходимо измерять при номинальной электрической нагрузке.

Ж.3.3 Измеренные данные необходимо разбить на бины по 0,5 м/с скорости ветра. Каждый бин i скорости ветра в диапазоне скоростей ветра на 1 м/с ниже $\mathbf{V_1}$ и до 2 $\mathbf{V_{ave}}$ должен содержать не менее 30 точек данных. Точка данных строится на осреднённых за 1 минуту выборках, записанных при скорости выборки не менее 0,5 Гц.

Ж.3.4 Проектный крутящий момент необходимо выводить из P_{design} и n_{design}. При отсутствии других более точных обоснованных значений необходимо предположить, что коэффициент полезного действия привода трансмиссии η определен формулой (Ж.1).

$$\eta = 0,6 + 0,000005 P_{design} \quad для \quad P_{design} < 20000 Вт$$
$$\eta = 0,7 \quad для \quad P_{design} > 20000 Вт \qquad (Ж.1)$$

$$T_{design} = \frac{30 P_{design}}{\eta \pi n_{design}}$$

Ж.3.5 Максимальная угловая скорость рыскания ВЭУ с горизонтальной осью вращения определяется как максимальная угловая скорость движения ветроколеса относительно вертикальной оси вращения гондолы. Для ВЭУ с пассивной системой установки на ветер (рыскания) скорость рыскания может определяться векторной суммой скорости рыскания фермы гондолы и составляющей скорости уклонения относительно оси, параллельной оси рыскания. Измеренные значения нельзя использовать в упрощенных вычислениях нагрузок. Вместо них необходимо использовать значения, определяемые формулой:

$$\omega_{yaw\ \ max} = 3 - 0,01\left(\pi r^2 - 2\right) \qquad (Ж.2)$$

При измерении угловой скорости рыскания для обоснования модели, необходимо учитывать следующее:

- угловые скорости рыскания очень сильно подвержены влиянию внешних условий;
- интерполяция или экстраполяция может понадобиться для вывода максимальной скорости рыскания;

- получение угловых скоростей рыскания по координатам рыскания может привести к недостоверным результатам.

Ж.3.6 Максимальная частота вращения ветроколеса

Частоту вращения ветроколеса необходимо измерять при таком состоянии ВЭУ, которое более всего соответствует максимальной частоте вращения ветроколеса (например, при отключении нагрузки или порыве ветра при скоростях ветра от 10 м/с до 20 м/с). Общая продолжительность времени измерений не может быть менее 2-х часов, из них не менее 30 минут скорость должна быть ниже 15 м/с и не менее 30 минут скорость должна быть более 15 м/с. По этим данным необходимо интерполяцией или экстраполяцией определить максимальную частоту вращения а для V_{ref} .

Ж.3.7 Измерение величины нагрузок

Назначение измерений нагрузок может быть двойным: обоснование правильности проектных расчетов или определение проектных нагрузок.

Программа измерений нагрузок должна строиться и содержать варианты нагружения, которые максимально соответствуют расчётным случаям нагружения, определённым в п. В 12. Варианты измерений величин нагрузок должны включать все номинальные и критические рабочие условия, а также условия выхода из строя, тормозные характеристики и режим рыскания. Количество испытаний должно быть достаточным, чтобы охарактеризовать типовой рабочий режим во всём проектном диапазоне скоростей ветра. Необходимо собрать статистически значимый объём данных для соответствующих скоростей ветра, допуская экстраполяцию.

Измеренные данные, как минимум, должны состоять из набора данных измерений нагрузок, метеорологических параметров и технических характеристик ВЭУ. Необходимо измерить нагрузки в тех местах конструкции, которые подвержены критическим нагрузкам. К таким нагрузкам могут относиться изгибающие моменты в опасном сечении лопасть-ступица, нагрузки на валу и нагрузки, действующие на несущую конструкцию. Метеорологические параметры должны включать скорость ветра на высоте оси ступицы и направление ветра. Необходимо измерить соответствующие рабочие данные ВЭУ, включая частоту вращения ветроколеса, электрическую мощность, характеристики рыскания ВЭУ.

Если измерения нагрузок проводятся для проверки проектных нагрузок, анализ данных необходимо выполнить в соответствии с методикой, позволяющей получить достоверное сравнение с расчётными нагрузками. Как минимум, необходимо рассчитать средние, минимальные и максимальные значения, а также средние квадратичные отклонения для соответствующих данных по нагрузкам. Все полученные данные и результаты их обработки заносятся в отчёт по испытаниям с указанием диапазонов скоростей ветра и турбулентности.

Ж.4 Ресурсные испытания

Ж.4.1 Общие положения

Назначение ресурсных испытаний состоит в исследовании:

- конструктивной целостности;
- старения материалов (коррозия, растрескивание, деформации);
- качества защиты ВЭУ от воздействия окружающей среды;
- динамики поведения ВЭУ.

- ВЭУ считается удовлетворяющей требованиям ресурсных испытаний, если она покажет:

- надёжность работы на протяжении всего периода испытаний;

- работу в течение не менее 6 месяцев;

- выработку энергии в течение не менее 2500 часов при любых скоростях ветра, включенных в рабочий диапазон скоростей;

- выработку энергии в течение не менее 250 часов при скорости ветра 1,2 V_{ave} и выше;

- выработку энергии в течение не менее 25 часов при скорости ветра 1,8 V_{ave} и выше.

Величина скорости ветра принимается равной 10-минутному среднему значению от выборок скоростей ветра при частоте выборки не менее 0,5 Гц. Среднюю интенсивность турбулентности при 15 м/с и самую высокую мгновенную скорость ветра за испытания необходимо занести в отчёт по испытаниям.

«Выработка энергии» означает, что ВЭУ производит положительную энергию, измеряемую датчиком мощности при подключении к электрической нагрузке.

Условия испытаний ВЭУ на долговечность должны быть максимально приближены к условиям нормальной эксплуатации ВЭУ.

Если предусмотрено использование одного типоразмера ВЭУ для башен различной конфигурации и высоты, то в этом случае испытания на долговечность проводятся для базового (основного) варианта. Для прочих вариантов достаточно показать расчётами или кратковременными испытаниями, что динамическое и статическое поведение ВЭУ не приводит к превышению значений проектных пределов.

Ж.4.2 Надёжность работы

Надёжность работы означает, что:

- доля рабочего времени составляет не менее 90 % (п. Ж.4.3);

- отсутствует серьёзная неисправность ветроагрегата или узлов системе ветроагрегата;

- отсутствуют значительный износ, коррозия или повреждение узлов ветроагрегата;

- не отмечено существенного ухудшения в количестве и качестве вырабатываемой энергии при сравнимых скоростях ветра.

Если при испытаниях ветроагрегата были осуществлены работы, проведение которых не требовалось по условиям выполнении планового обслуживания или осмотров, и которые привели к существенным отклонениям от проекта, организация, проводящая испытания, должна определить, степень достоверности результатов испытаний. Решение организации о достоверности результатов испытаний должно быть отмечено в отчете по испытаниям. К серьёзным неисправностям систем ВЭУ относится любое повреждение детали или узла ВЭУ, которое влияет на безопасность ВЭУ и функционирование таких узлов, как лопасти, генератор, инвертор, подшипниковые узлы опор ветроколеса, а, механизма рыскания.

Значительным износом считается любой износ, при экстраполяции которого на срок службы ВЭУ получается степень износа, которая может привести к неприемлемой потере прочности или к возникновению неприемлемых отклонений

размеров. Износ, коррозию и повреждение элементов необходимо оценивать путём проведения тщательного осмотра ВЭУ по завершении испытаний.

Ж.4.3 Доля рабочего времени

В этих испытаниях доля рабочего времени выступает как критерий эксплуатационных качеств, выраженный в процентах и представленный отношением времени нормального проектного режима выработки энергии ВЭУ ко времени испытаний в течение некоторого оцениваемого периода времени. Нормальным проектным режимом считается режим, при котором:

- ВЭУ вырабатывает энергию;
- осуществляются автоматические пуск и остановка, обусловленные величинами скорости ветра, выходящими за пределы рабочего диапазона скоростей ветра (ниже скорости включения и выше скорости отключения ВЭУ);
- ВЭУ находится в состоянии холостого хода или покоя при скоростях ветра ниже скорости включения и выше скорости отключения ВЭУ
- ВЭУ находится в состоянии технологического простоя, вызванного нормальной остановкой (которая произошла не в результате повреждения или отказа) до повторного запуска ВЭУ (например, цикл охлаждения тормозов).

Доля рабочего времени О определяется следующей формулой:

$$O = \frac{T_T - T_N - T_U - T_E}{T_T - T_U - T_E} \times 100\% , \qquad (Ж.3)$$

где

T_T - полный исследуемый период времени;

T_N - измеренный период времени, в течение которого ВЭУ не работала;

T_U - время, в течение которого состояние ВЭУ не известно;

T_E - время, исключенное их расчетов.

Время, в течение которого состояние ВЭУ неизвестно, и время, которое исключено из анализа, не отражаются на доле рабочего времени.

Следующие состояния необходимо рассматривать как состояния неисправности ВЭУ и учитывать при определении T_N:

- любое неисправное состояние ВЭУ, показанное системой управления, которое приводит к остановке работы ВЭУ;
- любая автоматическая остановка ВЭУ системой её управления, обусловленная указанной неисправностью;
- ручной выбор паузы, остановки или режима проверок, которые выводят ВЭУ из режима нормальной работы для регламентного обслуживания или оставливают её в случае произошедшего отказа;
- периоды обследования ВЭУ, проводимые в соответствии с рекомендациями производителя;
- периоды проведения ремонтных и наладочных работ.

Следующие состояния необходимо учитывать при определении времени, в течение которого состояние ВЭУ не известно (T_u в приведённой выше формуле):

- неисправность или обслуживание оборудования системы сбора данных при проведении испытаний;
- потеря или невозможность расшифровки записей о состоянии ВЭУ.

Следующие периоды необходимо исключать из времени испытаний и учитывать при определении T_E:

- обследования ВЭУ, проводимые в рамках данного испытания, которые не рекомендованы изготовителем (например, обследование системы сбора данных);
- ручной выбор паузы, остановки или режима проверок, которые выводят ВЭУ из нормальной работы по любому назначению, кроме регламентного обслуживания или воспринятого неисправного состояния;
- повреждение электрической энергетической системы, блока батарей, инвертора или любого элемента, внешнего по отношению к испытываемой системе ВЭУ (см. ниже). Если такие элементы считаются частью системы, тогда время необходимо засчитывать как T_N;
- пониженная выработка энергии или ее отсутствие, обусловленное воздействием системы управления ВЭУ, воспринимающей внешние условия, как выходящие за пределы внешних проектных параметров.

Если в одной из описанных выше ситуаций произошел отказ или поломка ВЭУ при нормальных внешних условиях, то такое время необходимо засчитывать как T_N.

В отчете о ресурсных испытаниях необходимо четко указать, какие элементы считаются частью системы ВЭУ, а какие компоненты считаются внешними по отношению к ВЭУ.

В записи должно быть отражено следующее:

- механические устройства и конструкции, расположенные между ВЭУ и землей;
- электрические приборы и устройства, расположенные между ВЭУ и нагрузкой;
- управляющий интерфейс между ВЭУ и управляющими устройствами.

В тех случаях, когда могут возникнуть ситуации, которые трудно однозначно приписать неисправностям ВЭУ или внешним условиям, план испытаний должен определять, какую категорию таким условиям следует приписать. Примерами таких случаев являются:

- неточная работа аэродинамической системы торможения;
- задержка реагирования управляющего устройства, обусловленная сбоями напряжения.

В отчёте по испытаниям необходимо дать описание измерительной аппаратуры и устройств регистрации данных, выбранных для определения и фиксирования рабочего состояния ВЭУ на протяжении всего периода испытаний на долговечность.

Ж.4.4 Ухудшение энергетических характеристик ВЭУ

В процессе проведения ресурсных испытаний для выявления скрытых ухудшений энергетических характеристик ВЭУ рекомендуется использовать методику, приведенную ниже.

Данные измеренной мощности, полученные в течение каждого месяца во время ресурсных испытаний, необходимо разбить на бины по скорости ветра. Для каждой скорости ветра необходимо вычертить график уровней мощности в бинах в функции времени. Если выявляется какая-либо тенденция в изменениях величин мощности, то необходимо провести исследования, чтобы установить причину.

Для систем аккумулирования энергии необходимо вычерчивать графики точек со сравнимым состоянием зарядки. В этом анализе необходимо использовать только те точки данных, которые соответствуют нормальной работе.

Ж.4.5 Динамические характеристики

Динамические характеристики ВЭУ должны исследоваться с целью проверки соответствия уровня вибраций рабочему диапазону. Динамические характеристики ВЭУ необходимо исследовать при всех рабочих режимах (например, при работе с нагрузкой, без нагрузки, при переходных режимах включения и отключения) при скоростях ветра, соответствующих рабочему диапазону скоростей. Как минимум, ВЭУ необходимо наблюдать в течение не менее 5 минут при скоростях ветра примерно 5, 10, 15 и 20 м/с при продолжительности суммарного времени не менее 1 часа. Особое внимание необходимо обращать на вибрации и явления резонанса, которые возникают в башне, шумам в ветроагрегате, движению хвостовой части ВЭУ и режиму рыскания. Результаты наблюдений следует отразить в журнале и занести в отчёт по испытаниям. Следует также проводить оценку качества измерительной аппаратуры.

Ж.5 Испытания механических узлов

Ж.5.1 Общие положения

Для всех видов ветровых турбин требуется проведение статических испытаний лопастей. Все несущие детали и элементы необходимо подвергнуть испытаниям. В общем случае к детали или элементу необходимо приложить наихудшее сочетание проектных нагрузок с учётом запасов прочности. В результате испытаний не должно произойти никакого повреждения, которое бы влияло на безопасность эксплуатации турбины, (например, значительная потеря жёсткости, пластическая деформация, потеря устойчивости или образование трещин).

Для покупных деталей и элементов достаточно документального подтверждения, что проектные нагрузки соответствуют техническим данным.

Ж.5.2 Испытания лопастей

Прикладываемая нагрузка при статических испытаниях должна представлять наихудшее сочетание изгибающего момента на плоскости лопасти и центробежной силы. Лопасть необходимо испытывать вместе с креплением лопасти к ступице. Испытания лопастей нагрузками, не превышающими максимальных рабочих нагрузок, полученных моделированием или измерениями с учётом запасов прочности, не должны вызвать повреждения лопастей.

Производителям лопастей рекомендуется испытать лопасть до разрушения, чтобы определить запас прочности между проектной нагрузкой и фактической разрушающей нагрузкой для лопасти.

Примечание – В сложившейся международной практике испытания лопастей осуществляют в соответствии с требованиями МЭК 61400-23 TS:2001 Издание 1.0 Системы турбогенераторные ветровые. Часть 23. Полномасштабные испытания конструкций лопастей ротора (Wind turbine generator systems - Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades).

Ж.5.3 Испытания втулки (ступицы)

Испытания ступицы проводятся на статическую нагрузку с приложением центробежной силы и изгибающего момента, определённых моделированием, во всех точках крепления лопастей. Ступицу необходимо испытывать вместе с креплением ступицы к валу. Никакого повреждения не должно произойти при проект-

ной испытательной нагрузке (с учётом запасов прочности), полученной по максимальной расчётной нагрузке.

Ж.5.4 Испытание корпуса гондолы

Испытания корпуса гондолы проводятся на статическую нагрузку от изгибающего момента на валу ветроколеса, осевой силы ветроколеса и своего собственного веса. Никакого повреждения не должно происходить при проектной испытательной нагрузке (с учетом запасов прочности), полученной по максимальной расчетной нагрузке.

