ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70928— 2023

Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика

ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Рекомендации по определению ветроклиматических характеристик и технико-экономических показателей малых ветроэнергетических установок

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Научно-информационный центр «Атмограф» (АНО «НИЦ «Атмограф»), Московским Комплексом Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский центр Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н.Е. Жуковского» (МК ФГУП ЦАГИ), Федеральным государственным бюджетным учреждением «Главная Геофизическая Обсерватория им. А.И. Воейкова» (ФГБУ «ГГО им. А.И. Воейкова»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 сентября 2023 г. № 920-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 3
4 Обозначения и сокращения 4
5 Основные положения 5
5.1 Этапы проектирования ветроэлектрических станций 5
5.2 Методология оценки ВКХ и энергетической эффективности ВЭУ и ВЭС 6
6 Методика определения удельной мощности ветра и энергетических показателей ВЭУ и ВЭС по данным метеорологических и аэрологических измерений 10
6.1 Определение функции Вейбулла в месте предполагаемого размещения ВЭУ с заданными координатами и высотой 10
6.2 Пример определения функции Вейбулла 11
6.3 Определение средних сезонных и годовых значений удельных мощностей ветра и их погрешностей на заданной высоте *h* 13
6.4 Определение сезонных и годовых значений мощности, выработки ЭЭ и $К_{и.у.м}$ идеальных ВЭУ по их рабочим характеристикам с учетом плотности воздуха 13
7 Определение реальной мощности и выработки ВЭУ и ВЭС с учетом локальных ветроклиматических и технических ограничений 15
7.1 Основные положения по определению климатических условий, особенностей и ограничений проектирования, строительства и эксплуатации ВЭУ и ВЭС 15
7.2 Рекомендации по учету влияния температурных факторов на энергетические показатели ВЭУ и ВЭС 17
7.3 Рекомендации по определению условий функционирования и эксплуатации ВЭУ и ВЭС по комплексу параметров «температура — скорость ветра» 19
8 Рекомендации по учету влияния гололедно-изморозевых и снеговых факторов на функционирование и эффективность ВЭУ и ВЭС 24
9 Рекомендации по определению и учету влияния атмосферных осадков на функционирование и энергоэффективность ВЭУ и ВЭС 26
10 Рекомендации по оценке и минимизации влияния опасных климатических явлений на функционирование и эффективность ВЭУ 27
10.1 Рекомендации по определению и минимизации влияния грозовых факторов на функционирование и энергоэффективность ВЭУ и ВЭС 27
10.2 Рекомендации по учету влияния града на показатели ВЭУ 29
10.3 Рекомендации по учету влияния метелей на энергетические показатели ВЭУ и ВЭС 31
10.4 Рекомендации по учету влияния пыльных бурь на энергетические показатели ВЭУ 32
11 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС пространственной и временной изменчивости характеристик ветра 34
11.1 Учет влияния высотного профиля скорости ветра на мощность ВЭУ 34
11.2 Учет влияния высотного сдвига направления ветра на мощность ВЭУ 35
11.3 Учет влияния временных вариаций направления ветра на мощность ВЭУ с учетом инерционности систем их ориентации 35
11.4 Учет временной нестационарности характеристик ветра при определении ресурса ВЭУ 36
11.5 Учет уменьшения мощности ВЭУ в составе ВЭС из-за их взаимного ветрового затенения . . . 37
11.6 Учет влияния на мощность ВЭУ эффектов ветрового затенения ВЭУ окружающими их объектами и аэродинамическими препятствиями 37
11.7 Количественное выражение коэффициента неидеальности $К_{нид}$ 37

12 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС совокупности технических факторов 38
12.1 Учет затрат энергии на собственное потребление ВЭУ и ВЭС 38
12.2 Учет потерь энергии во внутренних сетях ВЭС 39
12.3 Учет влияния коэффициента технической готовности ВЭУ $К_{ТГ}$ на их мощность и выработку . 39
12.4 Возможности учета погрешностей задания рабочих характеристик ВЭУ, используемых в расчетах энергетических показателей ВЭУ 41
12.5 Учет влияния на выработку ВЭУ простоев при техническом обслуживании, плановых, капитальных и внеплановых ремонтах 42
12.6 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС 42
13 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС совокупности ветроклиматических и технических факторов 42
14 Рекомендации по определению технического и экономического ветроэнергетических потенциалов в отдельных регионах, административных субъектах в частности и на территории России в целом с учетом ветроклиматических факторов 44
14.1 Рекомендации по определению технического ВЭП на территории России 44
14.2 Рекомендации по определению экономического ВЭП на территории России 45
15 Рекомендации по проведению оценок экономических показателей ВЭУ и ВЭС с учетом ветроклиматических и технических факторов 47
15.1 Общие положения 47
15.2 Показатели и факторы экономической эффективности проектов ВЭУ или ВЭС 48
15.3 Рекомендации по определению себестоимости электроэнергии ВЭУ и ВЭС 48
15.4 Рекомендации по выбору периода окупаемости проектов ВЭУ или ВЭС 55
15.5 Рекомендации по установлению цены закупки электроэнергии ВЭУ или ВЭС, обеспечивающей 8-летний срок окупаемости 55
15.6 Рекомендации по определению чистого дисконтированного дохода проектов ВЭУ или ВЭС . . . 57
15.7 Рекомендации по оценке внутренней нормы доходности проектов ВЭС 58
16 Требования к документированию результатов ПТЭО проектов ВЭС 60
Приложение А (справочное) Задачи исследований на этапах проектирования ВЭС 61
Приложение Б (справочное) Характеристики ВЭУ, используемые в методиках настоящего стандарта 62
Приложение В (справочное) Источники данных для методик определения ВКУ на этапе разработки ПТЭО ВЭУ и ВЭС 63
Приложение Г (справочное) Принципы построения и практической реализации методики настоящего стандарта 68
Приложение Д (обязательное) Таблицы значений ветровых параметров, используемых в настоящем стандарте 80
Приложение Е (справочное) Информация для определения температурных условий и ограничений эксплуатации ВЭУ и ВЭС 120
Приложение Ж (справочное) Общие представления о природе отложений и механизмах воздействия льда, изморози и снега на элементы конструкции ВЭУ 164
Приложение И (обязательное) Рекомендуемые формы представления отчетных материалов по разработке ПТЭО 177
Библиография 180

Введение

Настоящий стандарт разработан в целях усовершенствования существующей нормативной базы, регламентирующей развитие ветроэнергетической отрасли в Российской Федерации в части ее климатического обеспечения и обоснования.

Настоящий стандарт разработан в развитие основных положений ГОСТ Р 54418.1, ГОСТ Р 54418.2, ГОСТ Р 54418.12.1, документов [1] и [2] и дополняет их в части состава ветроклиматической информации и методик расчета ветроклиматических факторов, учитываемых при разработке, испытаниях, строительстве, функционировании и эксплуатации ветроэнергетических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций на их основе (ВЭС), ветродизельных энергетических комплексов (ВДЭК) и гибридных энергоисточников, имеющих в составе ВЭУ и ВЭС.

Установленная настоящим стандартом методология учитывает многообразие климатических условий на территории Российской Федерации с соответствующими специфическими условиями пространственного, временного и вероятностного распределения климатических и ветроэнергетических характеристик атмосферы.

Устанавливаемые настоящим стандартом методики разработаны на основе информационной климатологической базы, охватывающей всю территорию Российской Федерации и бывшего СССР, а также на результатах методических исследований и нормативных разработок отечественных и зарубежных ученых и специалистов.

Методики настоящего стандарта применимы для качественных и количественных оценок характеристик ветроэнергетических ресурсов и климатических условий и энергетических и экономических показателей ВЭУ и ВЭС серийного производства разного типоразмера в заданных районах и пунктах территории Российской Федерации, а также для обоснования энергетически и экономически целесообразных масштабов и разработки федеральных и региональных стратегий, программ и планов развития отечественной ветроэнергетики и схем рационального размещения и использования ВЭУ, ВЭС, ВДЭК и гибридных электростанций, имеющих в своем составе ВЭУ и ВЭС в регионах и административных субъектах Российской Федерации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика

ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Рекомендации по определению ветроклиматических характеристик и технико-экономических показателей малых ветроэнергетических установок

Renewable generation. Windpower engineering. Windpower stations. Guidelines for estimating of wind-climatic characteristics and technical-and-economic indexes for small wind turbines

Дата введения — 2023—10—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт направлен на обеспечение ускоренного развития ветроэнергетики на базе малых ветроэнергетических установок (ВЭУ) номинальной мощностью не более 1 МВт с высотой башен не более 60 м, работающих автономно или в составе гибридных энергокомплексов в сложных, часто экстремальных ветроклиматических условиях, присущих многим регионам Российской Федерации.

1.2 Настоящий стандарт устанавливает необходимый набор унифицированных теоретически реализуемых методик оценки с приемлемой для этапа предварительного технико-экономического обоснования (ПТЭО) точностью оценок российских ветроклиматических факторов (ВКФ) в приземном слое атмосферы, определяющих условия возведения, функционирования и эксплуатации малых ВЭУ номинальной мощностью не более 1 МВт с высотой на осях ветроколес ВЭУ не более 60 м и ветроэнергетических станций (ВЭС) на их основе, работающих как в сетевом, так и в автономном вариантах, а также совместно с ветродизельными энергетическими комплексами (ВДЭК), фотоэлектрическими станциями (ФЭС), малыми гидравлическими электростанциями и иными гибридными энергокомплексами, имеющими в своем составе ВЭУ и ВЭС, работающими в Единой энергетической системе России, технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах и изолированном режиме.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на виды деятельности, включающие инженерные основные и специальные виды изысканий, проектирование, строительство, эксплуатацию и оценку энергетической и экономической эффективности ВЭУ, ВЭС и гибридных энергокомплексов, имеющих в своем составе малые ВЭУ серийного производства наиболее известных типов.

1.4 Настоящий стандарт предназначен для унифицированных оценок на этапе ПТЭО технико-экономической целесообразности использования ВЭУ, ВЭС, энергокомплексов и определяющих эту целесообразность ветроклиматических условий (ВКУ) в районах и местах их предполагаемого размещения на территории России, предваряющих полномасштабную разработку их технико-экономического обоснования и рабочего проектирования.

1.5 Методики настоящего стандарта предназначены также для оценки энергетических и экономических показателей ВЭС и энергокомплексов автономного типа, имеющих в своем составе малые ВЭУ, а также сетевых ВЭС, работающих на территории России с учетом устанавливаемых настоящим стандартом особенностей регионального и локального пространственного (территориального и высотного), временного (сезонного) и вероятностного распределения ВКФ.

1.6 Методики настоящего стандарта рекомендуется использовать при выполнении следующих работ:

- при качественной и количественной оценках характеристик ветроэнергетических ресурсов и климатических условий в приземных слоях атмосферы в регионах и административных субъектах России

Издание официальное

и их возможного вклада в общий энергетический баланс России, ее регионов, субъектов и отдельных проектов;

- выборе на этапе ПТЭО для заданного места на территории России типов и технических характеристик ВЭУ и ВЭС, ВДЭК и систем аккумулирования энергии для ВЭС автономного типа с учетом совмещения их технических характеристик, производительности и рабочего ресурса с локальными ВКУ;

- теоретических оценках на этапе ПТЭО энергетической эффективности проектов ВЭУ, ВЭС и энергокомплексов разной комплектации, имеющих в своем составе ВЭУ, с учетом ВКУ и ограничений их возведения, функционирования и эксплуатации в заданном районе или пункте территории России;

- конструировании ВЭУ новых типов, функционирующих в реальных локальных ВКУ;

- оценке экономической эффективности ВЭУ и ВЭС и экономических рисков их использования в заданных пунктах, районах и административных субъектах России;

- обосновании энергетически и экономически целесообразных масштабов использования и производства ВЭУ, ВЭС и энергокомплексов на их основе в регионах и административных субъектах России;

- разработке схем рационального размещения ВЭУ, ВЭС и энергокомплексов, имеющих в своем составе ВЭУ и ВЭС, на территории России;

- разработке федеральных и региональных стратегий, программ и планов развития отечественной ветроэнергетики.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 2.103 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки

ГОСТ 2.105 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 15150 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 16350 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей

ГОСТ 21508 Защита от обледенения самолетов и вертолетов. Термины и определения

ГОСТ Р 22.1.07 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных метеорологических явлений и процессов. Общие требования

ГОСТ Р 54418.1 (МЭК 61400-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 1. Технические требования

ГОСТ Р 54418.2 (МЭК 61400-2:2006) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 2. Технические требования к малым ветроэнергетическим установкам

ГОСТ Р 54418.12.1 (МЭК 61400-12-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 12-1. Измерение мощности, вырабатываемой ветроэлектрическими установками

ГОСТ Р 54418.24 (МЭК 61400-24:2010) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 24. Молниезащита

ГОСТ Р 55589 (МЭК 60050-415:1999) Международный электротехнический словарь. Часть 415. Установки ветроэнергетические. Системы генерирования электроэнергии

СП 131.13330 (*СНиП 23-01-99) Строительная климатология

Примечание — При пользовании настоящим стандартом необходимо проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил можно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 54418.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **ветроклиматические характеристики;** ВКХ: Количественные параметры (средние, наибольшие, наименьшие) атмосферы (ветра, температуры, плотности воздуха, влажности, метеорологических явлений), устанавливаемые статистической обработкой рядов их измерений за многолетний период.

3.2 **ветроклиматические условия;** ВКУ: Совокупность ветроклиматических характеристик, определяющих готовность к работе и энергетические показатели ветроэнергетической установки.

3.3 **ветроэнергетический потенциал;** ВЭП: Суммарная за год энергия ветровых потоков, кВт · ч/г, для заданного периода времени для заданной территории в заданном высотном диапазоне пограничного слоя атмосферы.

3.4 **ветроэнергетический технический потенциал региона:** Годовая выработка электроэнергии, кВт · ч, получаемая при современном уровне развития ветроэнергетических технологий и при соблюдении экологических норм.

Примечание — Зависит от энергетической эффективности ВЭУ, удельной мощности ветра на высоте оси ветроколеса ВЭУ и доли площади региона, пригодной для сооружения и эксплуатации ВЭУ и ВЭС.

3.5 **экономический ветроэнергетический потенциал региона:** Часть технического ветроэнергетического потенциала, использование которого экономически оправдано для данного региона (района, места) при существующих затратах на строительство и эксплуатацию ветроэлектрических станций и при соблюдении экологических норм.

3.6 **внутренняя норма доходности:** Значение коэффициента дисконтирования, при котором чистый дисконтированный доход инвестиционного проекта обращается в ноль.

3.7 **идеальная ветроэнергетическая установка;** ВЭУ: Ветроэнергетическая установка, выдающая мощность в заданном для нее диапазоне рабочих скоростей ветра и температур в соответствии с ее мощностной характеристикой и работающая без остановок на обслуживание и ремонты и без потерь из-за ветроклиматических условий в ветровых потоках с плотностью стандартной атмосферы 1,225 кг/м^3.

3.8 **метеорологические наблюдения:** Комплекс работ по визуальной регистрации или измерениям характеристик метеорологических явлений, процессов или параметров атмосферы.

3.9 **повторяемость климатического параметра:** Продолжительность в часах или вероятность в процентах пребывания климатического параметра в разных градациях в заданный период времени в данной местности и на данной высоте.

3.10 **реанализ:** Методика моделирования глобальных полей атмосферных параметров в узлах регулярной сетки в заданный период по доступным данным их измерений различными инструментальными средствами.

3.11 **ремонт:** Комплекс операций по восстановлению работоспособности ветроэнергетической установки или ее составных частей.

3.12 **табулированные функции распределения:** Статистические функции распределения параметров атмосферы, представленные по их заданным градациям в табличном виде.

3.13 **техническая готовность ветроэнергетической установки:** Характеристика, определяющая степень идеальности работы, полноту и длительность выработки мощности и энергии ветроэнергетической установки с учетом ее остановок на регламентные и ремонтные работы и оцениваемая в настоящем стандарте с помощью ежегодного коэффициента технической готовности.

3.14 **техническое обслуживание ветроэнергетической установки:** Комплекс операций по поддержанию технической исправности и работоспособности ветроэнергетической установки.

3.15 **экстремальные факторы окружающей среды:** Факторы, действие которых на ветроэнергетическую установку редко реализуемо с повторяемостью один раз в N (20, 50) лет, учитываемые в проектировании ветроэнергетической установки и определении ветрового класса площадок под их размещение.

3.16 **чистый дисконтированный доход;** ЧДД: Накопленный стоимостной дисконтированный эффект в течение жизненного цикла инвестиционного проекта.

3.17 **эксплуатация ветроэнергетической установки или станции:** Проводимые на протяжении жизненного цикла ветроэнергетической установки или станции мероприятия и операции по технической поддержке и восстановлению, обеспечивающие эффективную реализацию ее назначения.

4 Обозначения и сокращения

4.1 В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

АС — аэрологическая станция;
в.д. — восточная долгота;
ВДЭК — ветродизельный энергетический комплекс;
ВИК — многоуровневый ветроизмерительный комплекс;
ВК — ветроколесо;
ВКФ — ветроклиматические факторы работы и эксплуатации ВЭУ или ВЭС;
ВНД — внутренняя норма доходности;
ВЭС — ветроэлектрическая станция;
ГГО — Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова;
ГИО — гололедно-изморозевые отложения;
ДГУ — дизель-генераторная установка;
ДЭС — дизельная электростанция;
ЕТР — европейская территория России;
КЗ — капитальные затраты, у.е.;
ЛЭП — линия электропередачи;
МПР — место предполагаемого размещения ВЭУ или ВЭС;
МС — метеорологическая станция;
ПзСА — приземный слой атмосферы до высоты 200 м;
ПТЭО — предварительное технико-экономическое обоснование;
ПСА — пограничный слой атмосферы;
Россия — Российская Федерация;
СКО — среднеквадратичное отклонение;
СМР — строительно-монтажные работы;
с.ш. — северная широта;
ТГ — техническая готовность;
ТП — технические потери;
ТЭО — технико-экономическое обоснование;
ТЭС — тепловая электростанция, работающая на органическом топливе;
у.е. — условная денежная единица;
ЧДД — чистый дисконтированный доход, у.е.;
$ЧДД_{уд}$ — чистый удельный дисконтированный доход, у.е./кВт;
ЭЗ — эксплуатационные затраты, у.е.;
$ЭЗ_{уд}$ — удельные эксплуатационные затраты, у.е.;
ЭЭ — электрическая энергия, кВт·ч.

4.2 В настоящем стандарте использованы следующие обозначения:

$К_{и.у.м}$ — коэффициент использования установленной (номинальной) мощности ВЭУ, %;
$К_{мил}$ — коэффициенты открытости метеорологических станций по классификации В. Ю. Милевского;
$К_{нид}$ — коэффициент, понижающий мощность идеальных ВЭУ;
$К_{ТГ}$ — коэффициент технической готовности ВЭУ;
$К_{ТП}$ — коэффициент технических потерь мощности ВЭУ или ВЭС;
$КЗ_{уд}$ — удельные капитальные затраты, у.е./кВт·ч;
D — коэффициент дисконтирования;
$d\varphi/dh$ — сдвиг направления ветра по высоте, град.$^{-1}$;
$D_{ВК}$ — диаметр ветроколеса ВЭУ, м;

Err — погрешность определения расчетной характеристики;

$f(V)$ — функция плотности вероятности распределения скорости ветра;

g — интенсивность образования ГИО, мм/ч;

$H_{ВК}$ — высота оси ветроколеса над поверхностью земли, м;

h — высота над поверхностью земли, м;

$h^{метео}$ — высота метеорологических измерений над поверхностью земли, м;

$J_{уд}$ — удельный импульс (скоростной напор) ветрового потока, Н/м^2;

$C_{ЭЭ}$ — себестоимость электроэнергии, у.е./кВт·ч;

$P_{ВЭУ}$ — мощность ВЭУ, кВт;

$P_{уд\ ВЭУ}$ — удельная мощность ВЭУ, кВт на м^2 площади ВК;

$p(V)$ — мощностная характеристика ВЭУ (зависимость мощности ВЭУ от скорости набегающего на нее ветра);

Q — удельная влажность воздуха, г/кг;

q — относительная влажность, %;

$S_{ВК}$ — площадь, ометаемая ВК ВЭУ, м^2;

$T_{ок}$ — период окупаемости, лет;

t — время в секундах, часах или или в количестве лет;

V — скорость ветра, м/с;

$V_{бур}$ — буревая скорость ветра или предельная рабочая скорость ВЭУ;

$V_{экстр}$ — скорость ветра экстремальная, или скорость «выживания» ВЭУ;

$V(h)$ — скорость ветра на высоте h над уровнем земли;

$V_{ср}$ — среднее значение скорости ветра в заданный период времени;

$W_{уд}$ — удельная мощность ветрового потока, Вт/м^2;

z_o — параметр шероховатости подстилающей поверхности в логарифмическом профиле ветра;

ρ — плотность воздушного потока, набегающего на ВК ВЭУ, кг/м^3;

ω — водность воздуха, г/м^3;

σ_p — среднеквадратичное отклонение давления атмосферного, Па;

σ_ρ — среднеквадратичное отклонение плотности воздуха, кг/м^3;

σ_V — среднеквадратичное отклонение скорости ветра, м/с или %;

ν — угловая частота вращения ВК ВЭУ, с$^{-1}$.

5 Основные положения

5.1 Этапы проектирования ветроэлектрических станций

5.1.1 Проектирование ВЭС, являющейся одновременно энергетическим и строительным объектом и инвестиционным проектом, должно включать согласно ГОСТ 2.103, документам [1] и [2] и методическим рекомендациям [3] следующие этапы, описанные в приложении А:

а) этап 1 — разработка технического и инвестиционного предложения или ПТЭО, включающая проработку технико-экономической концепции проекта ВЭС с анализом возможных вариантов и выбором оптимального варианта его реализации;

б) этап 2 — разработка ТЭО проекта ВЭУ или ВЭС, включающая обоснование инвестиций и бизнес-план и, при необходимости, гидрометеорологические, геологические, экологические и прочие изыскания;

в) этап 3 — разработка, согласование и утверждение рабочего проекта ВЭУ или ВЭС, включающего строительный и финансовый планы и проектную документацию.

5.1.2 ПТЭО включает предварительный анализ возможных вариантов реализации проекта ВЭС, в том числе оценку показателей малых ВЭУ, рассматриваемых в качестве базовых для ВЭС, с учетом их технических характеристик и ограничений функционирования по ВКУ в соответствии с приложениями Б и В, а также прогнозные оценки технико-экономических показателей ВЭС до начала трудоемких и затратных по времени и финансовым средствам проектных геофизических, гидрологических, климатических изысканий, в том числе одно-, двухгодовых измерений характеристик ветра на ВИК.

5.1.3 Конечной задачей ПТЭО является получение данных для принятия решения об энергетической и экономической целесообразности дальнейшего развития и финансирования проекта ВЭУ, ВЭС или ВДЭК.

5.1.4 Рекомендуемые настоящим стандартом методики обеспечивают:

- унификацию и повышение эффективности при выполнении этапа ПТЭО проектов ВЭС на базе малых ВЭУ зарубежного и отечественного производства и при разработке новых образцов ВЭУ за счет повышения точности оценок технико-экономических показателей ВЭУ, ВЭС и ВДЭК с учетом характеристик ВЭУ и ВКУ;

- снижение рисков неоправданного вложения средств в проекты ВЭУ, ВЭС, ВДЭК и энергокомплексов на их базе в районах России, климатически неперспективных для их применения, а также экономию средств и сроков их реализации в районах, обеспеченных по оценкам настоящего стандарта ВЭП, достаточным для их эффективного использования.

5.1.5 Положения настоящего стандарта обеспечивают решение с расчетной погрешностью двух взаимосвязанных задач:

а) определение ВКУ (см. рисунок 5.1) и ограничений функционирования и использования ВЭУ и ВЭС в заданных районах и пунктах их предполагаемого размещения с учетом установленных настоящим стандартом закономерностей и особенностей пространственного (территориального и высотного), временного (многолетнего годового, сезонного, суточного) и вероятностного распределения ВКХ;

б) оценка энергетических (средних значений и вариаций мощности и выработки ЭЭ) и экономических (себестоимости энергии, окупаемости, доходности) ВЭС в МПР с учетом ВКФ, установленных при решении задачи, определенной в перечислении а).

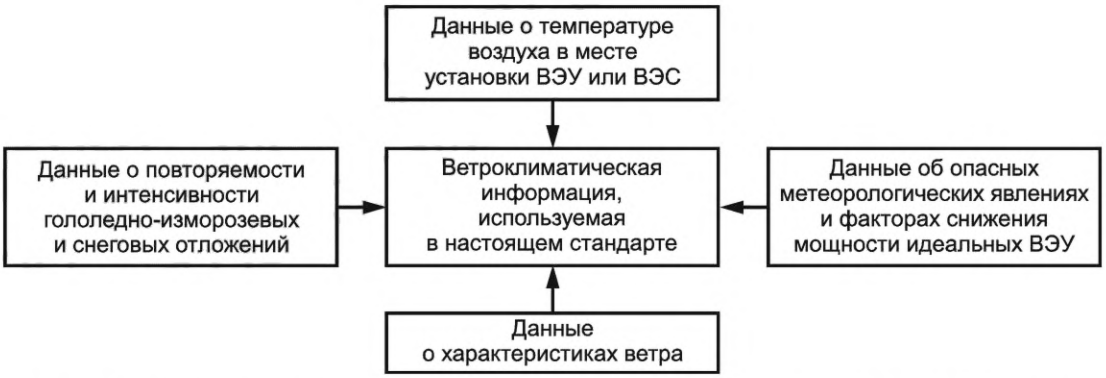

Рисунок 5.1 — Состав информации, определяющей ВКУ функционирования ВЭУ, ВЭС и ВДЭК и используемой в настоящем стандарте

5.2 Методология оценки ВКХ и энергетической эффективности ВЭУ и ВЭС

5.2.1 Методология настоящего стандарта основана на использовании:

- накопленных за период с 1936 по 2018 г. данных измерений температуры, давления, влажности, скорости и направления ветра на государственной сети МС на высоте от 8 до 16 м и представленных в метеорологических справочнике [4] и ежемесячнике [5], а также АС на высоте 100 и 200 м над поверхностью земли [6];

- статистического анализа данных МС для получения ВКУ в искомых районах России на базе описанных в приложении Г методик и результатов моделирования и методических подходов к определению характеристик ВЭП, ВЭУ и ВЭС;

- статистически установленных региональных параметров ВКФ, определяющих и ограничивающих функционирование ВЭУ и ВЭС (температуры и характеристик ветра, плотности воздуха, влажности, опасных метеорологических явлений);

- статистически установленных по многолетним данным МС (в радиусе от 200 до 300 км от МПР ВЭС) региональных связей средних сезонных и годовых скоростей ветра с характеристиками поверхности на высотах измерений $h^{метео}$ на МС (от 8 до 16 м) по принятой в Классификации рельефа и поверхности Милевского и в развитой на основе полученных связей методике приведения данных МС о скорости ветра к условиям ровной поверхности без экранирующих ветер аэродинамических препятствий, описанных в приложении Д;

- статистически установленных значений и количественных отличий региональных (см. рисунок 5.2) средних сезонных повторяемостей ветра по градациям скорости в ПзСА на территории России и построении на их основе наиболее адекватных из известных и статистически достоверных региональных функций Вейбулла сезонного распределения ветра по градациям скорости (см. Д.1);

- статистически установленных региональных связей с отличающимися количественно коэффициентами линейной связи в разных ветроклиматических регионах (по районированию на рисунке 5.2) и в разные сезоны (см. Д.3) сезонных характеристик ВЭП и мощностей ВЭУ со средними сезонными скоростями ветра и функциями распределения плотности вероятности скорости ветра в 100-метровом ПзСА на территории бывшего СССР и России, построенных на их основе известных теоретических методик расчета ВЭП и энергетических показателей ВЭУ;

- построенных по данным МС (приведенных к высоте 10 м) и АС (на высоте 100 м) и обоснованных в приложении Д многоуровневых моделей высотного распределения скорости ветра и ее СКО в 200-метровом ПзСА на территории России и их аппроксимаций.

5.2.2 Модели и методики настоящего стандарта применимы для регионов, приведенных на рисунке 5.2 с обозначением их номеров. Размеры ячеек координатной сетки на рисунке 5.2 составляют 2,5° (≈ 270 км) по широте и 5,0° по долготе (≈ 220 км на широте ≈ 60°).

5.2.3 Принятое в настоящем стандарте районирование учитывает закономерности и особенности пространственной (территориальной и высотной) и временной изменчивости ВКФ на территории России. Различия ветроэнергетической характеристики ВЭУ $К_{и.у.м}$ для разных регионов, обозначенных на рисунке 5.2, обусловленных различиями одних только функций распределения скоростей ветра, приведены в таблице 5.1 (см. [4], [7]).

Таблица 5.1

Регион	$К_{и.у.м}$, %	$Err_{Ки.у.м}$, %
1 Мурманск — Архангельск	27,6	± 1,7
2 Салехард — Сыктывкар	27,0	± 2,3
3 Диксон — Туруханск	26,5	± 2,3
4 Тикси — Якутск	26,3	± 2,1
5 Котельный — Сусуман	27,0	± 3,2
6 Певек — Анадырь	26,8	± 2,1
7 Петропавловск-Камчатский — Корф	24,6	±1,0
8 Хабаровск — Сахалин	25,9	± 3,6
9 Чита — Благовещенск	26,1	±1,8
10 Богучаны — Иркутск	26,5	± 1,5
11 Тюмень — Омск	26,2	± 2,0
12 Вятка — Оренбург	26,5	± 1,9
13 Санкт-Петербург — Москва	25,7	± 1,9

Долгота, ° в.д.	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	175	170	← Долгота
Широта, ° с.ш.																																				↓ Широта
77,5																																				77,5
75									2					Диксон											Котельный											75
72,5								2								3														Четырехстолбовый					72,5
70				Мурманск										Норильск								Тикси				Чокурдах				Певек					70
67,5										Салехард											4							5					м. Шмидта		67,5
65				1	Архангельск				2	арко-Сале				Туруханск						Оленек											6	Анадырь		65
62,5			Сортавала					Сыктывкар															Якутск			Сусуман				Марково				62,5
60			С-Петербург																		Олекминск							Корф							60
57,5					Киров		Пермь				Тюмень					Богучаны									Аян											57,5
55	Калининград			13	Москва	12				Челябинск		Барабино		10	Нижнеудинск				9	Тында								7	Усть-Камчатск						55
52,5						Оренбург					11					Иркутск			Чита											Петропавловск-Камчатский					52,5
50						Саратов					Астана				Кызыл					Благовещенск					8	Александровск-Сахалинский										50
47,5																								Хабаровск					7							47,5
45				Астрахань																								8								45
42,5		Керчь																									8									42,5
40																							Владивосток													40
↑Широта, ° с.ш.																																				↑Широта
Долгота, ° в.д.	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	175	170	←Долгота

Примечание — Цветовые фоновые различия на карте рисунка 5.2 введены для удобства определения регионов и их границ.

Рисунок 5.2 — Карта территориальной освещенности характеристик ВЭП, ВЭУ, ВЭС и ВДЭК

5.2.4 Состав и таблицы значений параметров, используемых в рекомендуемых методиках, приведены в приложениях Д и Е.

5.2.5 Значения ВЭП (удельной мощности ветра W, Вт/м^2, на высоте h и мощности ВЭС $P_{ВЭС}$, кВт) рассчитывают по формулам:

$$W = 0{,}5 \cdot \rho(h) \cdot \int_{0}^{V=\infty} V^3 \cdot f(V) dV \approx 0{,}5 \cdot \rho(h) \cdot \sum_{i=1}^{15} f_i\left(\Delta V_i(h)\right) \cdot (V_i^{ср})^3, \quad (5.1)$$

$$P_{ВЭС} = K_{ТГ}(n) \cdot K_{нид}(H_{ВК}) \cdot \rho(H_{ВК}) / \rho_o \cdot \int_{V_o}^{V_{бур}} p(V) \cdot f_i\left(V(H_{ВК})\right) dV \approx$$

$$\approx K_{ТГ}(n) \cdot K_{нид}(H_{ВК}) \cdot \rho(H_{ВК}) / \rho_o \cdot \sum_{i=1}^{15} p(V_i) \cdot f_i\left(\Delta V_i(H_{ВК})\right), \quad (5.2)$$

где $V_i^{ср}$ и $f_i(\Delta V_i(h))$ — скорость ветра и ее повторяемость в середине i-й градации на заданной высоте h в формуле (5.1) или высоте оси ВК ВЭУ $H_{ВК}$ в формуле (5.2);

$f_i(\Delta V_i(h))$ — функции плотности вероятности распределения сезонных и годовых скоростей ветра на заданных высотах h и $H_{ВК}$, аппроксимирующие их эмпирические повторяемости;

$\rho(H_{ВК})/\rho_o$ — отношение реальной ρ и стандартной ρ_o, 1,225 кг/м^3, плотности воздуха;

$K_{ТГ}(n)$ — коэффициент ТГ ВЭУ к работе;

$K_{нид}(H_{ВК})$ — коэффициент неидеальности работы ВЭУ, зависящий от ветроклиматических и технических факторов, снижающих мощность и выработку идеальных ВЭУ и ВЭС;

$p(V)$ — мощностная характеристика ВЭУ, функция технических параметров ВЭУ и скорости ветра.

Примечания

1 Обеспеченность климатическими данными о скорости ветра позволяет статистически достоверно оценивать лишь средние сезонные функции $f(V)$.

2 Характеристики $p(V)$ представленных на мировом и российском рынках ВЭУ разных ветровых классов, мощностей и типоразмеров, рекомендуемых при оценках энергетической эффективности ВЭУ и ВЭС, приведены в приложении Б.

5.2.6 Повторяемости средних месячных и годовых скоростей ветра, как и функции Вейбулла $f_i(\Delta V_i)$, определяют в настоящем стандарте для следующих градаций: 0 — 1,9; 2 — 3,9; …; 16 — 17,9; 18 — 21,9; 22 — 24,9; 25 — 28,9; 28 — 34,9; 35 — 39,9, свыше 40 м/с.

Примечание — Градации скорости ветра неравной ширины выбраны для достижения равной статистической обеспеченности повторяемостей скоростей ветра.

Расчет параметров, определяемых по значениям f_i в градациях скорости, выполняют по средним значениям скоростей в каждой градации по таблице 5.2.

Таблица 5.2 — Средние значения скоростей в градациях, принятых в настоящем стандарте

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V_i	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,5	23,5	27,0	32,5	37,5	43,0

5.2.7 Значения функций плотности вероятности для i-х градаций $f_i(\Delta V_i(h))$ и $f_i(\Delta V_i(H_{ВК}))$ рассчитывают с наибольшей достоверностью по формуле

$$f(V) = 1{,}95 \cdot \{(15 + 0{,}0085 \cdot [V_{ср}(h) - 4{,}0)] \cdot (k/A) \cdot (V/A)^{k-1} \cdot \mathrm{Exp}\,[-(V/A)k]\}, \quad (5.3)$$

где параметры функции Вейбулла A и k определены в настоящем стандарте для средних скоростей ветра в диапазоне скоростей от 4 до 9 м/с с шагом 0,5 м/с для каждого из 13 регионов России (см. рисунок 5.2) и приведены в таблице Д.1.

5.2.8 Мощности ВЭУ и ВЭС определяют в два этапа:

а) этап 1. Средние многолетние сезонные и годовые мощности идеальных ВЭУ определяют по установленным значениям скорости ветра и плотности воздуха ρ на высоте $H_{ВК}$ по формуле

$$P_{ВЭУ\,ид}(V) = \left[\rho(H_{ВК})/\rho_0\right] \cdot \int_{V_0}^{V_{бур}} p(V) \cdot f\left(V(H_{ВК})\right) dV = \left[\rho(H_{ВК})/\rho_0\right] \cdot \sum_{i=1}^{15} p(V_i) \cdot f_i\left(\Delta V_i(H_{ВК})\right) \qquad (5.4)$$

с параметрами и обозначениями, приведенными в формулах (5.1) и (5.2).

Определяют характеристики ВКФ и технические факторы, понижающие мощность идеальных ВЭУ до мощности реальных ВЭУ. К факторам, снижающим мощность и выработку ВЭУ и ВЭС, относят:

- температурные ограничения;
- ледово-изморозевые и снеговые отложения;
- нелинейность высотного профиля скорости ветра;
- высотный сдвиг направления ветра;
- инерционность систем ориентации ВЭУ;
- собственное энергопотребление ВЭУ;
- потери во внутренних сетях ВЭС;
- затенение ВЭУ друг другом и окружающими объектами;
- влияние рельефа и подстилающей поверхности на характеристики ветра;
- уменьшение ресурса при повышенной турбулентности;
- многолетнюю регрессию коэффициента технической готовности $К_{ТГ}$ ВЭУ;
- влияние атмосферных осадков на энергетические показатели ВЭУ;
- влияние гроз и опасных метеорологических явлений.

Примечание — Методы определения этих факторов приведены в разделах 11 и 12. Каждый из перечисленных факторов снижает средние годовые и сезонные показатели мощности и выработки ВЭУ и ВЭС пропорционально понижающему коэффициенту $К^{n}_{нид} < 1$, где n — номер года работы ВЭУ. Суммарное уменьшение показателей ВЭС неидеальной ВЭУ или ВЭС под действием всех факторов определяют произведением всех коэффициентов соответствующих факторов.

5.2.9 Входные данные для определения функции Вейбулла [средние сезонные и годовые скорости ветра $V(h)$ на высоте h при оценке удельной мощности ветра $W_{уд}$ и высоте $H_{ВК}$ при определении мощности ВЭУ] моделируют в диапазоне высот от 10 до 200 м с расчетной точностью по методике, описанной в приложении Г.

6 Методика определения удельной мощности ветра и энергетических показателей ВЭУ и ВЭС по данным метеорологических и аэрологических измерений

6.1 Определение функции Вейбулла в месте предполагаемого размещения ВЭУ с заданными координатами и высотой

Повторяемость скоростей ветра $f_i(\Delta V_i\,(h))$ в нормативных градациях ΔV_i по функциям Вейбулла (см. 5.3) в МПР ВЭУ с заданными координатами и высотой $H_{ВК}$ определяют по методикам настоящего стандарта в следующей последовательности:

а) принадлежность МПР ВЭУ к m-му региону (см. рисунок 5.2) устанавливают по соответствию географических координат МПР с координатами m-го региона согласно рисунку 5.2;

б) осредненные по месяцам, сезонам и году коэффициенты открытости МС $К_{мил}$ для МПР ВЭУ в m-м регионе рассчитывают с использованием данных о повторяемости ветра по восьми направлениям, установленным РосКомГидрометом. При отсутствии МС, совпадающих или близлежащих с МПР ВЭУ или ВЭС (удаленных на расстоянии не более 20—30 км для равнинной местности и не более 5—20 км для местности со сложным рельефом), оценки повторяемости скоростей ветра по направлениям следует проводить по данным близлежащей МС m-го региона;

в) средние сезонные и годовые скорости ветра $V^{метео}(К_{мил})$ на высоте 10 м и их СКО в МПР ВЭУ, попавшего в m-й регион, рассчитывают с использованием данных МС m-го региона, приведенных в таблицах Д.2—Д.4. Скорости $V^{метео}(К_{мил})$ и их СКО для промежуточных значений $К_{мил}$ определяют линейной интерполяцией по скоростям таблицы Д.2.1—Д.2.13 для соседних значений $К_{мил}$;

г) средние сезонные и годовые скорости ветра $V_m^{аэро}$ в МПР ВЭУ на высоте 100 и 200 м и их СКО определяют по данным таблицы Д.3 для трех АС, ограничивающих треугольную территорию, включающую МПР ВЭУ, и по географическим координатам МПР и трех выбранных АС;

д) при удаленности МПР от ближайшей АС на расстояние более 25 км $V_{ср}$ в МПР на высотах 100 и 200 м определяют как среднее арифметическое от скоростей на этих высотах по данным трех АС, приведенных выше в перечислении г), с весовыми коэффициентами, обратно пропорциональными расстоянию до АС.

Примечания

1 При удаленности МПР от ближайшей АС на расстояние не более 25 км $V_{ср}$ на высотах 100 и 200 м принимают равными скоростям на этих высотах на ближайшей АС.

2 Расстояние между МПР ВЭУ и опорными МС или АС, приведенными на рисунке.5.2 и в приложении Д, с погрешностью менее 5 % определяют по географическим картам;

е) скорость ветра в высотном диапазоне от 10 до 100 м на высоте h при оценке W и на высоте $H_{ВК}$ при оценке $P_{ВЭУ}$ по данным об установленных в МПР скоростях $V_m^{метео}(К_{мил})$ на высоте 10 м и скоростях $V_m^{аэро}$ на высотах 100 м рассчитывают по формуле

$$V(h) = (h / 10)^{m(V)}, \quad (6.1)$$

где $m(V)$ — показатель степени в (6.1), рассчитываемый по формуле

$$m(V) = 0{,}434 \cdot \mathrm{Ln}\,[V(100)/V(10)]; \quad (6.2)$$

ж) скорости ветра в МПР ВЭУ в высотном диапазоне от 100 до 200 м определяют линейной интерполяцией по данным аэрологических скоростей на высоте 100 и 200 м;

и) определение параметров функций Вейбулла для МПР ВЭУ в m-м регионе проводят по данным, приведенным в таблице Д.1.

6.2 Пример определения функции Вейбулла

Схема определения среднегодовых параметров функции Вейбулла (5.3) и по ним среднегодовой удельной мощности идеальной ВЭУ с высотой оси ВК ВЭУ $H_{ВК}$ = 55 м (характерная высота для ВЭУ средней мощности) приведена ниже на примере МПР ВЭУ в районе г. Камышин с координатами 50,03°с.ш. и 46,42 °в.д.

Параметры f_i функции Вейбулла в данном примере определяют в следующей последовательности:

- по известным координатам МПР ВЭУ устанавливают репрезентативный регион согласно территориальному разбиению на рисунке 5.1 (в данном примере — регион 12 с границами 47,5 ° — 60,0 °с.ш. и 45,0 ° — 60,0 °в.д.);

- для места с указанными координатами по формулам (6.1), (6.2) рассчитывают среднегодовую скорость ветра V на высоте 55 м [в данном примере она составляет $V(H_{ВК})$ = 6,32 м/с];

- расчет среднегодовой удельной мощности идеальной ВЭУ проводят по данным таблицы Д.1 для региона 12. Фрагменты таблицы Д.1, используемые в расчетах, приведены в таблицах 6.1 и 6.2;

- расчет среднегодовой удельной мощности идеальной ВЭУ при среднегодовой скорости 6,32 м/с проводят по данным таблицы 6.1, приведенным в строках 6 и 7, выделенным для наглядности затененным фоном, в интервал между которыми попадает скорость 6,32 м/с.

Таблица 6.1 — Среднегодовые параметры распределения функции Вейбулла A и k, максимальные удельные мощности ВЭУ $P_{удВЭУ}$, Вт/м^2, и их СКО $\sigma_{удВЭУ}$, %, и вероятности простоев ВЭУ f_V < 4 м/с, %, при скоростях ветра V < 4 м/с

Регион 12. Координаты границ: 47,5 — 60,0 °с.ш., 45,0 — 60,0 °в.д. Среднегодовые значения

$V_{ср}$, м/с	A	k	$P_{удВЭУ}$	$\sigma_{удРВЭУ}$	$f_{V<4\ м/с}$
4	5	6	7	8	9
4,00	4,38	1,44	62,8	15,6	56,4
4,50	4,92	1,47	84,6	15,0	49,8
5,00	5,47	1,46	112,1	12,8	43,7

Окончание таблицы 6.1

$V_{ср}$, м/с	A	k	$P_{удВЭУ}$	$\sigma_{удРВЭУ}$	$f_{V<4\ м/с}$
4	5	6	7	8	9
5,50	5,88	1,31	149,3	13,2	40,5
6,00	6,30	1,26	176,6	13,6	36,3
6,50	6,76	1,21	212,2	13,5	32,8
7,00	7,59	1,39	250,1	11,0	28,6
7,50	8,30	1,51	280,7	12,1	25,2
8,00	8,97	1,66	537,2	12,8	21,8

- значения среднегодовой удельной мощности идеальной ВЭУ $P_{удВЭУ}$ при известной определенной выше среднегодовой скорости в МПР на оси ВК ВЭУ [в данном примере $V(H_{ВК}) = 6,32$ м/с], попадающей в соответствующий диапазон скоростей, приведенных в таблице 6.2 (в данном примере от 6,0 до 6,5 м/с) с погрешностью не более 1,5 % — 2 % определяют в допущении о линейном распределении внутри скоростного диапазона параметров Вейбулла A и k и функции Вейбулла $f_i(V)$ в i-х градациях по формулам:

$$A(H_{ВК}) = A(H_в) + [A(V_н) - A(V_в)] \cdot [V(H_{ВК}) - V_н] / [V_в - V_н], \quad (6.3)$$

$$k(H_{ВК}) = k(H_в) + [k(V_н) - k(V_в)] \cdot [V(H_{ВК}) - V_н] / [V_в - V_н], \quad (6.4)$$

$$f_i(H_{ВК}) = f_i(H_в) + [f_i(V_н) - f_i(V_в)] \cdot [V(H_{ВК}) - V_н] / [V_в - V_н]. \quad (6.5)$$

Результаты проведенной линейной интерполяции приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 — Параметры среднегодовой удельной мощности идеальной и реальной ВЭУ в МПР

Данные	Высота, м	$V_{ср}$, м/с	A	k	$P_{удВЭУ}$	$\sigma_{удВЭУ}$	$f_{V<4\ м/с}$
2	3	4	5	6	7	8	9
...	...	...	...	...	...	...	...
МС	10,0	6,00	6,59	1,56	158,1	13,6	32,8
Модель ВЭУ по настоящему стандарту	55	6,32	6,83	1,46	188,6	13,5	34,1
Расчет ВЭУ по данным МС	55	6,32	—	—	189,4	11,9	29,9
МС	10,0	6,50	6,96	1,41	189,9	13,5	28,6
...	...	...	...	...	...	...	...

- по рассчитанным параметрам A и k определяют значения коэффициентов функций Вейбулла f_i для i-х градаций для верхней (6,5 м/с) и нижней (6,0 м/с) граничных скоростей диапазона со скоростью ветра на высоте $H_{ВК\ ВЭУ} = 55$ м, $V(H_{ВК}) = 6,32$ м/с (см. таблицу 6.3).

Таблица 6.3 — Расчетные значения функции Вейбулла по установленным градациям

	V_i, м/с												
Средняя скорость $V_{ср}$	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,5	23,5	27,0	32,5
$V_{ср} = 6,00$ м/с	22,3	22,1	17,7	13,0	9,07	6,09	3,96	2,5	1,6	0,84	0,29	0,11	0,02
$V_{ср} = 6,32$ м/с (модель)	21,9	21,2	17,0	12,8	9,14	6,35	4,31	2,86	1,87	1,08	0,43	0,19	0,05
$V_{ср} = 6,00$ м/с	21,7	20,7	16,7	12,6	9,19	6,50	4,50	3,06	2,05	1,22	0,51	0,23	0,06

- по значениям f_i для граничных скоростей по формуле (6.5) проводят расчет функции Вейбулла для скорости ветра на высоте $H_{ВК} = 55$ м (6,32 м/с) (строка 2 таблицы 6.3).

6.3 Определение средних сезонных и годовых значений удельных мощностей ветра и их погрешностей на заданной высоте *h*

6.3.1 Средние сезонные и годовые удельные мощности ветра $W_{уд}(h)$, Вт/м^2 на высоте h рассчитывают суммированием значений $W_{уд}$ по градациям таблицы 5.2 по формуле

$$W = 0{,}5 \cdot \rho(h) \cdot \int_{0}^{V=\infty} V^3 \cdot f(V)dV \approx 0{,}5 \cdot \rho(h) \cdot \sum_{i=1}^{15} f_i\left(\Delta V_i(h)\right) \cdot (V_i^{ср})^3, \quad (6.6)$$

где f_i — значения функций Вейбулла и $(V_i^{ср})^3$ — значения средних скоростей ветра (согласно таблице 5.2) в соответствующих градациях;

$\rho(h)$ — плотность воздуха в исследуемом месте на высоте h.

Удельные мощности ветра W_i в i-х градациях рассчитывают по формуле

$$W_i(h) = 0{,}5 \cdot \rho(h) \cdot [V_i^{ср}(h)]^3 \cdot f_i(h). \quad (6.7)$$

6.3.2 Средние сезонные и годовые значения плотности воздуха $\rho(h)$ и их СКО в m-м регионе в МПР ВЭУ на высоте h рассчитывают методом линейной высотной интерполяции по данным ближайшей АС (см. таблицу Д.4).

6.3.3 Погрешности определения удельной мощности ветра $W(h)$ на высоте h в таблице Д.1 определяют по расчетным значениям его дисперсии $D[\,W_i(h)\,]$ в i-х градациях по формуле

$$D\left(\sum_{i=1}^{N} f_i \cdot W_i\right) = \sum_{i=1}^{N} f_i^2 \cdot D\left[\sum_{i=1}^{N} W_i\right] + 2 \cdot f_i \cdot f_j \cdot r(f_i, f_j) \cdot \sigma_{W_i} \cdot \sigma_{W_j}. \quad (6.8)$$

Примечания

1 В расчетах погрешностей значений $W(h)$ дисперсией значений плотности воздуха пренебрегают ввиду ее малости по сравнению с дисперсией $W(h)$.

2 Значения W_i в соседних градациях i и i+1 в силу свойств функции плотности вероятности распределения f_i считают коррелированными с расчетными значениями коэффициента корреляции $r(f_i, f_j)$ между величинами W_i и W_{i+1}.

6.3.4 Погрешности полученных значений оценивают с заданной статистической достоверностью по расчетным значениям СКО $W_{уд}(h)$ и значениям квантилей нормального распределения (см. таблицу 6.4) умножением значения СКО $W(h)$ на значение квантиля $(Y_p - Y_{ср})/\sigma$ заданной достоверности δ, %.

Таблица 6.4 — Квантили нормального (Гауссова) закона распределения случайных величин

δ, %	1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	99
$(Y_P - Y_{ср})/\sigma$	–2,33	–2,05	–1,65	–1,28	–0,84	–0,52	–0,25	0,0	0,25	0,52	0,84	1,28	1,65	2,05	2,33

Примечание — Удельную мощность ветра $W_{уд}(h)$ на этапе ПТЭО определяют с 90 %-ной достоверностью.

6.4 Определение сезонных и годовых значений мощности, выработки ЭЭ и $К_{и.у.м}$ идеальных ВЭУ по их рабочим характеристикам с учетом плотности воздуха

6.4.1 Средние сезонные и годовые мощности идеальных ВЭУ с известными рабочими характеристиками $p(V)$ и высотой оси ВЭУ $H_{ВК}$ рассчитывают с учетом СКО и дисперсий параметров Вейбулла f_i в МПР ВЭУ на высоте $H_{ВК}$ по формуле

$$P_{ВЭС}(V) = (\rho / \rho_o) \cdot \sum_{i=1}^{15} p(V_i) \cdot f_i(H_{ВК}) \quad (6.9)$$

с параметрами и обозначениями, приведенными в формулах (5.1) и (5.2).

Примечание — При расчетах погрешностей значений $P_{ВЭУ}(V)$ дисперсией плотности воздуха пренебрегают ввиду ее малости по сравнению с дисперсией $P_{ВЭУ}(V)$.

6.4.2 Схема пошаговой реализации и промежуточные результаты определения средних сезонных и годовых мощностей $P(V(H_{ВК}))$ показаны на примере определения среднегодовой мощности ВЭУ G 58—850 kW (производства испанской компании Gamesa) с высотой $H_{ВК}$ и диаметром $D_{ВК}$ соответственно 55 м и 58 м в МПР в районе г. Камышин с координатами 50,00 °с.ш. и 46,40 °в.д. (регион 12 по классификации на рисунке 5.1).

6.4.3 Среднегодовую мощность ВЭУ G 58—850 kW ($P_{удВЭУ}$), соответствующую среднегодовой скорости в МПР на оси ВК ВЭУ, определяют в следующей последовательности:

- значения рабочей характеристики $p(V_i)$ для ВЭУ G 58 в i-х градациях соответствуют приведенным в таблице Б.2 и размещаются в строке 1 таблицы 6.5;
- репрезентативный регион по классификации, приведенной на рисунке 5.1 (в данном примере регион 12 с границами 47,5—60,0 °с.ш. и 45,0—60,0 °в.д.) определяют по координатам МПР ВЭУ;
- среднегодовую плотность воздуха ρ, кг/м^3, на высоте оси ВК ВЭУ G 5, равной 55 м, рассчитывают по данным таблицы Д.4. В данном примере она составляет 1,226 кг/м^3 для МПР ВЭУ с указанными координатами;
- среднегодовую скорость ветра на $H_{ВК}$ ВЭУ G 58 (55 м) в МПР рассчитывают по формулам (6.1), (6.2) [в данном примере $V(H_{ВК})$ = 6,32 м/с];
- среднегодовую удельную мощность работающих без потерь ВЭУ $P_{удВЭУ}$ рассчитывают по данным таблицы Д.1 для региона 12. Фрагменты таблицы Д.1, используемые в расчетах, даны в таблицах 6.1 и 6.2;
- среднегодовую мощность ВЭУ G 58 при среднегодовой скорости 6,32 м/с рассчитывают по выделенным для наглядности курсивом данным таблицы 6.1, приведенным в строках 6 и 7, в интервал между которыми попадает скорость 6,32 м/с;
- среднегодовую мощность ВЭУ $P_{ВЭУ}$, кВт, при указанной среднегодовой скорости ветра в МПР на высоте оси ВК (6,32 м/с), находящейся в диапазоне скоростей от 6,0 до 6,5 м/с с погрешностью менее 2 %, оценивают по линейной модели распределения внутри скоростного диапазона параметров Вейбулла (A и k) и функции Вейбулла в i-х градациях f_i и соответственно рассчитывают по формулам (6.3) — (6.5).

Исходные данные для расчета по методике настоящего стандарта среднегодовой удельной мощности $P_{удВЭУ}$ ВЭУ марки G 58, работающей в идеальных условиях (без потерь), приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 — Данные для расчета среднегодовой удельной мощности $P_{удВЭУ}$ ВЭУ G 58-850 kW, работающей без учета технических и климатических потерь

V_i, м/с	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,5	23,5	27,0
Мощности ВЭУ $p(V_i)$ по градациям скорости V_i, кВт	0	21,8	78,4	243	525	797	847	850	850	850	850	0
Функции Вейбулла $f_i(V_i)$ по градациям таблицы 6.3, %	21,9	21,2	17,0	12,8	9,14	6,35	4,31	2,86	1,87	1,08	0,43	0,19
Значения $(\rho/\rho_o)\cdot p(V_i)\cdot f_i(\Delta V_i((H_{ВК}))$	0,00	4,61	13,4	31,0	48,0	50,6	36,5	24,4	15,9	9,20	3,68	0,00

6.4.4 Значение $P_i(\Delta V_i)$ в i-й градации (строка 4 таблицы 6.5) рассчитывают как произведение трех сомножителей: отношения среднегодовых реальной ρ и стандартной ρ_o плотностей воздуха; значений $p(V_i)$ в i-й градации (строка 1 таблицы 6.5) и данных о повторяемости скорости ветра в i-й градации (строка 3 таблицы 6.5), деленной на 100.

6.4.5 Мощность ВЭУ рассчитывают как сумму расчетных значений $P_i(\Delta V_i)$ по всем градациям (строка 4 таблицы 6.5), равной в рассмотренном примере 237 кВт.

6.4.6 $D_{ВК}$ и $S_{ВК}$ ВЭУ марки G 58—850 kW составляют 58 м и 2641 м^2, при этом среднегодовая удельная мощность ВЭУ $P_{удВЭУ}$ будет 89,8 кВт/м^2.

6.4.7 Оценку погрешности определения мощности $P_{ВЭУ}$ проводят по расчитанным для i-х градаций значениям ее дисперсии $D_i[P_{ВЭУ\,i}(H_{ВК})]$ с использованием дисперсий составляющих функции Вейбулла для скоростей ветра в i-х градациях $D[V_i(H_{ВК})]$.

6.4.8 Погрешности определения мощности идеальных ВЭУ $P_{ВЭУ}(H_{ВК})$ на высоте $H_{ВК}$ по данным таблицы Д.1 определены по расчетным значениям ее дисперсии $D[P_{ВЭУ}(H_{ВК})]$ в i-х градациях по формуле

$$D\left[\sum_{i=1}^{N} f_i \cdot P_{ВЭУ\,i}(H_{ВК})\right] = \sum_{i=1}^{N} f_i^2 \cdot D\left[\sum_{i=1}^{N} P_{ВЭУ\,i}(H_{ВК})\right] + 2 \cdot f_i \cdot f_j \cdot \mathrm{cov}(W_i, W_j) =$$

$$= r(f_i, f_j) \cdot \sigma_{P ВЭУ\,i(HВК)} \cdot \sigma_{P ВЭУ\,j(HВК)}. \qquad (6.10)$$

6.4.9 Для оценки погрешностей определения $P_{ВЭУ}$ на этапе ПТЭО вместо математически корректных и достоверных, но достаточно сложных для пользователя настоящего стандарта поэтапных вычислений дисперсий по формулам (6.9) — (6.12) рекомендуется использовать оценки СКО для идеальных ВЭУ, приведенные в таблице Д.1, осредненные по регионам (см. рисунок 5.1) и завышенные (на 15 % — 20 %) оценки.

6.4.10 Погрешности $P_{ВЭУ}(H_{ВК})$ оценивают с заданной статистической достоверностью по расчетным значениям СКО $P_{ВЭУ}(H_{ВК})$ с использованием квантилей нормального распределения по таблице 6.4 умножением суммарного значения СКО $P_{ВЭУ}(H_{ВК})$ на значение квантиля $(Y_p - Y_{ср})/\sigma$ для заданной достоверности δ, %.

Примечание — $P_{ВЭУ}(H_{ВК})$ на этапе ПТЭО определяют с 90 %-ной достоверностью.

6.4.11 Средние сезонные значения мощности ВЭУ $P_{ВЭУ}(H_{ВК})$ с определенными рабочими характеристиками $p(V)$ для заданного пункта с известными координатами и установленными по формулам (6.1), (6.2) скоростями ветра на высоте $H_{ВК}$ в регионе, содержащем МПР ВЭУ, рассчитывают аналогично процедуре, описанной для среднегодовой удельной мощности.

6.4.12 Средние сезонные и годовые значения выработки ЭЭ идеальных ВЭУ $E_{ВЭУсез}$ и $E_{ВЭУгод}$, кВт · ч, с заданными рабочими характеристиками $p(V)$ и высотами осей ВК $H_{ВК}$, работающих соответственно со средними сезонными и годовыми мощностями $P_{ВЭУсез}(H_{ВК})$ и $P_{ВЭУгод}(H_{ВК})$, кВт, для МПР ВЭУ с известными координатами, принадлежащими репрезентативному региону (см. таблицу 5.2), рассчитывают по формулам:

$$E_{ВЭУ\ год} = P_{ВЭУ\ ид.год}(H_{ВК}) \cdot 24 \cdot 365, \quad (6.11)$$

$$E_{ВЭУсез} = P_{ВЭУ\ ид.сез}(H_{ВК}) \cdot 24 \cdot N_{сез}, \quad (6.12)$$

где 24 — количество часов в сутках;

365 — количество дней в году;

$N_{сез}$ = 90, 92, 92 и 91 — количество дней соответственно в зимнем, весеннем, летнем и осеннем сезонах.

7 Определение реальной мощности и выработки ВЭУ и ВЭС с учетом локальных ветроклиматических и технических ограничений

7.1 Основные положения по определению климатических условий, особенностей и ограничений проектирования, строительства и эксплуатации ВЭУ и ВЭС

7.1.1 Количественные параметры и допустимые диапазоны изменения ВКФ для ВЭУ и ВЭС приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 — Установленные допустимые для ВЭУ диапазоны изменения ВКФ

Климатический фактор эффективности ВЭУ	Диапазон параметров
Средняя многолетняя температура $T_{ср}$, °С	Январь: – 60 °С < $T_{ср}$ < – 10 °С; июль: +2 °С < $T_{ср}$ < +30 °С
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150 по средним годовым абсолютным экстремумам температуры $T_{экстр}$, °С	У, УХЛ и T –60 °С < $T_{экстр}$ < +40 °С
Класс ветра с предельной среднегодовой скоростью $V_{экстр}$ и уровнем турбулентности $I_{макс}$	По данным таблицы Б.1
Стартовая скорость ветра $V_о$, м/с	2,5 ≤ $V_о$ ≤ 5,0
Буревая скорость (отключения ВЭУ) $V_{бур}$, м/с	25 ≤ $V_{бур}$ ≤ 20 – 28
Скорость регулирования $V_{рег}$, м/с	8 – 10 ≤ $V_{рег}$ ≤ 16
Диапазон рабочих скоростей ветра $V_{раб}$, м/с	2,5 – 5,0 < $V_{раб}$ ≤ 25 – 28
Диапазон удельной мощности ветра $W_{уд}$, Вт/м^2	100 ≤ $W_{уд}$ ≤ 800
Диапазон удельного импульса ветра $J_{уд}$, Н/м^2	30 < $J_{уд}$ < 200

Окончание таблицы 7.1

Климатический фактор эффективности ВЭУ	Диапазон параметров
Допустимые диапазоны температуры хранения $T_{хран}$, °С, и эксплуатации ВЭУ и ВЭС $T_{экспл}$, °С	–50 °С < $T_{хран}$ < +40 °С; –40 °С < $T_{экспл}$ < +40 °С
Интенсивность дождя	≤3 мм/мин для ВЭУ исполнения УХ и Х; ≤5 мм/мин — для исполнения Т
Гололед, изморозь, иней, снеговые отложения	Для ВЭУ исполнений У и УХЛ
Град	Вреден при любых параметрах
Солнечная радиация, Вт/м	≤1125
Соляной туман	Для ВЭУ исполнения Т
Запыленность воздуха, г/м^3	<2,5 для исполнений У, УХЛ, Т
Скорость ветра, м/с	>50 при 2-минутном порыве
Рабочая температура воздуха $T_{раб}$, °С, не ниже	–50 °С — для исполнения У и Х; –30 °С — для исполнения У; –10 °С — для исполнения Т

7.1.2 Предварительную оценку климатических условий в МПР ВЭУ проводят по данным, приведенным на рисунке 7.1 и в таблице 7.2 и на карте районирования территории СССР по воздействию ВКФ на технические изделия и материалы по ГОСТ 16350.

Примечания

1 Дополнительная информация о распределении средних и экстремальных температур на территории России по данным их многолетних измерений (1960—2010 гг.) на сети МС приведена в СП 131.13330.

2 Количество дней с температурой воздуха ниже $T_{мин}$ (–45 °С) в таблице 7.2, равное 0,1, означает повторяемость температуры один раз в 10 лет.

3 Северные границы районов II_{11} и II_7 в таблице 7.2 установлены по средней годовой относительной влажности воздуха 65 % и 80 %.

Таблица 7.2 — Разделение территории России на климатические районы по ГОСТ 16350

Макроклиматический район	Климатический район		Критерий района			
			Среднемесячные			Количество дней в году с $T_{мин}$ ниже –45 °С
	Наименование	Обозначение	Температура,°С		Относительная влажность, %	
			Январь	Июль	Июль, 13 ч	
Холодный	Очень холодный	I_1	От –50 до –30	От +2 до +16	—	От 10 до 100
	Холодный	I_2	От –30 до –15	От +2 до +25	—	От 1,0 до 10,0
Умеренный	Арктический приполюсный	II_1	От –33 до –28	От –1 до 0	≤90	От 0 до 2,0
	Арктический восточный	II_2	От –28 до –18	От 0 до +8	≤80	От 0 до 0,1
	Арктический западный	II_3	От –30 до –20	От +1 до +12	≥80	От 0 до 2,0
	Умеренно холодный	II_4	От –30 до –15	От +6 до +25	—	От 0,1 до 1,0
	Умеренный	II_5	От –15 до –8	От +8 до +25	≤80	—
	Умеренно влажный	II_6	От –15 до –10	От +10 до +20	≥60	—
	Умеренно теплый	II_7	От –8 до –4	От +16 до +25	≤70	—
	Умеренно теплый влажный	II_8	От –8 до –4	От +16 до +25	≥70	—

Окончание таблицы 7.2

Макроклиматический район	Климатический район		Критерий района			
			Среднемесячные			Количество дней в году с $T_{мин}$ ниже –45 °С
	Наименование	Обозначение	Температура,°С		Относительная влажность, %	
			Январь	Июль	Июль, 13 ч	
	Умеренно теплый с мягкой зимой	II_9	От –4 до 0	От +16 до +25	≤70	—
	Теплый влажный	II_{10}	От 0 до +4	От +20 до +25	≥70	—
	Жаркий сухой	II_{11}	От +1 до +4	От +25 до +30	≤40	—
	Очень жаркий сухой	II_{12}	От –4 до +4	Выше +30	≤20	—

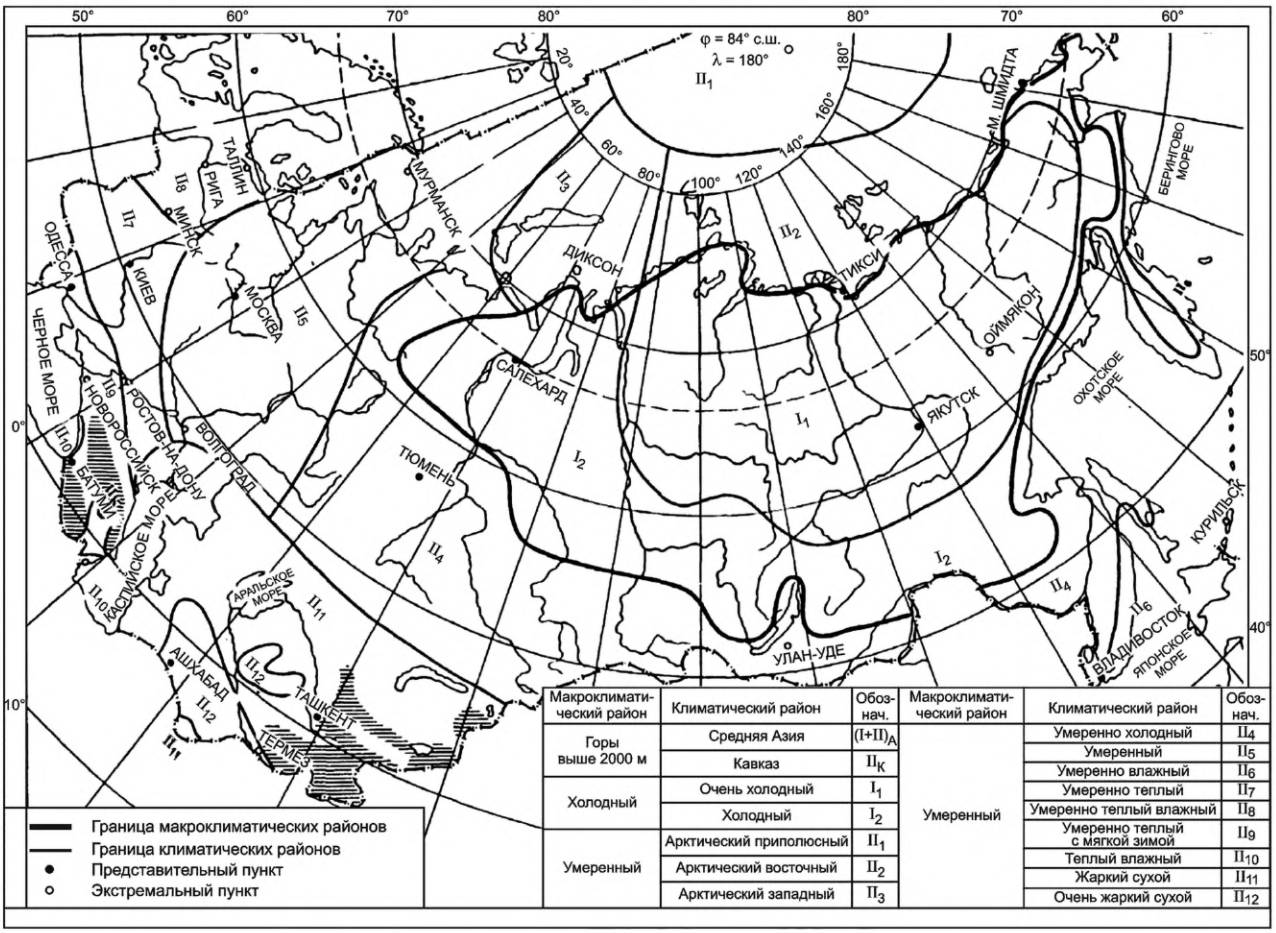

Рисунок 7.1 — Районирование территории бывшего СССР по воздействию климата на технические изделия и материалы по ГОСТ 16350

7.2 Рекомендации по учету влияния температурных факторов на энергетические показатели ВЭУ и ВЭС

7.2.1 Большинство представленных на мировом и отечественном рынках ВЭУ имеют ограниченный диапазон рабочих температур $T_{раб}$ (от –20 °С и –30 °С до 40 °С — 45 °С), обеспечивающий отсутствие поломок и разрушения элементов ВЭУ, уменьшение рабочего ресурса и надежности ВЭУ при низких и высоких температурах воздуха, обусловленных изменениями физических и электрических

характеристик используемых в конструкции ВЭУ материалов (металлических, пластмассовых, резиновых, смазочных).

7.2.2 Вероятность температур свыше 40 °С на территории России мала, но вероятность температур ниже минус 30 °С — минус 35 °С высока во многих регионах в холодный период года. Согласно справочнику [6], практически на всей азиатской и на большей части ЕТР нормативные значения температуры холодного периода составляют ниже –40 °С (ниже допустимых рабочих температур современных ВЭУ), при которых ВЭУ стандартного климатического исполнения с отсутствующей или неэффективной системой обогрева простаивают, приводя к снижению их суммарной годовой и зимней выработок до значений от 8 % до 12 %.

7.2.3 Нормативные значения минимальных и продолжительности экстремальных для ВЭУ температур *Т* ниже минус 30 °С, приведенных на рисунке 7.2 и в таблице 7.3, используют для оценок температурных простоев ВЭУ в разных регионах России.