Ж.5.5 Испытания механизма выравнивания по ветру (рыскания)

Испытания механизма рыскания проводятся на статическую нагрузку аналогично испытаниям корпуса гондолы. При испытаниях и после их окончания необходимо показать, что механизм рыскания работает надлежащим образом.

Ж.5.6 Испытания мультипликатора (коробки передач)

При испытании коробки передач в рабочем диапазоне частот вращения температура в подшипниковых узлах, картере должна соответствовать проектному значению, вращение вала ровным, легким, плавным, вибрации на всех режимах работы должны соответствовать норме, протечки масла из картера отсутствовать.

Ж.6 Испытания на безопасность и правильность функционирования

Назначение испытаний на безопасность и правильность функционирования состоит в подтверждении того, что турбина при испытаниях демонстрирует поведение, предписанное проектной документацией, и что меры обеспечения безопасности персонала, реализованы надлежащим образом.

Испытания на безопасность и функционирование должны включать проверку соответствия функций системы управления и защиты в рабочих, критических, экстремальных ситуациях, установленных в проектной документации.

Испытаниям подлежат следующие функции:

- контроль мощности и скорости;
- контроль системы рыскания (выравнивание по ветру);
- определение потерь мощности;
- защита от превышения наибольшей проектной рабочей скорости;
- запуск и остановка при скорости, большей проектной скорости ветра.

Во время испытаний должны быть проверены такие функции системы управления и защиты, как:

- защита от вибрации, превышающей установленные проектом пределы;
- аварийная остановка при нормальном режиме работы;
- работа устройств, предотвращающих недопустимое перекручивание кабелей;
- процессы подключения к энергосети.

Испытаниям также подлежат любые дополнительные функции системы защиты, на которые может повлиять разрушение или отказ элемента системы, а также другие критические события или рабочие условия. Такое испытание может включать моделирование критического события или рабочего состояния. Например, ВЭУ с кабельной петлей, рассчитанные на автоматическое отключение при чрезмерном перекручивании кабелей, должны продемонстрировать правильное функционирование.

Ж.7 Климатические испытания

Если ВЭУ спроектирована для внешних условий, выходящих за пределы нормальных внешних условий (класс S, установленный в настоящем стандарте), то ВЭУ требуется подвергнуть испытаниям, имитирующим эти условия.

Данные испытания следует провести для всех систем ВЭУ, находящихся под воздействием внешних условий

Ж.8 Испытания электрических систем

Все ответственные с точки зрения безопасности электрические системы (например, двигатели, генераторы, панели управления, преобразователи, нагревательные элементы) должны быть испытаны в соответствии с предусмотренными для них стандартами. Электроустановки зданий и сооружений должны быть испытаны в соответствии с ГОСТ Р 50571.16, ГОСТ Р 51317.6.1, ГОСТ Р 51317.6.3, ГОСТ Р 52380. Двигатели, входящие в состав ВДЭС, должны быть испытаны в соответствии с ГОСТ 10448.

Ж.9 Форма отчета по испытаниям

Отчет по испытаниям должен содержать следующую информацию:

Ж.9.1 Идентификационные данные, описывающие конфигурацию испытываемой ВЭУ, в том числе:

- модель, тип, серийный номер, год изготовления;
- диаметр ветроколеса, описание метода проверки или ссылка на документ, в котором приводится измеренный размер;
- частоту вращения ветроколеса или диапазон частот;
- номинальную мощность и номинальная скорость ветра;
- данные по лопастям: модель, тип, серийные номера, количество лопастей, фиксированный или переменный угол установки лопасти, угол наклона;
- высоту оси ветроколеса и тип несущих конструкций;
- описание системы управления (устройство и версия программного обеспечения) и документация о сигналах состояния, используемых в преобразовании данных;
- описание состояния силовой сети электропитания ветровой турбины: напряжение, частота тока с указанием допусков на них, чертеж с изображением точки подключения датчика мощности, в частности, по отношению к внутреннему или внешнему трансформатору и мощности собственных нужд.

Ж.9.2 Описание площадки для испытаний должно включать:

- фотографии всех секторов измерения, сделанные предпочтительно с ветровой турбины на уровне оси ветроколеса;
- топографическую карту площадки с изображением прилегающей к ВЭУ территории в радиусе не менее 20D, где D – диаметр ветроколеса, обозначением места расположения ВЭУ, метеорологической мачты, препятствий, прочих ветроэлектрических установок и сектора измерений.
- результаты калибровки площадки с указанием секторов эффективных измерений. Если калибровка площадки не производится, то в отчете необходимо указать реальные секторы измерений.

Ж.9.3 Описание измерительного оборудования и приборов должно содержать:

- идентификационную информацию по датчикам, описание системы сбора данных, документацию по калибровке датчиков, линиям передачи и системе сбора данных;

- описание размещения чашечных анемометров на метеорологической мачте в соответствии с техническими требованиями;

- схему конструкции метеорологической мачты с указанием габаритных размеров и обозначением мест установки приборов;

- описание методики проведения калибровки анемометра в течение периода испытаний и документация с результатами проведения калибровки.

Ж.9.4 Описание методики измерений должно содержать:

- план проведения измерений, включая операции по выполнению измерений;

- условия испытаний, частоту выборки, время осреднения, период измерений;

- журнал испытаний, в который занесены все важные события при испытаниях характеристик, в том числе всех операций по обслуживанию во время испытаний и перечисление всех особых действий (например, мойка лопастей), которые выполнялись для обеспечения хороших эксплуатационных характеристик;

- указание всех критериев отбраковки данных с целью учета только достоверных, надежных данных;

- представление измеренных данных.

Информацию по каждому выбранному набору данных необходимо представить как в табличной, так и в графической форме, приведя статистику измеренной величины в функции скорости ветра и важных метеорологических параметров, в том числе:

- графики разбросов среднего значения, среднего квадратичного отклонения, максимальной и минимальной генерируемой мощности в функции скорости ветра (графики должны содержать информацию о частоте выборки);

- графики разбросов средней скорости ветра и интенсивности турбулентности в функции направления ветра;

- графики разбросов интенсивности турбулентности в функции скорости ветра, необходимо привести среднюю интенсивность турбулентности в каждом бине скорости ветра;

- базы данных, собранные при отклонениях от нормы условий эксплуатации и состояний атмосферы;

- в графиках разбросов измеренных величин необходимо указать частоту вращения ветроколеса и угол установки лопастей. Эти величины должны быть сформированы в бины в зависимости от скорости и должна быть приведена таблица величин с указанием бин;

- сигналы состояния и графики сигналов состояния во время измерений.

Ж.9.5 Представление измеренной кривой мощности для плотности воздуха на уровне моря.

Данные для построения кривой мощности должны быть представлены в табличном виде. Для каждого бина скорости ветра в таблице должны быть приведены:

- нормализованная и осредненная скорость ветра;
- нормализованная и осредненная генерируемая мощность;

- число наборов данных;
- расчетное значение C_p;
- погрешности по особым состояниям набегающего воздушного потока (значительный вертикальный сдвиг, высокая турбулентность и прочие вариации), погрешности измерительных приборов системы сбора данных с учетом орографии;
- суммарная стандартная погрешность.

По табличным данным должен быть построен график кривой мощности в функции нормализованной и осредненной скорости ветра, в котором представлены нормализованная и осредненная генерируемая мощность и суммарная стандартная погрешность.

При этом:

- кривую C_p необходимо представить на графике в функции нормализованной и осредненной скорости ветра;
- график и таблица должны быть привязаны к плотности воздуха на уровне моря ρ=1,225 кг/м3,, используемой при нормализации;
- если в период измерений была достигнута отключающая скорость ветра, кривую мощности и кривую C_p или части этих кривых, находящиеся в зоне гистерезиса отключения, необходимо на графике обозначить и выделить.

Ж.9.6 Представление кривой мощности для плотности воздуха на площадке испытаний.

Если средняя плотность воздуха на площадке испытаний отличается более, чем на 0,05 кг/м^3 от ρ=1,225 кг/м3 , или если требуется представить график для заранее установленной плотности воздуха, то необходимо произвести нормализацию данных измерений мощности к заданной плотности воздуха

Ж.9.7 Представление расчетного годового производства энергии (ГПЭ) для плотности воздуха ρ=1,225 кг/м^3 дается в виде:

- таблицы, в которой для каждой средней годовой скорости ветра, измеренной на высоте оси ветроколеса, приводится измеренное значение ГПЭ, стандартная погрешность измеренной ГПЭ, экстраполированное ГПЭ;
- таблицы, в которой приведены измеренные плотности воздуха и отключающие скорости ветра.

При этом:

- если при некоторой средней годовой скорости ветра измеренное значение ГПЭ менее 95% от экстраполированного значения ГПЭ, то в столбце измеренных значений ГПЭ должна быть пометка «неполное»;
- если в период измерений произошло отключение из-за достижения отключающей скорости ветра, то необходимо представить расчетное годовое производство энергии, в том числе гистерезис отключения (в таблице также указывается измеренная плотность воздуха).

Ж.9.8 Представление расчетного годового производства энергии (ГПЭ) для установленной плотности воздуха на площадке

Если средняя плотность воздуха на площадке испытаний отличается более чем на 0,05 кг/м^3 от ρ=1,225 кг/м^3 , или если требуется представить график ГПЭ

для заданной плотности воздуха, в таблице приводятся данные ГПЭ, полученные нормализацией к конкретной плотности воздуха.

Ж.9.9 Представление измеренного коэффициента мощности

Измеренный коэффициент мощности должен быть представлен в функции скорости ветра в таблице и на графике с указанием величины ометаемой площади ветроколеса.

Ж.9.10 Представление результатов калибровки площадки

Сведения по калибровке площадки приводятся в отчете в виде графика и таблицы.

Таблица для каждого бина скоростей ветра должна содержать:

- границы секторов направлений ветра;
- направление ветра, осредненное по бину;
- отношение скоростей осредненное по бину;
- количество часов, в течение которых был осуществлен сбор данных;
- суммарную стандартную погрешность для отношения скоростей ветра при 6, 10 и 14 м/с.

График должен представлять осредненное по бину отношение скоростей ветра со средним квадратичным отклонением $S_{\alpha,j}$ в зависимости от направления ветра.

Ж.10 Погрешность измерений

Необходимо представить описание причин возникновения погрешностей для всех составляющих погрешности.

Ж.11 Отклонения от методики

Любые отклонения от требований данного стандарта необходимо документировать в отдельном пункте отчета. Каждое отклонение необходимо сопровождать указанием причины (например, технической рациональностью, невозможностью соблюдения/выполнения требования) и оценкой его влияния на результаты испытаний.

Приложение И
(обязательное)
Рекомендации для создания устройств защиты и управления ВЭУ

И.1 Общие положения

Система безопасности должна включаться при превышении предельно допустимых значений параметров, при этом должен начинаться процесс торможения.

Системы безопасности и управления должны реагировать на возникающие в процессе эксплуатации ВЭУ неисправности и отказы в соответствии с изложенными ниже требованиями.

И.2 Управление функционированием ВЭУ. Предельные значения контролируемых параметров

Включение системы безопасности должно происходить автоматически. Система должна автоматически фиксировать факт превышения предельных значений контролируемых параметров, включать и выполнять процесс торможения в соответствии с заданной процедурой торможения.

И.2.1 Частота вращения

И.2.1.1 Измерение частоты вращения

Для выполнения условия независимости, каждая система торможения должна иметь свой датчик частоты вращения. Если параметр непосредственно связан с частотой вращения ветроколеса (например, центробежная сила, частота вращения быстроходного вала), постоянно контролируется на предмет превышения предельно допустимого значения, а способ контроля названного параметра является надежным, безопасным и достоверным, то контроль этого параметра может считаться достаточным для выполнения функции контроля частоты вращения ветроколеса.

Примечание - Аэродинамическая система, основанная на принципе изменения положения концевых частей лопастей ветроколеса под действием центробежной силы, не требует использования дополнительных устройств измерения частоты вращения.

И.2.1.2 Надежность работы датчика частоты вращения

Датчик частоты вращения должен постоянно отвечать высоким функциональным требованиям и требованиям надежности, как и система торможения в целом. Датчик частоты вращения должен располагаться с учетом последовательности проявления неисправностей.

Примечание - При использовании аэродинамического способа торможения срабатывание по превышению частоты вращения достигается за счет вращения ветроколеса. При использовании механической системы торможения датчик частоты вращения должен быть расположен на валу тормоза или между валом тормоза и ветроколеса.

И.2.1.3 Предельные значения частоты вращения

В случае выхода частоты вращения за пределы рабочего диапазона, рабочая система управления ВЭУ должна затормозить ветроустановку.

В случае превышения частоты вращения n_a (частоты включения торможения), всегда должна включаться система безопасности ВЭУ.

И.2.1.4 Превышение предельных значений после включения системы безопасности

Система торможения должна быть устроена таким образом, чтобы после включения процесса торможения, в соответствии с п. И.2.1.3, не допустить возможность превышения предельной частоты вращения $\mathbf{n_{max}}$ даже на самое короткое время. Данное условие особенно тщательно должно выполняться в отношении аэродинамических тормозов и тормозов, обладающих большой инерционностью.

И.2.1.5Порядок срабатывания устройств торможения

В случае выхода частоты вращения за пределы рабочего диапазона, в первую очередь должен срабатывать рабочий тормоз. Если после ввода в действие рабочего тормоза (тормозов) снижения частоты вращения не происходит или происходит недостаточное снижение, то должна автоматически включиться аварийная система торможения.

В случае превышения частоты вращения n_a (частоты включения торможения), все имеющиеся системы торможения должны включаться немедленно.

И.2.1.6Последовательность действий при включении системы безопасности.

В случаях превышения частоты вращения, предусмотренных п. И.2.1.3, система безопасности должна в первую очередь включать рабочую систему торможения. При конструировании в проектной документации, пояснительной записке должно быть четко указано, какая тормозная система является рабочей.

В том случае, когда рабочий тормоз не в состоянии перевести ВЭУ в безопасное состояние, должны без промедления автоматически включиться остальные системы торможения. Процесс торможения для этого случая должен быть спроектирован таким образом, чтобы исключить возможность возникновения угрозы целостности ВЭУ.

И.2.2 Мощность

И.2.2.1Измерение мощности

Если существует возможность превышения максимальной мощности **Pmax** в процессе выработки энергии, то должен быть осуществлен контроль мощности. В качестве измеряемого параметра, как правило, должна служить электрическая мощность (эффективная мощность). Система измерения мощности должна рассматриваться как рабочая система регистрации измеренного параметра и конструироваться соответствующим образом. Другие физические параметры также могут использоваться для контроля мощности, если между ними и мощностью существует простая однозначная связь. В этом случае зависимость между заменяющим параметром, регистрируемым в процессе работы, и мощностью должна быть установлена должным образом во время испытаний (например, в виде рабочих характеристик)

Измеренная мощность, как и частота вращения, характеризует степень нагруженности ВЭУ в целом. Измерение мощности может быть также использовано в качестве заменяющего измерения, имеющего целью включение системы безопасности при чрезмерно высоких скоростях ветра.

Оборудование, предназначенное для измерения мощности, должно позволять измерение как средних значений мощности на временных интервалах от одной до десяти секунд, так и кратковременных пиков мощности (частота опроса должна быть не ниже 1/сек).

И.2.2.2Превышение уровня средней мощности P_T

Если установившееся значение уровня средней мощности превысит значение повышенной мощности $\mathbf{P_T}$ (например, $\mathbf{P_T=1,1P_1}$), то автоматически должны быть

включены меры защиты ВЭУ. Характер мер зависит от конструкции ветроустановки. Во всех случаях ВЭУ должна быть выключена.