Рисунок 7.2 — Средняя продолжительность непрерывного периода с температурой ниже –40 °С, ч

Таблица 7.3 — Число суток в году со среднесуточной температурой воздуха по ГОСТ 16350

Климатический район	Пункт	Количество суток в году со средней суточной температурой воздуха										
		Средняя суточная температура воздуха *Т*, °С										
Очень холодный	Якутск Оймякон	Ниже минус 60	От минус 59,9 до минус 50,0	От минус 49,9 до минус 40,0	От минус 39,9 до минус 30,0	От минус 29,9 до минус 20,0	От минус 19,9 до минус 10,0	От минус 9,9 до 0,0	От +0,1 до +10,0	От +10,1 до +20,0	От +20,1 до +30,0	От +30,1 до +40,0
Холодный	Салехард	—	—	2,5	20,3	53,9	73,4	71,0	87,4	52,0	4,5	—
Арктический восточный	Тикси	—	—	10,5	62,2	74,4	51,5	56,9	92,4	16,1	0,9	—
Арктический западный	Ходовариха Диксон	— —	— —	1,4	2,1 31,3	29,3 71,5	67,4 76,9	122,3 81,8	123,5 94,8	20,1 7,3	0,3 —	— —

Окончание таблицы 7.3

Климатический район	Пункт	Количество суток в году со средней суточной температурой воздуха										
		Средняя суточная температура воздуха T, °С										
Умеренно холодный	Тюмень Улан-Удэ	— —	— —	0,2 0,5	4,6 12,5	23,4 53,3	60,0 59,3	75,8 52,0	77,3 74,9	94,2 85,5	29,0 27,0	0,1
Умеренный	Москва Мурманск Волгоград	— — —	— — —	— — —	0,6 0,3 •	6,9 6,2 5,6	37,6 43,2 33,8	91,8 121,7 74,1	96,3 135,0 79,4	108,4 55,0 82,8	23,5 3,6 85,7	— — 3,6
Умеренно влажный	Владивосток Курильск	— —	— —	— —	— —	3,5 —	52,2 10,8	70,8 115,7	87,3 130,9	115,9 99,8	35,3 7,8	— —
Умеренно теплый	Ростов-на-Дону	—	—	—	—	1,6	16,5	69,3	96,0	100,3	80,7	0,6

Примечание — Знак «•» означает 0 дней в году менее 0,1 (регистрация температуры в данном диапазоне 1 раз в 10 лет).

7.2.4 Ввиду осредненных по регионам значений температуры на рисунке 7.2 при ПТЭО ВЭС в МПР вероятностные характеристики экстремальных температур анализируют с использованием данных таблиц Е.2 и Е.3.

7.3 Рекомендации по определению условий функционирования и эксплуатации ВЭУ и ВЭС по комплексу параметров «температура — скорость ветра»

7.3.1 Проектирование ВЭУ проводят с учетом вероятности их работы и простоев в различных диапазонах скорости ветра и экстремальной температуры воздуха (от минус 30 °С до минус 50 °С) по взятым из метеорологических и климатических справочников Госкомгидромета СССР и Росгидромета многолетним данным МС плотности вероятности распределения температуры по двухградусным градациям и по ее представлениям в табличном и графическом видах (см. рисунки 7.3 и 7.4).



Рисунок 7.3 — Графики распределения температуры по двухградусным градациям на МС Тикси



Рисунок 7.4 — Распределение многолетних средних среднесуточных скоростей ветра по температуре на МС Тикси

7.3.2 Вероятности в разных сочетаниях градаций скорости ветра и температуры воздуха определяют построением и представлением в табличном (см. таблицу 7.4) и графическом (см. рисунок 7.5) видах двумерных функций распределения температуры воздуха и скорости ветра по данным многолетних срочных измерений на ближайших МС.

7.3.3 Пример рекомендуемых настоящим стандартом двумерных функций распределения температуры воздуха и скорости ветра в ПзСА для поселка Тикси [Республика Саха (Якутия), 71,5° с.ш. и 129,0° в.д.], рассчитанных по данным МС Тикси, представлен в таблице 7.4.

Таблица 7.4 — Пример годовой повторяемости и обеспеченности сочетаний температуры и скорости ветра

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,99	2—3,99	4—5,99	6—7,99	8—9,99	10—11,99	12—13,99	14—15,99	16—17,99	17—19,99	20—21,99	22—23,99	24—25,99	26—27,99	28—29,99	> 30	
Метеорологическая станция Тикси																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11
От –45 до –40,1	84,2	12,9	1,9	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,44
От –40 до –35,1	70,5	20,5	4,3	2,7	0,9	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,66
От –35 до –30,1	44,1	26,7	11,5	7,3	3,2	2,9	1,0	0,9	1,10	0,44	0,29	0	0	0	0	0	9,39
От –30 до –25,1	27,4	26,0	15,9	10,2	6,5	4,7	4,0	2,2	1,51	0,52	0,41	0,17	0	0	0	0	11,85
От –25 до –20,1	18,3	24,6	14,9	12,8	8,9	7,0	5,2	3,3	1,93	1,74	0,64	0,26	0,13	0	0	0	10,72
От –20 до –15,1	20,5	23,2	16,4	11,8	8,5	7,7	4,1	3,6	1,87	1,06	0,33	0,08	0,08	0	0	0	8,46
От –15 до –10,1	11,9	30,6	24,2	13,8	7,6	3,8	2,9	2,3	1,63	0,65	0,43	0,11	0	0	0	0	6,36
От –10 до –5,1	7,6	30,8	27,7	15,0	7,9	5,1	1,9	1,5	1,76	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	7,06
От –5 до –0,1	6,1	32,9	29,2	18,9	7,6	3,0	1,5	0,3	0,25	0,17	0,08	0	0	0	0	0	8,14
От 0 до +4,9	5,63	37,1	35,3	15,0	4,35	1,33	0,8	0,28	0,05	0	0	0	0	0	0	0	14,56
От + 5 до +9,9	3,53	41,8	35,5	14,0	3,72	0,95	0,13	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	10,92
От + 10 до +14,9	2,59	39	37,8	15,5	2,59	1,72	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
От +15 до +19,9	2,94	33,5	44,7	14,7	3,53	0,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,17
От + 20 до +24,9	0	8,0	44,0	32,0	12,0	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов V, %	19,5	30,3	23,2	12,4	5,66	3,46	2,06	1,33	0,9	0,45	0,21	0,07	0,02	0	0	0	100

Серым фоном в таблице 7.4 выделены ячейки с вероятностью сочетаний скорости ветра и температуры, при которых с ВЭУ по нормам техники безопасности для северных регионов (см. таблицу 7.5) запрещены СМР.

Таблица 7.5 — Предельные сочетания температуры и скорости ветра, допускающие проведение строительно-монтажных и ремонтных работ с ВЭУ и ВЭС

Диапазон допустимых температур T, °С	<–35	<–25	<–15	<–5
Диапазон допустимых скоростей ветра, м/с	<5	<10	<15	<20

Примечание — Согласно нормативам по технике безопасности, при выполнении СМР на территории России запрещенными (за исключением специально разрешенных) являются работы подъемников и кранов всех типов при скоростях ветра более 12,4 м/с и при температуре ниже минус 20 °С, а также при гололедице, сильном снегопаде, дожде и грозе.

7.3.4 Данные, аналогичные приведенным в таблице 7.4, рассчитанные для всех пунктов, обозначенных на рисунке 5.2, представлены в таблице Е.2 и рекомендованы для оценки ограничений функционирования ВЭУ.

7.3.5 Выбор энергетических источников, резервирующих и выравнивающих непостоянную мощность автономных ВЭУ и ВЭС и их аккумулирующих систем при ветроэнергетических штилях, определен тремя климатическими факторами:

- суммарной длительностью сезонных и годовых штилей (при скоростях ветра на высоте осей ВК ВЭУ менее 3—4 м/с) и их средней и максимальной длительностью;
- суммарной длительностью сезонных и годовых периодов скоростей ветра, превышающих максимально допустимые для работы ВЭУ (буревые) скорости ветра $V_{бур}$ (более 20—28 м/с) и их средней и максимальной длительностью;
- суммарной продолжительностью сезонных и годовых периодов с экстремальными (выше допустимых для данной ВЭУ) температурами и их средней и максимальной длительностью.

Количественную оценку влияния этих факторов на производительность ВЭУ проводят по данным ежемесячника [5].

7.3.6 Оценку средней годовой и сезонных вероятностей ветроэнергетических штилей и простоев ВЭУ (в долях от годового и сезонных чисел часов) проводят по данным МС, ближайшей к МПР ВЭУ, по диаграмме распределения штилей по 2- или 5-градусным градациям с учетом плотности вероятности температуры по градациям на МС Тикси (см. пример на рисунке 7.5).

Вероятности продолжительности энергетических штилей для ВЭУ следует рассчитывать статистическим анализом с использованием рядов временных данных о скорости ветра с 3-часовым интервалом. Информацию о плотности распределения вероятности продолжительности штилевых простоев ВЭУ получают по результатам статистического анализа рядов временных данных с 3-часовым интервалом, заимствованных из [5].



Примечание — Наиболее информативным источником для временной детализации распределения длительности энергетических штилей для ВЭУ служат данные одно-, двухгодовых измерений на ВИК (при их наличии).

Рисунок 7.5 — Вероятность распределения ветроэнергетических штилей по температуре на МС Тикси

Примеры распределения длительности энергетических штилей и максимальной скорости ветра по температуре, рассчитанных по данным ВИК в Тикси, приведены на рисунках 7.6 и 7.7.

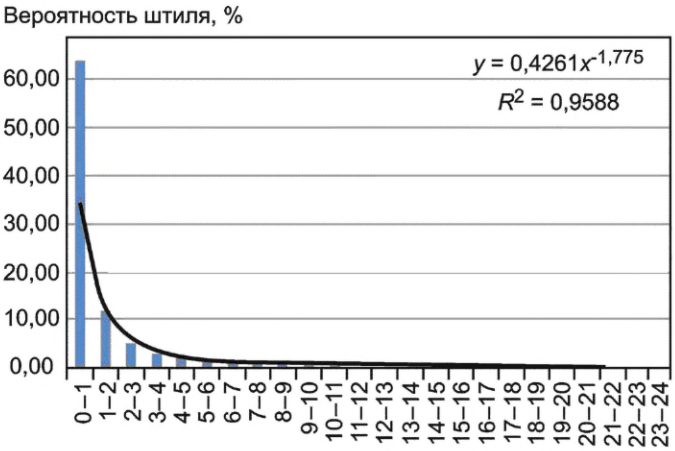

Рисунок.7.6 — Плотность вероятности штилей на МС в Тикси

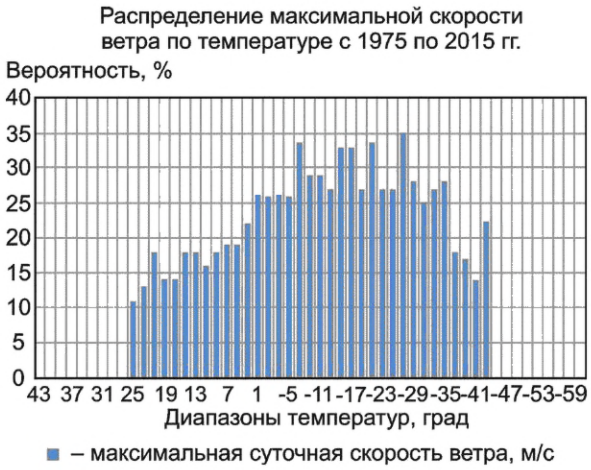

Рисунок 7.7 — Распределение максимальной скорости ветра по температуре на МС в Тикси

7.3.7 Дополнительные данные, необходимые для выбора параметров энергоисточников, резервирующих и выравнивающих переменную мощность ВЭУ и ВЭС и аккумулирующих систем для автономных ВЭУ и ВЭС, рекомендуется рассчитывать по статистическим распределениям длительности периодов с экстремальными для ВЭУ температурами по информации ежемесячника [5].

Оценка средних многолетних сезонных и годовых вероятностей скоростей ветра, превышающих допустимые рабочие (буревые) скорости $V_{бур}$, м/с, современных ВЭУ, составляющих для разных моделей от 20 до 28 м/с, приведена на рисунке 7.8. В данном примере буревая скорость ветра ВЭУ принята равной $V_{бур}$ = 25 м/с, а вероятность рассчитана по данным ВИК на МС в Тикси.



Рисунок 7.8 — Распределение буревых скоростей ветра по градациям температуры на МС в Тикси

Расчет по данным ежемесячника [5] и рекомендуемый формат представления данных статистического анализа распределения по длительности периодов с экстремальными для ВЭУ значениями температуры приведен в таблицах 7.6—7.8 на примере МС в Тикси. В таблице 7.6 приведены результаты расчетов количества периодов разной заданной длительности (1—3, 4—6, 7—9, 10—12, 13—15 сут) со средними многолетними и средними минимальными суточными температурами ниже –40 °С, –45 °С, –50 °С, –55 °С. В средний многолетний год в Тикси выявлено 2,2 и 0,2 (1 раз в 5 лет) и 0,1 (1 раз в 10 лет) периода длительностью соответственно 1 — 3, 4 — 6 и 7 — 9 сут и 4,2; 1,2; 0,4 и 0,1 периода соответственно 1 — 3, 4 — 6, 7 — 9 и 10 — 12 сут со средними и минимальными значениями суточной температуры ниже минус 40 °С. Периоды со средними и минимальными показаниями суточных температур ниже –45 °С длительностью от 1 до 3 сут на МС Тикси наблюдались соответственно 0,2 и 0,8 раз за среднемноголетний год, а периоды от 4 до 6 сут — только для минимальных суточных показаний

температуры со средней частотой 0,1 раз за год, или 1 раз в 10 лет. Периодов со средними и минимальными суточными показаниями температуры ниже –50 °С длительностью более 1 сут на МС Тикси в 1975—2018 гг. не наблюдалось.

Таблица 7.6 — Число периодов разной длительности с многолетними среднесуточными и минимальными суточными температурами ниже *Т** по данным МС Тикси

Диапазон минимальных показаний температуры *Т**	Средние многолетние показания за 1975 — 2015 гг.									
	Число периодов длительности от *N*1 до *N*2 сут со среднесуточными температурами ниже *Т**					Число периодов длительности от *N*1 до *N*2 сут с минимальными суточными температурами ниже *Т**				
	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15
–40 °*С*	2,2	0,2	0,1	0	0	4,2	1,2	0,4	0,1	0
–45 °*С*	0,2	0	0	0	0	0,8	0,1	0	0	0
–50 °*С*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
–55 °*С*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В таблице 7.7 приведены результаты расчетов количества периодов разной длительности с многолетними средними и минимальными суточными показаниями температуры ниже заданных в наиболее холодный год (2013 г.) за 1975—2015 г. с периодами на МС Тикси до 4—6 сут для средних и до 10—12 сут минимальных суточных показаний температуры ниже –45 °С.

Исходя из данных, приведенных в таблицах 7.6 и 7.7 и на рисунке 7.5, следует, что идеальная ВЭУ, максимально полно использующая ветроэнергетический ресурс в районе МС Тикси, должна вырабатывать ЭЭ при температуре ниже –45 °С, а при ее работе в автономном режиме ее необходимо укомплектовывать аккумуляторами емкостью, обеспечивающей энергоснабжение при простое ВЭУ не более 10—12 сут.

Таблица 7.7 — Число периодов разной длительности со средними и минимальными суточными значениями температуры ниже *Т** в наиболее холодный год за 1975—2015 гг., рассчитанными по данным МС Тикси

Диапазон минимальных показаний температуры *Т**	Средние показания за наиболее холодный 2013 год					Средние показания за период 1975—2015 гг.				
	Число периодов длительностью от *N*1 до *N*2 сут со средними суточными показаниями температуры ниже *Т**					Число периодов длительности от *N*1 до *N*2 сут с минимальными суточными показаниями температуры ниже *Т**				
	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15
–40 °*С*	1	1	1	0	0	5	2	0	0	0
–45 °*С*	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
–50 °*С*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
–55 °*С*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Вероятность простоев современных ВЭУ с диапазоном рабочих скоростей от 4 до 25 м/с при экстремально низких температурах (ниже –30 °С) может превышать на 10 % — 15 %, и данные таблиц 7.6 и 7.7 следует уточнять аналогично приведенным в таблице 7.8.

Таблица 7.8 — Количество периодов разной длительности с многолетними среднесуточными показаниями температуры ниже *Т** и ожиданием потепления на 5 °С на МС Тикси за 1975—2015 гг.

Диапазон минимальных температур *Т**	Количество периодов длительности от *N*1 до *N*2 сут со среднесуточными показаниями температуры ниже *Т** и ожиданием потепления на 5 °С					Количество периодов длительности от *N*1 до *N*2 сут со среднесуточными показаниями температуры ниже *Т** и ожиданием потепления на 10 °С				
	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15
–40 °С	3,3	0,9	0,1	0,1	0	5,3	1,9	0,2	0,1	0
–45 °С	0,3	0,1	0	0	0	0,9	0,2	0,1	0,1	0

Окончание таблицы 7.8

Диапазон минимальных температур T^*	Количество периодов длительности от $N1$ до $N2$ сут со среднесуточными показаниями температуры ниже T^* и ожиданием потепления на 5 °С					Количество периодов длительности от $N1$ до $N2$ сут со среднесуточными показаниями температуры ниже T^* и ожиданием потепления на 10 °С				
	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15	1 — 3	4 — 6	7 — 9	10 — 12	13 — 15
–50 °С	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
–55 °С	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7.3.8 Для серийных ВЭУ оценки по 7.3.7 должны быть уточнены на этапе ТЭО с учетом их систем управления, переводящих ВЭУ в нерабочий режим при температурах воздуха ниже минимальных рабочих температур ВЭУ и запускающих их в работу при достижении температуры окружающего воздуха (потеплении) выше минимальных рабочих температур ВЭУ на 5 °С —10 °С (в зависимости от модели ВЭУ).

8 Рекомендации по учету влияния гололедно-изморозевых и снеговых факторов на функционирование и эффективность ВЭУ и ВЭС

8.1 Факторами воздействия на ВЭУ ГИО, ограничивающих нормальное функционирование ВЭУ и требующих специальных технических мер по минимизации их негативного воздействия на ВЭУ, являются следующие: отложения льда, изморози и снега (см. таблицу 8.1) на управляющих устройствах ВЭУ (анемометрах, флюгерах и пр.), вызывающие нарушение и потерю управляемости; отложения ГИО на лопастях ВК ВЭУ, вызывающие снижение их аэродинамического качества, существенное увеличение скорости страгивания ВК ВЭУ и снижение мощности, а также обусловленные ГИО механические нагрузки на элементы и конструкцию ВЭУ, приводящие к их поломкам. Описание механизмов и результатов физического воздействия ГИО на рабочие характеристики и показатели ВЭУ и необходимая для оценок на этапе ПТЭО информация о характеристиках ГИО на территории России приведены в приложении Ж.

Таблица 8.1 — Виды гололедных и снеговых отложений

Вид отложения	Диаметр отложения без учета диаметра провода, мм, не менее	Толщина стенки отложений, мм
Гололед	20	10
Сложное отложение, в т. ч. мокрого снега	35	17
Зернистая, кристаллическая изморозь	50	25

8.2 Совокупность факторов ГИО приводит к снижению выработки ЭЭ ВЭУ вследствие:

- вынужденных простоев ВЭУ при отсутствии в их конструкции систем эффективной борьбы с ГИО, суммарная длительность которых во многих регионах России достигает 160—280 ч в год (со среднегодовой потерей мощности до 3 % и более);

- энергетических и экономических затрат части (до 10 % в периоды ГИО и до 2 % — 3 % в годовом исчислении) выработанной ВЭУ энергии на питание систем антиобледенения ВЭУ при их наличии (с подогревом лопастей ВК, устройств управления и прочих элементов) с соответствующим снижением среднегодовой выдачи энергии потребителю.

8.3 Типы и параметры систем борьбы с ГИО при конструировании и эксплуатации ВЭУ следует выбирать с учетом повторяемости, непрерывной длительности, интенсивности образования и мощности (толщины) отложений ГИО в соответствии с СП 131.13330 и справочника [6].

8.4 Оценку толщины отложений ГИО по регионам России проводят в соответствии с СП 131.13330 по максимальной толщине стенки гололеда на металлической поверхности круглого сечения с повторяемостью 1 раз в 25 лет. Районирование территории России по нормативной толщине стенки гололеда на высоте 10 м с повторяемостью 1 раз в 25 лет приведено на рисунке 8.1.

Примечание — В районах VI и со сложным рельефом (горы и перевалы, горные долины, котловины) толщину стенки гололеда определяют по данным специальных исследований.

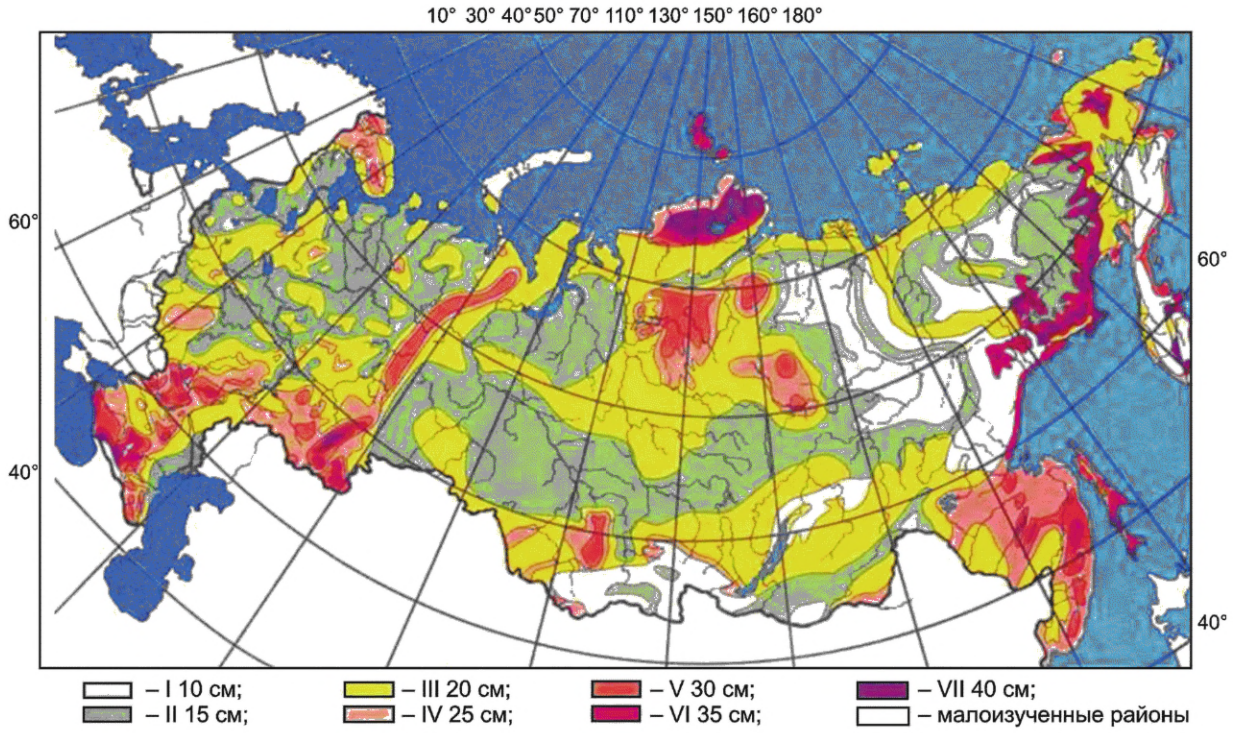

Рисунок 8.1 — Карта районирования территории России по нормативной толщине стенки гололеда

8.5 Предварительную оценку скорости отложений ГИО в различных регионах проводят с использованием модели, описанной в приложении Ж.

8.6 Оценку среднемесячных и годовых количеств дней с ГИО проводят по данным таблицы Ж.5, полученным путем статистической обработки данных МС в 50 пунктах, представляющих различные климатические регионы России.

8.7 Детальная по числу характеристик ГИО, представительная по числу пунктов на территории России (свыше 500) и статистически достоверная (основанная на метеонаблюдениях, начиная с 1946 г. и заканчивая годами обобщения данных справочников) информация для оценки на этапе ПТЭО вероятности и интенсивности ГИО в заданном районе содержится в справочниках Госкомгидромета СССР и Росгидромета. В состав информации этих справочников входят данные по гололеду, изморози, снегу, сложным отложениям, а также следующая информация:

- о среднем и наибольшем (с указанием года регистрации) количестве дней с визуально наблюдаемым гололедом и изморозью за период обобщения;
- средних и наибольших по месяцам и за год количествах дней с различными видами ГИО на проводах гололедного станка и среднем количестве дней с ГИО независимо от вида отложений за период обобщения;
- повторяемости значений годовых максимумов ГИО на 1 м провода, г/м;
- статистических характеристиках (наибольших для пункта метеонаблюдения измеренной массы ГИО и средних значений годового максимума и их СКО);
- повторяемости направлений ветра и штилей при максимальном отложении в каждом зарегистрированном случае ГИО в зависимости от массы отложения;
- повторяемости максимальных отложений каждого вида ГИО по градациям скорости ветра (осредненной за 2 мин при измерении флюгером или за 10 мин при измерении анеморумбометром) в каждом случае обледенения.

8.8 Решением гололедной проблемы для ВЭУ в климатических районах с высокой вероятностью ГИО является оснащение ВЭУ системами антиобледенения с минимизированными затратами энергии.

8.9 Для минимизации затрат энергии в системах борьбы с ГИО рекомендуется использовать возможности получения ежедневных краткосрочных прогнозов ГИО региональных служб Росгидромета, передаваемых потребителям с использованием автоматизированной оперативной связи, разрабатыва-

емых по данным метеорологических наблюдений и измерений отложений ГИО на проводах гололедного станка (см. таблицу 8.1) и включающих следующие показатели:

- дату, время возникновения и оценку длительности ожидаемого ГИО;
- район возникновения (распространения) ГИО;
- наименование и максимальную интенсивность ГИО.

8.10 Наличие прогнозов ГИО позволяет минимизировать затраты на энергопотребление, на борьбу с ГИО и планировать режимы работы и эксплуатации ВЭУ и ВЭС. Оснащение ВЭУ автоматизированными средствами приема данных о прогностической опасности ГИО с выдачей соответствующих команд системе управления ВЭУ на запуск систем обогрева или иных устройств противодействия ГИО позволяет многократно снизить затраты ЭЭ на борьбу с ними и минимизировать их негативное воздействие на работу и производительность ВЭУ.

9 Рекомендации по определению и учету влияния атмосферных осадков на функционирование и энергоэффективность ВЭУ и ВЭС

9.1 Воздействие дождевых (в том числе ливневых) осадков на ВЭУ сводится к силовому сопротивлению вращения ВК ВЭУ и к снижению частоты его вращения и мощности за счет передачи части его импульса твердым или жидким частицам осадков и увеличивается с повышением уровня дождевых и снеговых осадков.

9.2 Сильные ливневые осадки с интенсивностью более 3 мм/мин (для ВЭУ в климатическом исполнении УХ и Х) и 5 мм/мин (для ВЭУ в исполнении Т) ограничивают рабочий диапазон ВЭУ в соответствии с данными таблицы 7.1.

9.3 Снижение мощности ВЭУ при сильных осадках (до 120 мм/ч и более) зависит от геометрии лопастей и аэродинамики их ВК и достигает 5 % и более.

9.4 При умеренных и слабых дождевых и снеговых осадках (≤10 мм/ч) снижение мощности ВЭУ не превышает 0,3 % — 0,5 %.

9.5 Согласно СП 131.13330 предварительные (осредненные по крупным регионам территории России и стран СНГ) данные об уровне и распределении осадков (дождевых в теплый период года и снеговых в холодный период года) приведены на рисунках 9.1 и 9.2.

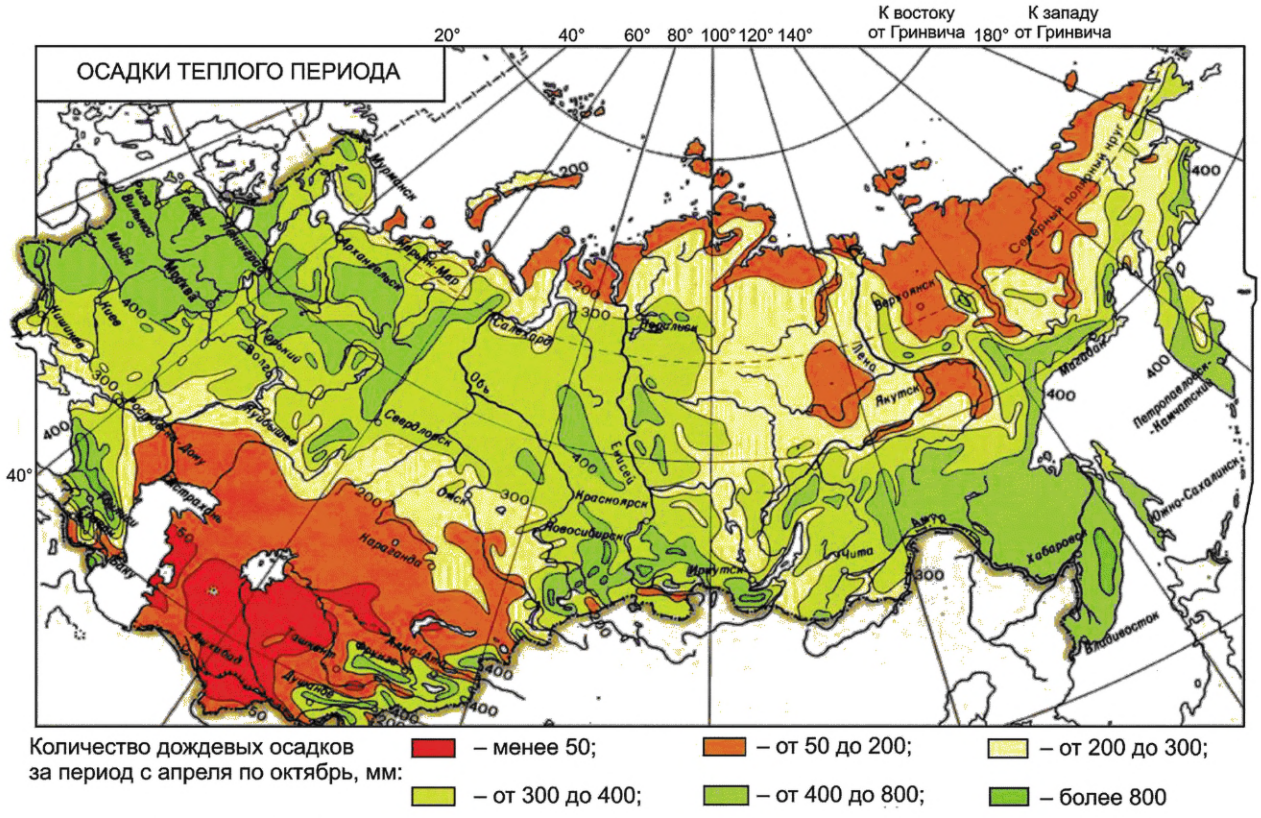

Рисунок 9.1 — Карта распределения дождевых осадков на территории бывшего СССР

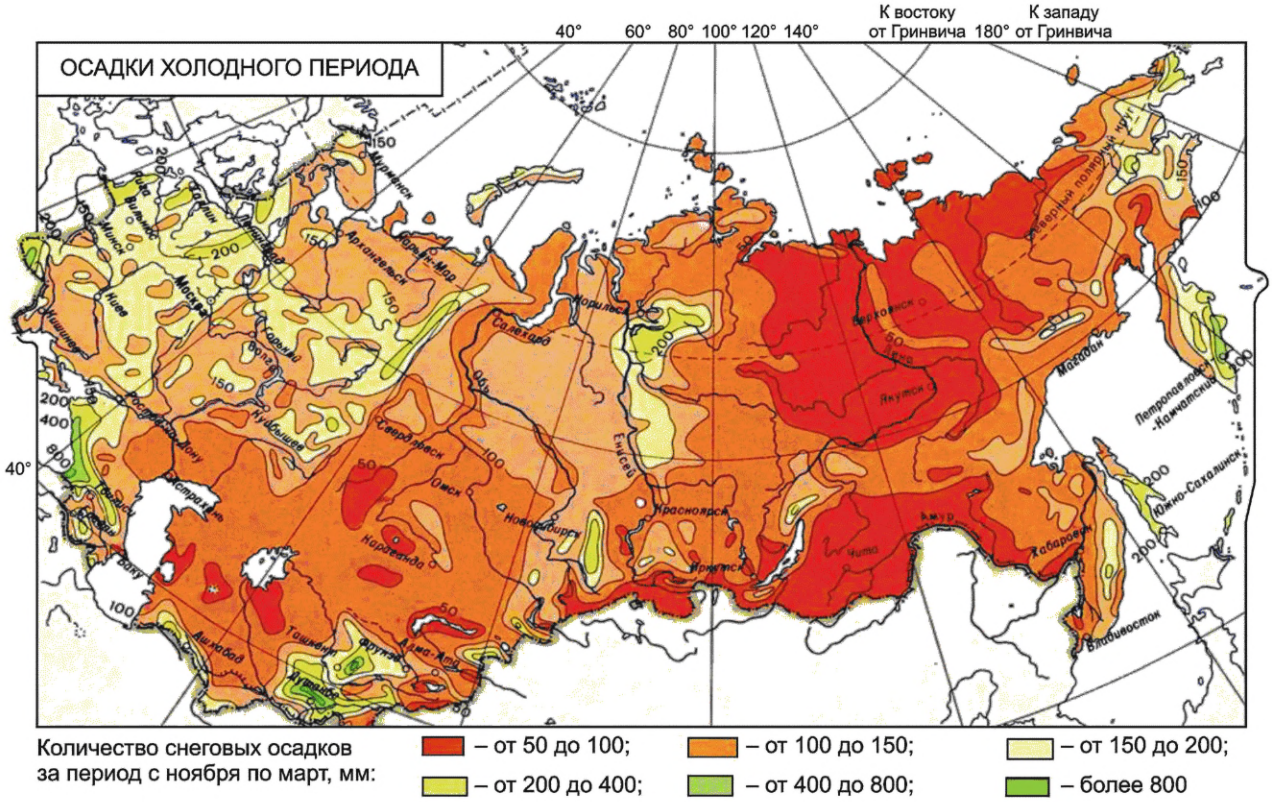

Рисунок 9.2 — Карта распределения снеговых осадков на территории бывшего СССР

9.6 Уровень дождевых и снеговых осадков анализируют по многолетним данным МС в исследуемом пункте (при наличии в нем соответствующих метеорологических наблюдений) или на ближайших МС рассматриваемого района.

9.7 С учетом малых уровней дождевых осадков на территории России в летний (≤1000 мм с апреля по октябрь) и снеговых осадков в зимний (не выше 1000 мм с ноября по март) период среднегодовое снижение мощности ВЭУ можно считать пренебрежимо малым на большей части территории России и не учитывать на этапе подготовки ПТЭО.