Примечание - Под выключением ВЭУ понимается прекращение выработки электроэнергии. В зависимости от конструкции установки в качестве дополнительных мер могут рассматриваться торможение ветроколеса с помощью рабочего или аварийного тормоза (тормозов), с помощью флюгерирования лопастей, а также включение или выключение тормоза гондолы.

И.2.2.3Превышение максимальной мощности P_{max}

Если мгновенное значение мощности превысит значение максимальной мощности $\mathbf{P_{max}}$, то защитные устройства должны быть автоматически, без промедления, введены в действие. ВЭУ должна быть остановлена.

Примечание - Система безопасности должна быть способна к немедленному автоматическому включению защитных устройств, даже если превышение измеренной мощности носит кратковременный характер.

И.2.2.4Автоматическое повторное включение ВЭУ

Если ВЭУ была отключена из-за превышения уровня средней или максимальной мощности, то автоматическое включение, если оно предусмотрено конструкцией, может производиться без вмешательства оператора, при условии отсутствия неисправности в системе.

Примечание - Превышение мощности, за которой следует отключение ВЭУ в результате чрезмерно высоких скоростей ветра, следует рассматривать как отключение по внешней причине. Если ситуация, вызвавшая отключение, прекращается, то ВЭУ снова готова к работе. Если в числе принятых защитных мер произошла активация системы безопасности, то следует действовать в соответствии с п. И.2.1.6.

И.2.3 Скорость ветра

В том случае, когда скорость ветра является одной из входных переменных системы управления рабочим режимом ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, то необходимо предусмотреть средства надежного измерения скорости ветра.

И.2.3.1Измеряемый параметр

Если для осуществления процессом управления требуется измерение скорости ветра, то следует регистрировать и обрабатывать либо непосредственно скорость ветра, либо параметр, находящийся в однозначной зависимости от скорости ветра. Место регистрации параметра и принцип его измерения в рабочем режиме ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть выбраны таким образом, чтобы значения погрешностей или неопределенностей находились в границах допустимых значений погрешностей. В качестве подходящего измеряемого параметра следует рассматривать скорость воздушного потока на высоте оси ступицы ветроколеса в невозмущенном потоке (например, с помощью метеорологического оборудования, установленного на метеорологической мачте).

И.2.3.2Отключение ВЭУ при кратковременном превышении скорости ветра

Если одним из основных параметров, определяющих конструктивные особенности ВЭУ, является скорость ветра отключения ВЭУ, то при кратковременном превышении данной скорости должны быть автоматически без промедления введены в действие защитные меры и ВЭУ должна быть выключена.

И.2.3.3Автоматическое повторное включение ВЭУ

Если ВЭУ была отключена из-за кратковременного превышения скорости ветра отключения, то автоматическое включение, если оно предусмотрено кон-

струкцией, может производиться без вмешательства оператора, при условии отсутствия неисправности в системе.

Примечание - Кратковременное превышение скорости ветра отключения ВЭУ, за которой следует отключение, следует рассматривать как отключение по внешней причине. Если ситуация, вызвавшая отключение, прекращается, то ВЭУ снова готова к работе. Если в числе принятых защитных мер произошла активация системы безопасности, то следует действовать в соответствии с п. И.2.1.6.

И.2.4 Вибрации

Вибрации являются вынужденными колебаниями ВЭУ, вызванными дисбалансом и работой в резонансном диапазоне частот. Наличие дисбаланса может быть вызвано неисправностью или нештатным режимом работы (например, асимметричный угол атаки лопастей) или иными внешними причинами (например, обледенение лопастей).

И.2.4.1Измерение вибраций

Регистрация уровня вибраций должна осуществляться с целью контроля технического состояния ВЭУ в целом. Появление чрезмерно высокого уровня вибраций свидетельствует об отклонении от нормального режима работы. Вибрации должны постоянно измеряться и сравниваться с предельно допустимым значением. Для ВЭУ с горизонтальной осью вращения датчик должен быть расположен со смещением по отношению к оси башни. Применяемая методика измерений должна обеспечивать регистрацию суммарных виброперемещений гондолы.

И.2.4.2Эксплуатация датчика вибраций

Чувствительность датчика и его характеристики должны соответствовать условиям эксплуатации ВЭУ. Датчик должен быть соответствующим образом настроен и проверен, а его работоспособность подтверждена. Датчик должен быть надежно защищен от всех внешних неинформативных воздействий, включая вмешательство посторонних лиц.

И.2.4.3Включение системы безопасности

В случае превышения предельно допустимого уровня вибраций должно произойти включение системы безопасности. ВЭУ должна быть выключена и переведена в безопасное состояние. Ветроколесо должно быть остановлено.

И.2.4.4Управление работой ВЭУ после включения системы безопасности

Автоматическое повторное включение ВЭУ (АПВ) не допускается, если она была остановлена из-за превышения предельно допустимого уровня вибраций. На дисплей оператора или обслуживающего персонала должно быть выведено сообщение, не допускающее ошибочного понимания, о том, что ВЭУ была выключена вследствие автоматической регистрации вибраций, не соответствующих рабочим режимам.

И.2.5 Контроль короткого замыкания и температуры

Для защиты генератора должны быть предусмотрены системы контроля короткого замыкания и температуры.

И.2.5.1Измерение температуры и силы тока в генераторе

Необходимо осуществлять контроль для предотвращения нагрева обмотки генератора свыше предельно допустимых для рабочего режима значений. Датчики должны быть надежными и не требовать обслуживания. Для регистрации недопустимых перегрузок по току и/или мощности должны быть применены соответствующие устройства, настроенные в соответствии с требованиями, налагае-

мыми условиями эксплуатации. Защита от короткого замыкания для всей системы должна разрабатываться согласно требованиям пп.11.3, 11.17 настоящего стандарта.

И.2.5.2Предельные значения параметров

Предельно допустимые значения температуры в обмотке генератора, как правило, устанавливаются изготовителем генератора в соответствии с классом применяемой изоляции. Предельные значения для мощности и/или силы тока должны устанавливаться в соответствии с применяемыми механическими и электрическими компонентами ВЭУ. Установка предельных параметров защитных устройств всегда должна выбираться и проверяться. Защита от короткого замыкания должна быть надежной и соответствовать максимальным токам в точках установки защитных устройств в случае возникновения короткого замыкания.

И.2.5.3Управление работой ВЭУ после превышения температуры или возникновения короткого замыкания

При превышении предельно допустимого значения температуры в обмотке генератора выходная мощность ВЭУ должна быть понижена для обеспечения охлаждения генератора.

Примечание - Превышение значений мощности и тока может привести увеличению механических нагрузок в узлах и деталях конструкции. Превышения небольшой длительности должны снижаться соответствующими мерами управления рабочим режимом. Система безопасности должна включаться при превышении предельно допустимых значений параметров.

И.2.6 Контроль состояния подсистем торможения

Подсистемы торможения ВЭУ являются ответственными элементами системы безопасности ВЭУ. В основу конструкции механического рабочего тормоза, по возможности, должен быть положен безизносный или малоизносный принцип работы. В случае использования в конструкции системы безопасности компонентов, которые допускают отказ в результате повышенного или незамеченного износа, должен быть обеспечен автоматический контроль этих компонентов.

И.2.6.1Выполнение измерений

В качестве наблюдаемых параметров могут быть выбраны:

- толщина тормозных накладок;
- величина свободного хода (в механических тормозах);
- время торможения;
- потребляемая мощность торможения.

И.2.6.2Требования к безопасности подсистем торможения

При отказе систем и устройств, осуществляющих контроль подсистем торможения, должна включиться тормозная подсистема. Системы и устройства, осуществляющие контроль подсистем торможения, должны быть устроены таким образом, чтобы гарантировать своевременное обнаружение прогрессирующей неисправности и обеспечить требующуюся мощность торможения.

И.2.6.3Управление рабочим режимом после обнаружения неисправности в системе торможения

Если система контроля подсистем торможения устанавливает наличие неприемлемого износа рабочего и/ или аварийного тормоза (тормозов), то ВЭУ должна быть выключена. На дисплей оператора или обслуживающего персонала должно быть выведено сообщение, не допускающее ошибочного понимания, о том, что ВЭУ была выключена вследствие обнаруженной неисправности.

И.2.7 Перекручивание кабелей

Если в процессе эксплуатации ВЭУ с горизонтальной осью вращения возможно возникновение перекручивания гибких кабелей, особенно кабелей, соединяющих поворотную часть (гондолу) с неподвижными частями (башней и фундаментом), то должны быть приняты меры, предотвращающие разрушение этих кабелей в результате закручивания.

И.2.7.1Измерение степени перекручивания кабелей

Измерение суммарного поворота гондолы для определения степени перекручивания гибких кабелей может быть осуществлено учетом числа поворотов гондолы вокруг оси башни по или против часовой стрелки, а также любым другим аналогичным способом.

И.2.7.2Предельно допустимое значение степени закручивания кабелей

Предельно допустимое значение степени закручивания кабелей устанавливается их изготовителем.

И.2.7.3Устройство контроля степени перекручивания кабелей всегда должно реагировать на закручивание кабелей до того, как степень закручивания кабелей достигнет максимально допустимого значения.

И.2.7.4В ветроустановках с активным управлением поворотом вокруг вертикальной оси двигатель, осуществляющий поворот, при необходимости может быть использован для автоматического раскручивания кабелей. После того, как кабели будут автоматически раскручены, ВЭУ может вновь быть автоматически включена (без вмешательства оператора или обслуживающего персонала).

И.2.7.5В ветроустановках, не имеющих активного управления углом поворота вокруг вертикальной оси, должна быть предусмотрена возможность предотвращения дальнейшего вращения гондолы после достижения предельно допустимого угла закручивания кабеля (кабелей). ВЭУ должна быть переведена в безопасное состояние при достижении предельно допустимого значения угла закручивания кабеля (кабелей).

И.2.7.6Если в конструкции ВЭУ предусмотрено безопасное защемление кабелей при достижении предельно допустимого значения угла закручивания и автоматический перевод ВЭУ в безопасное состояние, то п.п. И.2.7.4 и И.2.7.5 могут не выполняться.

И.3 Требования по частоте и напряжению

И.3.1 Если несколько ВЭУ работают параллельно на общую силовую сеть, то они должны работать с частотой сети. В этом случае требуются специальные системы управления и контроля для обеспечения согласованной параллельной работы.

И.3.2 Если ВЭУ работает на изолированного потребителя (независимо от общих сетей), то диапазон отклонения частоты определяется назначением установки. Если отсутствуют особые требования, то среднее отклонение частоты тока принимается в диапазоне (±)3%, а переходное - (±)10%. Установившееся отклонение напряжения на выходе ВЭУ в рабочем диапазоне скорости ветра при снижении и увеличении нагрузки от холостого хода до мощности, удовлетворяющей расчетной характеристике ВЭУ при соответствующей скорости ветра, не должно быть более. ± 8 %.

Переходное отклонение напряжения на выходе ВЭУ в рабочем диапазоне скорости ветра при снижении и увеличении нагрузки до мощности, удовлетворяющей расчетной характеристике ВЭУ при соответствующей скорости ветра, не должно быть более ± 20 % номинального значения.

И.4 Аварийное отключение ВЭУ оператором

Для осуществления вмешательства в процесс управления в ручном режиме, должен быть предусмотрен, по меньшей мере, один аварийный выключатель. Выключатели должны быть расположены таким образом и иметь такую конструкцию, чтобы обеспечить правильное и надежное выполнение своих функций. Названные выключатели должны использоваться только для случаев аварийного выключения в ручном режиме.

И.4.1 Требования к выполнению функции аварийного отключения

Аварийное отключение предназначено для предотвращения угрозы человеку или самой установке. Система безопасности при включении аварийного выключателя всегда должна полностью останавливать ВЭУ за минимально возможное время.

И.4.2 Управление рабочим режимом после аварийного отключения

Алгоритм управления рабочим режимом после включения аварийного выключателя может быть аналогичен алгоритму управления после включения системы безопасности по превышению максимально допустимых параметров - уровня вибрации и частоты вращения ветроколеса. В этом случае ставится задача не максимально осторожного, а предельно быстрого торможения до полной остановки ВЭУ с учетом обеспечения ее конструктивной целостности и прочности. Таким образом, все временные задержки, предусмотренные программой торможения, должны игнорироваться, если это не ведет к нарушению конструктивной прочности и целостности ВЭУ.

И.5 Контроль состояния механических узлов и деталей

Контроль состояния механических систем должен осуществляться средствами, соответствующими современному уровню техники и технологий. Контроль должен осуществляться в отношении всех физических параметров, которые могут быть использованы для определения меры безопасности работы ВЭУ (например, давление в системе смазки редуктора, температура в редукторе, подшипниках). Количество средств контроля зависит от конструкции ВЭУ. В случае выхода за установленные предельные значения параметров, ВЭУ должна быть остановлена. Повторное включение должно быть осуществлено только после проверки работоспособности ВЭУ в автоматическом режиме. При разработке концепции управления рабочим режимом приоритет должен отдаваться обеспечению конструктивной целостности ВЭУ перед ее готовностью к работе.

И.5.1 Привод механизма выравнивания по ветру (рыскания) (для ВЭУ с горизонтальной осью вращения)

Если гондола имеет активное управление поворотом вокруг вертикальной оси, то необходимо предусмотреть меры, исключающие возможность возникновения нерасчетных нагрузок (в том числе по вине оператора), угрожающих целостности ВЭУ. Привод поворота вокруг вертикальной оси должен быть реверсивным.

И.6 Управление рабочим режимом во время пуска ВЭУ

При разработке конструкции ВЭУ, ее системы управления и безопасности необходимо обеспечить следующие функциональные требования:

И.6.1 После остановки ВЭУ в автоматическом или ручном режиме повторный пуск в автоматическом режиме (без осмотра обслуживающим персоналом ВЭУ) возможен только в случае остановки ВЭУ в результате переменных внешних воздействий (например, недопустимо высокая скорость ветра, не превысившая буревой скорости ветра, ручная остановка ВЭУ для проведения технического обслуживания). Если процедура остановки была вызвана неисправностью в детали, узле или системе, то автоматический повторный запуск должен быть невозможен.

И.6.2 Для ВЭУ, имеющей горизонтальную ось вращения, система управления перед запуском должна обеспечить проверку соответствия направления ветра положению ВЭУ. Перед пуском ВЭУ должна быть приведена в правильное рабочее положение по отношению к направлению ветра.

И.7 Устройства блокировки ветроколеса

Устройства блокировки ветроколеса входят в число устройств безопасности ВЭУ.

ВЭУ должна быть обеспечена, по меньшей мере, одним устройством, блокирующим вращение а.

И.7.1 Устройство блокировки является устройством, которое делает вращение ветроколеса невозможным после того, как оно было остановлено системой торможения, повторное включение ВЭУ возможно только после подачи соответствующего управляющего сигнала на устройство блокировки, приводящее к освобождению ветроколеса блокирующим устройством.

И.7.2 Устройство блокировки должно включаться автоматически при остановке ВЭУ.

Примечание - Тормозное устройство, как правило, не может рассматриваться в качестве надежного блокирующего устройства. Исключением является такая тормозная система, которая надежно предотвращает относительное вращение деталей и элементов ВЭУ после ее остановки системой торможения и исключает риск для обслуживающего и ремонтного персонала при проведении работ с тормозной системой.

И.7.3 Конструкция устройств блокировки

Устройства блокировки должны иметь такую конструкцию, которая обеспечивает надежное стопорение ветроколеса остановленной ВЭУ даже при отпущенных тормозах. Конструкция должна выдерживать максимальный расчетный крутящий момент, передаваемый от ветроколеса к трансмиссии для самого опасного расчетного варианта остановленной ВЭУ.

И.7.4 Требования к безопасности устройств блокировки

Конструкция устройства блокировки ВЭУ должна обеспечивать надежную блокировку и позволять намеренное проникновение и проведение работ в опасной зоне обслуживающим и ремонтным персоналом. Устройство блокировки должно иметь конструкцию, обеспечивающую безопасное и качественное использование и иметь удобный доступ и надежные крепления на блокируемые детали ВЭУ (например, ветроколесо, втулку (ступицу), лопасти, вал).

И.7.5 Включение устройства блокировки

Устройство блокировки всегда должно быть включено при проведении работ с подвижными частями ВЭУ. Устройство блокировки также должно быть включено, если ВЭУ удерживается тормозом, который служит для замедления вращения ветроколеса до его полной остановки. Данное требование должно быть отражено в руководстве по эксплуатации ВЭУ.

Устройство блокировки должно отключаться при пуске ВЭУ.

Приложение К
(обязательное)
Перечень проектных данных для конструирования ВЭУ класса S

При проектировании ВЭУ класса **S** в проектной документации должны быть указаны следующие данные:

Технические характеристики ветроагрегата:

Номинальная мощность (кВт)

Рабочий интервал скоростей ветра на уровне центра ветроколеса $V_{in} - V_{out}$ (м/с)

Проектный срок службы (год)

Параметры ветра

Характеристика интенсивности турбулентности как функции средней скорости ветра для НМТ и ЭМТ

Среднегодовая скорость ветра (м/с)

Осредненный угол наклона набегающего потока (^{0})

Распределение скорости ветра
(Вейбулл, Рэлей, измерения, другой), модель профиля

Модель профиля ветра и параметры

Модель турбулентности и параметры

Экстремальные скорости ветра на уровне центра ветроколеса V_{e1} и V_{e50} (м/с)

Модель экстремального порыва ветра и параметры для периода повторяемости 1 и 50 лет

Модель экстремального изменения направления параметры для периода повторяемости 1 и 50 лет

Модель экстремального когерентного порыва ветра и параметры

Модель экстремального когерентного порыва ветра с изменением направления

Модель экстремального сдвига ветра и параметры

Условия, накладываемые сетью подключения

Номинальное напряжение сети и его диапазон (В)

Номинальная частота и диапазон (Гц)

Асимметрия напряжений (В)

Наибольшая продолжительность отключения от сети (день)

Количество отключений электрической сети [1/год]

Автоматическое повторное включение АПВ (описание)

Режим работы при внешнем симметричном и несимметричном коротком замыкании (описание)

Прочие условия окружающей среды, которые следует учесть (при их наличии)

Проектные условия для ВЭУ морского базирования: глубина воды, волновая обстановка и аналогичное;

Нормальный и экстремальный диапазон температур (^{0}C)

Относительная влажность воздуха (%)

Плотность воздуха (кг/м^{3})

Солнечная радиация (Вт/м^{2})

Дождь, град, снег и гололед

Химически активные вещества в атмосфере

Запыленность атмосферы (механические частицы)
Описание системы молниезащиты
Модель землетрясения и параметры
Соляной туман ($г/м^3$)

Приложение Л
(справочное)
Методические рекомендации по применению моделей турбулентности

В настоящем приложении для определения расчетной нагрузки приведены две модели турбулентности. Предполагается, что турбулентные пульсации скорости являются стационарным полем случайных векторов, составляющие которого имеют гауссово статистическое распределение с нулевым математическим ожиданием. Рекомендуется применять первую из указанных ниже моделей:

- модель однородного сдвига Манна
- спектральная и экспоненциальная когерентная модель Каймала.

Параметры для данных моделей были выбраны с учетом удовлетворения основным требованиям к турбулентности, приведенным в п. Д.3.

Л.1 Модель однородного сдвига Манна (1994)

Описание этой модели несколько отличается от предыдущих моделей тем, что здесь определен трехмерный спектральный тензор скорости. Модель предполагает, что изотропный энергетический спектр Кармана быстро искажается однородным сдвигом средней скорости. Спектральные компоненты тензора представляются выражениями:

$$\Phi_{11}(k_1,k_2,k_3)=\frac{E(k_0)}{4\pi k_0^4}\left(k_0^2-k_1^2-2k_1\left(k_3+\beta(k)k_1\right)\zeta_1+\left(k_1+k_2^2\right)\zeta_1^2\right), \quad (Л.1)$$

$$\Phi_{22}(k_1,k_2,k_3)=\frac{E(k_0)}{4\pi k_0^4}\left(k_0^2-k_2^2-2k_2\left(k_3+\beta(k)k_1\right)\zeta_2+\left(k_1+k_2^2\right)\zeta_2^2\right), \quad (Л.2)$$

$$\Phi_{33}(k_1,k_2,k_3)=\frac{E(k_0)}{4\pi k_0^4}\left(k_1^2+k_2^2\right), \quad (Л.3)$$

$$\Phi_{12}(k_1,k_2,k_3)=\frac{E(k_0)}{4\pi k_0^4}\left(-k_1k_2-k_1\left(k_3+\beta(k)k_1\right)\zeta_2-k_2\left(k_3+\beta(k)k_1\right)\zeta_1+\left(k_1^2+k_2^2\right)\zeta_1\zeta_2\right), \quad (Л.4)$$

$$\Phi_{13}(k_1,k_2,k_3)=\frac{E(k_0)}{4\pi k_0^2k^2}\left(-k_1\left(k_3+\beta(k)k_1\right)+\left(k_1^2+k_2^2\right)\zeta_1\right), \quad (Л.5)$$

$$\Phi_{23}(k_1,k_2,k_3)=\frac{E(k_0)}{4\pi k_0^2k^2}\left(-k_2\left(k_3+\beta(k)k_1\right)+\left(k_1^2+k_2^2\right)\zeta_2\right), \quad (Л.6)$$

где $\Phi_{ij}(k_1,k_2,k_3)=\Phi_{ji}^*(k_1,k_2,k_3)=\frac{1}{8\pi^3}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}R_{ij}(\delta_1,\delta_2,\delta_3)e^{-ik_1\delta_1}e^{-ik_2\delta_2}e^{-ik_3\delta_3}d\delta_1d\delta_2d\delta_3$,

$R_{ij}(\delta_1,\delta_2,\delta_3)=\frac{1}{\sigma_{iso}^2}E\left\langle u_i(x_1,x_2,x_3)u_j(x_1+l\delta_1,x_2+l\delta_2,x_3+l\delta_3)\right\rangle$ безразмерный тензор корреляции;

u_1,u_2,u_3 - продольная, боковая и нормальная составляющие скорости ветра соответственно;

$\delta_1,\delta_2,\delta_3$ - безразмерные пространственные составляющие вектора;

k_1, k_2, k_3 - безразмерные пространственные волновые числа для трех направлений;

$k = \sqrt{k_1^2 + k_2^2 + k_3^2}$ - величина модуля вектора волнового числа;

$k_0 = \sqrt{k^2 + 2\beta(k)k_1k_3 + \left(\beta(k)k_1\right)^2}$ - величина k до искажения при сдвиге;

$$\zeta_1 = C_1 - \frac{k_2}{k_1}C_2, \qquad \zeta_2 = \frac{k_2}{k_1}C_1 + C_2,$$

$$C_1 = \frac{\beta(k)k_1^2\left(k_1^2 + k_2^2 - k_3\left(k_3 + \beta(k)k_1\right)\right)}{k^2\left(k_1^2 + k_2^2\right)},$$

$$C_2 = \frac{k_2^2k_0^2}{\left(k_1^2 + k_2^2\right)^{3/2}} arctg\left(\frac{\beta(k)k_1\sqrt{k_1^2 + k_2^2}}{k_0^2 - \left(k_3 + \beta(k)k_1\right)k_1\beta(k)}\right),$$

$E(k) = \frac{1{,}453k^4}{\left(1 + k^2\right)^{17/6}}$ - безразмерный изотропный спектр энергии Кармана;

$\beta(k) = \frac{\gamma}{k^{\frac{2}{3}}\sqrt{{}_2F_1\left(\frac{1}{3}, \frac{17}{6}, \frac{4}{3}, -k^{-2}\right)}}$ - безразмерное время искажения, обратно пропорциональное $\sqrt{k^2\int_k^\infty E(p)dp}$;

${}_2F_1$ - гипергеометрическая функция;

σ_{iso}^2, l - изотропная дисперсия и масштабный параметр при отсутствии сдвига соответственно, и

γ - безразмерный параметр искажения при сдвиге.

Данная модель является более сложной, чем изотропная модель Кармана, однако она содержит только один дополнительный параметр искажения при сдвиге γ. При $\gamma = 0$, эта модель превращается в изотропную модель. При увеличении γ продольная и боковая дисперсии скорости возрастают, нормальная компонента дисперсии скорости уменьшается. Результирующая турбулентная вихревая структура растягивается в продольном направлении и отклоняется от плоскости 1-2.

Предполагая, что поле случайных скоростей, генерируемое моделью, переносится через ветроколесо при скорости ветра, определенной на оси ветроколеса, спектр компоненты скорости, наблюдаемый в точке, может быть получен интегрированием компонент спектрального тензора. В частности, одномерный спектр дается выражением

$$\frac{fS_i(f)}{\sigma_1^2} = \frac{\sigma_{iso}^2}{\sigma_i^2}\left(\frac{4\pi lf}{V_{hub}}\right)\Psi_{ij}\left(\frac{2\pi lf}{V_{hub}}\right), \qquad (Л.7)$$

где $\Psi_{ij}(k_1) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\Phi_{ij}(k_1, k_2, k_3)dk_2dk_3$ - одномерный автоспектр волнового числа для $i = j$, или взаимной спектральности для $i \neq j$

$\sigma_i^2 = \sigma_{iso}^2\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\Phi_{ij}(k_1, k_2, k_3)dk_1dk_2dk_3$ - составляющие дисперсии.

Аналогично, для пространственных разделений, нормальных к продольному направлению функция когерентности определяется выражением:

$$Coh_{ij}\left(f, l\delta_2, l\delta_3\right) = \frac{\left|\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\Phi_{ij}\left(\frac{2\pi df}{V_{hub}}, k_2, k_3\right)e^{-ik_2\delta_2}e^{-ik_3\delta_3}\,dk_2 dk_3\right|}{\sqrt{\Psi_{ii}\left(\frac{2\pi df}{V_{hub}}\right)\Psi_{jj}\left(\frac{2\pi df}{V_{hub}}\right)}} \qquad (Л.8)$$

К сожалению, результирующие интегралы не выражаются в аналитическом виде и должны определяться численными методами для конкретных значений параметра γ. Манн (1998) выполнил такое интегрирование и сравнил результаты со спектральной моделью Каймала. По наименьшим квадратам, удовлетворяющим модели Каймала, получен параметр сдвига

$$\gamma = 3{,}9 \qquad (Л.9)$$

с результирующими соотношениями для дисперсии:

$$\left.\begin{aligned}\sigma_1^2 &= 3{,}25\sigma_{iso}^2\\ \sigma_2^2 &= 1{,}65\sigma_{iso}^2\\ \sigma_3^2 &= 0{,}85\sigma_{iso}^2\end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases}\dfrac{\sigma_2}{\sigma_1} \approx 0{,}7\\ \dfrac{\sigma_3}{\sigma_1} \approx 0{,}5\end{cases} \qquad (Л.10)$$

Следует отметить, что результирующая боковая дисперсия немного меньше, чем в Таблице Л.1.

Масштаб может быть найден по асимптотике для инерционной подобласти продольного спектра. Отсюда:

$$S_1(f) \to 0{,}475\sigma_{iso}^2\left(\frac{2\pi l}{V_{hub}}\right)^{2/3} f^{-5/3} = 0{,}05\sigma_1^2\left(\frac{\Lambda_1}{V_{hub}}\right)^{-2/3} f^{-5/3} \Rightarrow l \approx 0{,}8\Lambda_1 \qquad (Л.11)$$

Таким образом, три параметра, необходимые для использования модели Манна, составляют:

$$\begin{aligned}\gamma &= 3{,}9\\ \sigma_{iso} &= 0{,}55\sigma_1\\ l &= 0{,}8\Lambda_1,\end{aligned} \qquad (Л.12)$$

где σ_1 и Λ_1 определены в п. Д.3.

Для трехмерных моделей турбулентности составляющие скорости определяются разложением спектрального тензора и аппроксимацией в виде преобразования Фурье. Таким образом, трехмерная пространственная область распадается на равноудаленные изолированные точки, и вектор скорости в каждой точке определяется выражением:

$$\begin{bmatrix}u_1(x,y,z)\\ u_2(x,y,z)\\ u_3(x,y,z)\end{bmatrix} = \sum_{k_1,k_2,k_3} e^{i\frac{xk+yk_2+zk_{31}}{l}}\left[C(k_1,k_2,k_3)\right]\begin{bmatrix}n_1(k_1,k_2,k_3)\\ n_2(k_1,k_2,k_3)\\ n_3(k_1,k_2,k_3)\end{bmatrix}, \qquad (Л.13)$$

$$[C(k_1,k_2,k_3)] \approx \sigma_{iso}\sqrt{\frac{2\pi l^3 E(k_0)}{N_1 N_2 N_3 \Delta^3 k_0^4}}\begin{bmatrix} k_2\zeta_1 & k_3 - k_1\zeta_1 + \beta k_1 & -k_2 \\ k_2\zeta_2 - k_3 - \beta k_1 & -k_1\zeta_2 & k_1 \\ \frac{k_0^2 k_2}{k^2} & -\frac{k_0^2 k_1}{k^2} & 0 \end{bmatrix};$$

где

u_1, u_2, u_3 - компоненты комплексного вектора, действительные и мнимые части которых представляют независимые реализации поля турбулентных скоростей;

n_1, n_2, n_3 - комплексные случайные гауссовы величины, которые являются независимыми для каждого отдельного волнового числа и имеют действительную и мнимую части с дисперсией модуля;

x, y, z - координаты точек в пространственной системе координат;

N_1, N_2, N_3 - число точек в пространственной системе координат в трех направлениях, и

Δ - пространственное разрешение.

В этом выражении символ $\sum_{k_1,k_2,k_3}$ - означает суммирование по всем безразмерным волновым числам, которое может быть выполнено методом Фурье (FFT).

В тех случаях, когда пространственная область в любом направлении меньше $8l$, рекомендуется выполнить корректировку для разложения спектрального тензора $[C(k_1,k_2,k_3)]$. Эта процедура подробно изложена Манном (1998).

Л.2 Спектральная и экспоненциальная когерентные модели Каймала [19)]

Спектральные плотности мощности составляющих даются в безразмерном виде уравнением:

$$\frac{fS_k(f)}{\sigma_k^2} = \frac{4f L_k / V_{hub}}{(1 + 6f L_k / V_{hub})^{5/3}}, \qquad (Л.14)$$

где f - частота в Гц;

k - индекс, указывающий направление составляющей вектора скорости (1 - продольная, 2 - боковая, 3 - нормальная);

S_k - одномерный спектр составляющей вектора скорости;

σ_k - среднее квадратическое отклонение составляющей вектора скорости (см. формулу (В.2));

L_k - интегральный масштаб k - ой составляющей вектора скорости;

$$\sigma_k^2 = \int_0^\infty S_k(f)df \qquad (Л.15)$$

Спектральные параметры турбулентности даны в таблице Л.1.