10 Рекомендации по оценке и минимизации влияния опасных климатических явлений на функционирование и эффективность ВЭУ

10.1 Рекомендации по определению и минимизации влияния грозовых факторов на функционирование и энергоэффективность ВЭУ и ВЭС

10.1.1 Наиболее существенными и опасными для ВЭУ факторами грозы являются сопровождающие их шквальные ветра и реже встречающиеся, разрушительные по своей силе смерчи, а также электрические разряды (молнии).

10.1.2 При проведении работ по мониторингу, прогнозу и минимизации влияния опасных метеорологических явлений и процессов следует руководствоваться положениями ГОСТ Р 22.1.07 и ГОСТ Р 54418.24, определяющих основные грозовые и молниевые характеристики и механизмы воздействия грозовых факторов на функционирование и сохранность ВЭУ и ВЭС, и принимать меры по предотвращению негативного воздействия молний и связанных с ними грозовых факторов на ВЭУ.

10.1.3 К негативным действиям грозовых факторов на ВЭУ и ВЭС относят:

- короткие замыкания, оплавления элементов, возгорание лопастей, механических узлов и электрических элементов, вызываемых молниями при их попадании в ВЭУ;
- ударные волны при громе с динамическим воздействием на элементы ВЭУ, приводящим к нарушению работы и поломкам ВЭУ и инфраструктуры ВЭС;
- ударные силовые нагрузки на движущиеся лопасти и ВК в целом и системы управления ВЭУ при сопровождающих грозу шквалах и сильных порывах ветра.

10.1.4 Нейтрализация воздействия грозовых факторов на ВЭУ, функционирующих в районах с высокой активностью гроз, обеспечивается повышением прочности элементов их конструкции (лопастей, ВК, систем управления, башен) и соответствием ветрового класса ВЭУ классу ветров в МПР, а также комплектацией ВЭУ надежными системами молниеотвода, соответствующими требованиями ГОСТ Р 22.1.07 и ГОСТ Р 54418.24.

10.1.5 На этапе ПТЭО проводят количественную оценку действия факторов грозы на энергетические показатели ВЭУ или ВЭС. В состав необходимых для этого характеристик гроз входят их повторяемость и продолжительность (средняя, максимальная и суммарная за год), а также интенсивность молниевой активности.

10.1.6 Данные о характеристиках грозовых факторов на территории России, используемых при подготовке ПТЭО проектов ВЭУ или ВЭС, содержатся в ГОСТ Р 22.1.07, ГОСТ Р 54418.24, СП 131.13330, в справочниках Госкомгидромета СССР и Росгидромета России [5], [6].

10.1.7 Данные СП 131.13330 о количестве часов с грозой на территории России приведены на рисунке 10.1.

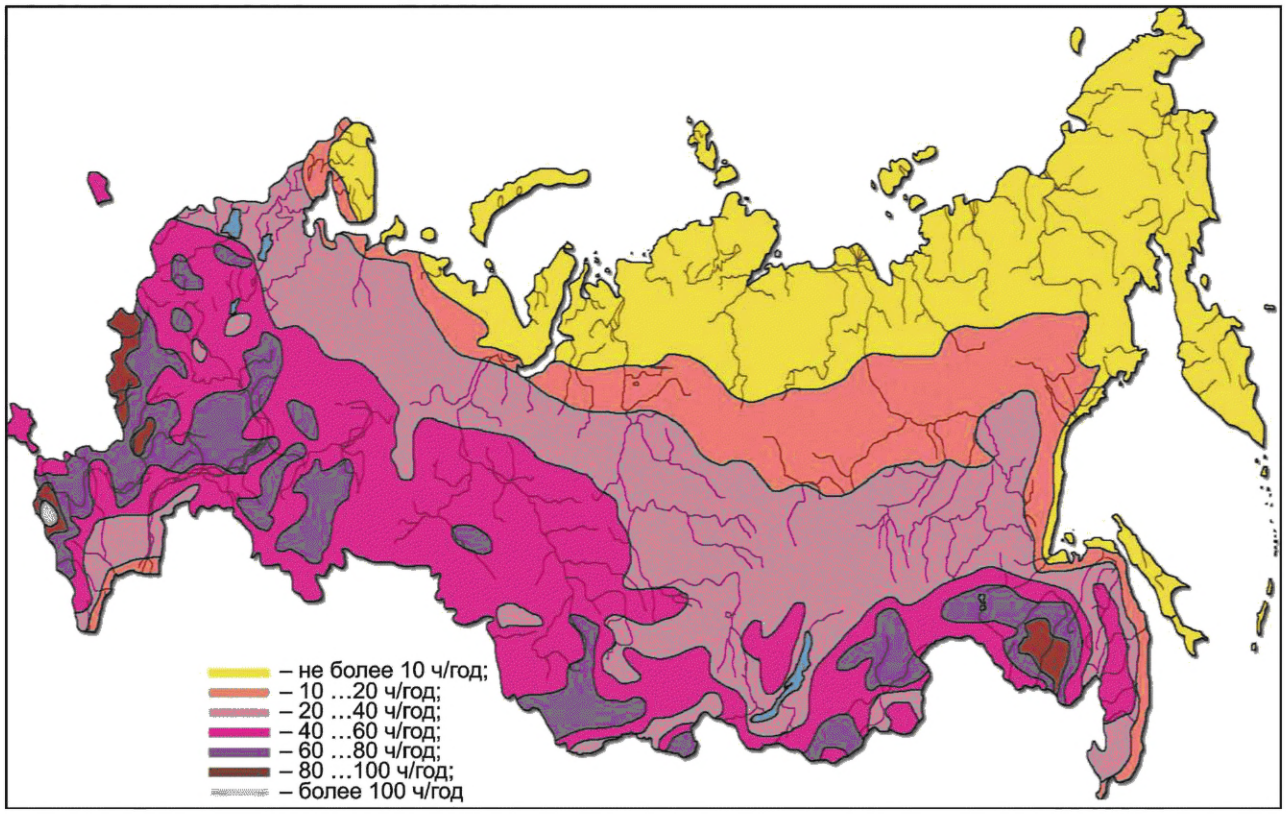

Рисунок 10.1 — Среднегодовая продолжительность гроз на территории России согласно СП 131.13330

10.1.8 Информация о количестве дней с грозой на территории России по СП 131.13330 приведена в таблице 10.1.

Таблица 10.1 — Среднегодовое количество дней с грозой в некоторых городах

Город	Количество дней с грозой	Город	Количество дней с грозой	Город	Количество дней с грозой
Архангельск	20	Владивосток	13	Казань	28
Астрахань	14	Волгоград	21	Калининград	18
Барнаул	32	Воронеж	26	Красноярск	24
Благовещенск	28	Екатеринбург	28	Москва	24
Брянск	28	Иркутск	15	Мурманск	4

Окончание таблицы 10.1

Город	Количество дней с грозой	Город	Количество дней с грозой	Город	Количество дней с грозой
Нижний Новгород	28	Санкт-Петербург	16	Хабаровск	25
Новосибирск	20	Саратов	28	Ханты-Мансийск	20
Омск	27	Сочи	50	Челябинск	24
Оренбург	28	Ставрополь	26	Чита	27
Петропавловск-Камчатский	1	Сыктывкар	25	Южно-Сахалинск	7
Ростов-на-Дону	31	Томск	24	Якутск	12
Самара	25	Уфа	31	—	—

10.1.9 Анализ среднегодового количества связанных с молниями опасных явлений для ВЭУ проводят по среднегодовой частоте попадания молний непосредственно в ВЭУ, вблизи ВЭУ (не ближе 250 м), в линии электропитания и связи, подведенные к ВЭУ. Плотность ударов молнии рассчитывают по формуле

$$N = 6{,}7 \cdot T/100, \qquad (10.1)$$

где T — среднегодовая продолжительность гроз, определяемая согласно СП 131.13330 по картам интенсивности грозовой деятельности на территории России (см. рисунок 10.1).

10.1.10 Данные о среднем количестве ударов молнии в землю на 1 км^2/год, установленные в СП 131.13330, приведены в таблице 10.2.

Таблица 10.2 — Среднегодовое количество ударов молнии на 1 км^2 поверхности земли $N_{молн}$

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	$N_{молн}$	Среднегодовая продолжительность гроз, ч	$N_{молн}$
От 20 до 40	2,5	От 80 до 100	6,3
От 40 до 60	3,8	Более 100	7,5
От 60 до 80	5,0		

10.1.11 При сильных грозах с высокой молниевой активностью рекомендуется останавливать ВЭУ на время грозы, продолжающейся от нескольких десятков минут до нескольких часов, приводящих к уменьшению средней сезонной и годовой мощности и выработки энергии ВЭУ.

10.1.12 Анализ на этапе ПТЭО годовых потерь мощности и выработки энергии ВЭУ $\Delta_{гр}$, %, из-за грозовых факторов в МПР ВЭУ проводят по отношению годового времени с грозами к общему годовому времени (8760 ч) исходя из средней продолжительности гроз $T_{гр}$, ч, определенной по данным рисунка 10.1, количества дней с грозами $N_{гр}$ по таблице 10.1 (исходя из одноразовых гроз в сутки), а также с учетом времени останова ВЭУ в целях минимизации грозовой опасности, превышающего установленную продолжительность гроз на 1 ч, используя при этом возможность дистанционного получения краткосрочных грозовых прогнозов из региональных центров погоды, которые вычисляют по формуле

$$\Delta_{гр} = 100 \cdot (1 + T_{гр} / N_{гр})/8760. \qquad (10.2)$$

Анализ на этапе ПТЭО годовых потерь мощности и выработки энергии ВЭУ $\Delta_{гр}$, %, может составлять от 0 % в северных и от 0,5 % до 1,5 % в южных районах России.

10.2 Рекомендации по учету влияния града на показатели ВЭУ

10.2.1 Град относят одновременно к атмосферным осадкам и опасным метеорологическим явлениям, которые представляют опасность для ВЭУ и ВЭС на значительной части территории России (см. РД [1]).

10.2.2 Градины с линейным размером не более 10 см при скорости их падения до десятков метров в секунду при попадании на элементы ВЭУ могут вызвать поломку управляющих измерительных анемометров и румбометров ВЭУ и деформацию поверхности лопастей, которые многократно усиливаются при вращающемся ВК ВЭУ за счет сложения скоростей градин и движения лопасти.

10.2.3 Выпадение града при работающей ВЭУ приводит к силовому сопротивлению вращения ВК ВЭУ и к снижению частоты его вращения с соответствующим падением мощности. Согласно оценкам снижение мощности ВЭУ при сильном граде может достигать от 3 % до 5 %.

10.2.4 Районирование территории России по градоопасности по критерию годовой повторяемости среднего и максимального количества дней с градом приведено на рисунке 10.2 (см. [1]), разработанной на основе данных наблюдений за градовой активностью на МС и радиолокационной сети Росгидромета.

10.2.5 Повторяемость выпадения града имеет сезонный ход (см. [1]). Максимум дней с градом выпадает на период май—август. В суточном ходе максимум градовой активности наблюдается в промежуток с 14 до 19 ч.

10.2.6 Длительность выпадения града варьируется от нескольких минут до часа и более (при среднем 5—10 мин). Размер градин составляет от долей до десятка сантиметров.

10.2.7 Годовая повторяемость среднего и максимального числа дней с градом приведена в таблице 10.3 (см. РД [1]).

Таблица 10.3 — Годовая повторяемость среднего и максимального количества дней с градом

Критериальные значения, количество дней	Характеристика градоопасности		Критериальные значения, количество дней	Характеристика градоопасности	
	Степень	Наименование		Степень	Наименование
Более 8,0	1	Высокая	От 1,0 до 2,0 включ.	4	Низкая
От 4,0 до 8,0 включ.	2	Повышенная	От 0,1 до 1,0 включ.	5	Слабая
От 2,0 до 4,0 включ.	3	Средняя			

10.2.8 Площадь выпадения града составляет от долей до нескольких сотен квадратных километров при длине полос выпадения града от сотен метров до десятков километров и при ширине полос от десятков метров до нескольких километров.

10.2.9 Для минимизации градовой опасности рекомендуется останавливать ВЭУ на периоды выпадения града. Падением выработки ЭЭ ВЭУ во время простоев пренебрегают.

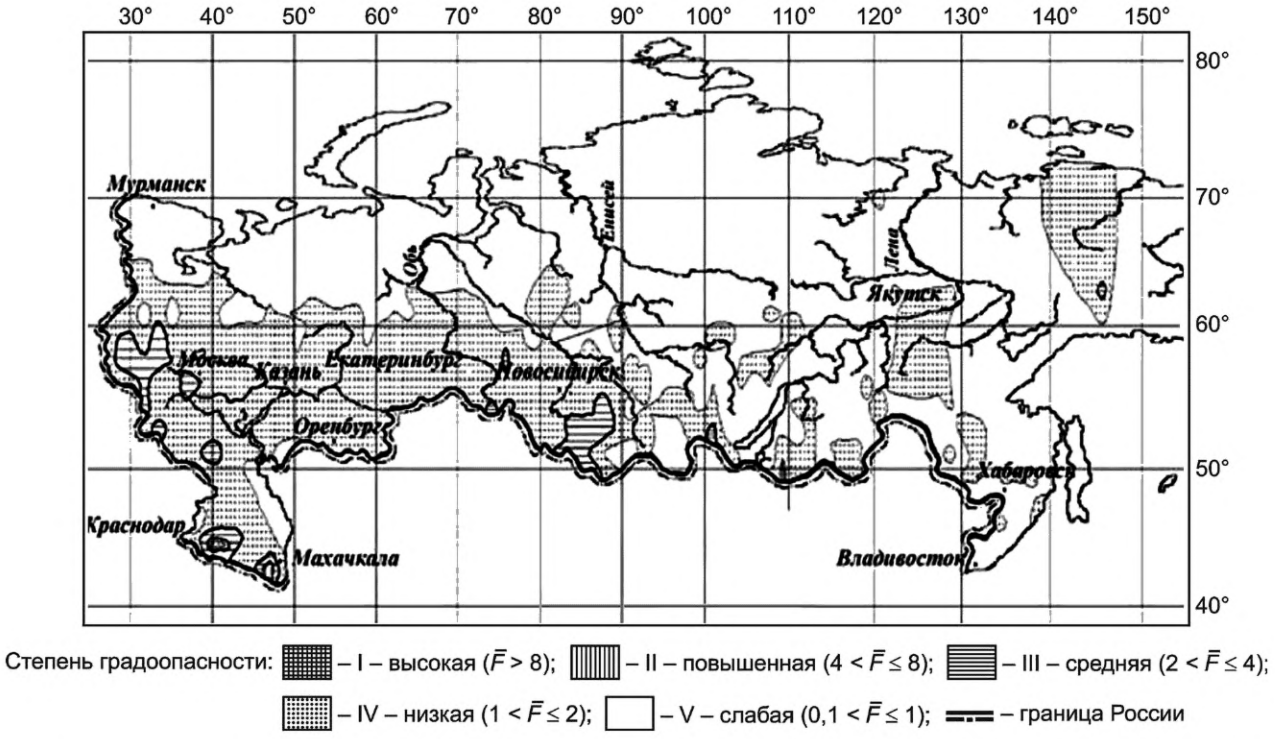

Рисунок 10.2 — Распределение вероятности F градовой опасности на территории России за многолетний период метеорологических наблюдений (по [1])

10.3 Рекомендации по учету влияния метелей на энергетические показатели ВЭУ и ВЭС

10.3.1 Метель (буран, вьюга, снежная буря) — это перенос снега ветром со скоростями от 6—9 м/с до 25—30 м/с (до 40 м/с и более в российских арктических районах) в ПзСА до высот от нескольких до сотен метров со снижением видимости до нескольких сотен или десятков метров согласно СП 131.13330 и, как правило, с понижением температуры.

10.3.2 Наличие твердой снеговой фракции в метелевых воздушных потоках приводит к дополнительному силовому сопротивлению вращению ВК работающей ВЭУ и к снижению частоты его вращения с соответствующим падением его мощности. Снижение мощности ВЭУ при метелях большой интенсивности может достигать от 3 % до 5 %.

10.3.3 Метелевую активность в заданном районе определяют суммарным за год количеством дней с метелями (до 100 и более), средней и максимальной непрерывной длительностью метелей, выраженной в часах (от нескольких часов до нескольких суток), и их интенсивностью.

10.3.4 Интенсивность метели определяется массой снега, переносимого в секунду через 1 м фронта снего-ветрового потока вдоль поверхности земли, и зависит от скорости и турбулентности двухфазного снего-ветрового потока, интенсивности снегопада, формы и размеров частиц снега, температуры и влажности воздуха. По максимуму снегопереноса выделяют виды метелей, приведенные в таблице 10.4.

Таблица 10.4 — Параметры интенсивности метелей

Интенсивность	Скорость ветра, м/с	Максимальный снегоперенос, кг/(м·с)
Слабая	6—10	Не более 0,2
Обычная	10—20	Не более 0,4
Сильная	20—30	Не более 1,2
Очень сильная	30—40	Не более 2,0
Сверхсильная	40—90	Более 2,0

10.3.5 Расход твердой фракции (снега) низовой метели Q, кг/(м·с), в зависимости от скорости ветра метели $V_м$ на высоте метеоизмерений (10—15 м) рассчитывают по формуле

$$Q = 0{,}0076 \cdot (V_м - 5)^3. \quad (10.3)$$

10.3.6 Динамика и вертикальная структура скорости ветра в двухфазном воздушном метелевом потоке приведены на рисунке 10.3 и имеют следующие особенности:

- скорость ветра по мере развития метели возрастает в ее начальный полупериод и уменьшается в конечный полупериод (см. рисунок 10.3, заимствованный из СП 131.13330).

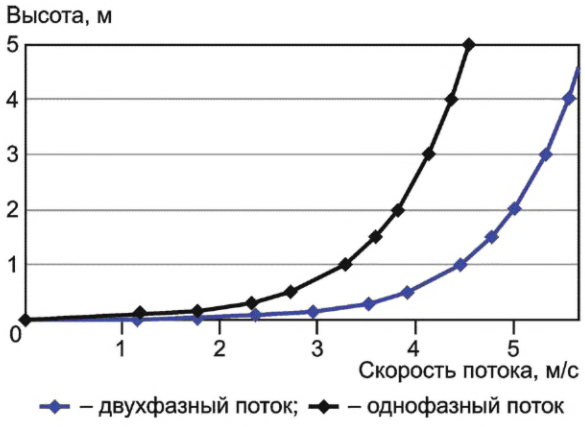

Рисунок 10.3 — Профиль скорости ветра в однофазном и двухфазном метелевых потоках

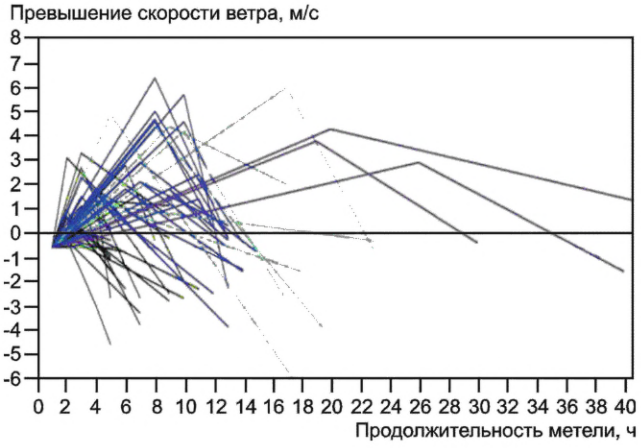

Рисунок 10.4 — Изменение скорости ветра при метели относительно начальной скорости переноса

- скорость ветра в двухфазном метелевом потоке нарастает с высотой существенно быстрее, чем в «чистом» однофазном потоке (см. рисунок 10.4), что обусловлено увеличением плотности воздушного потока в метелях и уменьшением турбулентных пульсаций двухфазного потока при увеличении концентрации твердой фазы;

- продолжительность метели слабо зависит от величины начальной скорости V, а интенсивность роста и падения скорости ветра возрастает с уменьшением продолжительности метели. Скорость ветра на момент затухания метелевого переноса, как правило, меньше скорости в его начале;

- в турбулентном метелевом потоке средние линейные размеры частиц снега в зависимости от высоты уменьшаются (с 0,08—0,05 мм на высоте ≤1 м до 0,03—0,02 мм на высоте ≥10 м).

10.3.7 Осредненные по крупным регионам территории России данные об уровне и распределении метелей приведены на рисунке 10.5.

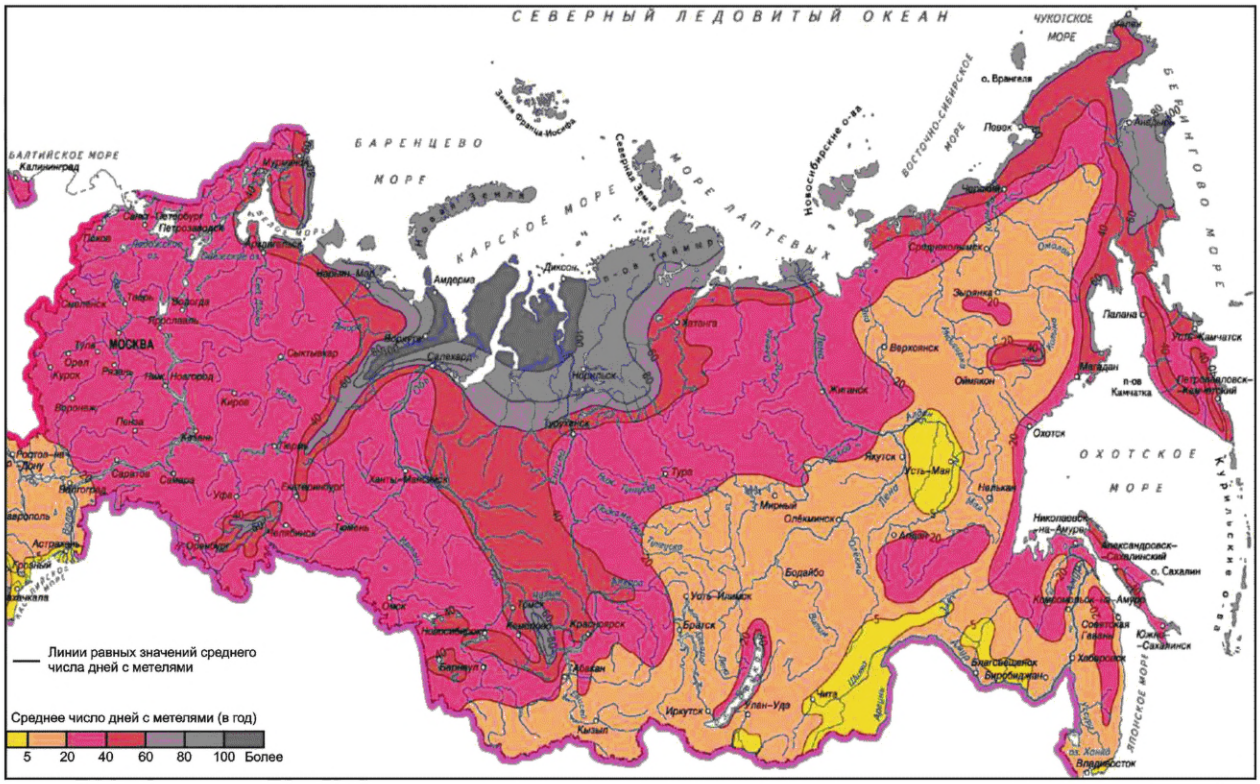

Рисунок 10.5 — Среднегодовое число дней с метелью на территории России по СП 131.13330

10.3.8 По многолетней статистике метели наблюдаются ежегодно на большей части территории России с ноября по март, а в северных регионах России — с сентября по май.

10.3.9 Наиболее точную оценку статистических и физических характеристик метелей рекомендуется проводить по многолетним данным МС в исследуемом пункте (при наличии в нем метеорологических данных) или ближайших к нему МС, содержащихся в справочниках Госкомгидромета СССР и Росгидромета.

10.3.10 Оценку на этапе ПТЭО годовых потерь мощности и выработки энергии ВЭУ $\Delta_м$, %, из-за фактора метели проводят по соотношению количества суток с метелями, определенному по данным, приведенным на рисунке 10.5, к количеству суток в году (365 сут), в допущении о средней длительности метелей, равной 1 сут, и снижении $P_{ВЭУ}$ при метелях на 3 % по формуле

$$\Delta_м = 100 \cdot 0{,}04 \cdot N_м/365, \qquad (10.4)$$

которая составляет от 0,1 % на юго-востоке Сибири до 1,5 % — 2,0 % в северных районах России.

10.4 Рекомендации по учету влияния пыльных бурь на энергетические показатели ВЭУ

10.4.1 Пыльная буря — это перенос в засушливые периоды в слое атмосферы высотой от нескольких метров (пыльные и песчаные поземки) до 6—7 км при неустойчивой стратификации

атмосферы больших масс пыли или песка ветрами со скоростями не менее 10—12 м/с, сопровождаемый ухудшением горизонтальной видимости (до сотен и десятков метров) согласно СП 131.13330.

10.4.2 Пыль — это твердый атмосферный аэрозоль почвенного происхождения с размерами частиц $\approx 10^{-4}$—10^{-6} м, включающий частицы морской соли, органики (бактерии, споры, пр.) рыхлой структуры с плотностью, меньшей вещества почвы, с концентрацией числа пылинок в единице объема достигает сотен тысяч и более.

10.4.3 Пыле-буревую активность в заданном районе определяют суммарным за год количеством дней с пыльными бурями (до 20 и более), их непрерывной продолжительностью (от нескольких минут до 24 ч и более) и их интенсивностью.

10.4.4 Интенсивность пыльной бури зависит от скорости и турбулентности двухфазного пыле-ветрового потока, формы и размеров частиц пыли и определяется массой пыли, переносимой через 1 м фронта пыле-ветрового потока вдоль поверхности земли за 1 с по СП 131.13330.

10.4.5 Количество дней с пыльными бурями на территории России приведено на рисунке 10.6 (см. СП 131.13330). В засушливые периоды пыльные бури развиваются в степной и лесостепной зонах России: в Астраханской, Воронежской, Самарской, Волгоградской, Ростовской, Саратовской, Курганской, Новосибирской, Оренбургской, Омской, Челябинской, Читинской областях, в Ставропольском, Алтайском, Краснодарском, Приморском краях, в Республиках Башкирия, Бурятия, Калмыкия, Крым, Тыва.

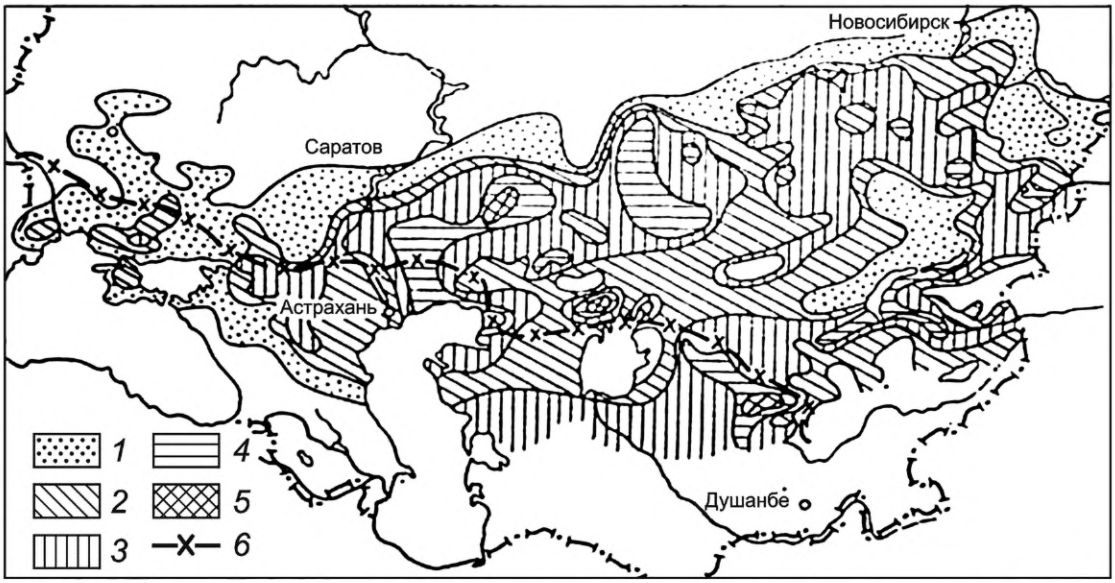

Рисунок 10.6 — Число дней с пыльными бурями на территории России и стран СНГ
(*1* — 1 ÷ 5, *2* — 6 ÷ 10, *3* — 11 ÷ 20, *4* — 20 ÷ 40, *5* — 40 и более,
6 — граница устойчивого снежного покрова)

10.4.6 Суточный ход пыльных бурь соответствует летнему суточному ходу скорости ветра и ходу неустойчивости температурной стратификации в ПзСА.

10.4.7 Твердые фракции в воздушном потоке негативно влияют на работу ВЭУ за счет:

- абразивного действия на движущиеся компоненты ВЭУ (ВК, главный вал, поворотные механизмы) с риском поломок ВЭУ во время пыльных бурь и сокращением ресурса ВЭУ;
- коррозийного действия солевых фракций на материалы компонентов ВЭУ;
- силового сопротивления вращению ВК ВЭУ и снижению частоты его вращения и мощности ВЭУ (по аналогии с действием метелей), достигающего при сильной буре 3 % — 5 %.

10.4.8 Для минимизации воздействия на ВЭУ рекомендуется их остановка на время действия пыльных бурь, а по их окончании необходима очистка от пыли лопастей, ступиц, мультипликаторов, генераторов, поворотных, тормозных и прочих систем ВЭУ.

10.4.9 Ввиду малой суммарной (≤ нескольких десятков часов) и относительной (≤ 0,3 %) продолжительности пыльных бурь на территории России среднегодовым падением годовой выработки ЭЭ ВЭУ за счет вызванных пыльными бурями простоев на этапе ПТЭО пренебрегают.

11 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС пространственной и временной изменчивости характеристик ветра

11.1 Учет влияния высотного профиля скорости ветра на мощность ВЭУ

11.1.1 Расчеты мощности ВЭУ с горизонтальной осью вращения ВК выполняют по характеристикам ветра на высоте оси ВК ВЭУ $H_{ВК}$ в допущении о линейном росте скорости ветра $V(h)$ с высотой на расстояниях порядка диаметра ВК $D_{ВК}$ менее 20—30 м. Но для ВЭУ с диаметром $D_{ВК}$ и $H_{ВК}$ не менее 80—100 м в силу нелинейности профиля в 100-метровом ПзСА это допущение не выполняется (см. [2]). В силу разности удельной мощности ветра, приходящего на верхний и нижний полукруги ВК ВЭУ, мощность ВЭУ, рассчитанная по характеристикам ветра на высоте $H_{ВК}$, оказывается завышенной относительно реальной мощности.

11.1.2 Значения коэффициентов, понижающих мощности ВЭУ, которые рассчитаны по характеристикам ветра на высоте $H_{ВК}$ при нелинейных профилях скорости ветра $V(h)$ и моделируют разные ветровые условия (при разных значениях скоростей ветра на высотах метеорологических $h^{метео}$ и аэрологических измерениях h^{100} на высоте 100 м), приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 — Коэффициенты коррекции мощности ВЭУ для высотных профилей скорости ветра $V(h)$, рассчитанных по формулам (6.1) и (6.2), скоростях ветра $V^{метео}$ и V^{100} на высотах соответственно $h^{метео}$ и h^{100} и для разных $D_{ВК}$ и $H_{ВК}$ ВЭУ

$V^{метео}$, м/с, на $h^{метео}$	V_{100}, м/с, на h^{100}	$D_{ВК}$ = 20 м			$D_{ВК}$ = 30 м			$D_{ВК}$ = 40 м			$D_{ВК}$ = 50 м		
		$H_{ВК}$, м			$H_{ВК}$, м			$H_{ВК}$, м			$H_{ВК}$, м		
		20	30	40	30	40	50	35	45	55	40	50	60
2,0	5,0	0,999	0,999	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998	0,999	0,997	0,998	0,998
2,0	6,0	0,997	0,998	0,999	0,995	0,972	0,998	0,995	0,997	0,998	0,995	0,996	0,997
3,0	5,0	0,991	0,996	0,998	0,991	0,995	0,997	0,988	0,993	0,995	0,986	0,991	0,994
3,0	6,0	0,993	0,997	0,998	0,992	0,996	0,997	0,990	0,994	0,995	0,987	0,992	0,994
3,0	7,0	0,996	0,998	0,998	0,994	0,996	0,997	0,992	0,994	0,996	0,989	0,992	0,994
4,0	6,0	0,991	0,996	0,998	0,991	0,995	0,997	0,989	0,993	0,995	0,986	0,991	0,994
4,0	7,0	0,991	0,996	0,998	0,991	0,995	0,996	0,987	0,992	0,995	0,984	0,990	0,993
4,0	8,0	0,991	0,996	0,997	0,990	0,994	0,996	0,987	0,991	0,994	0,983	0,989	0,992
5,0	7,0	0,992	0,997	0,998	0,992	0,996	0,997	0,989	0,994	0,996	0,987	0,992	0,995
5,0	8,0	0,991	0,996	0,998	0,990	0,995	0,997	0,987	0,992	0,995	0,984	0,990	0,993
6,0	8,0	0,993	0,997	0,998	0,993	0,996	0,998	0,991	0,995	0,996	0,989	0,993	0,995
6,0	9,0	0,991	0,996	0,998	0,991	0,995	0,997	0,988	0,993	0,995	0,986	0,991	0,994
7,0	8,0	0,996	0,999	0,999	0,997	0,998	0,999	0,995	0,997	0,998	0,994	0,997	0,998
7,0	9,0	0,994	0,997	0,999	0,994	0,997	0,998	0,992	0,995	0,997	0,991	0,994	0,996
8,0	9,0	0,997	0,999	0,999	0,997	0,999	0,999	0,996	0,998	0,999	0,996	0,997	0,998
8,0	10,0	0,995	0,998	0,999	0,995	0,997	0,998	0,994	0,996	0,998	0,992	0,995	0,997

Примечания

1 Данные строк со скоростями $V^{метео}$ = 3,0 – 4,5 м/с характеризуют равнинные и степные территории ЕТР и Западной Сибири, $V^{метео}$ = 4,5 – 6,0 м/с — побережья крупных рек, водохранилищ, озер и внутренних морей, а $V^{метео}$ ≥6,0 м/с — побережья внешних морей и островов.

2 С увеличением скорости $V^{метео}$ эффект уменьшения мощности ВЭУ, обусловленный нелинейностью высотного профиля скорости ветра $V(h)$, убывает и для ветровых условий прибрежных и островных территорий, акваторий морей и крупных озер эффект оказывается пренебрежимо малым.

11.1.3 На большей части территории России со скоростями ветра $V^{метео}$ ≈3,5 – 4,5 м/с уменьшение мощности ВЭУ из-за нелинейности профиля *V(h)* может достигать 2,0 %.

11.1.4 Расчет оценок мощности ВЭУ на территории России необходимо проводить с учетом понижающих коэффициентов, приведенных в таблице 11.1.

Примечание — Районы со средними скоростями ветра $V^{метео}$ ≤3 м/с и V^{100} ≤5 м/с не представлены в таблице 11.1, так как являются неперспективными для эффективного использования ВЭУ.