[19)] Дисперсионные отношения для составляющих турбулентности в Таблице Л.1 и в выражении для восходящей составляющей скорости несколько отличаются от оригинальной спектральной модели Каймала. Продольный масштаб (а также боковой и нормальный) был выбран для аппроксимации оригинального спектра Каймала, чтобы удовлетворить требованиям к спектру, установленным в п. Д.3, для асимптотического инерциального поддиапазона и дисперсионных отношений, данных в Таблице Л.1

Таблица Л.1

Спектральные параметры турбулентности для модели Каймала

	Индекс составляющей вектора скорости		
	1	2	3
Среднее квадратическое отклонение составляющей вектора скорости σ_k	σ_1	$0{,}8\,\sigma_1$	$0{,}5\,\sigma_1$
интегральный масштаб вдоль направления *k* - ой составляющей вектора скорости L_k	$8.1\,\Lambda_1$	$2.7\,\Lambda_1$	$0.66\,\Lambda_1$
Примечание - Здесь σ_1 и Λ_1 - среднее квадратическое отклонение и масштаб турбулентности, установленные в настоящем стандарте.			

Экспоненциальная когерентная модель

Для вычисления структуры пространственной корреляции продольной составляющей вектора скорости может использоваться следующая экспоненциальная когерентная модель совместно с автоспектральной моделью Каймала:

$$\mathrm{Coh}(r,f)=\exp\left[-8{,}8\left(\left(f\times r/V_{hub}\right)^2+\left(0{,}12\,r/L_c\right)^2\right)^{0{,}5}\right], \qquad (Л.16)$$

где $\mathrm{Coh}(r,f)$ - функция когерентности, определенная совокупной величиной взаимной спектральной плотности продольных составляющих вектора скорости в двух пространственно-удаленных точках, разделенных автоспектральной функцией;

r - величина проекции вектора разделения между двумя точками на плоскость, перпендикулярную к направлению вектора средней скорости ветра;

f - частота, Гц;

L_e=8,1 Λ_1 - масштаб когерентности.

Приложение М
(справочное)
Рекомендации для расчета сейсмических нагрузок

Упрощенный консервативный метод расчета сейсмических нагрузок, представленный в данном приложении, рекомендуется применять в тех случаях, когда необходимость выполнения комплексного анализа не очевидна.

Основными упрощениями данного метода являются: игнорирование форм собственных колебаний башни выше, чем первая форма изгиба и предположение, что все элементы конструкции испытывают одно и то же ускорение. Игнорирование второй формы является существенным неконсервативным упрощением и компенсируется тем, что масса элементов конструкции, расположенных в верхней части ВЭУ, включает также массу башни и к этой же точке прикладывается недиссипативная аэродинамическая нагрузка.

Метод определения ускорений основания должен также соответствовать п. Г.6. При отсутствии точных данных для рассматриваемой площадки должны быть сделаны консервативные предположения. В данном приложении использована терминология строительных норм и правил [13].

Порядок расчета включает следующие шаги:

- оценку сейсмичности площадки и свойств грунтов в соответствии со строительными нормами и правилами [11].
- использование спектра нормированных сейсмических реакций и коэффициента, учитывающего степень сейсмической опасности зоны, для определения ускорения, соответствующего первому тону собственных колебаний башни, в предположении 1 % - ного критического демпфирования.
- вычисление нагрузки для системы, испытывающей вышеупомянутое ускорение, если масса ветроколеса, гондолы и 50 % массы башни сконцентрированы в верхней точке башни.
- вычисление суммарной нагрузки от действия упомянутой выше сейсмической нагрузки и нормативной нагрузки, определенной для случая аварийной остановки при номинальной скорости ветра.
- сравнение полученного результата с расчетными нагрузками или расчетным сопротивлением ВЭУ.
- если башня может выдержать суммарную нагрузку, то дальнейших расчетов не требуется. В противном случае должны быть выполнены расчеты согласно п.Г.6.

Приложение Н
(обязательное)
Методические рекомендации для разработки системы безопасности ВЭУ

Н.1 Основные принципы построения системы безопасности ВЭУ

Н.1.1 Система безопасности ВЭУ представляет собой множество всех устройств, которые выполняют функцию предотвращения состояния, угрожающего целостности всей ВЭУ, в случае выхода эксплуатационных параметров за установленные эксплуатационные границы. Реализация данной функции осуществляется посредством автоматического включения процесса торможения.

Н.1.2 Система безопасности ВЭУ в общем случае представляет собой совокупность всех систем торможения ВЭУ, включая устройства измерения силы тока, устройства сравнения измеренного значения силы тока с заданным предельным значением и включающие устройства.

Примечание - В сложившейся практике создания ВЭУ система безопасности разрабатывается в соответствии с:

- МЭК 61400-1(2005) Издание 2.0 Системы турбогенераторные ветровые. Часть 1. Требования к конструкции (Wind turbines - Part 1: Design requirements)

- МЭК 61400-2(2006) Издание 1.0 Системы турбогенераторные ветровые. Часть 2. Требования к проектированию небольших ветровых турбогенераторов (Wind turbines-Part 2: Design requirements for small wind turbines).

- МЭК 61400-12-1(2005) Издание 1.0 Системы турбогенераторные ветровые. Часть 12-1. Измерения характеристик мощности ветровых турбин для производства электроэнергии (Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines)

Н.1.3 Система безопасности ВЭУ должна быть построена в соответствии с перечисленными ниже принципами:

Единичный отказ

Отказ единичного компонента системы безопасности не должен приводить к отказу всей системы безопасности. Одновременный отказ двух взаимно не связанных компонентов классифицируется как событие исчезающее малой вероятности и не должен рассматриваться. Одновременный отказ двух взаимно связанных компонентов рассматривается как единичный отказ.

Резервирование

Система безопасности должна иметь в своем составе как минимум две независимые системы торможения. При проектировании должна быть исключена возможность одновременного отказа обеих систем по одной и той же причине. Отказ одного компонента не должен приводить к отказу всех систем торможения и, таким образом, всей системы безопасности.

Автоматическое включение системы безопасности

Система безопасности должна включаться автоматически и начинать процесс торможения в случае выхода значений контролируемых параметров за установленные пределы.

Отключение внешнего питания

Система безопасности должна гарантированно не допускать переход ВЭУ в критическое состояние даже в случае отключения внешнего питания.

Н.2 Маркировка системы безопасности

Все компоненты системы безопасности должны иметь маркировку отличную от компонентов системы управления и контроля.

Н.3 Приоритет системы безопасности

При проектировании ВЭУ должен быть обеспечен приоритет функций защиты над функциями управления.

Н.4 Повторное включение ВЭУ после отключения по сигналу системы безопасности

Система безопасности должна исключать возможность повторного автоматического включения ВЭУ после отключения, наступившего в результате срабатывания системы безопасности. Повторное включение ВЭУ должно быть возможным только в результате разрешающего воздействия оператора на систему управления после выяснения им причины остановки. Информация о причинах остановки ВЭУ должна достоверно, однозначно отражаться на дисплее оператора и исключать возможность ошибки.

Н.5 Система торможения ВЭУ

Н.5.1 Система торможения ВЭУ в общем случае должна состоять из подсистемы, которая предназначена для снижения частоты вращения a вплоть до его полной остановки, и подсистемы, удерживающей частоту вращения a меньше максимально допустимого значения.

Н.5.2 Система торможения ВЭУ должна включать в себя все механические (гидравлические, пневматические), аэродинамические, и электротехнические устройства, которые необходимы для осуществления снижения частоты вращения a до заданного значения, включая устройства сбора и сравнения данных, сервоустройства, устройства контроля и цепи независимого электропитания.

Н.5.3 Система торможения ВЭУ может быть аэродинамической, механической, электрической, гидравлической или пневматической, а также комбинированной и состоять из нескольких подсистем.

Н.5.4 Система торможения ВЭУ может иметь вспомогательные тормозные устройства (тормозные подсистемы).

Н.5.5 Система торможения ВЭУ должна иметь рабочий и аварийный тормоз.

Н.5.6 Рабочий тормоз является основным тормозным устройством (подсистемой), которое должно включаться первым при включении системы безопасности. Процесс торможения в этом случае называется «рабочим торможением».

Н.5.7 Аварийный тормоз, как правило, должен включаться только тогда, когда рабочий тормоз не способен осуществить торможение. Аварийный тормоз рассматривается как резервный, он включается только в случае отказа основной системы торможения.

Н.6 Управляющее воздействие оператора на систему безопасности ВЭУ

Н.6.1 Система безопасности должна осуществлять автоматическое отключение ВЭУ и перевод ее в безопасное состояние в случае:

- возникновения неисправности или отказа, причина которого не известна;
- возникновения неисправности, когда существует вероятность повреждения, разрушения или нарушения заданных режимов работы деталей и узлов, влияющих на безопасность ВЭУ.

Н.6.2 В названных случаях система безопасности должна запрещать повторное автоматическое включение ВЭУ без вмешательства оператора. Повторный пуск ВЭУ должен быть возможен только в результате соответствующего управляющего воздействия оператора.

Н.6.3 Система безопасности должна запрещать автоматический повторный пуск ВЭУ без выяснения и устранения причины останова ВЭУ. В случае необходимости должны быть проведены надлежащие ремонтные работы. Система безопасности должна выполнять тестирование рабочих функций ВЭУ и состояние ответственных узлов и деталей при повторном пуске.

Н.7 Диапазон частоты вращения ВЭУ

Н.7.1 Рабочий диапазон частоты вращения ВЭУ должен находиться между значением $\mathbf{n_1}$ (минимальная рабочая частота вращения) и $\mathbf{n_2}$ (максимальная рабочая частота вращения). Рабочий диапазон частоты вращения должен соответствовать нормальным условиям работы. Рабочий диапазон частоты вращения может включать поддиапазоны, работа в которых допускается кратковременно (резонансные частоты).

Н.7.2 При проектировании должны быть определены:

- частота вращения $\mathbf{n_a}$ (частота включения торможения), при достижении которой немедленно автоматически включается система безопасности,
- частота вращения $\mathbf{n_{max}}$ – предельная частота вращения, которая не должна превышаться даже кратковременно.

При проектировании $\mathbf{n_{max}}$ используется для определения максимальных нагрузок, действующих на конструкции ВЭУ при вращении.

Н.7.3 Выбор диапазона частоты вращения должен осуществляться на основе учета совместной работы всех частей ВЭУ и их виброхарактеристик:

- n_{max} назначается не менее 1,25* $n_{2;}$
- n_a должна незначительно превышать n_2, например, n_a=1,05 n_2.

Н.8 Диапазон мощности ВЭУ

Номинальная мощность $\mathbf{P_R}$ - механическая мощность на главном валу, при которой генератор развивает свою номинальную мощность.

Повышенная мощность $\mathbf{P_T}$ – осредненная за выбранный интервал времени t минут механическая мощность на главном валу, которая не должна быть превышена. $\mathbf{P_T}$ должна быть меньше или равна **1,25*** $\mathbf{P_R}$.

Максимальная мощность $\mathbf{P_{max}}$ – предельная механическая мощность на главном валу, величина которой не должна быть превышена**.** $\mathbf{P_{max}}$ должна быть меньше или равна **1,5*** $\mathbf{P_R}$.

Н.9 Скорости ветра

Скорость ветра отключения ВЭУ должна определяться как средняя величина, измеренная на 10-минутном интервале, при превышении которой система управления ВЭУ автоматически включает процесс остановки ВЭУ.

Мгновенная скорость ветра отключения определяется как мгновенное значение скорости ветра, при превышении которого система управления должна немедленно отключить ВЭУ.

Н.10 Внешнее питание системы управления и безопасности

Н.10.1 Система управления, безопасности, автоматики и прочие механические системы ВЭУ должны меть независимые внешние источники питания. Энергия, получаемая за счет преобразования энергии ветра или кинетической энергии а на устройствах ВЭУ и подаваемая на систему управления, безопасности, автоматики и прочие механические системы ВЭУ, не является внешней.

Н.10.2 Внешнее питание может осуществляться от электрических батарей, внешней сети, дизель-генератора. Пневматические и гидравлические системы также могут рассматриваться в качестве внешних источников питания.

Н.11 Технические условия и требования к конструкции систем торможения ВЭУ

При проектировании ВЭУ должна быть обеспечена возможность замедления вращения ветроколеса и его полной остановки при помощи как минимум двух основных взаимно независимых систем торможения. Допускается использование дополнительных устройств торможения. Перечисленные ниже требования относятся к основным системам торможения.

Н.11.1 Каждая система торможения должна поддерживать значение частоты вращения ветроколеса ниже предельной частоты вращения. Значение предельной частоты вращения задается на этапе проектирования с учетом значения собственной частоты колебаний всей конструкции ВЭУ и возможных неустойчивых состояний системы на переходных режимах.

Н.11.2 Как минимум одна система торможения должна быть способна замедлить вращение ветроколеса и полностью остановить ВЭУ в случаях, предусмотренных проектом и в соответствии с настоящим стандартом.

Н.11.3 В том случае, когда названная выше функция осуществляется с помощью независимых или частично взаимозависимых устройств торможения различного типа, то все эти устройства рассматриваются как одна из двух обязательных основных систем торможения ВЭУ.

Н.11.4 Для установок с регулируемым шагом лопастей замедление вращения ветроколеса осуществляется аэродинамическим торможением до низкой частоты вращения, полная остановка осуществляется механическим тормозом. В этом случае сочетание аэродинамических устройств и механических устройств торможения рассматривается как одна система торможения.

Н.11.5 Включение системы торможения должно происходить без какой-либо задержки по времени после подачи соответствующего сигнала от системы безопасности.

Н.11.6 Включение аварийного тормоза должно происходить в том случае, когда рабочая система торможения не в состоянии остановить ВЭУ. Включение

аварийного тормоза должно быть конструктивно реализовано таким образом, чтобы обеспечить его срабатывание без задержки по времени после поступления соответствующего сигнала от системы безопасности.

Н.11.7 Обе основные системы торможения должны быть способны выполнить функцию торможения даже в случае прекращения подачи внешнего питания.

Примечание - Примером системы торможения, независимой от внешнего питания являются концевые спойлеры лопастей, которые раскрываются под действием центробежной силы. Напротив, тормоза с гидравлическим приводом не являются независимыми от внешнего питания, если гидронасос питается от электросети и при этом в конструкции не предусмотрено использование гидроаккумулятора.

Н.11.8 Система безопасности должна быть создана на основе принципа сохранения работоспособности при отказе элемента или элементов системы, то есть, при появлении неисправности в системе безопасности, по меньшей мере, одна система торможения должна быть в состоянии выполнить функцию торможения, поддерживая безопасное состояние ВЭУ и частоту вращения а в допустимых пределах.

Примечание - Примером такой системы является тормозная система с пружинным энергоаккумулятором и гидравлическим разжимом, которая приводится в действие при падении давления в гидравлическом контуре или установка угла атаки лопасти так, что она противодействует усилию пружины и при падении давления в гидросистеме лопасть автоматически флюгерируется, то есть принимает положение аэродинамического торможения.

Н.11.9 Система безопасности ВЭУ должна включаться автоматически, то есть, без вмешательства человека, реагировать на превышение предварительно заданных значений параметров и автоматически включать систему торможения.

Н.11.10 По меньшей мере, одна из систем торможения должна иметь в своей основе принцип аэродинамического торможения и воздействовать непосредственно на вал ветроколеса. В том случае, если это условие не представляется возможным выполнить, то, как минимум, одна из основных систем торможения должна воздействовать на те элементы конструкции ВЭУ, которые конструктивно связаны с ветроколесом и вращаются с частотой вращения а (втулка (ступица), вал).

Н.11.11 Один из датчиков частоты вращения, используемых для предотвращения достижения ветроколесом предельной частоты вращения, должен быть расположен на тихоходном вращающемся элементе ВЭУ.

Н.11.12 В том случае, когда на одно и то же устройство возложены функции управления и функции обеспечения безопасности, необходимо обеспечить гарантию приоритета выполнения функции безопасности над функциями управления при подаче соответствующего командного сигнала. При создании системы безопасности и системы управления рекомендуется устройства, предназначенные для выполнения функций управления и функций безопасности выполнять в виде раздельных устройств.

Примечание - Если механизм регулировки шага лопасти (угла атаки) предназначен как для регулировки оптимального угла набегания потока воздуха, так и для аэродинамического торможения, то функции обеспечения безопасности (флюгерированию лопастей), при превышении предельно допустимой частоты вращения, должен быть отдан приоритет.

Н.11.13 В случае применения устройств, предназначенных для ограничения величины крутящего момента, всякий механический тормоз должен располагаться между устройством ограничения крутящего момента и ступицей ветроколеса.

Приложение П
(рекомендуемое)
Методика экономического обоснования выбора параметров и оценки эффективности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС

П.1 Общие положения

П.1.1 Экономический блок любого предпроектного исследования или проекта в ветроэнергетике состоит из трех основных разделов: изучение энергетического рынка проекта; оптимизация (выбор основных параметров) проекта; обоснование эффективности и финансовый анализ проекта при оптимальном способе его реализации.

Объекты ветроэнергетики, в силу зависимости от природных условий (характеристика ветропотенциала, топография местности, инженерно-геологические условия), многообразия компоновок, состава сооружений, способа производства работ, влияния на окружающую среду, в большинстве случаев уникальны. Это требует обязательного выбора основных параметров ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в каждом конкретном проекте с многократной последовательной проверкой и уточнением на разных стадиях принятия решений в процессе прединвестиционных исследований.

П.1.2 К основным параметрам ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, которые подлежат обоснованию в процессе проектирования, относятся:

- оценка ветропотенциала;
- оценка площадки размещения оборудования;
- параметры ветросилового оборудования;
- установленная мощность станции;
- параметры коммуникаций.

П.1.3 Выбор оптимального варианта проекта является неформальной процедурой, так как требует одновременного учета многих взаимосвязанных факторов, и производится посредством серии последовательных уточняющих расчетов. Схема выполнения вариантных расчетов (поэтапный отбор на основе одного наиболее значимого фактора или одновременного их учета) определяется в каждом конкретном случае, исходя из специфики, масштабов и целей проекта.

П.1.4 Требования к объему, составу и качеству раздела по выбору параметров на разных этапах анализа различны.

На стадии обоснования инвестиций, при недостаточном объеме и качестве исходной информации по проекту, цель экономических расчетов – сформировать суждение об основных параметрах, определяющих масштабы объекта, стоимость строительства и предварительной оценки его эффективности.

На стадии ТЭО (Проект) обязательным элементом является, полный цикл экономических расчетов по выбору параметров проекта в допустимом диапазоне их изменения с выдачей обоснованных рекомендаций по оптимальному варианту осуществления проекта и оценка его эффективности.

Схема и объем экономических расчетов по данному направлению могут варьироваться в зависимости от пожеланий Заказчика, инвестора или кредитной организации.

Примечание - Основным методическим документом экономического анализа являются утвержденные Госстроем, Минэкономики, Минфином и Госкомпромом РФ «Методические указания по оценке эффективности инвестиционных проектов» от 31.03.94 № 7-12/47 с учетом особенностей объектов ветроэнергетики и нормативов, существующих в энергетике.

П.2 Методы экономических расчетов

П.2.1 На каждом этапе оптимизации проекта выполняются расчеты по экономическому сопоставлению вариантов проектных решений. Схемы расчетов и критерии выбора наилучшего из альтернативных вариантов меняются соответственно наличию и качеству исходной информации и целям оптимизации. Большинство расчетов базируется на общих принципах:

- сопоставляются экономические потоки расходов и доходов по проекту;
- все виды расходов и доходов (или их приросты) выражаются в сопоставимых ценах и разносятся по годам периода жизни проекта с заданным горизонтом рассмотрения;
- производится пересчет из фактических стоимостей в дисконтированные; рассчитываются выбранные из стандартного набора показатели сравнительной эффективности вариантов.

П.2.2 На предварительных стадиях исследований для выбора варианта используются простые (недисконтированные) показатели:

- удельные капиталовложения (на кВт, на кВтч);
- простая (текущая) рентабельность капитальных вложений, рассчитываемая по валовой прибыли (валовый доход минус производственные издержки без амортизации);
- простой (недисконтированный) срок окупаемости капиталовложений, как величина обратная предыдущей.

Показатели сопоставляются с данными аналогов.

На проектных стадиях применяются показатели, основанные на расчете дисконтированных экономических потоков.

П.2.3 При выполнении сравнительного экономического анализа следует использовать следующие показатели эффективности:

- чистый дисконтированный доход ЧДД (в отдельных случаях – чистая приведенная стоимость ЧПС), определяемый по формуле

$$ЧДД = \sum_{t=1}^{Tp} (Дt * \alpha_t - Pt * \alpha_t)$$

- индекс доходности ИД (или отношение доходов к расходам Д/Р), определяемый по формуле

$$ИД = \sum_{t=1}^{Tp} Dt * \alpha_t / \sum_{t-1}^{Tp} Pt * \alpha_t$$

где: Pt, Дt – составляющие экономического потока расходов (прироста расходов) по проекту и доходов (прироста доходов) от его осуществления;

Тр – расчетный период (не менее 30 лет после пуска);

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^{t-t_0}}$$

- коэффициент приведения к базисному году t_0 при норме дисконтирования Е.

Критерии выбора варианта: ЧДД→мах (ЧДД>0) и ИД > 1.

Эти показатели рекомендуется применять при любых схемах расчета.

Из других показателей стандартного перечня: обобщающий показатель внутренней нормы доходности ВНД – может использоваться только для характеристики вариантов в целом; показатель срока окупаемости (срока экономического возврата) Ток – не применяется.

П.2.4 В качестве основного, применяемого для большинства проектов при выборе их параметров, должен использоваться метод определения общественной (экономической) эффективности капитальных вложений в сравнении с альтернативным способом покрытия спроса. Такой подход позволяет объективно судить об экономически оправданном уровне затрат в развитие параметров проектируемой ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с точки зрения отраслевых, национальных или региональных интересов, а также учесть не имеющие коммерческой оценки сопутствующие эффекты/ущербы.

При оценке расходов подлежат учету: капвложения в строительство ВЭУ, ВЭС, ВДЭС, текущие эксплуатационные расходы (без амортизации), реинвестиции в будущую замену оборудования, сопутствующие расходы в энергетике.

Доходы от проекта в энергетике оцениваются суммой затрат в альтернативном варианте организации электроснабжения, включая капвложения в заменяемые ТЭС, постоянные издержки по ТЭС, затраты на топливо и др. Совокупные выгоды от проекта могут включать оценку эффектов для других участников комплекса, если такая возможность имеется.

Если рассматриваемый проект не имеет реальной альтернативы в зоне его влияния (частный случай – ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в изолированном энергоузле), доходы в энергетике должны рассчитываться, исходя из цен реализации или, в порядке исключения, параметры ВЭУ, ВЭС, ВДЭС назначаются без экономического обоснования в соответствии с потребностью.

П.2.5 При выполнении экономического анализа потоки расходов – доходов рассчитываются без учета затрат, связанных со схемой финансирования проекта, налоговых платежей и других видов трансфертов.

На ранних стадиях анализа расчеты выполняются в текущих (постоянных) ценах. При детальных технико-экономических исследованиях расчеты могут выполняться в текущих, дефлированных или прогнозных (скользящих) ценах.

Для учета факторов риска экономические расчеты по проекту дополняются анализом чувствительности результатов с варьированием стоимости строительства объекта, размера доходов по проекту и других факторов.

П.2.6 Если Заказчиком проекта является компания с негосударственным капиталом или частный инвестор, обоснование основных параметров объекта строится на принципах оценки коммерческой эффективности. В таком случае, схема расчетов меняется по следующим направлениям:

- доходы проекта исчисляются по реальным рыночным ценам с учетом прогнозируемой динамики в перспективе;
- включаются в расчет все предусмотренные законодательством налоги и сборы,
- а также амортизационные отчисления;
- исключаются из расчета не входящие в сферу коммерческих интересов предприятия расходы и доходы;

- целью оптимизации является достижение максимальной коммерческой нормы прибыли.

П.3 Оценка величины выработки электроэнергии

Оценка величины выработки электроэнергии должна осуществляться с учетом Приложения Д настоящего стандарта.

П.4 Капитальные затраты

Величина капитальных затрат определяется стоимостью:

- оборудования и сооружений ВЭУ, ВЭС, ВДЭС;
- здания ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с электротехническим оборудованием;
- всех видов мероприятий по обустройству площадки, а также компенсаций за изымаемые из оборота земли;
- сопутствующих затрат в создание инфраструктуры проекта, в энергетике.

Изменения стоимости строительства рассчитывается по данным вариантных сметно-финансовых расчетов, предварительной сводки затрат или другими способами.

П.5 Выбор установленной мощности

П.5.1 Установленная мощность ВЭУ, ВЭС, ВДЭС (суммарная номинальная мощность генераторов станции) является основным энергетическим показателем и зависит от других параметров проекта. Поэтому установленная мощность назначается, выбирается или уточняется на всех этапах анализа.

На ранних стадиях проектирования порядок установленной мощности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС в большинстве случаев задается на основании прошлого опыта или близких аналогов, ориентируясь на расчетный показатель коэффициента использования установленной мощности. При этом принимаются во внимание величина ветропотенциала, особенности территории размещения, емкость и характеристики энергетического рынка и другие факторы. При последующем проектировании установленная мощность обосновывается технико-экономическими расчетами.

П.5.2 Диапазон рассмотрения установленной мощности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС определяется индивидуальными особенностями проекта и общей конъюнктуры.

Нижний предел диапазона изменений установленной мощности должен приниматься таким, чтобы обеспечивать приемлемые показатели энергетического использования ветропотенциала и удельных капитальных затрат на единицу продукции при выполнении станцией требуемых режимных функций.

Верхний предел диапазона зависит от ограничений разного рода, которые определяются: условиями компоновки; ветроэнергетическими характеристиками; графиками нагрузки и др.

П.5.3 Операции по выбору установленной мощности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны сопровождаться энергетическими расчетами балансового и режимного характера. Для каждого варианта установленной мощности подлежат рассмотрению:

- располагаемая мощность (с изменениями ветропотенциала в течение года);
- рабочая мощность (за вычетом ограничений),
- используемая мощность (с учетом размещаемого на ВДЭС резерва),
- временно не участвующая в балансе (дублируемая) мощность.

Доходы от установленной мощности включают мощностной эффект (прирост используемой пиковой мощности) и дополнительную сезонную выработку, получаемую за счет сезонных изменений ветропотенциала. Для ветроэлектростанций, подключаемых к сети, в качестве заменяемой станции рекомендуется принимать пиковую ТЭС (ГТУ), сезонную выработку – оценивать по минимальным расходам на топливо при догрузке базисных ТЭС с проверкой возможности ее реализации по системным условиям.

В случае расчета доходов по ценам энергетического рынка наиболее удобно пользоваться двухставочным тарифом (с платой за мощность и электроэнергию), позволяющим раздельно оценивать обе составляющие энергетического эффекта.

П.5.4 При обосновании установленной мощности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС производится выбор основного электросилового оборудования станции. Варьируются: число агрегатов и мощность в единице, тип ветроагрегата, диаметр ветроколеса, частота вращения и мощность генератора. В процессе проектирования эти параметры принимаются на основе предварительной информации, по номенклатуре, по аналогии с действующими или ранее проектировавшимися ВЭУ, ВЭС, ВДЭС с близкими значениями ветроэнергетических характеристик площадок и мощности. На завершающем этапе параметры уточняются в небольших пределах после получения окончательных данных от Поставщиков.

По совокупности указанных расчетов выбирается набор силового оборудования и определяется оптимум установленной мощности ВЭУ, ВЭС, ВДЭС. При этом подлежат учету ограничения разного рода – по числу агрегатов, по единичной мощности, по условиям транспортировки, монтажа оборудования и др.

Стоимость оборудования в сравнительных расчетах такого типа принимается по общей информации заводов – изготовителей или, при ее отсутствии, по весовым характеристикам.

Приложение Р
(справочное)
Методика статистической экстраполяции нагрузок для расчета предельной прочности

Р.1 Статистическая экстраполяция нагрузок

Разрушение конструкции происходит, когда напряжение в критическом сечении превышает прочностные характеристики материала. Предполагая, что местные напряжения увеличиваются при увеличении действующей нагрузки, прочность элемента конструкции определяется по условию предельного нагружения, вызывающего разрушение. Учитывая эксплуатационные нагрузки и применяя подходящие коэффициенты безопасности, можно оценить прочность конструкции сравнением экстремальных величин нагрузки с предельной прочностью.

Для ВЭУ нагрузка зависит от набегающего турбулентного ветрового потока при различных режимах ветра. Таким образом, необходимо рассчитать экстремальные величины нагрузок на основе статистических данных, чтобы определить соответствующие нормативные нагрузки. Для описанных процессов воздействия ветра целесообразно смоделировать текущие реакции конструкции как постоянный вероятностный процесс. Исходя из предположения, что наибольшие нагрузки возникают через значительные промежутки времени (и, таким образом, являются статистически независимыми), вероятность превышения наибольшей нагрузкой F_{ext} данной нагрузки F во время наблюдения T, определяется (см. Гумбел, 1958, и Крамер, 1966) выражением:

$$\Pr ob\left(F_{ext} \geq F\middle|V,T\right) = 1 - \left(F_{\max}\left(F\middle|V\right)\right)^{E\left(n\middle|V,T\right)}, \qquad (Р.1)$$

где $F_{\max}\left(F\middle|V\right)$ - функция распределения вероятности локальных максимумов для процесса нагружения в краткосрочном периоде, и $E\left(n\middle|V,T\right)$ - ожидаемое число локальных максимумов в периоде времени наблюдения. Как обозначено, эти статистические величины соответствуют средним скоростям ветра V и, где обозначено, также зависят от периода времени наблюдения T.

Учитывая все рабочие режимы ветра, вероятность превышения для длительного периода времени получается интегрированием по всем рабочим скоростям ветра:

$$\Pr ob\left(F_{ext} \geq F\middle|T\right) \equiv P_e\left(F,T\right) = \int_{V_{in}}^{V_{out}} \Pr ob\left(F_{ext} \geq F\middle|V,T\right) p\left(V\right) dV, \qquad (Р.2)$$

где $p(V)$ - функция плотности вероятности для скорости ветра на высоте оси ветроколеса, установлена для стандартных классов ВЭУ в п. Д.3.1.1. Приемлемая вероятность превышения пропорциональна числу интервалов времени длиной T в периоде повторяемости T_r, связанном с нормативной нагрузкой. Результирующая нормативная нагрузка F_k, определяется из уравнения:

$$P_e\left(F_k,T\right) = \frac{T}{T_r} \qquad (Р.3)$$

Функция $\Pr ob\left(F_{ext} \geq F|T\right)$ определена из моделирования реакций, в которых экстремальные значения получены следующим образом:

- извлеченные экстремальные значения должны быть отобраны так, чтобы они могли считаться независимыми;
- число экстремальных значений должно быть достаточным, чтобы определить тип распределения (Гумбеля, Вейбулла, или другой) и обеспечить надежную оценку поведения хвоста распределения;
- скорости ветра, при которых ожидаются самые высокие нагрузки, вызванные турбулентностью, должны быть включены в моделирование.