11.2 Учет влияния высотного сдвига направления ветра на мощность ВЭУ

11.2.1 Поворот направления ветра φ(*h*) на расстояниях по вертикали порядка $D_{ВК}$ (до 20°—30° в нижнем 100-метровом ПзСА) приводит к работе лопастей ВК, находящихся в нижнем и верхнем положениях под разными и неоптимальными углами атаки к набегающему потоку, приводя тем самым к уменьшению реальной мощности ВЭУ по сравнению с рассчитанной без учета φ(*h*).

11.2.2 При оценках мощности ВЭУ с учетом сдвига направления ветра на этапе ПТЭО рекомендуется использовать коэффициенты коррекции, приведенные в таблице 11.2.

Таблица 11.2 — Рекомендуемые коэффициенты коррекции мощности ВЭУ с учетом высотных градиентов направления ветра *dφ/dh*, °/100 м, при разных диаметрах $D_{ВК}$ ВЭУ

dφ/dh, °/100 м	$D_{ВК}$, м							
	20	30	40	50	60	80	100	120
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10,0	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,994	0,992
20,0	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,993	0,988	0,984
30,0	0,998	0,996	0,992	0,988	0,984	0,971	0,956	0,937

11.2.3 Для ВЭУ с диаметром ВК $D_{ВК}$ не более 50 м эффект снижения мощности ВЭУ за счет вертикальных сдвигов направления ветра φ(*h*) при малых (не более 20°/100 м) градиентах *dφ/dh* оказывается пренебрежимо малым. Однако при оценках эффективности ВЭУ мегаваттной мощности с $D_{ВК}$ не менее 80 м учет даже малых сдвигов направления ветра является обязательным.

11.3 Учет влияния временных вариаций направления ветра на мощность ВЭУ с учетом инерционности систем их ориентации

11.3.1 Потери мощности ВЭУ из-за вариаций направления ветра во времени могут составлять в районах с неустойчивыми по направлению ветрами от 1,5 % до 2,5 %, что требует их учета при оценках мощности и выработки ВЭУ и ВЭС.

Примечание — Система ориентации ВЭУ обеспечивает поворот ВК за изменившимся направлением ветра лишь при его существенном повороте (от 10° до 30° для разных ВЭУ) и с некоторой задержкой по отношению к показанию румбометра, устанавливаемого на гондоле ВЭУ. Это обусловлено инерционностью, составляющей для ВЭУ мегаваттного класса десятки секунд, и настройкой системы управления ориентацией ВК, отдающей команду на его поворот лишь после нескольких повторных (с интервалом до несколькиз минут) подтверждений управляющим румбометром установившегося изменения направления ветра во избежание гироскопической нагрузки на ВК и его поворотную систему, что в конечном итоге экономит ресурс ВЭУ. Следствием задержек является периодическое отклонение направления ветра от оси ВК, работающего в условиях косой обдувки с меньшей эффективностью.

Согласно данным измерений на ВИК в ряде регионов России типичные значения СКО направлений ветра за 10-минутные периоды составляют от 3° до 5°. В силу кубической зависимости мощности ВЭУ от угла косой обдувки ВК потери мощности ВЭУ $P_{ВЭУ}$ из-за отклонения направления ветра от нормали к ВК составляют от 0,005 % до 2,0 %.

11.3.2 При оценках потерь мощности $P_{ВЭУ}$ вследствие временных вариаций направления ветра и инерционности систем ориентации ВК рекомендуется учитывать данный эффект применением понижающего мощность идеальной ВЭУ коэффициента от 0,99 до 0,98 в зависимости от временной устойчивости направления ветров в МПР ВЭУ.

11.4 Учет временной нестационарности характеристик ветра при определении ресурса ВЭУ

11.4.1 Ресурсный период эксплуатации ВЭУ $T_{ВЭУ}$, заявляемый производителями, составляет в настоящее время 20 лет при одном капитальном ремонте после 10-летней работы ВЭУ. 20-летний эксплуатационный ресурс гарантируется производителями для стандартных атмосферных (плотность — 1,225 кг/м^3, давление — 1 атм) и ветровых условий с малой турбулентностью $i_{турб}$, определяемой для каждого месяца или сезона параметром интенсивности турбулентности по формуле

$$i_{турб} = \sigma_V / V_{ср10\ мин}, \quad (11.1)$$

где σ_V — СКО 10-минутных средних скоростей ветра от средней скорости $V_{ср}$ за рассматриваемый период.

11.4.2 При установленном для нормальных атмосферных условий 20-летнем ресурсе $T_{ВЭУ}$ его ожидаемое значение в реальных природных условиях определяют параметром K_{ltf} (lifetime factor) или переменными k_V, k_ρ, $k_{турб}$ по формулам:

$$T_{ВЭУ} = 20 \cdot K_{ltf} = 20 \cdot k_V \cdot k_\rho / k_{турб}, \quad (11.2)$$

где

$$k_\rho = 1 - 1/2 \cdot (\rho_c - \rho_o)/\rho_o \quad (11.3)$$

$$k_V = 1 - 1/2 \cdot (V_{ср} - V_{мах})/V_{мах}, \quad (11.4)$$

где ρ_o — стандартная и $\rho_{ср.}$ — реальная средняя плотность воздуха в рассматриваемый период времени (месяц, сезон, год);

$V_{ср}$ — средняя скорость ветра в МПР ВЭУ в рассматриваемый период;

$V_{мах}$ — скорость ветра, соответствующая ветровому классу ВЭУ (см. Б.2).

11.4.3 Коэффициент турбулентности $k_{турб}$ определяют допустимой для каждого типа ВЭУ интенсивностью турбулентности, определяемой опытным путем и задаваемой при использовании формулы (11.2) таблично или графически.

Пример зависимости коэффициента $k_{турб}$ от интенсивности турбулентности ветра для ВЭУ производства компании Vestas номинальной мощностью от 600 до 2000 кВт представлен на рисунке 11.1.

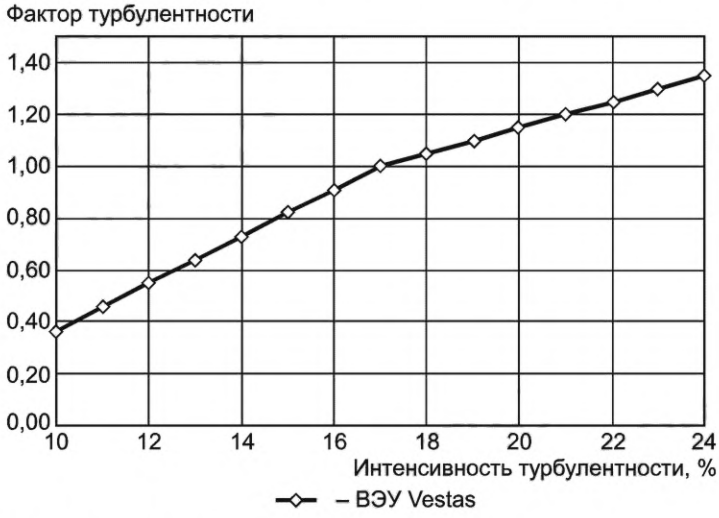

Рисунок 11.1 — Зависимость фактора турбулентности от интенсивности турбулентности ветра

11.4.4 Значения K_{ltf} в ВКУ ряда северных и дальневосточных районов России достигают 1,10—1,15, что приводит к снижению ресурса ВЭУ до 18—17 лет. Но для большинства регионов с высоким ВЭП значения K_{ltf} составляют 1,0 ÷ 1,05 и практически не уменьшают заявляемый производителями 20-летний ресурс ВЭУ.

11.4.5 Для ВЭУ ветрового класса с допустимой интенсивностью турбулентности b и c (i < 17 %) значения $k_{турб}$ < 1. При высокой турбулентности ($i \geq 17$ %, $k_{турб} > 1$) ВЭУ работают в напряженных энергетических и силовых режимах, и их ресурс уменьшается с ростом значения $k_{турб}$. Рассчитанный по формуле (11.2) 20-летний ресурс ВЭУ при $K_{ltf} > 1$ уменьшает пропорционально K_{ltf}.

11.5 Учет уменьшения мощности ВЭУ в составе ВЭС из-за их взаимного ветрового затенения

11.5.1 Относительное уменьшение выработки ВЭС от расстояния между ВЭУ, выраженного в количестве диаметров ВК $D_{ВК}$ при наиболее плотной расстановке ВЭУ (в узлах треугольной равносторонней сетки), определяют с использованием приведенных в таблице 11.3 коэффициентов, рассчитанных в предположении о круговом распределении ветра.

Таблица 11.3 — Относительное уменьшение мощности ВЭС от расстояния между ВЭУ по [2]

Число диаметров $D_{ВК}$ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	…	30
$P_{ВЭУ}/P_{ВЭУ}$	0,595	0,782	0,851	0,893	0,922	0,938	0,949	0,958	0,966	0,972	…	1,0

Примечания

1 Полное восстановление мощности ветра, отданной предыдущей ВЭУ, согласно законам аэродинамики происходит на расстоянии до последующей ВЭУ ≈30 $D_{ВК}$.

2 При отведенной площади под размещение ВЭС уменьшение расстояния между ВЭУ приводит к снижению энергетических показателей ВЭС. Но благодаря увеличению плотности размещения ВЭУ уменьшается стоимость затрат на строительство инфраструктуры ВЭС (ЛЭП, дороги), что имеет принципиальное значение при ограниченной площади и высокой стоимости земли, отводимой под строительство ВЭС.

11.5.2 С учетом положений 11.5.1 расстояние между ВЭУ вдоль наиболее вероятных направлений ветра должно составлять не менее 10 $D_{ВК}$, при этом потери мощности ВЭУ в составе ВЭС из-за взаимного затенения не превышают 3 %. Вдоль маловероятных направлений ветра ВЭУ допустимые расстояния между ВЭУ могут составлять от $4D_{ВК}$ до $6D_{ВК}$.

11.6 Учет влияния на мощность ВЭУ эффектов ветрового затенения ВЭУ окружающими их объектами и аэродинамическими препятствиями

11.6.1 Влияние на скорость ветра, набегающего на ВК ВЭУ на высоте $H_{ВК}$, отдельно расположенных на расстоянии X, м, от ВЭУ крупных (искажающих ветровой поток на 1 % и более) аэродинамических препятствий — объектов природного (холмы, лесозащитные полосы, лесные, кустарниковые массивы, отдельно стоящие деревья, пр.) или рукотворного происхождения (здания, сооружения) высотой $h_{пр}$ и шириной $L_{пр}$ определяют по методике, рекомендованной в ГОСТ Р 54418.1.

11.6.2 Среднегодовые потери мощности ВЭУ на территориях с равнинным рельефом и классом шероховатости 6 б и 7 б по классификации Милевского, описанной в приложении Г, при распределении направлений ветра, близком к круговому, составляют от 1 % до 2 %.

11.6.3 Оценки влияния на мощность ВЭУ на этапе ПТЭО при их размещении на территориях с холмистым и гористым рельефом проводят описанным в Г.3.2 методом оценки микроклиматической изменчивости ветровых характеристик с использованием разработанной в ГГО системы коэффициентов $К_V$ (таблица Г.3), качественно и количественно описывающих изменчивость скорости и удельной мощности ветра с учетом рельефа местности.

11.7 Количественное выражение коэффициента неидеальности $К_{нид}$

11.7.1 Вклады ВКФ в относительное уменьшение мощности и выработки ВЭС из-за неидеальности работы ВЭУ в реальных условиях, определяющих технико-экономические показатели ВЭУ и ВЭС на этапе ПТЭО, приведены в таблицах 11.4 и 11.5.

Таблица 11.4 — Увеличение длительности технических простоев ВЭУ из-за ВКФ

Климатические факторы увеличения длительности ТП ВЭУ	Понижающие коэффициенты		
	Минимальные	Максимальные	Вероятные
1 Простои ВЭУ при буревых скоростях ветра	0,98	1,000	0,998
2 Простои ВЭУ при низких (<–40°) и высоких (>40°) температурах	0,96	1,000	0,998
3 Температурно-скоростные ограничения высотного ремонта	0,95	1,000	0,995
4 Простои ВЭУ при ледово-изморозевых и снеговых отложениях	0,97	1,000	0,995
5 Простои ВЭУ при сильном граде	0,999	1,000	0,9995

Окончание таблицы 11.4

Климатические факторы увеличения длительности ТП ВЭУ	Понижающие коэффициенты		
	Минимальные	Максимальные	Вероятные
6 Простои ВЭУ при молниевой опасности	0,998	1,000	0,999
7 Простои ВЭУ при пыльных и песчаных бурях	0,999	1,000	0,9995
8 Уменьшение ресурса при высокой турбулентности	0,95	1,000	0,997
Суммарный эффект действующих климатических факторов	0,820	1,000	0,981

Таблица 11.5 — Эффект снижения мощности и выработки ВЭУ из-за климатических факторов

Климатические факторы, понижающие мощность и выработку ВЭУ	Понижающие коэффициенты		
	Минимальные	Максимальные	Вероятные
1 Интенсивные дождевые осадки	0,9995	1,000	0,9995
2 Интенсивные снеговые осадки	0,9998	1,000	0,9998
3 Сильные метели	0,9995	1,000	0,9995
4 Нелинейность высотного профиля скорости ветра	0,985	1,000	0,995
5 Высотный сдвиг направления ветра	0,980	1,000	0,995
6 Инерционность систем ориентации ВЭУ по направлению ветра	0,970	0,990	0,990
7 Ветровое затенение ВЭУ друг другом	0,970	1,000	0,985
8 Затенение ВЭУ естественными и искусственными препятствиями	0,970	1,000	0,985
Суммарный эффект действующих климатических факторов	0,880*	0,990	0,950
Суммарный эффект действующих климатических факторов, приведенных в таблицах 11.4 и 11.5	0,722	0,990	0,932
* Значение понижающего коэффициента в климатически сложных районах.			

11.7.2 Коэффициент суммарного уменьшения мощности и выработки идеальных ВЭУ и ВЭС вычисляют как произведение понижающих коэффициентов всех приведенных в таблице 11.4 ВКФ, которое может составлять согласно данным таблицы 11.5, от 0,72 до 0,93.

12 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС совокупности технических факторов

12.1 Учет затрат энергии на собственное потребление ВЭУ и ВЭС

12.1.1 Потребление части вырабатываемой энергии ВЭУ их основными агрегатами: гидравлическими и механическими системами наведения плоскости ВК перпендикулярно направлению ветра, системами регулирования мощности и управления, генерации энергии, тормозными устройствами, системами обогрева (при их наличии), снижает выдачу энергии потребителям.

12.1.2 С учетом реальных для коэффициентов использования установленной (номинальной) мощности ВЭУ $К_{и.у.м}$ (≈25 % — 35 %) доля собственного потребления годовой выработки ВЭУ при стационарном режиме их работы (при постоянном по скорости и направлению ветре и при постоянной нагрузке) составляет от 3,0 % до 3,5 %, а при нестационарном ветровом режиме — от 7 % до 8 % и более.

12.1.3 С учетом мирового и отечественного опыта оценку среднегодовой мощности и выработки ВЭУ на этапе ПТЭО рекомендуется проводить с учетом среднегодовых затрат на собственное потребление ВЭУ на уровне 2 %.

12.2 Учет потерь энергии во внутренних сетях ВЭС

Потери ЭЭ во внутренних сетях ВЭС оценивают согласно мировому опыту в 1,0 % — 2,5 % в зависимости от конфигурации и технической эффективности систем выдачи мощности ВЭУ. На этапе ПТЭО рекомендуется исходить из 2 %-ных потерь ЭЭ во внутренних сетях ВЭС.

12.3 Учет влияния коэффициента технической готовности ВЭУ $К_{ТГ}$ на их мощность и выработку

12.3.1 Коэффициент технической готовности ВЭУ $К_{ТГ}(n)$ (n — номер года работы ВЭУ), входящий в математическую модель по формуле (5.2), определяет отношение фактической выработки ВЭУ с учетом технических простоев на регламентные и ремонтные работы к теоретически возможной выработке ЭЭ ВЭУ в n-й год функционирования ВЭУ при ее безостановочной работе с заявленными техническими показателями.

Примечания

1 $К_{ТГ}(n)$ — российский аналог общепринятого за рубежом параметра $Av(n)$ (availability), определяемого экспериментальным путем. Значение параметра $Av(n)$ на 6-й год работы ВЭУ Av_6 или $К_{ТГ(6)}$ характеризует ТГ ВЭУ и является паспортной характеристикой серийных зарубежных ВЭУ.

2 Для ВЭУ, серийно производимых в 1990-х гг., значения параметров Av_6 или $К_{ТГ(6)}$ составляли от 0,92 до 0,94, а для современных ВЭУ — от 0,97 до 0,98.

3 Достоверный прогноз ТГ ВЭУ и коэффициента $К_{ТГ}$ по годам на протяжении ресурсного периода работы ВЭУ и ВЭС принципиально важен:

- для определения мощности и выработки ЭЭ ВЭУ и ВЭС по годам;
- определения оптимального состава и режимов работы гибридных энергокомплексов на базе ВЭУ и ВЭС (ветродизельных, ветрогазотурбинных, ветросолнечных и пр.);
- обоснования оптимальных закупочных цен и надбавок за мощность и ЭЭ ВЭС;
- установления экономического ресурса ВЭС, обусловленного снижением с годами выработки ЭЭ из-за ремонтных простоев и ростом затрат на ремонты, не окупаемых выручкой с продаж ЭЭ.

12.3.2 Параметр $К_{тг}$ определяют по описанной в приложении И модели ВЭУ, построенной на моделировании вероятности ТП ВЭУ $P_{ТП}(n)$, %, на базе экспоненциальных функций, вычисляемой по формуле

$$P_{ТП}(n) = P_{регл}(К_{тг\ (6)}) + Exp\,[n \cdot \lambda\,(К_{ТГ\ (6)})] - 1 \qquad (12.1)$$

и предполагающей зависящую от задаваемого в техническом паспорте ВЭУ параметра $К_{ТГ(6)}$ постоянную по годам вероятность ТП ВЭУ $P_{регл}(К_{ТГ(6)})$ для регламентных и плановых эксплуатационных работ и переменную, растущую линейно с номером года n работы ВЭУ вероятность ТП ВЭУ из-за неплановых ремонтных работ, прямо пропорциональную значению параметра $Exp\,[\lambda(К_{ТГ(6)}) \cdot n]$, а также на линейной зависимости мощности и выработки ВЭУ от $К_{ТГ(6)}$.

12.3.3 Зависимость вероятности $P_{регл}(К_{ТГ(6)})$ от параметра $К_{ТГ(6)}$ рассчитывают по формуле

$$P_{регл}(К_{ТГ(\ 6)}) = A + B \cdot К_{ТГ(6),} \qquad (12.2)$$

где $A = 0{,}128$ и $B = -0{,}125$, с учетом которых формула (12.1) принимает вид

$$P_{ТП}(n) = A + B \cdot К_{ТГ(6)} + Exp[\lambda(К_{ТГ(\ 6)}) \cdot n] - 1. \qquad (12.3)$$

12.3.4 С учетом формулы (12.2) коэффициент ТГ ВЭУ $К_{ТГ}(n)$, функционирующий без капитального ремонта на протяжении всего заявленного ресурса (20 лет), определяют по формуле

$$К_{ТГ}(n) = 2 - A - B \cdot К_{ТГ(6)} - Exp[\lambda(К_{тг\ 6}) \cdot n]. \qquad (12.4)$$

12.3.5 Значения $К_{ТГ}(n)$ ВЭУ, рассчитанные по формуле (12.4) для разных значений $P_{регл}\,(К_{ТГ(6)})$, приведены в таблице 12.1 и представлены на рисунке 12.1.

Таблица 12.1 — Параметры моделей технической готовности $К_{ТГ}\,(n)$ ВЭУ без капитального ремонта

Параметр	$1 - К_{ТГ(6)}$	λ	$P_{регл}\,(К_{ТГ(6)})$	$К_{ТГ(1)}$	$К_{ТГср\ 1—10}$	$К_{ТГ(12)}$	$К_{ТГ(20)}$	$К_{ТГср\ 1—20}$
$Av_6 = 0{,}92$	0,080	0,0109	0,0125	0,962	0,924	0,848	0,744	0,863
$Av_6 = 0{,}93$	0,070	0,0095	0,0113	0,964	0,933	0,868	0,779	0,881
$Av_6 = 0{,}94$	0,060	0,0081	0,0100	0,967	0,942	0,888	0,813	0,899

Окончание таблицы 12.1

Параметр	1 — $К_{ТГ(6)}$	λ	$P_{регл}$ ($К_{ТГ(6)}$)	$К_{ТГ(1)}$	$К_{ТГср\ 1—10}$	$К_{ТГ(12)}$	$К_{ТГ(20)}$	$К_{ТГср\ 1—20}$
Av_6 = 0,95	0,050	0,0067	0,0088	0,969	0,952	0,907	0,847	0,916
Av_6 = 0,96	0,040	0,0053	0,0075	0,972	0,961	0,926	0,880	0,934
Av_6 = 0,97	0,030	0,0039	0,0063	0,975	0,970	0,946	0,912	0,951
Av_6 = 0,98	0,020	0,0025	0,0050	0,978	0,980	0,965	0,944	0,968

Согласно приведенным расчетным данным значения $К_{ТГ}(n)$, рассчитанные по формулам (12.1)—(12.4), уменьшаются с годами (с ростом n) из-за технического износа ВЭУ по мере выработки их ресурса.

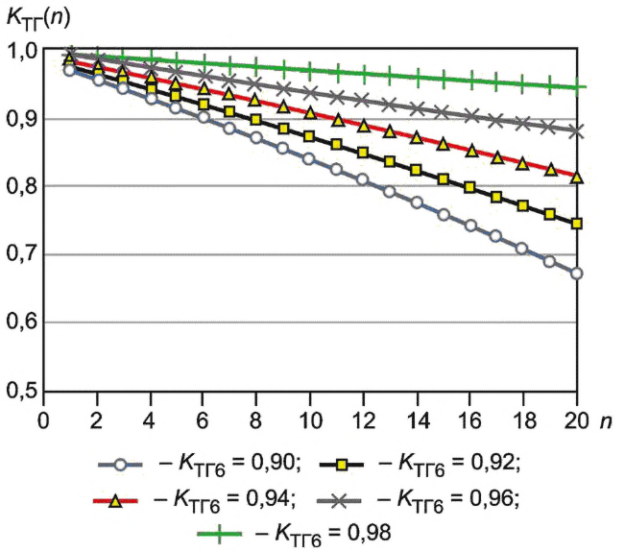

Рисунок 12.1 — Динамика уменьшения с годами $К_{тг}(n)$ ВЭУ, работающих без капитального ремонта

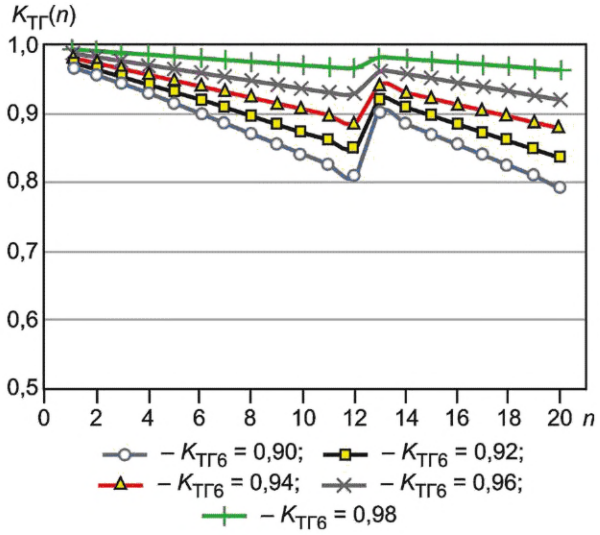

Рисунок 12.2 — Динамика уменьшения с годами $К_{тг}(n)$ ВЭУ, работающих с одним капитальным ремонтом

12.3.6 Эффективным средством увеличения $К_{ТГ}$ ВЭУ является их капитальный ремонт. Согласно приложению И сроки капитального ремонта на 11—13-м году работы ВЭУ обеспечивают максимальные средние значения $К_{ТГ}$ за 20-летний период эксплуатации ВЭУ. Расчетные параметры моделей $К_{ТГ}$ ВЭУ с одним капитальным ремонтом на 12-м году эксплуатации и их 7-летним усовершенствованием приведены в таблице 12.2 и представлены на рисунке 12.2.

Таблица 12.2 — Параметры модели технической готовности $К_{ТГ}(n)$ ВЭУ с одним капитальным ремонтом на 12-м году эксплуатации

Параметр	1 — $К_{ТГ(6)}$	λ	$P_{регл}$ ($К_{ТГ(6)}$)	$К_{ТГ(1)}$	$К_{ТГср\ 1—10}$	$К_{ТГ(12)}$	$К_{ТГ(20)}$	$К_{ТГср\ 1—20}$
Av_6 = 0,92	0,080	0,0109	0,0125	0,977	0,925	0,860	0,835	0,900
Av_6 = 0,93	0,070	0,0095	0,0113	0,979	0,935	0,878	0,857	0,913
Av_6 = 0,94	0,060	0,0081	0,0100	0,982	0,944	0,896	0,878	0,925
Av_6 = 0,95	0,050	0,0067	0,0088	0,984	0,953	0,914	0,900	0,938
Av_6 = 0,96	0,040	0,0053	0,0075	0,987	0,963	0,932	0,921	0,951
Av_6 = 0,97	0,030	0,0039	0,0063	0,990	0,972	0,950	0,942	0,963
Av_6 = 0,98	0,020	0,0025	0,0050	0,993	0,981	0,967	0,962	0,976

12.3.7 Оценочные расчеты технико-экономических показателей ВЭУ и ВЭС на этапе ПТЭО с погрешностью определения $К_{ТГ}(n)$ ВЭУ не более 2 % по сравнению с рассчитанными по формуле (12.4) рекомендуется проводить с использованием упрощенной линейной аппроксимации (12.4) по формуле

$$К_{ТГ}(n) = 1 - A - B \cdot К_{ТГ(6)} - \lambda(К_{ТГ(6)})n, \quad (12.5)$$

где $A = 0{,}128$ и $B = -0{,}125$, а значения $\lambda\ (К_{ТГ(6)})$ соответствуют данным, приведенным в таблицах 12.1 и 12.2.

12.3.8 Значения $К_{ТГ}(n)$, используемые в расчетах выработки ВЭУ, приведены в таблице 12.3.

Таблица 12.3 — Значения коэффициентов технической готовности $К_{ТГ}(n)$ ВЭУ с капитальным ремонтом и без капитального ремонта

ВЭУ с капитальным ремонтом на 12-м году работы					ВЭУ без капитального ремонта				
$К_{ТГ(6)}$	0,92	0,94	0,96	0,98	$К_{ТГ(6)}$	0,92	0,94	0,96	0,98
1	0,874	0,893	0,912	0,931	1	0,874	0,893	0,912	0,931
2	0,915	0,930	0,945	0,960	2	0,915	0,930	0,945	0,960
3	0,955	0,966	0,977	0,988	3	0,955	0,966	0,977	0,988
4	0,944	0,958	0,972	0,985	4	0,944	0,958	0,972	0,985
5	0,932	0,949	0,966	0,983	5	0,932	0,949	0,966	0,983
6	0,920	0,940	0,960	0,980	6	0,920	0,940	0,960	0,980
7	0,908	0,931	0,954	0,977	7	0,908	0,931	0,954	0,977
8	0,896	0,923	0,949	0,974	8	0,896	0,923	0,949	0,974
9	0,884	0,914	0,943	0,971	9	0,884	0,914	0,943	0,971
10	0,872	0,905	0,937	0,968	10	0,872	0,905	0,937	0,968
11	0,859	0,896	0,931	0,965	11	0,859	0,896	0,931	0,965
12	0,846	0,886	0,925	0,963	12	0,846	0,886	0,925	0,963
13	0,920	0,940	0,960	0,980	13	0,834	0,877	0,919	0,960
14	0,908	0,931	0,954	0,977	14	0,821	0,868	0,913	0,957
15	0,896	0,923	0,949	0,974	15	0,808	0,858	0,907	0,954
16	0,884	0,914	0,943	0,971	16	0,795	0,849	0,901	0,951
17	0,872	0,905	0,937	0,968	17	0,781	0,839	0,895	0,948
18	0,859	0,896	0,931	0,965	18	0,768	0,830	0,889	0,945
19	0,846	0,886	0,925	0,963	19	0,754	0,820	0,883	0,942
20	0,834	0,877	0,919	0,960	20	0,740	0,810	0,877	0,939
$\Sigma_{1–20}$	0,891	0,918	0,944	0,970	$\Sigma_{1–20}$	0,855	0,892	0,928	0,962

12.4 Возможности учета погрешностей задания рабочих характеристик ВЭУ, используемых в расчетах энергетических показателей ВЭУ

12.4.1 Предоставляемые производителями ВЭУ паспортные рабочие (мощностные) характеристики ВЭУ *p(V)* могут не соответствовать реальным из-за погрешностей или намеренного завышения теоретического (расчетного) и экспериментального определения *p(V)*.

12.4.2 Для повышения достоверности расчета мощностей ВЭУ и их погрешностей на этапе ТЭО рекомендуется считать рабочую характеристику ВЭУ *p(V)* случайной функцией с заданным СКО на уровне 5 %.

12.4.3 Расчет мощностей ВЭУ и их погрешностей на этапе ПТЭО проводят с использованием паспортной рабочей характеристики ВЭУ $p(V)$ без учета возможных погрешностей задания $p(V)$ производителем ВЭУ.

12.5 Учет влияния на выработку ВЭУ простоев при техническом обслуживании, плановых, капитальных и внеплановых ремонтах

12.5.1 Техническое обслуживание ВЭУ за 20 лет включает проведение периодических регламентных работ, плановых ремонтов, однократного капитального ремонта и внеплановых ремонтов. Регламентные работы (замена расходных материалов и смазки, проверка систем управления, крепежных узлов) выполняет по установленным инструкциям обслуживающий персонал ВЭС. Временные затраты на современных ВЭУ зарубежного производства составляют от 40 до 100 ч/г.

12.5.2 Стоимость среднего статистического капитального ремонта ВЭУ, проводимого на 11—13-м году работы ВЭУ, оценивают в размере 3—5 годовых эксплуатационных затрат. На этапе ПТЭО стоимость капитального ремонта ВЭУ в России определяют исходя из пяти годовых эксплуатационных затрат.

Примечание — Капитальный ремонт ВЭУ (чистка и ремонт или замена лопастей, мультипликатора и генератора, подшипников, силовой электроники, чистка и покраска башен и пр.) проводится квалифицированными специалистами и занимает до нескольких недель в зависимости от сложности, сроков поставки подлежащих замене компонентов, прибытия ремонтных бригад и от специальной техники и допускающих ремонтные работы ВКУ.

12.5.3 Ввиду невозможности прогноза трудоемкости и временных и материальных затрат на внеплановые ремонты на этапе ПТЭО технико-экономические показатели ВЭУ и ВЭС определяют без их учета.

Примечание — Внеплановые ремонты ВЭУ и ВЭС сложно спрогнозировать по трудоемкости, затратам времени, стоимости и их влиянию на выработку ВЭУ и ВЭС, что связано с отсутствием развитой ремонтно-эксплуатационной структуры ВЭС (особенно в удаленных регионах России), обуславливающей длительность поставок запасных частей ВЭУ и ожидание (до нескольких недель и даже месяцев) прибытия ремонтных бригад и специальной техники, а также с ветроклиматическими условиями, ограничивающими ремонтно-восстановительные работы.

12.6 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС

Коэффициенты относительного уменьшения мощности и выработки ВЭУ и ВЭС, описывающие влияние технических факторов и их суммарного эффекта на функционирование ВЭУ и ВЭС и учитываемые на этапе ПТЭО, приведены в таблице 12.4.

Таблица 12.4 — Коэффициент понижения мощности и выработки ВЭУ и ВЭС техническими факторами $К_{ТФ}$, учитываемыми на этапе ПТЭО при различных значениях коэффициентов технической готовности ВЭУ $К_{ТГ}$, других технических коэффициентов К и климатических коэффициентов $К_{нид}$, понижающих $К_{и.у.м}$ ВЭС

Без учета $К_{ТГ}$	С учетом $К_{ТГ}$					
$К_{ТГ}$ = 0,00	$К_{ТГ}$ = 0,94	$К_{ТГ}$ = 0,96	$К_{ТГ}$ = 0,98	$К_{ТГ}$ = 0,94	$К_{ТГ}$ = 0,96	$К_{ТГ}$ = 0,98
ВЭУ с капитальным ремонтом на 12-м году				ВЭУ без капитального ремонта		
$К_{ТП}$ = 0,800	0,734	0,756	0,776	0,714	0,742	0,770
$К_{ТП}$ = 0,860	0,790	0,812	0,834	0,767	0,798	0,827
$К_{ТП}$ = 0,920	0,845	0,869	0,893	0,821	0,853	0,885
$К_{ТП}$ = 0,980	0,900	0,926	0,951	0,874	0,909	0,943

13 Рекомендации по оценке и учету влияния на мощность и выработку ВЭУ и ВЭС совокупности ветроклиматических и технических факторов

13.1 Уменьшение мощности и выработки идеальных ВЭУ и ВЭС из-за суммарного влияния ветроклиматических и технических факторов может составить от 7 % до 50 % (см. таблицу 13.1) в зависимости от ВКХ районов и мест размещения ВЭУ и ВЭС, наличия в районе ремонтной инфраструктуры, транспортной доступности и пр.

Таблица 13.1 — Суммарное влияние предельных и наиболее вероятных технических и ветроклиматических факторов, снижающих мощность и выработку ВЭУ и ВЭС

Коэффициенты суммарного действия технических и климатических факторов, понижающих энергетические показатели ВЭУ	Минимальные	Максимальные	Наиболее вероятные
	0,490*	0,927	0,655*—0,858
* Значение понижающего коэффициента в климатически сложных районах.			

13.2 Для определения количественных показателей уменьшения мощности и выработки идеальных ВЭУ из-за суммарного влияния ветроклиматических и технических факторов рекомендуется использовать данные таблиц 13.2 и 13.3.

Таблица 13.2 — Суммарный коэффициент $К_{\Sigma}$ понижения мощности и выработки ВЭУ и ВЭС техническими факторами, учитываемыми на этапе ПТЭО при разных значениях технических коэффициентов $К_{ТП}$ и $К_{ТГ}$ и климатических коэффициентов $К_{нид}$, понижающих $К_{и.у.м}$ ВЭС

$К_{нид}$	$К_{\Sigma}$	$К_{ТГ(б)} = 0,94$	$К_{ТГ(б)} = 0,96$	$К_{ТГ(б)} = 0,98$	$К_{ТГ(б)} = 0,94$	$К_{ТГ(б)} = 0,96$	$К_{ТГ(б)} = 0,98$
		ВЭУ с капитальным ремонтом на 12-м году			ВЭУ без капитального ремонта		
$К_{нид} = 0,700$	$К_{ТП} = 0,800$	0,514	0,529	0,543	0,500	0,520	0,539
$К_{нид} = 0,700$	$К_{ТП} = 0,860$	0,553	0,569	0,584	0,537	0,558	0,579
$К_{нид} = 0,700$	$К_{ТП} = 0,920$	0,591	0,608	0,625	0,575	0,597	0,620
$К_{нид} = 0,700$	$К_{ТП} = 0,980$	0,630	0,648	0,666	0,612	0,636	0,660
$К_{нид} = 0,800$	$К_{ТП} = 0,800$	0,588	0,604	0,621	0,571	0,594	0,616
$К_{нид} = 0,800$	$К_{ТП} = 0,860$	0,632	0,650	0,667	0,614	0,638	0,662
$К_{нид} = 0,800$	$К_{ТП} = 0,920$	0,676	0,695	0,714	0,657	0,683	0,708
$К_{нид} = 0,800$	$К_{ТП} = 0,980$	0,720	0,740	0,761	0,699	0,727	0,754
$К_{нид} = 0,900$	$К_{ТП} = 0,800$	0,661	0,680	0,699	0,642	0,674	0,693
$К_{нид} = 0,900$	$К_{ТП} = 0,860$	0,711	0,731	0,751	0,690	0,718	0,745
$К_{нид} = 0,900$	$К_{ТП} = 0,920$	0,760	0,782	0,803	0,739	0,768	0,797
$К_{нид} = 0,900$	$К_{ТП} = 0,980$	0,810	0,833	0,856	0,787	0,818	0,849
$К_{нид} = 1,000$	$К_{ТП} = 0,800$	0,734	0,766	0,776	0,714	0,742	0,770
$К_{нид} = 1,000$	$К_{ТП} = 0,860$	0,790	0,812	0,834	0,767	0,798	0,827
$К_{нид} = 1,000$	$К_{ТП} = 0,920$	0,845	0,869	0,893	0,821	0,853	0,885
$К_{нид} = 1,000$	$К_{ТП} = 0,980$	0,900	0,926	0,951	0,874	0,909	0,943

Таблица 13.3 — Технические факторы, снижающие энергопоказатели идеальных ВЭУ и ВЭС

Факторы понижения мощности и выработки ВЭУ и ВЭС	Минимальные	Максимальные	Наиболее вероятные
Собственное энергопотребление ВЭУ	0,970*	0,990	0,980
Потери во внутренних сетях ВЭС	0,980*	0,990	0,980
Уменьшение ресурса при высоком уровне турбулентности	0,920*	1,000	0,950*—0,980
Регрессия коэффициента технической готовности	0,920*	0,960	0,940
Временные потери на ожидание технической помощи	0,920*	0,995	0,950*—0,980
Суммарный эффект	0,740*	0,936	0,798*—0,867
*Значение понижающего коэффициента в климатически сложных районах.			

14 Рекомендации по определению технического и экономического ветроэнергетических потенциалов в отдельных регионах, административных субъектах в частности и на территории России в целом с учетом ветроклиматических факторов

14.1 Рекомендации по определению технического ВЭП на территории России

14.1.1 При оценке технического ВЭП регион рассматривают как совокупность его частей (зон), на всей площади каждой из которых ВКУ, рельеф и поверхность считаются однородными, а ВЭП региона равен сумме ВЭП его частей.

14.1.2 Определение технического ВЭП региона (административного субъекта) проводят исходя из следующих допущений:

- технический ВЭП региона определяют по среднегодовой мощности и выработке тестовых наиболее технологически и энергетически совершенных ВЭУ, обеспечивающих максимальную удельную (на 1 км^2 территории) выработку ЭЭ, и их среднегодовых $К_{и.у.м}$, определяемых методикой настоящего стандарта;
- под размещение ВЭУ отводят 10 % площади региона с учетом технологических, инфраструктурных и экологических ограничений;
- ВЭУ гипотетически размещают на территории региона в узлах равносторонней треугольной сетки со стороной размером $L = 10 \cdot D_{ВК}$, обеспечивая максимальную удельную плотность ВЭУ (максимальное количество тестовых ВЭУ $N_{уд}$ на 1 км^2 территории). Максимальное количество ВЭУ в регионе *с* площадью S, км^2, и соответственно максимальную годовую выработку ЭЭ ВЭС в регионе $E_{ВЭУ}$, кВт · ч, определяют по формулам:

$$N = N_{уд} \cdot S. \quad (14.1)$$

$$N_{уд} = 1{,}155 \cdot (1000/L)^2. \quad (14.2)$$

$$E_{ВЭУ} = N_{уд} \cdot P_{ВЭУ} \cdot К_{и.у.м} \cdot 8760, \quad (14.3)$$

где $P_{ВЭУ}$ — суммарная номинальная мощность всех тестовых ВЭУ, кВт, установленных в регионе *с* площадью S, км^2.

Величина и достоверность оценки технического ВЭП зависят от номинальной мощности тестовой ВЭУ и точности определения коэффициента $К_{и.у.м}$ в каждой зоне региона. Средние для каждой зоны значения $К_{и.у.м}$ ВЭУ определяют расчетным путем по рабочим характеристикам ВЭУ *p(v)* и по данным многолетних измерений скорости ветра на репрезентативных для этой зоны МС и АС.

Пример анализа технического ВЭП, проведенный на базе ВЭУ модели G 53 ветрового класса Ia номинальной мощностью 850 кВт диаметром $D_{ВК}$, равным 53 м, высотой башни $H_б$ = 60 м и удельной мощностью ВЭС 3,5 МВт/км^2, проиллюстрирован на рисунке 14.1.

Примечание — Среднее значение $К_{и.у.м}$ ВЭУ G 53 по территории России согласно расчетам [2] равно 17,3 %.

14.1.3 Результаты оценки технического ВЭП административных субъектов, полученные по методике настоящего стандарта, приведены в таблице 14.1. С учетом погрешностей оценки (указанных в скобках в таблице 14.1) технический ВЭП по России, оцененный на базе ВЭУ G 53 в разных регионах и России в целом, составляет ≈10 745 млрд кВт · ч/год.

Таблица 14.1 — Оценка технического ВЭП федеральных округов, млрд кВт·ч/год, и погрешности его определения *Err*, %

Наименование федерального округа (ФО)	Технический ВЭП, млрд кВт·ч/год	*Err*, %
Центральный ФО	≈ 448 ± 72	≈ 16
Северо-Западный ФО	≈ 946 ± 161	≈ 16
Южный ФО (включая Северо-Кавказский ФО)	≈ 362 ± 65	≈ 18
Приволжский ФО	≈ 655 ± 105	≈ 16
Уральский ФО	≈ 2504 ± 451	≈ 18
Сибирский ФО	≈ 2587 ± 466	≈ 18
Дальневосточный ФО	≈ 3243 ± 649	≈ 20
Итого по России	≈ 10 745 ± 2149	≈ 18

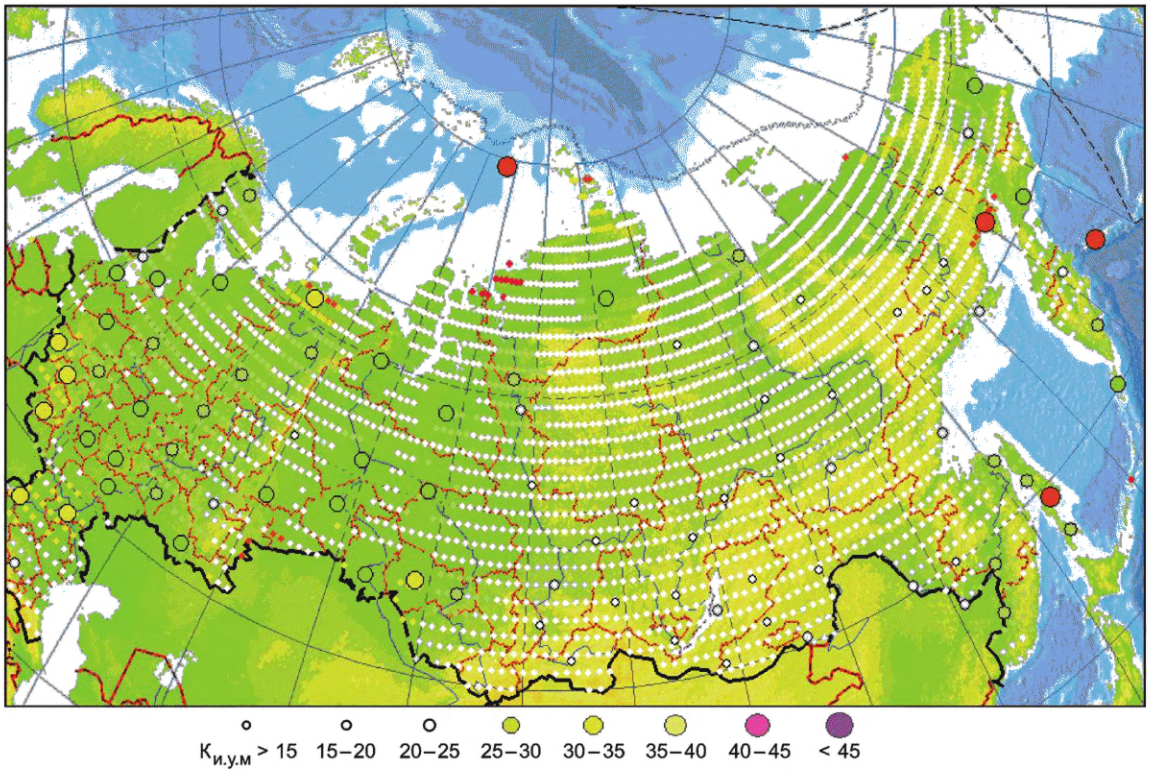

Рисунок 14.1 — Территориальное распределение коэффициента использования номинальной мощности $К_{и.у.м}$, %, ВЭУ марки G 53 на территории России

Примечания

1 Приведенные оценки технического ВЭП на базе ВЭУ G 53 соответствуют его минимальному значению, поскольку ВЭУ G 53 сконструирована под ветра первого класса и по прочностным свойствам допускает ее использование по всей территории России с любыми по скорости ветрами. В регионах с ветрами классов II и III допустимо использование ВЭУ с увеличенными $D_{ВК}$ и, соответственно, с большими (в 1,1—1,2 раза) значениями $К_{и.у.м}$.

2 Оцененный по методике настоящего стандарта технический ВЭП при достигнутом техническом уровне ВЭУ как минимум в 10 раз превышает современное потребление ЭЭ при благоприятном на практике распределении ВЭП по территории. Технический ВЭП наиболее населенных административных округов (Северо-Западного, Центрального, Южного и Приволжского с населением 75 % от всей России) почти в 2,3 раза превышает потребление ЭЭ в настоящее время.

14.2 Рекомендации по определению экономического ВЭП на территории России

14.2.1 Экономический ВЭП региона определяют как годовую выработку ЭЭ ВЭУ, кВт·ч/год, расположенных на его территории, экономически оправданную для региона при существующем уровне цен на СМР, оборудование, производство, передачу ЭЭ при соблюдении экологических норм [3].

14.2.2 Критериями, определяющими целесообразность и возможности экономически оправданного использования ВЭС в регионах, административных субъектах России и стране в целом, приняты:

- себестоимость ЭЭ $С_{ЭЭ}$, руб./кВт·ч, вырабатываемая ВЭУ и ВЭС, конкурирующая с себестоимостью ЭЭ традиционной тепловой (газовой и угольной) генерации. При этом $С_{ЭЭ}$ энергоисточника определяют за его полный ресурсный период (N = 20 лет) по формуле

$$С_{ЭЭ} = \left[КЗ + \sum_{n=1}^{N} ЭЗ_n \Big/ (1+d)^n \right] \Big/ \sum_{n=1}^{N} E_n, \qquad (14.4)$$

где КЗ и $ЭЗ_n$ — капитальные и эксплуатационные затраты на ВЭС в n-м году;

d — коэффициент дисконтирования;

E_n — выработка ЭЭ в n-м году;

$\sum$ — сумма за N-летний ресурс энергоисточника;

- себестоимость ЭЭ $С_{ЭЭ}$, вырабатываемой ВДЭК, вычисленной по формуле (14.1) и конкурирующей с вырабатываемой традиционными ДЭС.

14.2.3 Условием достижения экономической конкурентоспособности ВЭС по критерию $С_{ЭЭ}$ с традиционными для России вновь строящимися газовыми (ГазЭС) и угольными (УгЭС) электростанциями является высокое значение $К_{и.у.м}$ в МПР ВЭУ.

Примечание — Сравнение типичных дисконтированных (при d = 0,10) значений $С_{ЭЭ}$ строящихся ГазЭС и УгЭС с 40-летним ресурсом и $К_{и.у.м}$ ≈ 70 % и значениями КЗ и ЭЗ ≈1500 у.е./кВт, и 2500 у.е./кВт, и 0,032 у.е./кВт·ч, и 0,040 у.е./кВт·ч соответственно и исчисленной за 40-летний ресурс $С_{ЭЭ}$ ГазЭС и УгЭС ≈ 0,26 у.е./кВт·ч и 0,30 у.е./кВт·ч и конкурирующих с ними современных ВЭС с типовыми КЗ ≈1200 у.е./кВт представлено на рисунке 14.2.

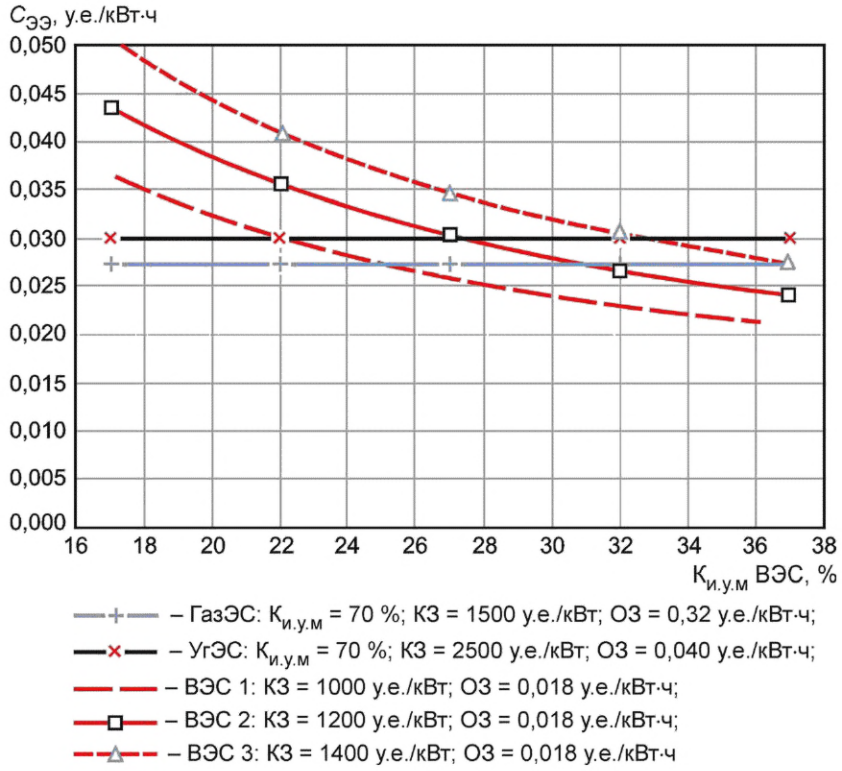

Рисунок 14.2 — Зависимость себестоимости ЭЭ ВЭС и ТЭС $С_{ЭЭ}$ от $К_{и.у.м}$ ВЭС

14.2.4 $С_{ЭЭ}$ для ВДЭК при их типичных расходах (≈ 0,2 кг/кВт·ч) на ДГУ с 10-летним ресурсом и его двукратной заменой за срок службы ВЭУ (20 лет), с типичными значениями $К_{и.у.м}$ ДЭС от 50 % до 80 % и их типичными значениями КЗ (от 700 до 900 у.е./кВт) и ЭЗ (≈ 0,40 у.е./кВт · ч) и при покупной стоимости дизельного топлива в России от 55 до 70 руб./кг и более (в труднодоступных местах) выполняются при значениях $К_{и.у.м}$ ВЭУ ≥20 % — 25 % (при любых значениях КЗ и ЭЗ на ДЭС), а снижение $С_{ЭЭ}$ ВДЭК вызвано ростом $К_{и.у.м}$ у ВЭУ и уменьшением КЗ на ВЭУ (см. рисунок 14.3).

14.2.5 С учетом технологических ограничений, основным из которых является ограничение доли установленной мощности ВЭС в рабочей мощности энергосистемы, допустимые и целесообразные установленные мощности энергетически и экономически эффективных ВЭС составляют ≈35 ГВт с суммарной годовой выработкой ≈90 млрд кВт · ч.

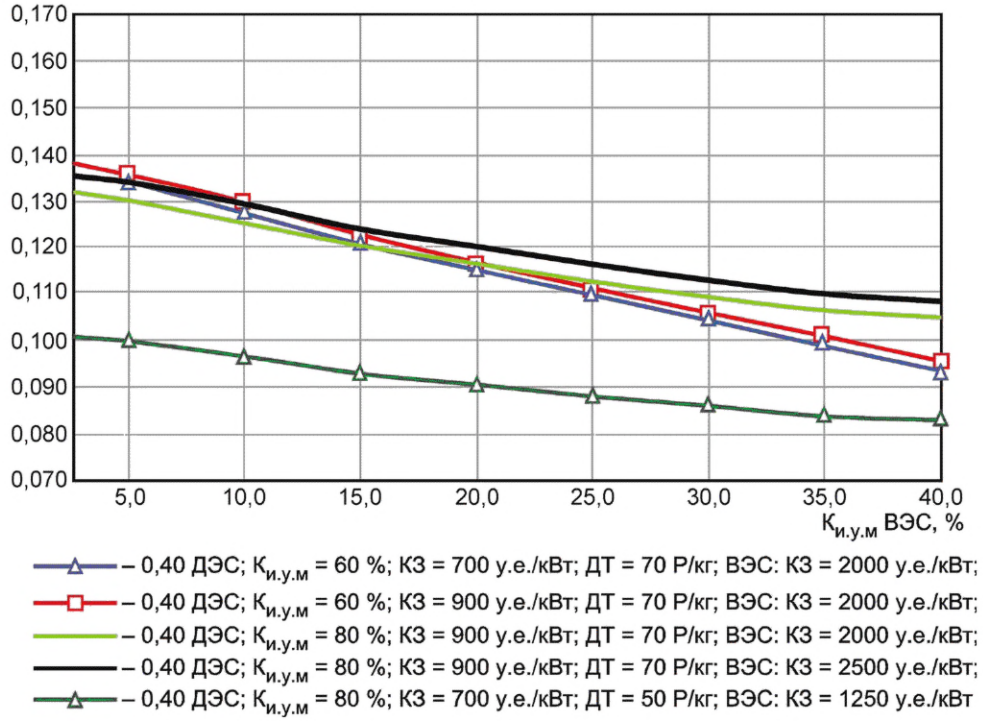

Рисунок 14.3 — $C_{ЭЭ}$ ДЭС и ВДЭК (в зависимости от $К_{и.у.м}$ ВЭС)

15 Рекомендации по проведению оценок экономических показателей ВЭУ и ВЭС с учетом ветроклиматических и технических факторов

15.1 Общие положения

15.1.1 Рекомендуемая настоящим стандартом унифицированная методика оценки экономической эффективности (УМОЭЭ) проектов ВЭУ, ВЭС и гибридных энергокомплексов на их основе предназначена для оценки на этапе ПТЭО с приемлемой расчетной точностью с учетом ВКФ:

- ежегодных и суммарных (за исследуемый или ресурсный период работы) денежных потоков и экономических показателей проектов ВЭС на базе ВЭУ разного типа;
- экономической эффективности совмещения ВЭУ и ВЭС с традиционными тепловыми, атомными или гидравлическими электростанциями;
- целесообразности разработки ТЭО и рабочих проектов ВЭС с учетом рисков необоснованного инвестирования в заведомо неэффективные проекты ВЭС.

15.1.2 Схема унифицированной оценки экономических показателей ВЭУ и ВЭС представлена на рисунке 15.1.

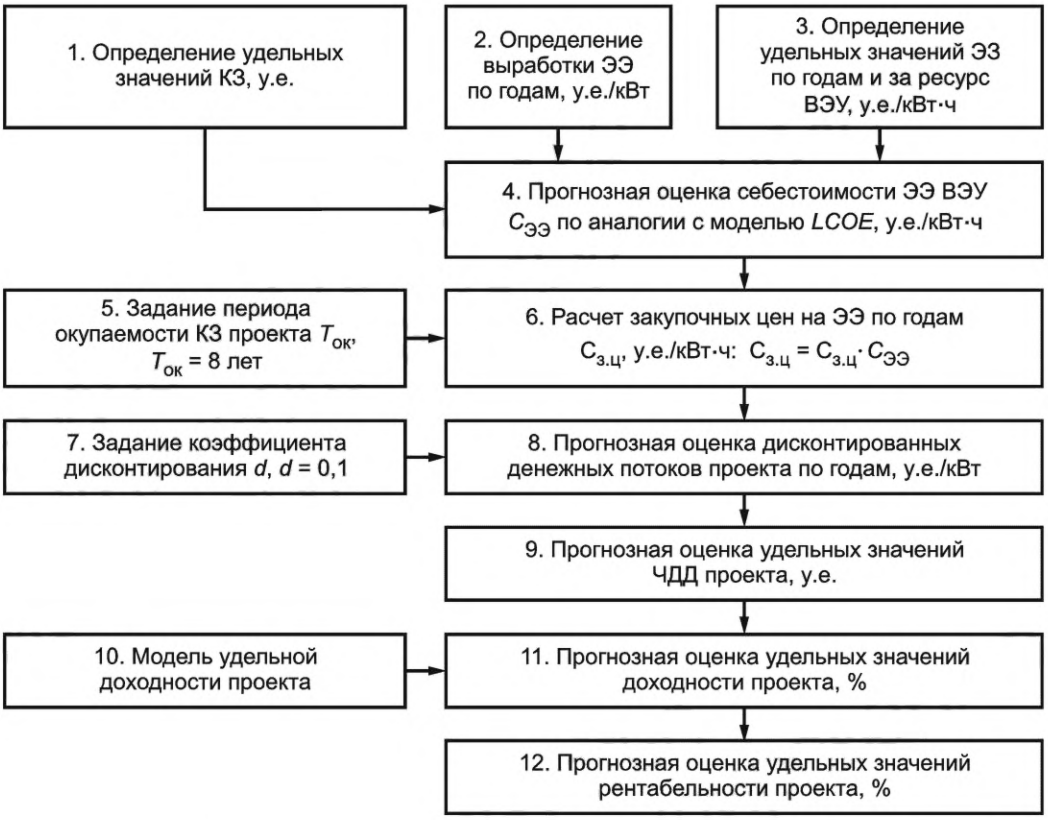

Рисунок 15.1 — Схема унифицированной оценки экономических показателей ВЭУ и ВЭС

15.2 Показатели и факторы экономической эффективности проектов ВЭУ или ВЭС

15.2.1 Показателями экономической эффективности проектов ВЭС по УМОЭЭ в настоящем стандарте приняты:

- себестоимость производимой ВЭС электрической энергии $C_{ЭЭ}$;
- чистые удельный ($ЧДД_{уд}$, у.е./кВт) и абсолютный ($ЧДД_{абс}$, у.е.) дисконтированные доходы;
- период окупаемости капитальных затрат на ВЭУ и ВЭС (в годах);
- внутренняя норма доходности проектов ВЭУ или ВЭС.

15.2.2 Факторами экономической эффективности проектов ВЭС приняты:

- удельные $КЗ_{уд}$ на сооружение и ввод в эксплуатацию ВЭУ и/или ВЭС;
- ежегодные эксплуатационные затраты на ВЭУ и/или ВЭС;
- ежегодная выработка ЭЭ ВЭУ и/или ВЭС, определяемая коэффициентами $К_{и.у.м}$;
- коэффициенты неидеальности работы ВЭУ с учетом климатических и технических факторов, определенных по методикам настоящего стандарта;
- стоимость реализации (продажи) ЭЭ ВЭУ и/или ВЭС;
- коэффициенты дисконтирования денежных потоков.

15.3 Рекомендации по определению себестоимости электроэнергии ВЭУ и ВЭС

15.3.1 Себестоимость ЭЭ и период окупаемости инвестиций являются базовыми показателями экономической эффективности проектов ВЭУ или ВЭС (в том числе в сравнении с альтернативными способами производства ЭЭ).

15.3.2 Универсальной мерой себестоимости энергии ВЭС $C_{ЭЭ}$ в настоящем стандарте принято значение $C_{ЭЭ}$, вычисленное по методике *LCOE*, модифицированной и унифицированной с учетом климатических факторов, осредненное за полный технический (рабочий) ресурс ВЭУ или ВЭС. Согласно известным паспортным данным большинства современных ВЭУ, серийно выпускаемых в мире, их технический ресурс принят равным 20 годам, или в техническом исчислении — 110 000 моточасов работы ВЭУ.

15.3.3 Себестоимость электроэнергии $С_{ЭЭ}$, у. е./кВт·ч, определяют по формуле

$$С_{ЭЭ} \approx \left\{ КЗ_{уд} \cdot \left[1 + К_{к.р} \cdot (1+d)^{-12} + К_{дм.л} \cdot (1+d)^{-21} \right] + \frac{\sum_{n=1}^{N} ЭЗ^{n}_{уд}(n)}{(1+d)^{n}} \right\} \Bigg/ \sum_{n=1}^{N} E^{n}_{уд}(n), \quad (15.1)$$

где $КЗ_{уд}$ — удельные (на 1 кВт номинальной мощности ВЭУ) КЗ (включая заводскую стоимость ВЭУ, транспортирование, строительство, монтаж и пусконаладку ВЭС);

$К_{к.р}$ — доля удельных КЗ на капитальный ремонт ВЭУ на 12-м году работы (условно принятая для всех проектов ВЭУ и ВЭС 10 % от $КЗ_{уд}$);

$К_{дм.л}$ — доля удельных КЗ на демонтаж и ликвидацию ВЭУ по выработке их ресурса на 21-й год проекта (условно равная для всех проектов ВЭУ и ВЭС 10 % от $КЗ_{уд}$);

d — коэффициент дисконтирования с условно принятым значением d = 0,10 для разработок ПТЭО проектов ВЭУ и ВЭС в России, установленным исходя из средних нормативных значений, принятых в энергетических компаниях России с учетом оценок экономических показателей ВЭС;

$ЭЗ^{n}_{уд}(n)$ — удельные (на 1 кВт) эксплуатационные затраты в n-м году работы ВЭУ;

$E^{n}_{уд}(n)$ — удельная (на 1 кВт) выработка ЭЭ в n-м году работы ВЭС, вычисленная с учетом установленных в настоящем стандарте факторов.

15.3.4 Достоверность оценки $С_{ЭЭ}$ по формуле (15.1) в конкретном проекте и сравнительной оценки $С_{ЭЭ}$ в разных проектах ВЭУ и ВЭС определена с точностью определения КЗ, ежегодных $ЭЗ^{n}$ на ВЭУ и ВЭС и ежегодной выработки ими энергии на протяжении всего срока их работы (ресурса), рассчитываемой с учетом установленных настоящим стандартом ветроклиматических и технических факторов.

15.3.5 Ежегодные удельные эксплуатационные затраты на ВЭУ и ВЭС $ЭЗ^{n}_{уд}(n)$ определены суммой следующих составляющих:

- условно постоянные по годам работы ВЭУ дисконтированных удельных затрат на ВЭУ или ВЭС $С^{n}_{пост}$, включающих затраты на оплату труда обслуживающего административного и технического персонала и прочие операционные затраты (аренда земли, транспортные расходы, пр.). Суммарная удельная (на один установленный мегаватт ВЭС) численность персонала в соответствии с нормативами для ТЭС условно принята равной 0,25 чел./МВт, а годовое значение зарплаты (ЗП) на одного обслуживающего ВЭС в первый год эксплуатации ВЭУ или ВЭС условно принято равным ЗП = 20 000 у.е., включая налоги, а также другие операционные затраты. Условно постоянные (с учетом дисконтирования) удельные $С^{n}_{пост}$ рассчитываются по формуле

$$С^{n}_{пост} = ЗП^{1} \cdot (1+d)^{-n}. \quad (15.2)$$

Примечание — Рекомендуемая для использования на этапе ПТЭО модель $ЭЗ^{n}$ не учитывает возможную индексацию зарплаты персонала, обслуживающего ВЭУ или ВЭС, и возможные многолетние изменения стоимости услуг ремонтных организаций ввиду трудности их прогнозирования на 20-летний период;

- переменные, нарастающие по годам затраты на плановые и внеплановые ремонтно-восстановительные работы с учетом дисконтирования, пропорциональные суммарному на данный год выработанному ресурсу, выраженному в моточасах, отработанных ВЭУ, $ЭЗ^{n}_{рем.уд}(n)$, рассчитывают по формуле

$$ЭЗ^{n}_{рем.\,уд}(n) = С_{рем.\,уд} \cdot 8760 \cdot К_{и.у.м} \cdot К_{нид} \cdot \sum_{n=1}^{N} К^{n}_{ТГ}(n) \cdot (1+d)^{-n}, \quad (15.3)$$

где $С_{рем.уд}$ — коэффициент, зависящий от коэффициента $К_{ТГ(6)}$ ВЭУ на 6-й год работы ВЭУ;

$$К^{n}_{ТГ}(n) = 0{,}872 + 0{,}125 \cdot (1 - К_{ТГ(6)}) - 0{,}139 \cdot (1 - К_{ТГ(6)}) \cdot n; \quad (15.4)$$

- удельные (на 1 кВт) затраты на капитальный ремонт ВЭУ на 12-м году их эксплуатации $З_{к.р}$, условно принятые и исчисляемые с учетом зарубежного опыта как пятикратные ежегодные удельные ЭЗ на 12-м году с учетом дисконтирования по формуле

$$З^{n}_{к.р} = 5 \cdot ЭЗ^{12}{}_{рем.уд}; \quad (15.5)$$

- затраты на демонтаж и утилизацию ВЭУ после выработки ресурса $З_{дем.у}$ рассчитывают по формуле

$$З_{дем.у} = 0{,}15 \cdot КЗ \cdot (1 + d)^{-21}, \quad (15.6)$$

а годовые значения удельных затрат $ЭЗ^{n}_{уд}(n)$ на ВЭУ и ВЭС рассчитывают по формуле

$$ЭЗ^{n}_{уд}(n) = C^{n}_{const} + ЭЗ^{n}_{рем.уд}(n) + З^{n}_{кр} + З_{дем.у}. \quad (15.7)$$

15.3.6 Зависимость себестоимости ЭЭ ВЭУ или ВЭС $C_{ЭЭ}$ от параметров $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ(6)}$ и $К_{нид}$ рассчитывают по регрессионному уравнению

$$C_{ЭЭ} = F_{нид} \cdot КЗ + G_{нид} \quad (15.8)$$

с коэффициентами, приведенными в таблице 15.1.

Таблица 15.1 — Коэффициенты *F* и *G* уравнения регрессии (15.8)

$К_{и.у.м}$, %	20,0	20,0	20,0	30,0	30,0	30,0	40,0	40,0	40,0
$К_{ТГ(6)}$	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
$К_{нид}$ = 0,85									
F	0,0392	0,0375	0,0359	0,0261	0,0250	0,0239	0,0196	0,0187	0,0180
G	0,01199	0,00769	0,00396	0,01040	0,00660	0,00323	0,00960	0,00606	0,00286
$К_{нид}$ = 0,90									
F	0,0370	0,0354	0,0339	0,0247	0,0236	0,0226	0,0185	0,0177	0,0170
G	0,01132	0,00727	0,00374	0,00982	0,00624	0,00305	0,00907	0,00572	0,00270
$К_{нид}$ = 0,95									
F	0,0351	0,0335	0,0321	0,0234	0,0223	0,0214	0,0175	0,0168	0,0161
G	0,01073	0,00688	0,00354	0,00930	0,00591	0,00289	0,00859	0,00542	0,00256

Данные значения $C_{ЭЭ}$ для промежуточных значений, указанных в таблице 15.1 параметров $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ}$ и $К_{нид}$, определяют методом линейной аппроксимации по их соседним значениям.

15.3.7 Зависимость себестоимости ЭЭ ВЭУ или ВЭС $C_{ЭЭ}$ от параметров $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ}$ и $К_{нид}$ для проектов ВЭУ или ВЭС с разными КЗ с приемлемой для оценок точностью определяют линейной интерполяцией по данным таблицы 15.2.

Таблица 15.2 — Значения $C_{ЭЭ}$ при разных параметрах КЗ, $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ}$ и $К_{нид}$

	$К_{и.у.м}$, % = 20			$К_{и.у.м}$, % = 30			$К_{и.у.м}$, % = 40		
$К_{ТГ(6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
$К_{нид}$ = 0,85									
КЗ, у.е/кВт = 1000	0,051	0,045	0,040	0,037	0,032	0,027	0,029	0,025	0,021
КЗ, у.е/кВт = 1500	0,071	0,064	0,058	0,050	0,044	0,039	0,039	0,034	0,030
КЗ, у.е/кВт = 2000	0,090	0,083	0,076	0,063	0,057	0,051	0,049	0,044	0,039
КЗ, у.е/кВт = 2500	0,110	0,101	0,094	0,076	0,069	0,063	0,059	0,053	0,048
КЗ, у.е/кВт = 3000	0,130	0,120	0,112	0,089	0,082	0,075	0,068	0,062	0,057
$К_{нид}$ = 0,90									
КЗ, у.е./кВт =1000	0,048	0,043	0,038	0,035	0,030	0,026	0,028	0,023	0,020

Окончание таблицы 15.2

$К_{ТГ(б)}$ =	$К_{и.у.м}$, % = 20			$К_{и.у.м}$, % = 30			$К_{и.у.м}$, % = 40		
	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
КЗ, у.е./кВт = 1500	0,067	0,060	0,055	0,047	0,042	0,037	0,037	0,032	0,028
КЗ, у.е./кВт = 2000	0,085	0,078	0,072	0,059	0,053	0,048	0,046	0,041	0,037
КЗ, у.е./кВт = 2500	0,104	0,096	0,089	0,072	0,065	0,060	0,055	0,050	0,045
КЗ, у.е./кВт = 3000	0,122	0,113	0,105	0,084	0,077	0,071	0,065	0,059	0,054
$К_{нид}$ = 0,95									
КЗ, у.е./кВт = 1000	0,046	0,040	0,036	0,033	0,028	0,024	0,026	0,022	0,019
КЗ, у.е./кВт = 1500	0,063	0,057	0,052	0,044	0,039	0,035	0,035	0,031	0,027
КЗ, у.е./кВт = 2000	0,081	0,074	0,068	0,056	0,051	0,046	0,044	0,039	0,035
КЗ, у.е./кВт = 2500	0,098	0,091	0,084	0,068	0,062	0,056	0,052	0,047	0,043
КЗ, у.е./кВт = 3000	0,116	0,107	0,100	0,079	0,073	0,067	0,061	0,056	0,051

15.3.8 Зависимость $C_{ЭЭ}$ от коэффициента использования номинальной мощности $К_{и.у.м}$ в диапазоне $0,80 < К_{нид} < 0,98$ с погрешностью менее 1,0 % определяют квадратичной функцией

$$C_{ЭЭ} = Q \cdot (К_{нид})^2 + R \cdot (К_{нид}) + S, \quad (15.9)$$

построенной по значениям $К_{нид}$ и коэффициентам, приведенным в таблице 15.3.