Нормативная нагрузка может быть получена в соответствии с приведенной ниже процедурой:

- из данных моделирования для данной скорости ветра V_j следует определить независимые экстремальные значения нагрузок. Одним методом выполнения этого является выбор наибольшей величины нагрузки между последовательными знакопеременными средними величинами плюс умноженное на 1,4 среднеквадратичное отклонение, полученное в процессе нагружения;
- надлежит подобрать закон распределения к отобранным экстремальным значениям данных. Руководство, описывающее один из методов для подбора распределения, может быть найден в работе Мориарти, и др. (2002). Выбранный тип распределения должен быть проверен на точность отображения выбранных данных и достаточность данных для надежной оценки поведения хвоста распределения. Рекомендуется использовать набор данных, представляющих все режимы ветра. Минимальная продолжительность данных ряда времени должна быть 300 минут;
- следует определить ожидаемое число максимумов в течение типичных 10 минутных периодов наблюдения Т из уравнения

$$n_i = n_s \frac{T}{T_s}, \qquad \text{(Р.4)}$$

где T_s - полный период времени всех данных моделирования для данной скорости ветра, V_j, и n_s - общее количество максимумов, извлеченных из тех же самых данных моделирования;

- следует вычислить вероятность превышения нагрузки в течение длительного срока как функцию уровня нагружения, установленную в следующем уравнении (принимая рекомендованное распределение Рэлея для скорости ветра и стандартных ВЭУ, данных в п. Д.3.1.1):

$$P_e\left(F\right) = \sum_j \left(1 - \left(F_{\max}\left(F\middle|V_j\right)\right)^{n_j}\right)\left(e^{-\pi\left(\frac{V_j - \Delta V_j/2}{2V_{ave}}\right)^2} - e^{-\pi\left(\frac{V_j + \Delta V_j/2}{2V_{ava}}\right)^2}\right), \qquad \text{(Р.5)}$$

где V_j - скорость ветра в центре выборки и ΔV_j является шириной выборки;

- решение относительно нормативной нагрузки графически или численными методами нахождения корня дает:

$$P_e\left(F_k\right) = 3{,}8 \times 10^{-7} \qquad \text{(Р.6)}$$

для 50-летнего периода повторяемости и базового интервала времени 10 мин.

При использовании данного метода следует тщательно выбрать адекватное число и разрешение выборок скоростей ветра для аппроксимации интегрирования в уравнении (Р.2). Следует уделить особое внимание скоростям ветра, близким к V_r и V_{out}. Точность дискретизации может быть оценена, пренебрегая величиной каждой другой выборки и определением получающейся разницы в величине нормативной нагрузки.

Рисунок Р. 1 иллюстрирует, как определяются 1-летние и 50-летние экстремальные значения с помощью вычисленной кривой вероятности превышения для длительного периода времени. Нагрузка, изгибающая лопасть, была нормирована величиной средней изгибающей нагрузки при номинальной скорости ветра. На графике также показана наибольшая вычисленная изгибающая нагрузка лопасти для всех моделирований при различных средних скоростях ветра в интервале между скоростями включения и отключения.

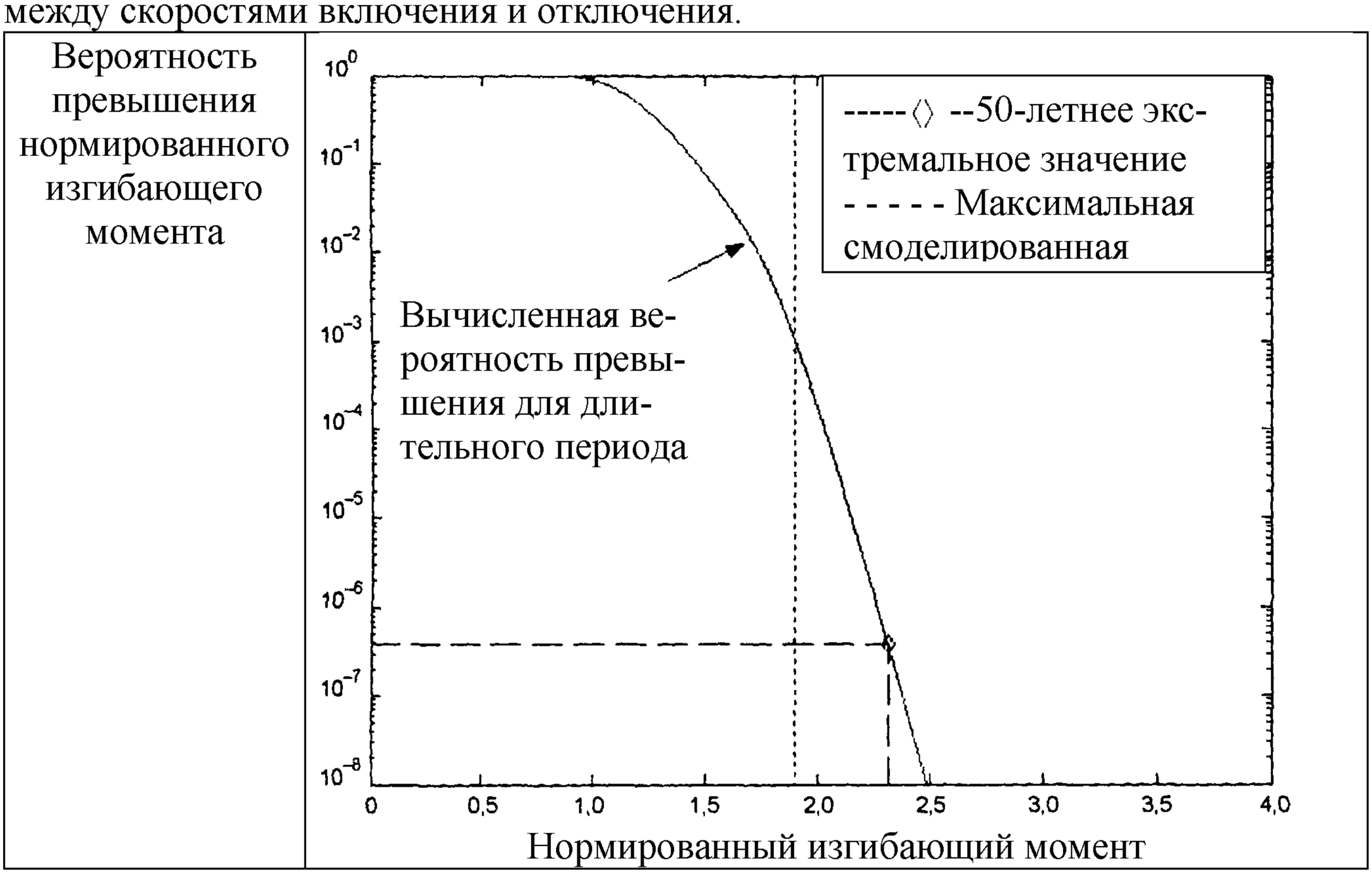

Рисунок Р. 1 - Вероятность превышения для наибольшей боковой изгибающей нагрузки лопасти за 10 минут (нормированной средней величиной изгибающей нагрузки при номинальной скорости)

Приложение С
(справочное)
Метод расчета на усталость по правилу Майнера с экстраполяцией нагрузки

С.1 Расчет на усталость

Усталостное разрушение наступает в результате накопленного повреждения, вызванного воздействием переменных нагрузок. С этой точки зрения процесс усталости, развивается в результате приращения повреждения, которое следует из каждого гистерезисного цикла нагружения, представленного на диаграмме напряжение-деформация для рассматриваемого сечения. Таким образом, на временной диаграмме нагружения каждого сечения каждому локальному максимуму соответствует локальный минимум, что составляет полный цикл (расчет цикла методом дождевого потока, см. Matsuishi и Endo, 1968, или Dowling, 1972). Каждый из этих циклов характеризуется парными экстремальными величинами (или, эквивалентно, амплитудой и средним значением, то есть разностью между двумя парными экстремальными значениями цикла и средним значением цикла). Если принять допущение, что процесс накопления повреждения подчиняется линейной зависимости и для каждого цикла носит независимый характер (Palmgren, 1924, и Miner, 1945), тогда полное повреждение, D, можно выразить [21]:

$$D = \sum_i \frac{1}{N(S_i)} \quad , \qquad \text{(С.1)}$$

где Si - диапазон нагрузки для i -го цикла;

N (.) - число циклов до разрушения при постоянной величине амплитуды нагружения с диапазоном, заданным аргументом (то есть - кривая S-N). Предполагается, что локальное напряжение в месте разрушения линейно связано с величиной нагрузки. Как правило, для расчета на усталость кривая S-N, отобранная для проектного расчета, имеет заданную вероятность выживания (часто 95 %) и уровень достоверности (часто 95 %), которые учитываются при построении кривой на основе экспериментальных данных для конкретного материала. Таким образом, искомый минимальный уровень надежности может ожидаться, когда суммарное повреждение достигнет единицы.

В процессе эксплуатации ВЭУ испытывает большое количество переменных циклов нагружения, являющихся результатом изменений параметров ветра в широком диапазоне. Поэтому при проектировании следует рассчитать спектр нагружения. Наибольшие циклы для этого спектра должны быть получены на основе достоверного соответствия данным, полученным в процессе моделирования или испытаний, продолжительность которых значительно короче, чем срок службы ВЭУ. Для каждого режима ветра, можно принять, что процесс нагружения моделируется стационарным вероятностным процессом. Таким образом, ожидаемое

---

[21] С целью облегчения изложения изменением уровня нагрузки, соответствующей средней точке каждого цикла, пренебрегают. Данное ограничение будет устранено позднее, когда результат колебания уровня нагрузки в средней точке цикла будет учтен заменой на эквивалентный цикл нагружения.

повреждение при заданной скорости ветра V и определенного периода времени T будет определено:

$$E\langle D|V,T\rangle = \int_0^{\infty} \frac{n_{ST}(S|V,T)}{N(S)} dS, \qquad \text{(C.2)}$$

где $n_{ST}(S|V,T)$ - спектр кратковременного нагружения, определенный как функция плотности для определенного числа циклов. В этом случае, ожидаемое число циклов в любом интервале диапазона нагружения (S_A, S_B) в течение периода времени T определяется:

$$\int_{S_A}^{S_B} n_{ST}(S|V,T) dS .$$

Определение ожидаемого повреждения, накопленного в результате воздействия нормальных эксплуатационных нагрузок в течение всего срока эксплуатации, получается расширением временного интервала на $Lifetime$ - полный срок эксплуатации и интегрированием по диапазону скоростей ветра, соответствующих режиму производства энергии. В результате получаем выражение:

$$E\langle D\rangle = \frac{Lifetime}{T} \int_{V_{in}}^{V_{out}} E\langle D|V,T\rangle p(V) dV = \frac{Lifetime}{T} \int_{V_{in}}^{V_{out}} \int_0^{\infty} \frac{n_{ST}(S|V,T)}{N(S)} p(V) dS dV, \qquad \text{(C.3)}$$

где *p(V)* - функция плотности вероятности для скорости ветра на высоте оси ветроколеса для стандартных классов ВЭУ, описанных в п. Д.3.1.1.

Спектр нагружения для длительно действующих нагрузок имеет вид:

$$n_{LT}(S) = \frac{Lifetime}{T} \int_{V_{in}}^{V_{out}} n_{ST}(S|V,T) p(V) dV, \qquad \text{(C.4)}$$

тогда

$$E\langle D\rangle = \int_0^{\infty} \frac{n_{LT}(S)}{N(S)} dS. \qquad \text{(C.5)}$$

На практике во многих случаях удобно разделить диапазоны величин нагрузок и скоростей ветра на отдельные подгруппы - выборки. В этом случае, ожидаемое повреждение может быть аппроксимировано:

$$E\langle D\rangle \approx \sum_{j,k} \frac{n_{jk}}{N(S_k)}, \qquad \text{(C.6)}$$

где n_{jk} - ожидаемое число циклов нагружения в течение срока эксплуатации в j – ой выборке скорости ветра k – ой – выборке величины нагрузки;

S_k - величина, соответствующая центру k – ой выборки величины нагрузки.

Отсюда:

$$n_{jk} = \frac{Lifetime}{T} \int_{V_j - \Delta V_j/2}^{V_j + \Delta V_j/2} \int_{S_k - \Delta S_k/2}^{S_k + \Delta S_k/2} n_{ST}(S|V,T) p(V) dS dV, \qquad \text{(C.7)}$$

где ΔV_j - ширина j - выборки скорости ветра и ΔS_k - ширина k – ой выборки нагрузки.

Учет данных результатов и требований п. В.14.3 в отношении использования коэффициентов безопасности для нагрузок, дает выражение для расчета по предельной усталостной прочности:

$$\int_0^{\infty} \frac{n_{LT}(S)}{N(\gamma S)} dS \le 1. \quad , \tag{C.8}$$

где $\gamma = \gamma_f \gamma_m \gamma_n$ - произведение всех трех главных парциальных коэффициентов безопасности для нагрузок, материалов, и последствий отказа соответственно. В дискретной форме это выражение приобретает вид:

$$\text{К} \sum_{j,k} \frac{n_{jk}}{N(\gamma S_k)} \le 1. \tag{C.9}$$

Для всех случаев, когда существенное повреждение происходит более чем в одном случае нагружения из Таблицы В.2, доли повреждения вычисляются для всех случаев нагружения, используя левую часть выражения (С.9). Сумма вычисленных долей должна быть меньше или равна единице.

Излагаемый метод до этого момента пренебрегал изменением величины среднего значения каждого цикла нагружения. Один из простых способов, позволяющих учесть это изменение, состоит в том, чтобы рассчитать эквивалентный цикл нагружения, имеющий фиксированную величину среднего значения цикла нагружения и вызывающий точно такое же повреждение. В этом случае, повреждение в результате восприятия эквивалентного цикла является точно таким же, как и в результате циклов с переменными средними значениями. Таким образом, разрушение произойдет (в среднем) для того же самого числа циклов с постоянной амплитудой эквивалентного циклического диапазона, S_{eq}, как и для циклов в любом данном циклическом диапазоне и с любой соответствующей величиной среднего значения. Если обозначить семью кривых S-N для переменных средних значений - *N (S, M,)* то уравнение эквивалентного повреждения

$$N(S_{eq}, M_0) = N(S, M) \tag{C.10}$$

решается для S_{eq} при заданных величинах S, M и выбранной постоянной величине среднего уровня цикла *Mo*. В математических терминах это может быть представлено как:

$$S_{eq} = N^{-1}(N(S, M), M_0) \quad , \tag{C.11}$$

где обратная функция относится к первой переменной функции, *N*, данной во второй переменной. Как правило, *Mo* выбирается так, чтобы дать величину *R* (отношение максимальной нагрузки к минимальной нагрузке) для эквивалентных циклов нагружения, которые находятся в середине диапазона величин, взятых непосредственно из данных нагружения. Часто приемлемой величиной является величина средней нагрузки, учитывающей все скорости ветра из рабочего диапазона. Для большинства случаев, когда кривые S-N определены аналитически (например, степенные или экспоненциальные зависимости), диапазон эквивалентного циклического нагружения легко вычисляется. Если диапазон становится большим, то необходимо проявить внимательность. В зависимости от величины среднего значения цикла максимальная или минимальная величина нагрузки для данного цикла может приблизиться к величине статической прочности. В этом случае простая высокочастотная кривая S-N может стать неприемлемой. Кроме

того, для величин с большими диапазонами местные напряжения или деформация могут перейти от доминирующего состояния сжатие - сжатие, или растяжение – растяжение к состоянию растяжение - сжатие, которое может иметь иное аналитическое представление кривой S-N. Важно использовать правильную зависимость S-N для определения диапазона эквивалентного цикла. Вначале для данной временной диаграммы определяются циклы по методу дождевого потока. Затем вычисляется ряд эквивалентных циклов с постоянным средним значением цикла (на основе правильно выбранных зависимостей S-N для каждого вида циклов нагружения). Дальнейшая оценка распределений этих эквивалентных циклов дает новый эквивалентный спектр кратковременного нагружения. Полученный новый спектр используется для подсчета числа циклов, используемых для определения долей повреждения для каждой выборки нагружения и скорости ветра. Главное преимущество данного метода состоит в том, что оценка эквивалентного спектра является статистически более ясной, чем прослеживание уровней средних значений как независимой переменной. Получаемое преимущество обусловлено тем, что середины выборок в этом методе отдельно не отслеживаются, и большинство циклов нагружения рассчитывается на основе типичных временных рядов измеренных нагрузок для каждой выборки нагрузки и скорости ветра.