Таблица 15.3 — Значения коэффициентов *Q, R* и *S* в уравнении регрессии (15.9)

Коэффициенты	КЗ = 1000 у. е./кВт·ч			КЗ = 2000 у. е./кВт·ч			КЗ = 3000 у. е./кВт·ч		
	Q	*R*	*S*	*Q*	*R*	*S*	*Q*	*R*	*S*
$К_{нид}$ = 0,85; $К_{ТГ(б)}$ = 0,92	0,0000366	–0,00330	0,103	0,0000530	–0,00477	0,145	0,0001528	–0,01174	0,284
$К_{нид}$ = 0,85; $К_{ТГ(б)}$ = 0,95	0,0000339	–0,00305	0,093	0,0000495	–0,00446	0,133	0,0000808	–0,00727	0,214
$К_{нид}$ = 0,85; $К_{ТГ(б)}$ = 0,98	0,0000318	–0,00286	0,084	0,0000467	–0,00420	0,123	0,0000766	–0,00690	0,201
$К_{нид}$ = 0,90; $К_{ТГ(б)}$ = 0,92	0,0000346	–0,00312	0,097	0,0000500	–0,00450	0,137	0,0000809	–0,00728	0,217
$К_{нид}$ = 0,90; $К_{ТГ(б)}$ = 0,95	0,0000321	–0,00288	0,088	0,0000468	–0,00421	0,126	0,0000763	–0,00686	0,202
$К_{нид}$ = 0,90; $К_{ТГ(б)}$ = 0,98	0,0000300	–0,00270	0,080	0,0000441	–0,00397	0,116	0,0000724	–0,00651	0,190
$К_{нид}$ = 0,95; $К_{ТГ(б)}$ = 0,92	0,0000328	–0,00295	0,092	0,0000474	–0,00427	0,130	0,0000766	–0,00690	0,206
$К_{нид}$ = 0,95; $К_{ТГ(б)}$ = 0,95	0,0000304	–0,00273	0,083	0,0000443	–0,00399	0,119	0,0000723	–0,00650	0,192
$К_{нид}$ = 0,95; $К_{ТГ(б)}$ = 0,98	0,0000284	–0,00256	0,075	0,0000418	–0,00376	0,110	0,0000686	–0,00617	0,180

15.3.9 Зависимость $C_{ЭЭ}$ ВЭС от коэффициента неидеальности $К_{нид}$ в диапазоне $0,80 < К_{нид} < 0,98$ с пренебрежимо малой погрешностью (менее 1,0 %) определяют линейной функцией вида

$$C_{ЭЭ} = P \cdot К_{нид} + Y, \quad (15.10)$$

построенной по значениям $К_{нид}$ = 0,85 и $К_{нид}$ = 0,95 с коэффициентами, приведенными в таблице 15.4.

Таблица 15.4 — Значения коэффициентов *P* и *Y* в уравнении (15.10)

КЗ, у.е./кВт · ч =	1000		1500		2000		2500	
	P	*Y*	*P*	*Y*	*P*	*Y*	*P*	*Q*
$К_{и.у.м}$ = 20 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,92	–0,0539	0,0970	–0,0745	0,1342	–0,0952	0,1713	–0,116	0,208
$К_{и.у.м}$ = 20 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,95	–0,0475	0,0855	–0,0672	0,1210	–0,0870	0,1565	–0,107	0,192
$К_{и.у.м}$ = 20 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,98	–0,0420	0,0755	–0,0609	0,1096	–0,0798	0,1436	–0,0987	0,178
$К_{и.у.м}$ = 30 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,92	–0,0385	0,0692	–0,0522	0,0940	–0,0660	0,1188	–0,0797	0,144
$К_{и.у.м}$ = 30 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,95	–0,0332	0,0598	–0,0464	0,0835	–0,0595	0,1071	–0,0727	0,131
$К_{и.у.м}$ = 30 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,98	–0,0286	0,0515	–0,0412	0,0741	–0,0538	0,0968	–0,0664	0,120
$К_{и.у.м}$ = 40 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,92	–0,0307	0,0553	–0,0411	0,0739	–0,0514	0,0925	–0,0617	0,111
$К_{и.у.м}$ = 40 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,95	–0,0261	0,0470	–0,0359	0,0647	–0,0458	0,0825	–0,0557	0,100
$К_{и.у.м}$ = 40 %; $К_{ТГ(6)}$ = 0,98	–0,0219	0,0394	–0,0314	0,0564	–0,0408	0,0735	–0,0503	0,0905

Примечание — Коэффициенты ε для промежуточных значений КЗ, $К_{и.у.м}$, КТГ, $К_{нид}$ в таблицах 15.2—15.6 определяют линейной интерполяцией по их соседним значениям.

15.3.10 Значения $С_{ЭЭ}$ ВЭУ или ВЭС для разных параметров $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ}$ и $К_{нид}$ в диапазоне значений $КЗ_{уд}$ от 1000 до 3000 у.е./кВт с приемлемой для оценок точностью (≥2 %) определяют по данным, приведенным на рисунках 15.2, 15.3 и 15.4.

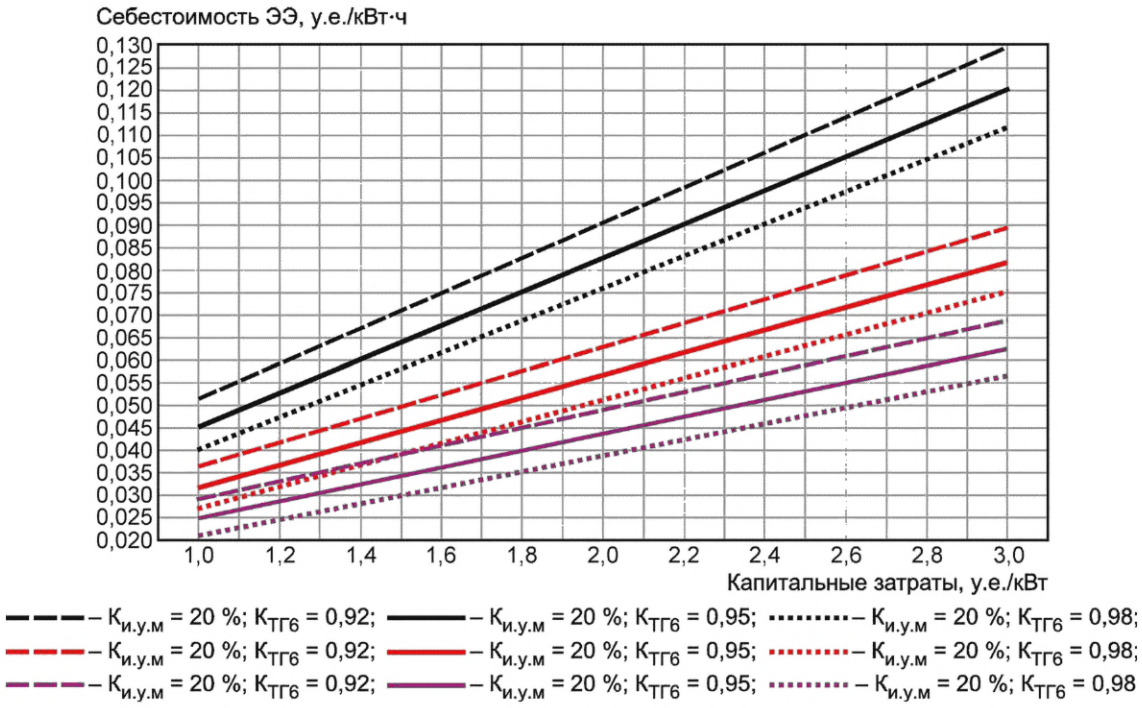

Рисунок 15.2 — Значения $С_{ЭЭ}$ при разных параметрах КЗ, $К_{и.у.м}$, $КТГ_{(6)}$ при $К_{нид}$ = 0,85

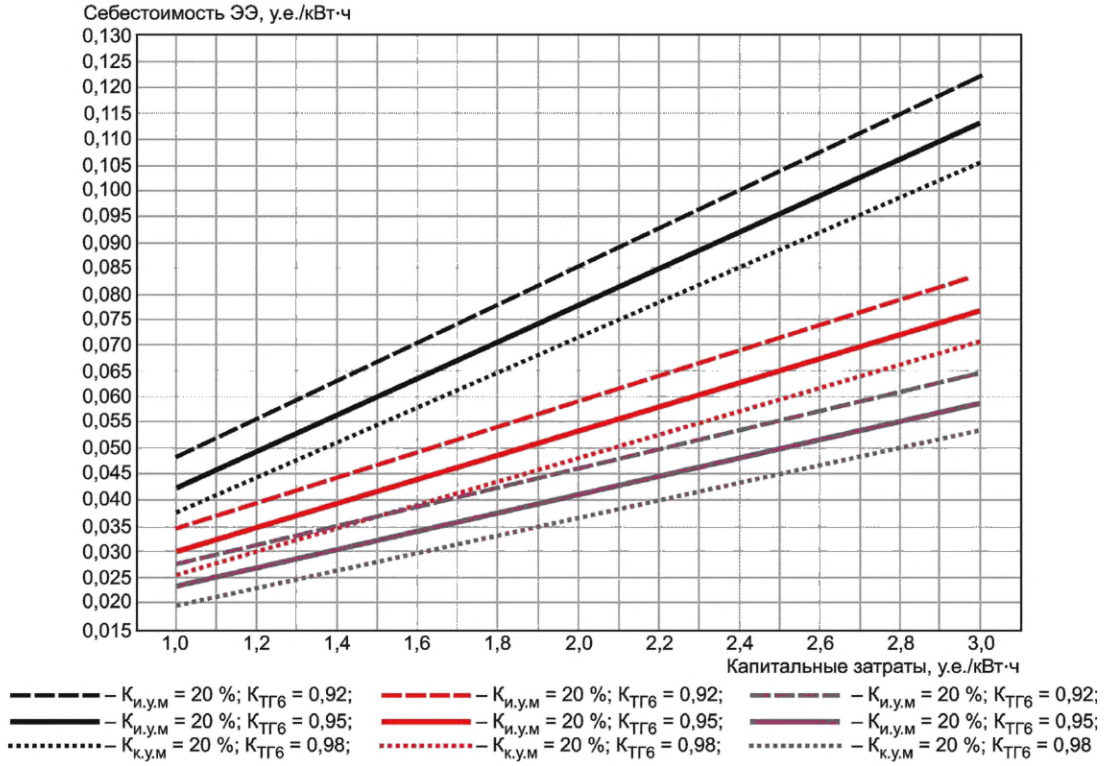

Рисунок 15.3 — Значения $C_{ЭЭ}$ при разных параметрах КЗ, $К_{и.у.м}$, $КТГ_{(6)}$ при $К_{нид}$ = 0,90

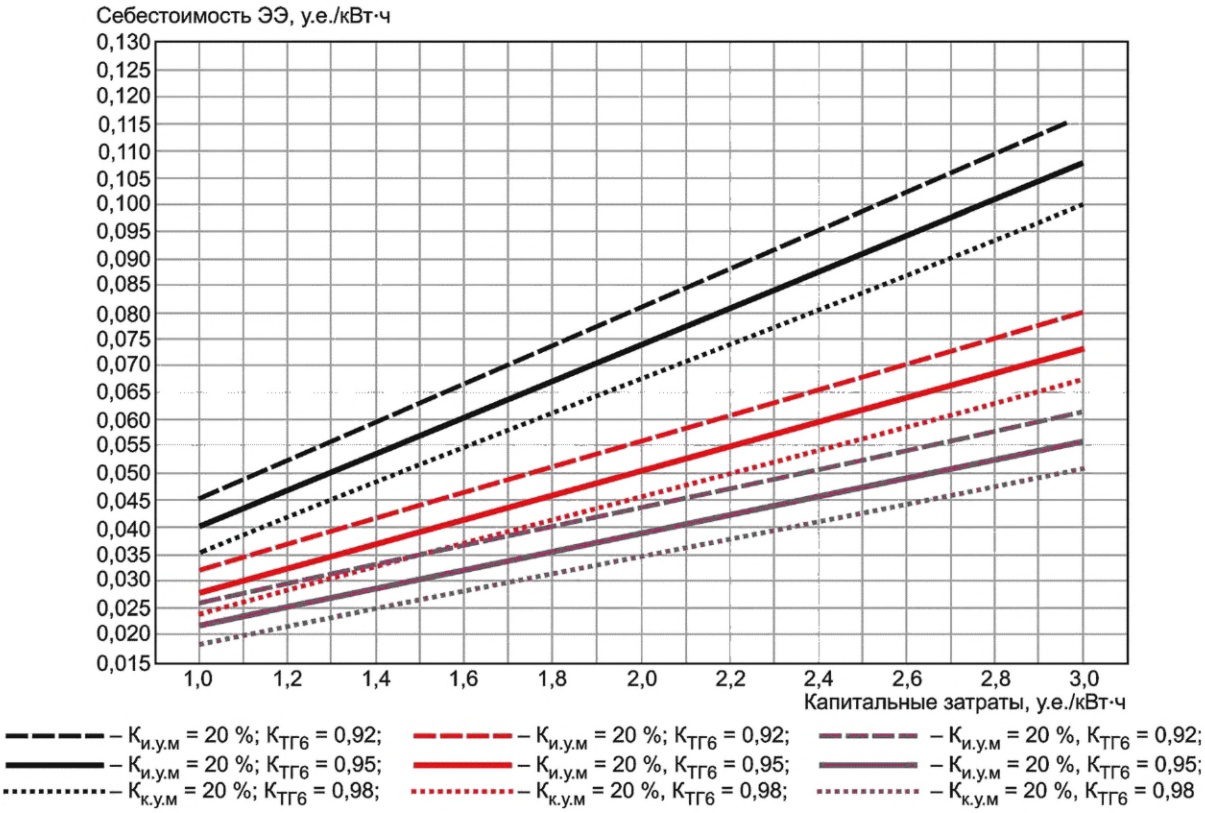

Рисунок 15.4 — Значения $C_{ЭЭ}$ при разных параметрах КЗ, $К_{и.у.м}$, $КТГ_{(6)}$ при $К_{нид}$ = 0,95

15.3.11 Значения $C_{ЭЭ}$ ВЭУ или ВЭС для разных параметров $К_{ТГ(6)}$ и $К_{нид}$ для значений $КЗ_{уд}$ от 1000, 1500, 2500 у.е./кВт с приемлемой для оценок погрешностью (<2 %) может быть определена визуально по графикам, представленным на рисунках 15.5, 15.6 и 15.7.

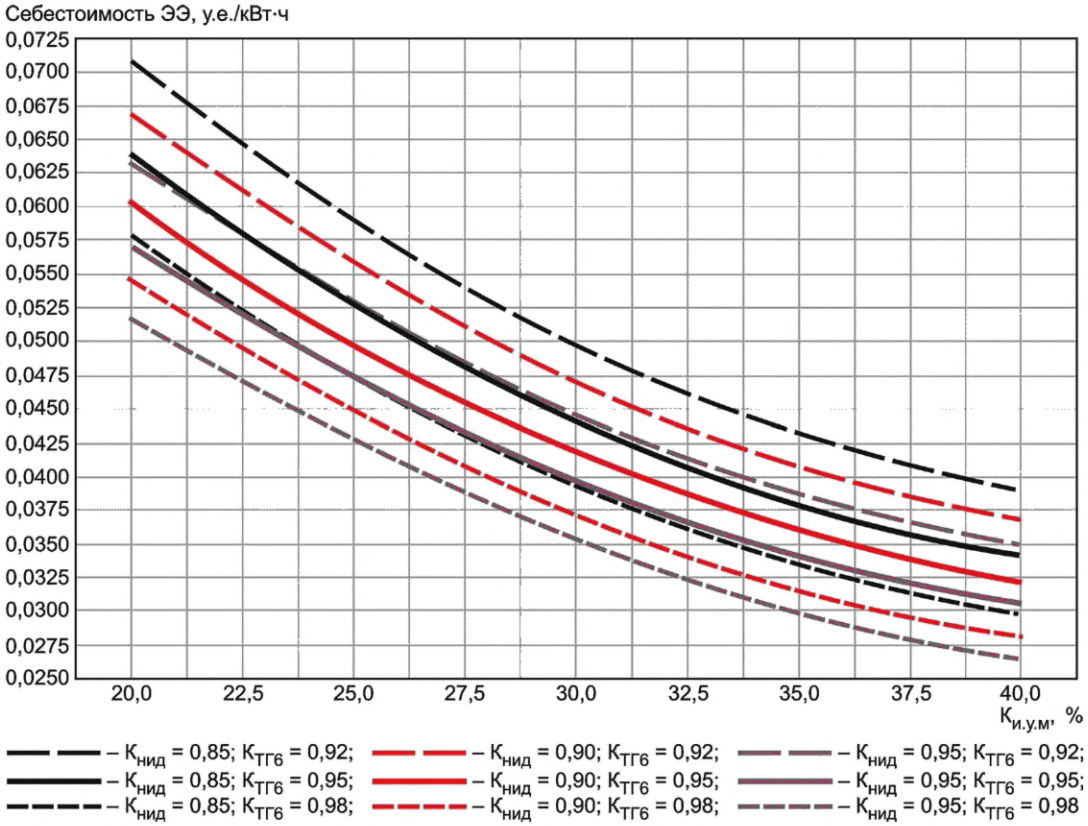

Рисунок 15.5 — Значения $C_{ЭЭ}$ при разных параметрах $К_{нид}$, $К_{ТГ(6)}$ при $КЗ_{уд}$ = 1500 у.е./кВт·ч

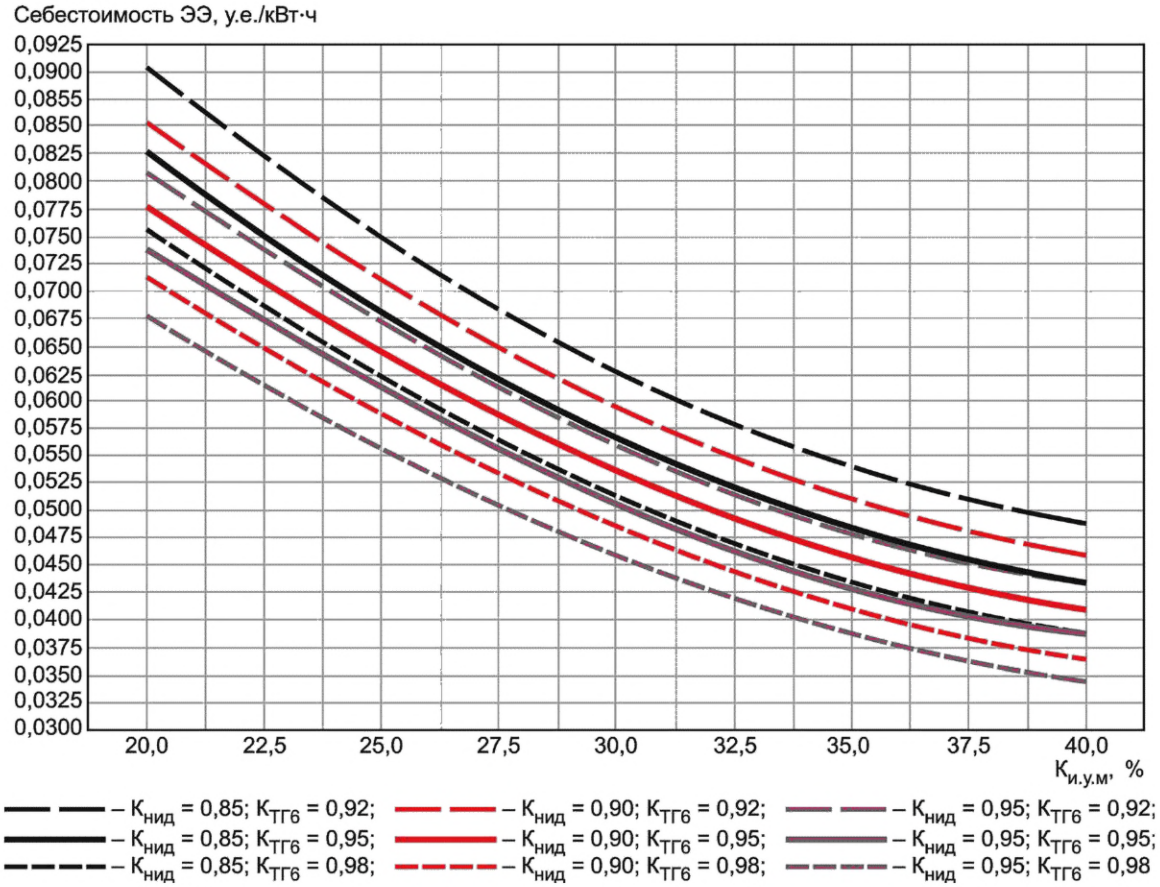

Рисунок 15.6 — Значения $C_{ЭЭ}$ при разных параметрах $К_{нид}$, $К_{ТГ(6)}$ при $КЗ_{уд}$ = 2000 у.е./кВт·ч

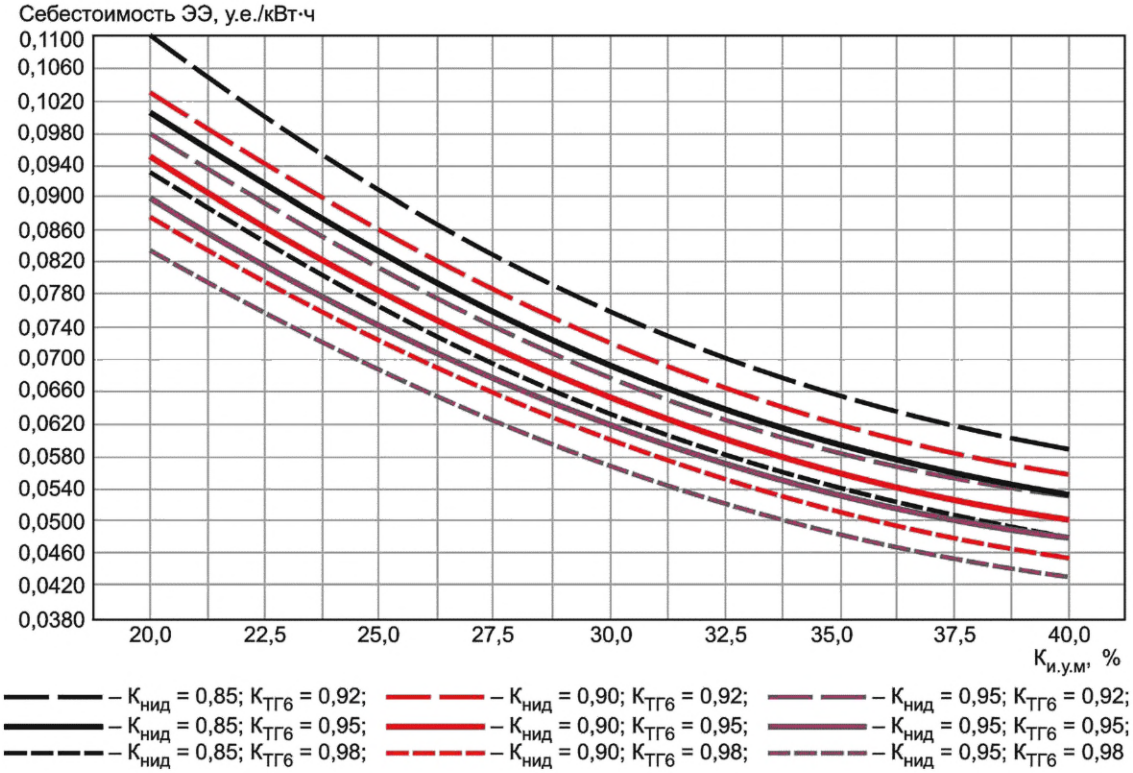

Рисунок 15.7 — Значения $C_{ЭЭ}$ при разных параметрах $К_{нид}$, $К_{ТГ(6)}$ при $КЗ_{уд}$ = 2500 у.е./кВт·ч

15.4 Рекомендации по выбору периода окупаемости проектов ВЭУ или ВЭС

15.4.1 Период окупаемости проекта ВЭУ или ВЭС $T_{ок}$ (годы) определяют как время возврата вложенных в проект ВЭС инвестиций — капитальных затрат КЗ в натуральном выражении, у.е., или удельных $КЗ_{уд}$, у.е./кВт.

15.4.2 На этапе ПТЭО нормативный период окупаемости $T_{ок}$ ВЭУ или ВЭС в целях унификации и обеспечения адекватного сравнительного анализа экономической эффективности установлен одинаковым для проектов ВЭУ и ВЭС и равным 8 годам, в дисконтированном выражении (d = 10 %) на основании действующих в энергетике России нормативов ($T_{ок}$ = 8 лет для ТЭС) и в целях достижения внутренней нормы доходности проектов ВЭУ и ВЭС.

15.5 Рекомендации по установлению цены закупки электроэнергии ВЭУ или ВЭС, обеспечивающей 8-летний срок окупаемости

15.5.1 Удельную стоимость $C_{п}$, у.е./кВт·ч, реализации (продажи) ЭЭ, вырабатываемой ВЭУ или ВЭС, оценивают исходя из условия достижения их 8-летней окупаемости и считают прямо пропоциональной ее себестоимости $C_{ЭЭ}$, определенной в 15.2, и рассчитывают по формуле

$$C_{п} = \varepsilon \cdot C_{ЭЭ}. \qquad (15.11)$$

15.5.2 Коэффициенты ε в формуле (15.11) для разных параметров КЗ, $К_{и.у.м}$, $К_{ТП}$, $К_{нид}$, обеспечивающие 8-летнюю окупаемость проектов ВЭУ и ВЭС, приведены в таблице 15.5.

15.5.3 Значения стоимости реализации (продажи) ЭЭ $C_{п}$, вырабатываемой ВЭУ или ВЭС, обеспечивающих 8-летнюю окупаемость проектов ВЭУ и ВЭС, приведены в таблице 15.6.

Таблица 15.5 — Значения коэффициента ε в формуле (15.11), обеспечивающего 8-летнюю окупаемость проектов ВЭУ и ВЭС

	$К_{нид}$ = 0,95				$К_{ТП}$ = 0,95					$К_{нид}$ = 0,85				$К_{ТП}$ = 0,95				
	$К_{и.у.м}$, % = 20,0			$К_{и.у.м}$, % = 30,0			$К_{и.у.м}$, % = 40,0			$К_{и.у.м}$, % = 20,0			$К_{и.у.м}$, % = 30,0			$К_{и.у.м}$, % = 40,0		
$К_{ТГ\ (6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
КЗ, у.е./кВт	Коэффициенты ε в формуле (15.11) — отношение цены продажи к $С_{ЭЭ}$ ВЭУ или ВЭС, обеспечивающее их 8-летнюю окупаемость																	
1000	3,00	3,18	3,37	2,86	3,07	3,32	2,95	2,97	3,27	2,73	2,89	3,07	2,88	3,09	3,34	2,96	2,98	3,28
1250	3,08	3,24	3,41	2,95	3,14	3,36	2,84	3,06	3,32	2,80	2,94	3,10	2,97	3,16	3,38	2,85	3,07	3,33
1500	3,14	3,28	3,43	3,02	3,20	3,39	2,92	3,12	3,35	2,85	2,98	3,12	3,05	3,22	3,41	2,93	3,13	3,36
2000	3,21	3,33	3,47	3,12	3,27	3,43	3,03	3,21	3,40	2,92	3,03	3,15	3,14	3,29	3,45	3,05	3,22	3,41
2500	3,26	3,37	3,48	3,18	3,32	3,46	3,11	3,26	3,43	2,97	3,06	3,17	3,21	3,34	3,48	3,12	3,27	3,44
3000	3,30	3,39	3,49	3,23	3,35	3,47	3,16	3,30	3,45	3,00	3,09	3,18	3,25	3,37	3,49	3,18	3,31	3,46

Таблица 15.6 — Цена реализации (продажи) электроэнергии, вырабатываемой ВЭУ или ВЭС

	$К_{нид}$ = 0,95				$К_{ТП}$ = 0,95					$К_{нид}$ = 0,85				$К_{ТП}$ = 0,95				
	$К_{и.у.м}$, % = 20,0			$К_{и.у.м}$, % = 30,0			$К_{и.у.м}$, % = 40,0			$К_{и.у.м}$, % = 20,0			$К_{и.у.м}$, % = 30,0			$К_{и.у.м}$, % = 40,0		
$К_{ТГ\ (6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
КЗ, у.е./кВт	Необходимая цена реализации ЭЭ ВЭУ или ВЭС для достижения их 8-летней окупаемости, у.е./кВт·ч																	
1000	0,136	0,126	0,118	0,092	0,085	0,079	0,076	0,065	0,060	0,138	0,129	0,120	0,104	0,096	0,089	0,086	0,073	0,067
1250	0,166	0,155	0,146	0,112	0,105	0,098	0,086	0,079	0,074	0,168	0,158	0,149	0,126	0,118	0,110	0,096	0,089	0,083
1500	0,196	0,184	0,175	0,132	0,124	0,117	0,101	0,094	0,088	0,199	0,187	0,177	0,149	0,140	0,131	0,113	0,105	0,099
2000	0,256	0,242	0,231	0,172	0,163	0,154	0,131	0,123	0,116	0,260	0,246	0,235	0,194	0,183	0,173	0,147	0,138	0,130
2500	0,316	0,300	0,287	0,212	0,201	0,192	0,161	0,152	0,144	0,321	0,305	0,292	0,239	0,227	0,216	0,180	0,170	0,162
3000	0,376	0,358	0,343	0,252	0,240	0,229	0,191	0,181	0,172	0,382	0,364	0,349	0,284	0,270	0,257	0,214	0,203	0,193

15.6 Рекомендации по определению чистого дисконтированного дохода проектов ВЭУ или ВЭС

15.6.1 Чистый удельный дисконтированный доход $ЧДД_{уд}$ проекта ВЭС определяют разностью $КЗ_{уд}$ и суммы за ресурс ВЭС ежегодных денежных потоков проекта, состоящих из расходных $ЭЗ^{n}_{уд}$ и доходных от продаж ЭЭ ВЭС E_n, выработанной за n-й год с учетом технологических потерь во внутренних сетях ВЭС ($К_{ТП}$ = 0,98) и расходов на техническое обслуживание ВЭУ или ВЭС, по формуле

$$ЧДД_{уд} = -КЗ_{уд} + \sum_{n=1}^{N} (C_n \cdot E_n - ЭЗ^{n}_{уд}) \cdot (1 + d)^{-n}, \quad (15.12)$$

с ценой реализации ЭЭ ВЭУ или ВЭС в n-м году C_n, определенной в 15.5.

15.6.2 Зависимость удельного дисконтированного дохода $ЧДД_{уд}$ от определяющих его параметров приведена на рисунке 15.8.

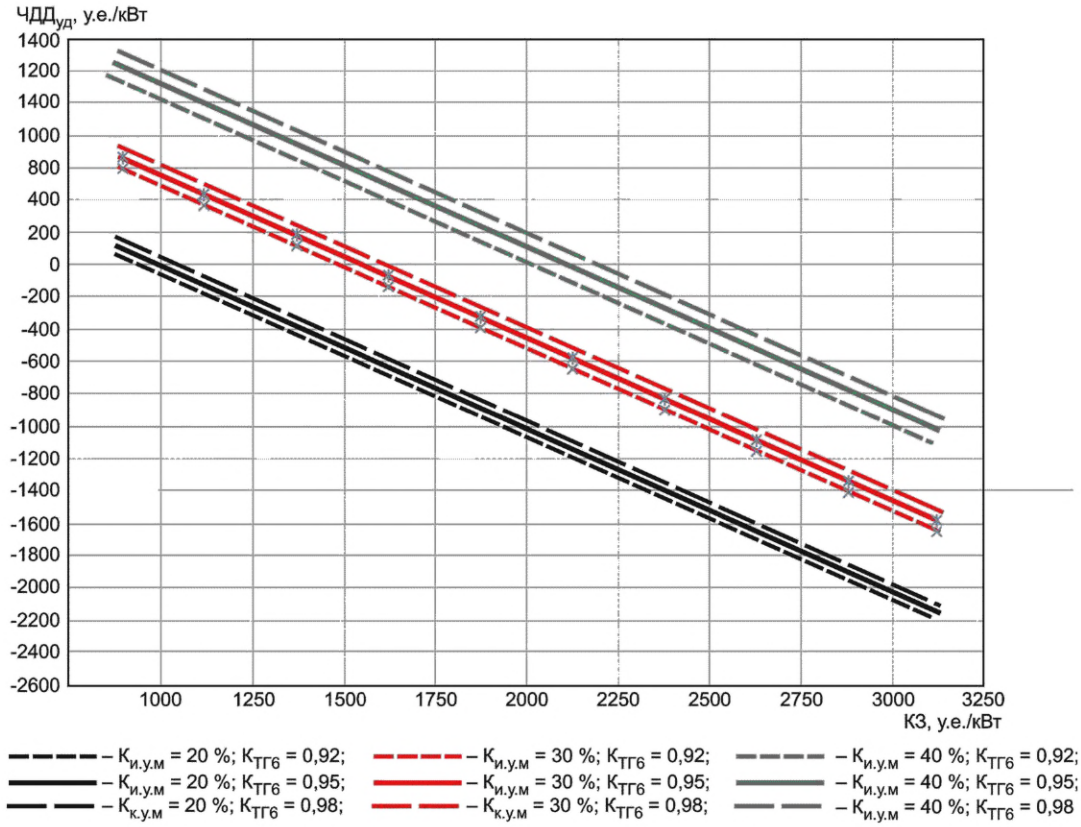

Рисунок 15.8 — Зависимость удельного дисконтированного дохода $ЧДД_{уд}$ от параметров КЗ, $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ(6)}$ для значений $К_{нид}$ = 0,95 и $К_{ТГ}$ = 0,95

15.6.3 Рекомендуемые к оценке на этапе ПТЭО экономической эффективности проектов ВЭУ или ВЭС значения $ЧДД_{уд}$, вычисленных исходя из 8-летней окупаемости проектов ВЭУ и ВЭС, приведены в таблицах 15.7 и 15.8.

Примечание — Значения $ЧДД_{уд}$ для промежуточных значений параметров КЗ, $К_{и.у.м}$, КТГ и $К_{нид}$ в таблицах 15.7 и 15.8 определены методом линейной аппроксимации по их соседним значениям.