Дополнительным практическим результатом, возникающим при определении кратковременного спектра нагружения, является получение большого количества маленьких циклов, определенных методом дождевого потока. Эти маленькие циклы могут часто встречаться в соседних по времени точках, поэтому между ними может быть установлена связь. Маленькие циклы могут также искажать форму аналитической аппроксимации хвоста распределения. Поэтому при аппроксимации хвоста краткосрочного распределения рекомендуется рассматривать только циклы выше пороговой величины. Пороговая величина с наименьшим 95-ым процентилем обычно дает хорошие практические результаты. Понижение пороговой величины может быть оправдано, если маленькие циклы были исключены или, если увеличенное число данных, используемых для отображения процесса, как ожидают, приведет к существенной дополнительной статистической надежности.

Для практического применения при проектировании ВЭУ необходимо определить эквивалентный спектр кратковременного нагружения от смоделированных динамических данных, а затем вычислить накопленное в период эксплуатации повреждение. Один из методов выполнения этой задачи должен соответствовать следующему порядку:

- выбрать базовый средний уровень как среднюю величину уровня нагружения, учитывающую все скорости ветра;
- из полученных моделированием данных для определенной скорости ветра извлечь последовательность локальных максимумов и минимумов. Последовательности локальных максимумов и минимумов из повторяющихся временных рядов для тех же самых режимов ветра рекомендуется объединить в один ряд;
- определить величину диапазона и среднее значение цикла для каждого смоделированного цикла нагружения методом дождевого потока;
- определить эквивалентный диапазон для каждого цикла нагружения относительно выбранного базового уровня среднего значения цикла;
- определить аналитическое выражение, соответствующее вероятностному распределению эквивалентных циклов для случая краткосрочного нагружения

$F_{ST}(S|V,T)$ для данных выше назначенного порога. Описание одного из методов подбора аналитического выражения для распределения может быть найдено в работах Мориарти и Холлея, 2003. Для выбранного типа распределения должна быть проверена степень точности соответствия данным и достаточность набора данных для выполнения надежной оценки поведения хвоста распределения по сравнению с имеющимися данными;

- определить ожидаемое число циклов в каждой выборке в течение срока службы, используя данные, когда выборка нагружения ниже порогового значения, и подобранное аналитическое распределение для нагружения, когда выбора нагружения выше порогового значения, в соответствии с формулой:

$$n_{jk} = \left(\frac{Lifetime}{T}\right) P_j \begin{cases} m_{jk} & \text{если } S_k \text{ ниже } j-го \text{ порога} \\ M_j\left(F\left(S_k + \frac{\Delta S_k}{2}\middle|V_j,T\right) - F\left(S_k - \frac{\Delta S_k}{2}\middle|V_j,T\right)\right) & \text{если } S_k \text{ выше } j-го \text{ порога} \end{cases} \quad \text{(C.12)}$$

где m_{jk} - число смоделированных циклов усталости, насчитываемых в данных для j-ой выборки скорости ветра и k – ой выборки нагружения ниже назначенного порога;

M_j - число усталостных циклов, подсчитанных при моделировании, выше порога, и

$P_j = e^{-\pi\left(\frac{V_j - \Delta V_j/2}{2V_{ave}}\right)^2} - e^{-\pi\left(\frac{V_j + \Delta V_j/2}{2V_{ava}}\right)}$ показывает часть времени, которую скорость ветра находится в выборке j, в случае принятия распределения скорости ветра по Рэлею;

- просуммировать долевые повреждения, используя левую часть уравнения (C.9);

- просуммировать полное повреждение за весь срок службы для всех случаев усталостного нагружения.

При использовании данного метода следует проверить:

- достаточна ли величина выбранного разрешения для выборок скорости ветра и диапазона нагружения для обеспечения желаемой численной точности, и

- достаточно ли большие величины диапазона нагружения используются, чтобы достоверно представить хвост распределения нагрузки на длинном интервале времени.

Первая проблема может быть исследована аппроксимированием ошибки как половины разности между результатами, вычисленными с двумя различными разрешениями выборки, пропускающими данные от каждой другой скорости ветра или диапазона нагружения. В качестве альтернативы должно быть вычислено суммарное повреждение, используя оконечные точки величин выборок, вместо средних величин для получения граничного результата. Вторая проблема может быть исследована, если прогрессивно увеличивать величину наибольшего диапазона выборки нагружения до обнаружения незначительного прироста накопленного в течение срока службы повреждения.

Следует отметить, что поскольку отношение $\frac{Lifetime}{T}$ является большим числом, то наибольшая необходимая выборка нагружения может быть значительно

больше, чем наибольший цикл, полученный при моделировании данных. Такой результат получается потому, что полная смоделированная временная диаграмма нагружения намного меньше, чем срок службы ВЭУ, и необходимо выполнить статистическую экстраполяцию для того, чтобы достоверно определить повреждение, соответствующее хвостовой части распределения для длительного нагружения.

Приложение Т
(справочное)
Методика оценки влияния аэродинамического следа и турбулентности на площадках ВЭС

Т.1 Влияние аэродинамического следа

При вычислении усталостных нагрузок, возникающих в процессе нормальной эксплуатации ВЭУ, следует принять во внимание воздействие аэродинамических следов от соседних ВЭУ. Данное воздействие может быть учтено с помощью эффективной интенсивности турбулентности I_{eff} , предложенной Франдсеном (2003). Эффективная интенсивность турбулентности, обусловленная средней скоростью ветра на высоте оси ветроколеса, может быть выражена формулой

$$I_{eff}\left(V_{hub}\right)=\left\{\int_0^{2\pi} p\left(\Theta\middle|V_{hub}\right)I^m\left(\Theta\middle|V_{hub}\right)d\Theta\right\}^{\frac{1}{m}}, \qquad (Т.1)$$

где p - функция плотности вероятности направления ветра;

I - интенсивность турбулентности, сочетающая движение воздушного потока окружающей среды и аэродинамического следа в направлении ветра Θ и

m – показатель степени кривой усталости Веллера для рассматриваемого материала (SN-кривая).

При дальнейшем рассмотрении принимается однородное распределение $p\left(\Theta\middle|V_{hub}\right)$. Приведенные формулы можно также откорректировать для неоднородных распределений[20)].

В расчете не следует принимать какое-либо уменьшение средней скорости ветра внутри площадки с установленными ВЭУ:

если $\min\{d_i\}\geq 10$, (Т.2)

то $I_{eff}=\dfrac{\hat{\sigma}}{V_{hub}}$;

если $\min\{d_i\}<10$,

то $I_{eff}=\dfrac{\hat{\sigma}_{eff}}{V_{hub}}=\dfrac{1}{V_{hub}}\left[\left(1-Np_w\right)\hat{\sigma}^m+p_w\sum_{i=1}^{N}\hat{\sigma}_T^m\left(d_i\right)\right]^{\frac{1}{m}};\quad p_w=0{,}06$, (Т.3)

где $\hat{\sigma}$ - предполагаемая дисперсия турбулентности воздушного потока окружающей среды;

$\hat{\sigma}_T=\sqrt{\dfrac{0{,}9V_{hubhub}^2}{\left(1{,}5+0{,}3d_i\sqrt{V_{hub}/c}\right)^2}+\hat{\sigma}^2}$ - максимальная дисперсия турбулентности в центре аэродинамического следа на оси ветроколеса;

[20)] В случае неоднородного закона распределения направления скорости, функция p_w может быть откорректирована коэффициентом, равным отношению существующей вероятности направления ветра (в направлении соседних ВЭУ) к вероятности, соответствующей однородному распределению направления ветра.

d_i - отношение расстояния от рассматриваемой ВЭУ до соседней ВЭУ с номером i к диаметру ветроколеса;

c – константа, равная 1 м/с;

I_{eff} - эффективная интенсивность турбулентности;

N - число соседних ВЭУ, и

m - показатель степени кривой усталости Веллера для материала рассматриваемого элемента конструкции.

Влиянием аэродинамических следов от ВЭУ, расположенных за другими установками, пренебрегают. Например, для ВЭУ, расположенных в ряд, должно быть учтено влияние только двух установок, самых близких к рассматриваемой. Число самых близких ВЭУ, которые должны быть включены в расчет I_{eff}, дается в приведенной ниже таблице в зависимости от конфигурации размещения ветроустановок.

Конфигурация размещения ветроустановок на площадке, с числом рядов более 2, приведена на Рисунке Т.1

Конфигурация размещения ветроустановок	N
2 ВЭУ	1
1 ряд	2
2 ряда	5
Внутри площадки, имеющей более 2-х рядов	8

На площадках с большим количеством установленных ВЭУ наблюдается тенденция к порождению ими собственной турбулентности в окружающей среде. Таким образом, когда:

а) число ВЭУ от рассматриваемой установки до "края" площадки - больше пяти, или

б) расстояние в рядах, перпендикулярных к преобладающему направлению ветра, менее 3D, упомянутая турбулентность в окружающей среде вычисляется:

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\hat{\sigma}_w^2 + \hat{\sigma}^2} + \hat{\sigma}\right), \qquad (Т.4)$$

где

$$\hat{\sigma}_w = \frac{0{,}36 V_{hub}}{1 + 0{,}2\sqrt{d_r d_f / C_T}}; \qquad (Т.5)$$

C_T - числовой коэффициент, учитывающий влияние аэродинамического следа на воздушный поток перед ветроколесом;

d_r и d_f - отнесенные к диаметру ветроколеса расстояния в ряду и между рядами, соответственно.

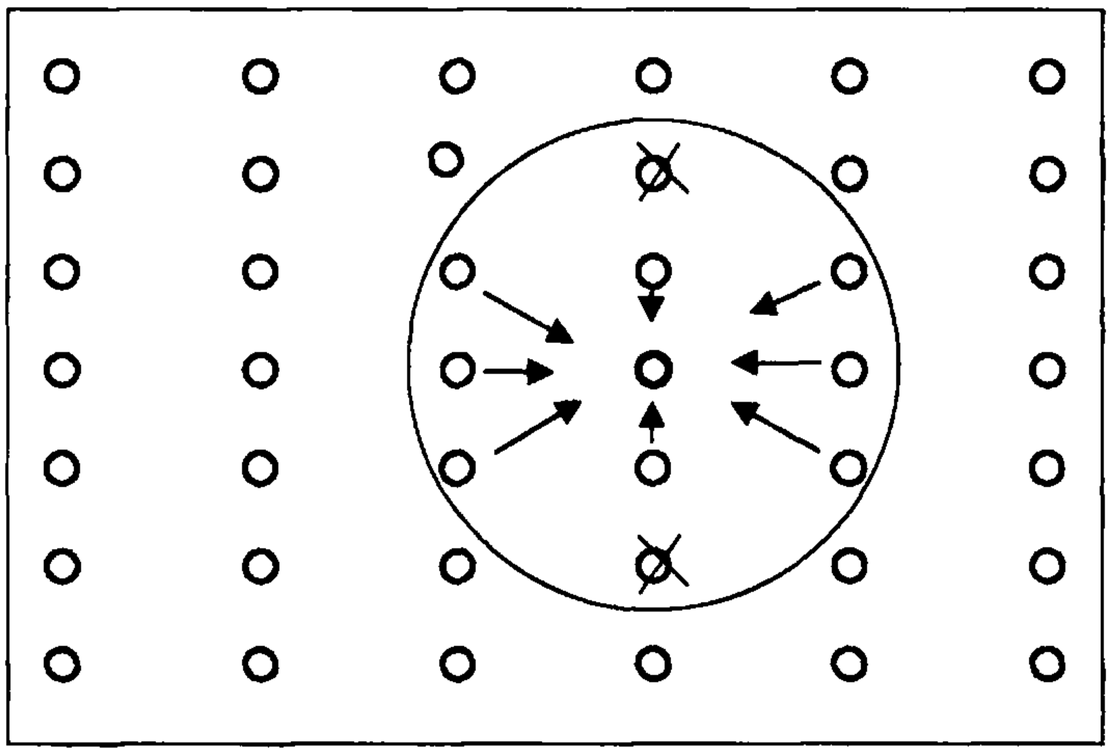

Рисунок Т.1 - Конфигурация размещения ветроустановок на площадке с числом рядов более 2

Библиография

[1] СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения;

[2] ВСН 34.2-88 Инженерно-геологические изыскания для гидротехнических сооружений;

[3] ВСН 34.72.060-91 Создание геодезической разбивочной основы для строительства гидроэнергетических объектов;

[4] ВСН 34.3-89 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для гидроэнергетического строительства;

[5] СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства;

[6] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов;

[7] СНиП II-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий;

[8] СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения;

[9] СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий;

[10] СНиП 2.09.04-87 Административные и бытовые здания;

[11] СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах;

[12] СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений;

[13] СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах;

[14] СНиП II.02.05-87 Фундаменты машин с динамическими нагрузками;

[15] СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения;

[16] СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение;

[17] НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;

[18] СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства;

[19] СНиП 2.04-01-85* Внутренний водопровод и канализация;

[20] СНиП 3.05.07-85 Система автоматизации;

[21] ППБ- 01-2003 Правила пожарной безопасности в РФ;

[22] НПБ 88-2001 Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования;

[23] СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование;

[24] СНиП 3.05.05-84 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы;

[25] Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами защиты (утверждены Постановлением Минтруда России от 18 декабря 1998 г. № 51 (в редакции постановления Минтруда России от 29.10.99 от 03.02.04 г. №7));

[26] СНиП 3.01.04-87 Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения;

[27] СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства;

[28] СП 11-109-98 Изыскания грунтовых строительных материалов.

УДК ОКС 27.100

обозначение стандарта

Ключевые слова: ветроэлектростанции, условия создания, техническое задание, территории размещения, электротехническая часть, противопожарные мероприятия, связь, сигнализация, отопление, вентиляция, автоматизация систем, оперативно-диспетчерское управление, охрана окружающей среды, охрана труда, приемка

Руководитель организации-разработчика
ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского»:

Исполнительный директор		Э.П. Волков
должность	*личная подпись*	*инициалы, фамилия*

Руководитель разработки:

Заведующий Отделением технического регулирования		В.А. Джангиров
должность	*личная подпись*	*инициалы, фамилия*

Руководитель организации-соисполнителя
ОАО «НПЦ малой энергетики»

Директор		И. Я. Редько
должность	*личная подпись*	*инициалы, фамилия*

Заместитель директора		Л. В. Варигина
должность	*личная подпись*	*инициалы, фамилия*