Таблица 15.7 — Зависимость $ЧДД_{уд}$ от параметров КЗ, $К_{и.у.м}$ и $К_{ТГ(6)}$ при $К_{нид}$ = 0,95 и $К_{ТГ}$ = 0,95

$КЗ_{уд}$, у.е./кВт	$К_{и.у.м}$, % =	20			30			40		
	$К_{ТГ(6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
1000	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	72	117	160	608	675	740	1144	1233	1320
1250	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–178	–133	–90	358	425	490	894	983	1070

Окончание таблицы 15.7

$КЗ_{уд}$, у.е./кВт	$К_{и.у.м}$, % =	20			30			40		
	$К_{ТГ(6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
1500	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–428	–383	–340	108	175	240	644	733	820
1750	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–678	–633	–590	–142	–75	–10	394	483	570
2000	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–928	–883	–840	–392	–325	–260	144	233	320
2250	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1178	–1133	–1090	–642	–575	–510	–106	–17	70
2500	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1428	–1383	–1340	–892	–825	–760	–356	–267	–180
2750	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1678	–1633	–1590	–1142	–1075	–1010	–606	–517	–430
3000	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1928	–1883	–1840	–1392	–1325	–1260	–856	–767	–680

Таблица 15.8 — Зависимость $ЧДД_{уд}$ от параметров КЗ, $К_{и.у.м}$ и $К_{ТГ(6)}$ при $К_{нид}$ = 0,85 и $К_{ТГ}$ = 0,95

$КЗ_{уд}$, у.е./кВт	$К_{и.у.м}$, % =	20			30			40		
	$К_{ТГ(6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
1000	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–41	–1	38	439	499	557	918	998	1076
1250	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–291	–251	–212	189	249	307	668	748	826
1500	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–541	–501	–462	–61	–1	57	418	498	576
1750	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–791	–751	–712	–311	–251	–193	168	248	326
2000	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1041	–1001	–962	–561	–501	–443	–82	–2	76
2250	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1291	–1251	–1212	–811	–751	–693	–332	–252	–174
2500	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1541	–1501	–1462	–1061	–1001	–943	–582	–502	–424
2750	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–1791	–1751	–1712	–1311	–1251	–1193	–832	–752	–675
3000	$ЧДД_{уд}$, у.е./кВт=	–2041	–2001	–1962	–1561	–1501	–1443	–1082	–1002	–925

15.7 Рекомендации по оценке внутренней нормы доходности проектов ВЭС

15.7.1 Определяемая настоящим стандартом ВНД проектов ВЭУ и ВЭС характеризует окупаемость вложенных в них инвестиций за 8-летний срок.

15.7.2 Характер зависимостей значений ВНД от параметров КЗ, $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ}$ для значений $К_{нид}$ = 0,90 и $К_{ТП}$ = 0,95 приведен на рисунке 15.9.

15.7.3 Рекомендуемые к использованию значения параметра ВНД для определяющих ее параметров приведены в таблице 15.9.

Примечание — Значения ВНД для промежуточных значений параметров КЗ, $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ(6)}$ и $К_{нид}$ в таблице 15.9 определяют методом линейной интерполяции по их соседним значениям.

15.7.4 Приведенные в таблице 15.9 ВНД для разных значений определяющих ее параметров лежат в диапазоне 0,135 < ВНД < 0,159, что гарантирует прибыльность российских проектов ВЭУ и ВЭС с 8-летним сроком их окупаемости с установленным в настоящем стандарте коэффициентом дисконтирования *d*, равным 0,10.

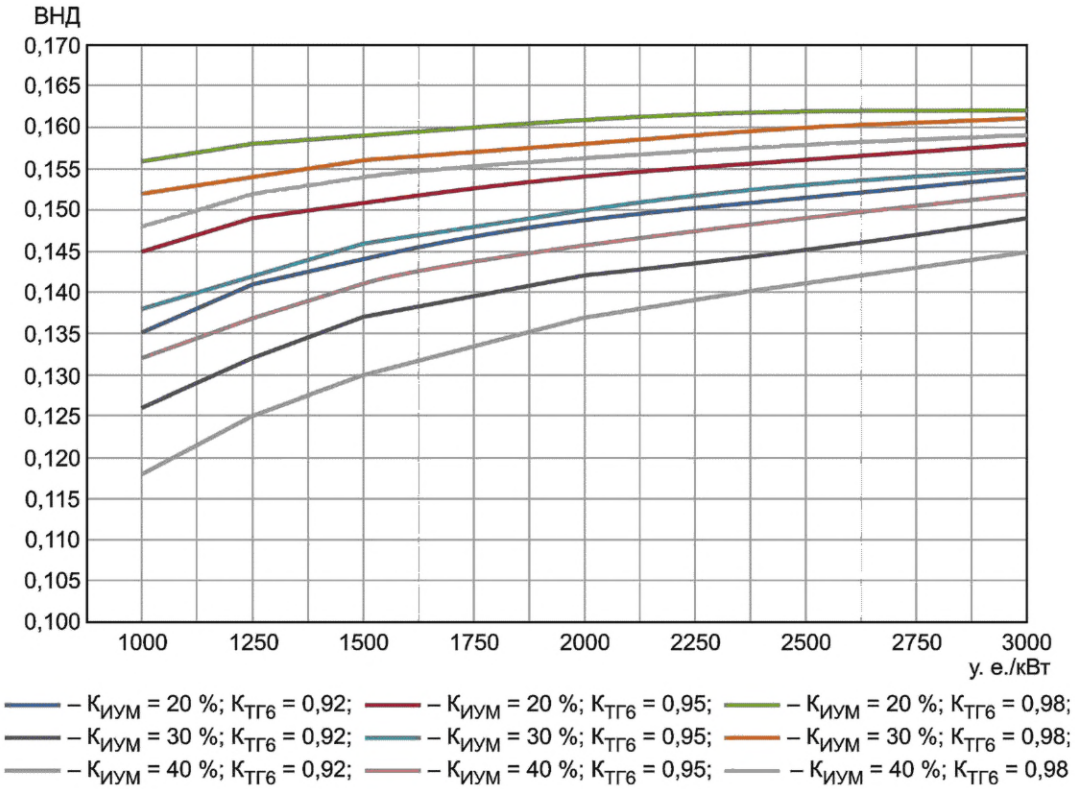

Рисунок 15.9 — Зависимость значений ВНД от параметров КЗ, $К_{и.у.м}$, $К_{ТГ(6)}$ для значений $К_{нид}$ = 0,90 и $К_{ТГ}$ = 0,95

Таблица 15.9 — Значения внутренней нормы доходности ВНД проектов ВЭУ и ВЭС

	$К_{нид}$ = 0,95						$К_{ТГ}$ = 0,95		
	$К_{и.у.м}$, % = 20,0			$К_{и.у.м}$, % = 30,0			$К_{и.у.м}$, % = 40,0		
$К_{ТГ (6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
КЗ, у.е./кВт	ВНД проектов ВЭУ и ВЭС с капитальным ремонтом и демонтажем с учетом технических и климатических факторов								
1000	0,135	0,145	0,156	0,126	0,138	0,152	0,118	0,132	0,148
1250	0,141	0,149	0,158	0,132	0,142	0,154	0,125	0,137	0,152
1500	0,144	0,151	0,159	0,137	0,146	0,156	0,130	0,141	0,154
2000	0,149	0,154	0,161	0,142	0,150	0,158	0,137	0,146	0,156
2500	0,151	0,156	0,162	0,145	0,153	0,160	0,141	0,149	0,158
3000	0,154	0,158	0,162	0,149	0,155	0,161	0,145	0,152	0,159

Окончание таблицы 15.9

	$К_{нид}$ = 0,85						$К_{ТГ}$ = 0,95		
	$К_{и.у.м}$, % = 20,0			$К_{и.у.м}$, % = 30,0			$К_{и.у.м}$, % = 40,0		
$К_{ТГ (6)}$ =	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98	0,92	0,95	0,98
КЗ, у.е./кВт	ВНД проектов ВЭУ и ВЭС с капитальным ремонтом и демонтажем с учетом технических и климатических факторов								
1000	0,135	0,145	0,156	0,126	0,138	0,152	0,118	0,132	0,148
1250	0,141	0,149	0,158	0,132	0,142	0,154	0,125	0,137	0,152
1500	0,144	0,151	0,159	0,137	0,146	0,156	0,130	0,141	0,154
2000	0,149	0,154	0,161	0,142	0,150	0,158	0,137	0,146	0,156
2500	0,152	0,157	0,162	0,145	0,153	0,160	0,141	0,149	0,158
3000	0,154	0,158	0,162	0,149	0,155	0,161	0,145	0,152	0,159

16 Требования к документированию результатов ПТЭО проектов ВЭС

Цель рекомендаций данного раздела — унификация результатов, получаемых в ходе выполнения ПТЭО проектов ВЭС, разрабатываемых на территории России, которая способствует эффективности учета ВКФ при проектировании ВЭС или ВДЭК в конкретных районе и месте, возможность цифровизации и накопления представленных в ходе ПТЭО сведений в централизованных (федеральных или региональных) базах данных, а также сопоставимость результатов выполненного ПТЭО с результатами ПТЭО, разработанного в других районах и на другой технологической основе.

Отчет с итоговой документацией ПТЭО оформляют в соответствии с общими требованиями к текстовым документам, определенными в ГОСТ 2105.

При разработке отчета с итоговой документацией ПТЭО, полученной с учетом ВКФ, необходимо руководствоваться нижеприведенной структурой изложения результатов ПТЭО:

- реферат;
- обозначения и сокращения;
- содержание;
- введение.

Раздел 1. Целевое назначение и административная принадлежность проекта ВЭУ, ВЭС или ВДЭК; роль и практическое значение проекта ВЭС или ВДЭК для энергоснабжения объекта, или поселения, или района; предполагаемые технические и энергетические параметры проекта.

Для представления информации рекомендовано использование табличной формы 1 приложения И.

Раздел 2. Географическое и геофизическое описания месторасположения ВЭУ, ВЭС или ВДЭК, включающие характеристики грунтов, сейсмической активности, рельефа (с приложенными топографическими картами) и дорожной инфраструктуры.

Для представления информации рекомендуется табличная форма 2 приложения И.

Раздел 3. Описание ВКУ в районе предполагаемой эксплуатации ВЭУ или ВЭС.

Для представления информации рекомендуется табличная форма 3 приложения И.

Раздел 4. Оценка среднемноголетних средних годовых и сезонных значений ВЭП и их СКВ и погрешностей в районе МПР ВЭС:

4.1 скоростей и направлений ветра и их СКО и погрешностей на высотах 10, 25, 50, 100 м и установления по ним ветрового класса ВЭУ;

4.2 функций повторяемости скоростей по градациям для средних скоростей ветра в диапазоне от 4 до 10 м/с с шагом (0,5 ± 0,05) м/с согласно формам приложения И;

4.3 плотностей воздуха и их СКО на высотах 10, 25, 50, 75, 100 м;

4.4 удельной мощности ветра $W_{уд}$, Вт/м^2, для высот 10, 25, 50, 75, 100 м;

4.5 удельной мощности $W_{уд}$, кВт/м^2, $К_{и.у.м}$ и годовой удельной (на единицу площади ВК ВЭУ) выработки, кВт · ч/м^2, модельных идеальных ВЭУ соответствующих ветровых классов с гипотетическими высотами осей ВК ВЭУ с горизонтальной осью вращения 10, 25, 50, 100 м.

Для представления информации рекомендуются однотипные табличные формы приложения И: 4.1, 4.2 и 4.3 соответственно для скорости и направления ветра, плотности воздуха и их СКО в процентах от средних значений; табличные формы 4.4—4.9 для параметров среднегодовых, зимних, весенних, летних и осенних функций Вейбулла *f(V)*; табличные формы 4.10—4.14 для средних удельных мощностей ветра и их СКО.

Раздел 5. Оценка многолетних средних годовых и сезонных значений удельных мощностей $К_{и.у.м}$ и выработки ЭЭ ВЭС или ВДЭС на базе нескольких (не менее трех и не более шести) ВЭУ серийного производства подходящего типоразмера и соответствующего ветрового класса со штатными серийными высотами башен в предположении идеальности работы ВЭУ в районе предполагаемой эксплуатации ВЭУ, ВЭС, ВДЭК.

Для представления информации рекомендованы однотипные табличные формы приложения И: 5.1.1—5.1; 5.2.1—5.2 и 5.3.1—5.3 соответственно для $К_{и.у.м}$, мощности и выработки ЭЭ, кВт·ч, ВЭС или ВЭУ в составе ВДЭК и их СКО в процентах от средних значений параметров.

Раздел 6. Оценка составляющих коэффициентов неидеальности ВЭУ $К_{нид}$ и $К_{ТГ}$ и их значения в целом. Оценка по установленным коэффициентам и плотности воздуха (пункт 4.3) средних многолетних годовых и сезонных значений удельных и абсолютных мощностей, $К_{и.у.м}$ и выработки ВЭС и ВДЭК на базе выбранных в разделе 5 ВЭУ с учетом реальных ВКУ и факторов неидеальности функционирования ВЭУ в районе их предполагаемой эксплуатации.

Выводы ПТЭО о целесообразности дальнейшей разработки проекта ВЭУ, ВЭС или ВДЭК.

Приложение А
(справочное)

Задачи исследований на этапах проектирования ВЭС

А.1 Инженерные и гидроклиматические изыскания при проектировании ВЭС

Инженерные и гидрометеорологические изыскания при проектировании ВЭС выполняют в соответствии с требованиями СП 131.13330.

Согласно принятой в России нормативно-правовой базе проектирование ЭС всех типов, включая ВЭС, проходит следующие последовательные стадии:

- выбор местоположения ЭС и ее мощности исходя из перспективной схемы и государственного плана развития теплового и электрического снабжения России;
- разработка и утверждение в установленном порядке технического задания на разработку ТЭО;
- разработка ТЭО ВЭС с обоснованием ее расположения, проектной мощности, принципиальных компоновочных и электротехнических решений и типов основного оборудования, режимов выдачи мощности и энергии, эксплуатации и схем включения в общую энергосистему, материального, инженерного и транспортного обеспечения, мероприятий по охране окружающей среды, решения жилищно-бытовых вопросов, а также оценка предполагаемых затрат;
- разработка, экспертиза и утверждение в установленном порядке технического проекта, содержащего возможные варианты схематических и компоновочных решений по основному и вспомогательному оборудованию, технико-экономические показатели и сводный сметно-финансовый расчет капитальных вложений. Строительная часть технического проекта ВЭС базируется на данных геологических, гидрологических и ветроклиматических изысканий на строительной площадке;
- рабочее проектирование на основании утвержденного технического проекта ВЭС.

А.2 Задачи исследования на этапе ПТЭО проектов ВЭУ и ВЭС

Предварительное ТЭО энергетического объекта является начальной стадией ТЭО проекта ВЭС. Задача ПТЭО ВЭС состоит в проведении малозатратной по времени и вложенным средствам, но максимально достоверной и точной экспресс-оценки и сравнительного анализа технических, эксплуатационных, энергетических и экономических показателей возможных вариантов проектов ВЭУ или ВЭС, на основании которых могут быть сделаны нижеприведенные выводы:

- результаты ПТЭО с достаточной достоверностью свидетельствуют об энергетической и экономической эффективности проекта ВЭУ, ВЭС или энергетических комплексов на их основе, и решение о переходе к разработке технического и рабочего проекта ВЭУ, ВЭС или ВДЭК принимают на основе информации, полученной на стадии ПТЭО;
- достоверность результатов ПТЭО принципиально подтверждает перспективы развития проекта ВЭУ или ВЭС, но требует уточнения количественных показателей его энергетической и экономической эффективности и определяет необходимость проведения дополнительных исследований в рамках ТЭО;
- полученные в ходе ПТЭО результаты достаточно достоверно свидетельствуют об отсутствии технико-экономической перспективы развития проекта ВЭУ или ВЭС и целесообразности отказа от его дальнейшей разработки;
- результаты ПТЭО в силу нехватки информации либо достоверности анализа недостаточны для определения перспективности проекта ВЭС и диктуют необходимость проведения дальнейшего детального анализа и разработки ТЭО.

Практическая цель ПТЭО — ответ на принципиальный вопрос: следует ли продолжать разработку и инвестирование проекта ВЭС на стадиях затратного по времени и вложенным ресурсам ТЭО, включая эскизное и рабочее проектирование.

При относительно малых затратах ПТЭО (10 % — 17 % от суммарной стоимости проектирования) и при оценке ВКХ с точностью 15 % — 20 % и выше результаты ПТЭО могут обеспечить:

- существенное сокращение рисков непродуктивных затрат на проекты ВЭС в заведомо неперспективных для них местах;
- сокращение временных и материальных затрат при проектных изысканиях и разработке ТЭО, рабочего проекта ВЭС в перспективных для них использования районах и местах;
- решение о переходе к разработке их технических и рабочих проектов может быть принято, минуя стадию ТЭО (без излишних в этом случае временных, трудовых и финансовых затрат на дополнительные измерения ветра, особенно при разработке проектов ВЭС малой и средней мощности), при определении на этапе ПТЭО ВКХ с погрешностями, обеспечивающими точность оценки средних многолетних значений мощности и выработки ВЭС на уровне от 10 % до 15 %.

Информационные и методические возможности и методические рекомендации повышения точности и достоверности определения ВКУ и показателей ВЭУ и ВЭС изложены в приложении Г.

Приложение Б
(справочное)

Характеристики ВЭУ, используемые в методиках настоящего стандарта

Б.1 Ветровые классы ВЭУ

Ветровые классы ВЭУ в соответствии с ГОСТ Р 54418.1, ГОСТ Р 54418.2 определяют по среднегодовым скоростям ветра $V_{ср}$, определяющим экстремальные скорости ветра $V_э$, максимально допустимые для ВЭУ данного класса по соображениям прочности и определяемые как семикратные средние годовые скорости ветра $V_{ср}$. Базовые параметры, которые определяют принадлежность ВЭУ к классам I, II, III или к классу *S* (для ВЭУ, размещаемых в море и в районах тропических ураганов, циклонов и тайфунов), приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 — Диапазоны параметров ветра для ВЭУ разных классов [12]

Класс ВЭУ	I	II	III	IV	S
Среднегодовая скорость ветра $V_{ср}$, м/с	<10,0	<8,5	<7,5	<6,0	≥10,0
Экстремальная скорость ветра $V_э$, м/с	<70,0	<59,5	<52,5	<42,0	≥42,0
Интенсивность турбулентности ветра типа A	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Интенсивность турбулентности ветра типа B	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Интенсивность турбулентности ветра типа C	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14

Примечание — Экстремальную скорость ветра определяют как возможную один раз в 50 лет максимальную скорость ветра в 3-секундном порыве ветра. Интенсивность турбулентности ветра рассчитывают как отношение СКО, установленное по скоростям с 3-секундным осреднением за 10-минутный период при средней скорости ветра 15 м/с на высоте оси ВК $H_{ВК}$.

ВЭУ обеспечивает надежное и безопасное функционирование при режимах ветра, соответствующих выбранному классу. При соответствии класса ВЭУ классу ветров в МПР срок службы современных ВЭУ согласно их техническим паспортам составляет 20 лет.

Б.2 Типовые рабочие характеристики современных серийных ВЭУ

Цифровой вид типовых рабочих характеристик современных ВЭУ (зависимостей мощностей ВЭУ от скорости ветра, набегающего на ВК), приведен в таблице Б.2.

Таблица Б.2 — Рабочие характеристики современных ВЭУ

Скорость ветра, м/с	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	$P_{ном}$, кВт
Тип ВЭУ	Мощность ВЭУ при скорости ветра, набегающего на ВК, кВт													
GAMESA G 53-850 kW Class I a	0	14	65,2	203	435	685	841	849	850	850	850	850	0	850
GAMESA G 58-850 kW Class II a	0	21,8	78,4	243	525	797	847	850	850	850	850	850	0	850
VESTAS V 225x50 kW D 27 Class I a	0	0	16,6	52,5	115	181	218	225	225	225	222	216	0	225
Vergnet GEV 30-275 kW Class II a	0	0	11	51	113	192	270	275	275	275	275	275	0	275
Hummer 25 200 kW Class II a	0	8	32	96	150	190	200	200	200	200	200	200	0	200
WesWen WH21 100 kW Class II a	0	2	13	47	92	100	100	100	100	100	100	100	0	100
POLARIS 25 100 kW Class II a	0	2,6	15	44	85,6	100	100	100	100	100	100	100	0	100
XANT M-21 100 kW Class I a	0	5	23	59	92	100	100	95	85	76	67	55	0	100
GhrePower FD 25 100 kW Class II a	0	2	15	46	100	120	120	120	120	120	120	0	0	100
GhrePower FD 21 100 kW Class I a	0	1,5	14	42	89	110	110	110	110	110	110	110	0	100

Приложение В
(справочное)

Источники данных для методик определения ВКУ на этапе разработки ПТЭО ВЭУ и ВЭС

В.1 Состав ветроклиматической информации для проектирования ВЭС и обоснования выбора характеристик и мест их размещения

Состав ветроклиматической информации, используемой в проектировании ВЭУ и ВЭС, приведен в таблице В.1 [12].

Таблица В.1 — Перечень климатических параметров для ветроэнергетики [12]

Характеристика ВКИ	Определение характеристик ВЭП и ВЭС	Выбор оптимальных технических параметров ВЭУ	Расчет прочности и надежности конструкции ВЭУ	Определение условий СМР и эксплуатации ВЭС	Выбор параметров резервных систем для ВЭУ
Средняя суточная, месячная, годовая, вековая скорость ветра*	+	+	+	+	+
СКО суточной, месячной, годовой, вековой скорости ветра*	+	+	+	+	+
Распределение скорости ветра по градациям*	+	+	+	+	—
Вертикальный профиль средней скорости ветра	+	+	+	+	—
Вертикальный профиль максимальной скорости ветра	—	—	+	—	—
Преобладающее направление ветра*	+	+	—	—	—
Высотные профили средних направлений ветра по румбам*	+	—	+	+	—
Плотность воздуха*	+	—	+	+	+
Вертикальный профиль порывов ветра (>15 м/с)	—	—	+	—	—
Поправка к скорости ветра на рельеф местности*	+	+	+	+	—
Интегральная повторяемость:					
- энергетических штилей*	+	+	—	+	+
- рабочих скоростей*	+	+	—	—	+
- номинального режима*	+	+	—	—	+
Непрерывная продолжительность энергетических штилей*:	+	+	—	+	+
- рабочих скоростей*	+	+	—	+	+
- номинального режима ВЭУ*	+	+	—	+	+
Частота и длительность рабочих и опасных скоростей ветра*	+	+	+	—	+
Параметры ускорения ветра в порыве*	—	—	+	—	—
Интенсивность турбулентности*	+	+	+	—	—
Частота и длительность рабочих температур ВЭУ*	+	+	+	+	+
Частота и длительность нерабочих и опасных температур*	+	+	+	+	+
Температурная стратификация в ПзСА	+	+	—	—	—
Частота, длительность и интенсивность гололедной опасности*	+	+	+	+	+
Повторяемость, длительность и интенсивность гроз	+	+	+	+	+
Частота, длительность и интенсивность осадков, в т. ч. града	+	+	+	+	+

*Определение параметров под этим знаком проводят для высоты оси $H_{ВК}$ ВЭУ.

Примечания

1 Знаки «+» («—») означают необходимость использования (неиспользования) информации.

2 Курсивом выделены характеристики, требующие специальных измерений.

В.2 Источники исходных данных для проектирования ВЭУ и ВЭС и обоснования выбора места их предполагаемого размещения

В.2.1 Информационная база данных метеорологических измерений

Основным источником накопленных данных о ветровом климате и ВЭП бывшего СССР и России является государственная метеорологическая сеть. В советский период метеорологические измерения, сбор и анализ данных, а также издания их периодически обобщающих результатов проводились практически в каждом районном центре, как правило, вблизи потребителя ЭЭ. Для оценки ВЭП России использованы данные 60 — 80-летних метеорологических наблюдений МС, работавших ранее в СССР и в настоящее время в России и заимствованные из справочников Госкомгидромета и Росгидромета [6], [7], [10], [11], содержащих данные о средних многолетних годовых и месячных скоростях и направлениях ветра ≈3600 и 2200 МС и данные о распределении скоростей ветра по градациям более 1300 МС (на территории СССР) и 1000 (в России) и данные из представленных в интернет-порталах машиночитаемых архивов мировых центров метеорологических данных [8], [9].

Карта сети МС, иллюстрирующая информационную освещенность измерений ветра различных регионов России, приведена на рисунке В.1.



Рисунок В.1 — Карта метеорологической сети России [13]

Наиболее информативным, достоверным и доступным источником многолетних рядов ВКХ, рекомендуемых настоящим стандартом для определения многолетней изменчивости ВКУ функционирования ВЭУ и ВЭС, является база данных мирового центра данных США мировой сети МС (см. [8]) со среднесуточными значениями метеорологических параметров за период с 1976 по 2018 г.

Каждая сетевая МС СССР и России содержит паспортный номер, данные о географических координатах и высоте над уровнем моря, описание метода и приборов измерения, данные о характеристиках открытости для ветра по принятой в России классификации Милевского, о периодах измерения атмосферных параметров, сроках восьми- и четырехсрочных метеонаблюдений и о высоте расположения анемометров.

Данные, используемые для статистически достоверной оценки локальных характеристик ветра и ВЭП, должны удовлетворять следующим требованиям (см. [13], [14], [15]):

- класс открытости МС по классификации В.Ю. Милевского должен быть не ниже 6б (В.3);
- период измерения характеристик ветра и метеорологических и климатических параметров на опорных МС должен составлять не менее 20 лет.

В.2.2 Описание и анализ данных аэрологического зондирования

Уникальным в мировой метеорологии и ценнейшим источником знаний о закономерностях и особенностях территориального, высотного и временного (многолетнего, годового, суточного) распределения ВКХ на территории

России и стран СНГ являются данные многолетнего зондирования ПСА на сети АС России и бывшего СССР, включавшей в 1960—1980-е гг. 146 АС (см. рисунок В.2).

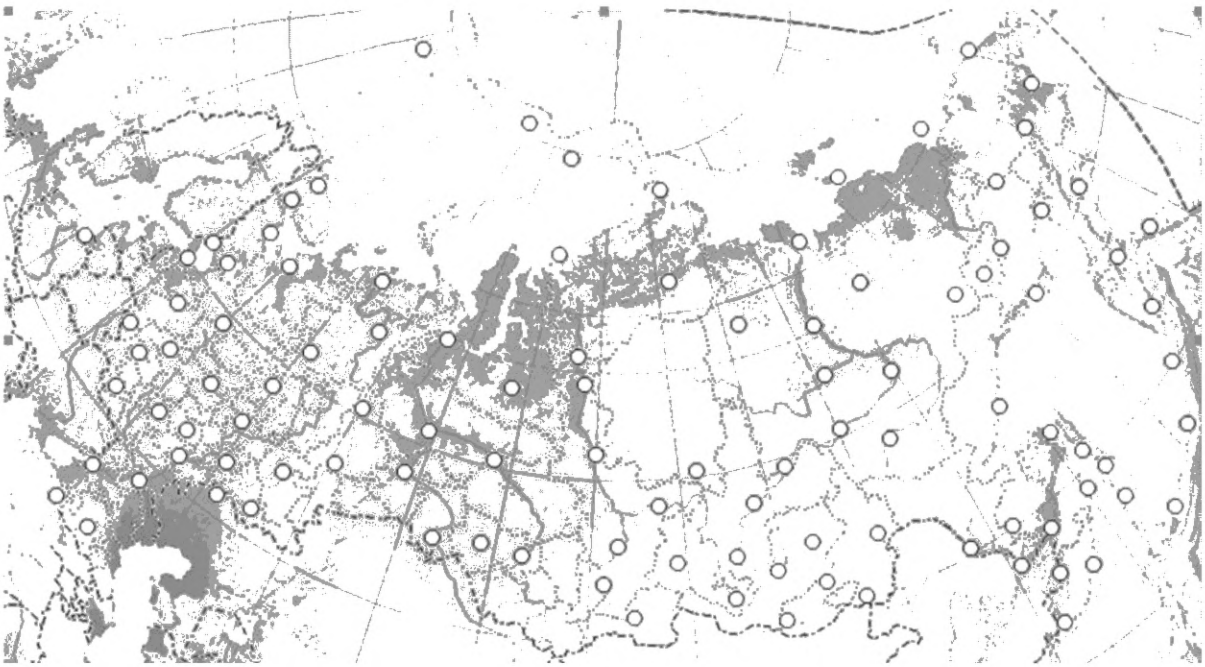

Рисунок В.2 — Карта сети АС России (см. [13])

Данные АС при оценке характеристик ветра достаточно репрезентативны для оценки ВЭП и показателей ВЭС на территории России. В СССР проводились многолетние измерения на стандартных высотных уровнях ПСА: 2, 100, 200, 300, 500, 600, 900, 1500, 3000 м над поверхностью Земли четыре раза в сутки (1:00, 7:00, 13:00, 19:00 ч по местному времени).

На каждой АС по унифицированным методикам с установленной точностью измерялись скорость и направление ветра, температура, давление и плотность воздуха, их высотные градиенты и СКО указанных параметров (см. [10, 11)].

Паспортные данные АС включают их географические координаты и высоты над уровнем моря. Характеристики ветра на высотах 100 и 200 м на территории России определены по методикам настоящего стандарта на базе среднемесячных данных для всех 106 АС, находившихся на территории России (см. [11]). Средние многолетние среднемесячные и четырехразовые в течение суток данные АС на высотах 100, 200 м и выше (см. таблицу Д.3) позволяют с расчетной и в большинстве регионов России с приемлемой достоверностью оценивать годовой и суточный ход ВКХ в ПзСА в районах расположения АС (см. [10]).

Значения плотности в ПзСА (на высоте не более 200 м) в заданном пункте на территории России определяют по данным ближайшей АС (см. таблицу Д.4), полученным по средним многолетним данным на государственной сети АС.

В.2.3 Замечания о применимости зарубежной информационной базы для оценки ветроклиматических характеристик на территории России

В настоящее время для определения характеристик ВЭП и показателей ВЭУ и проектирования ВЭС с учетом данных о ветровом климате, рельефе, подстилающей поверхности и т. д. широко используют за рубежом и реже в России несколько конкурирующих между собой программных пакетов (Wind PRO, Wind Farmer, Re Soft, Wind SIM, Ansys, Homer). В большинстве программных пакетов применена расчетная методика WAsP (WindAtlas), реализованная в виде программы на базе модели CFD (Computational Fluid Dynamics) разработки лаборатории RISO (Дания) для численного моделирования ветровых потоков, характеристик ВЭП и энергетических показателей ВЭУ и ВЭС в заданном месте (см. [16]).

Программные пакеты отличаются между собой используемыми базами данных (БД) о ВКХ и способами их обработки и представления по СП 131.13330 (см. также [18]). Наиболее известными БД ВКХ и основанными на них методиками расчета ВЭП являются следующие:

- модель реанализа NCEP/NCAR. Основана на трехмерном вариационном спектральном анализе 40-летних БД МС, АС, судовых, самолетных, спутниковых измерений давления, температуры, ветра, влажности Национального центра прогноза окружающей среды (NCEP) и Национального центра США исследования атмосферы (NCAR). Имеет территориальное разрешение 209 км с 28 уровнями по высоте атмосферы. Используется в оперативной практике с 1995 г.;

- модель реанализа ERA-40 на базе спектральной модели Европейского центра среднесрочных прогнозов. Построена по данным с 1957 по 2015 г. 23 изобарических уровней: 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 775, 850, 925, 1000 мПа с разрешением 2,5°× 2,5° по территории с шестичасовым шагом по времени;

- модель реанализа CFSR для климатического прогноза. Включает шестичасовые срочные данные с пространственным разрешением 38 км на 64 высотах;

- модель WRF (Weather Research&Forecasting Model). Компьютерная методика расчета и прогноза ветра и ВЭП с территориальным разрешением не более 100 м по данным архивов MERRA-2 (NASA), CFS/CFSR (NCEP), ERAINTERIM (ECMWF) и в настоящее время ERA5 (ECMWF);

- методика WGA (World Global Wind Atlas). Программный пакет WasPP (Wind automatic system Planning Package) для расчета по данным специализированного реанализа ветровых полей с последовательным уменьшением размеров расчетной сетки от ≈70 до ≈20 км и далее до ≈9 км. На конечной стадии проводят моделирование полей ветра с учетом топографии поверхности посредством методики WAsP CFD с расчетной сеткой размером 1 × 1 км для высот 50, 100 и 200 м с использованием логарифмического профиля $V(h)$.

Использование данных и рассмотренных выше моделей реанализа для моделирования характеристик ветра в ПзСА на территории России имеет ряд ограничений:

- модели реанализа дают разные по точности математические аппроксимации данных нерегулярных по территории измерений ветра с использованием различных видов измерений (метеорологических, аэрологических, спутниковых, авиационных и пр.), проводимых с разной периодичностью, разной измерительной аппаратурой, в разные периоды времени, отличающиеся состояниями атмосферы и климатических параметров;

- данные разных моделей реанализа для определенного места не совпадают как между собой, так и на многих высотах с данными измерений на МС, АС и ВИК;

- верификация моделей реанализа на территории России показывает существенные различия данных реанализа и данных многолетних измерений скоростей ветра на МС и АС во многих регионах России (см. рисунки В.3, В.4).

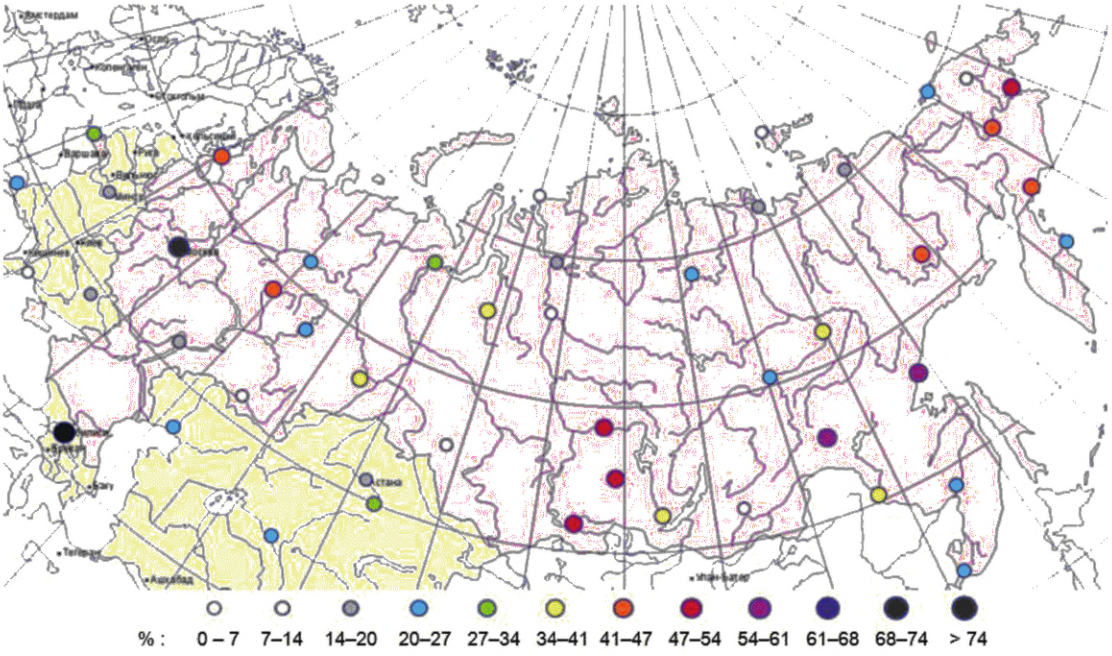

Рисунок В.3 — СКО, %, рассчитанные по разностям данных измерений среднегодовой скорости ветра на высоте 10 м на МС России и по данным модели реанализа NCEP/NCAR

Различия результатов разных методов расчетов характеристик ветра в заданной точке территории с использованием зарубежных БД реанализа обусловлены:

- выбором для моделирования разных источников первичных данных (метеорологических, спутниковых, аэрологических, данных ВИК, самолетных и пр.), вариантов и методов их комплектации и комплексного учета;

- разной точностью и достоверностью представления данных в БД, обусловленных разными методами обработки и анализа первичных данных;

- различием методов и алгоритмов территориальной интерполяции данных о ветре, обусловленных разными размерами расчетных сеток, выбором весовых коэффициентов при учете удаленности МПР ВЭУ от узлов координатных сеток и пр.;

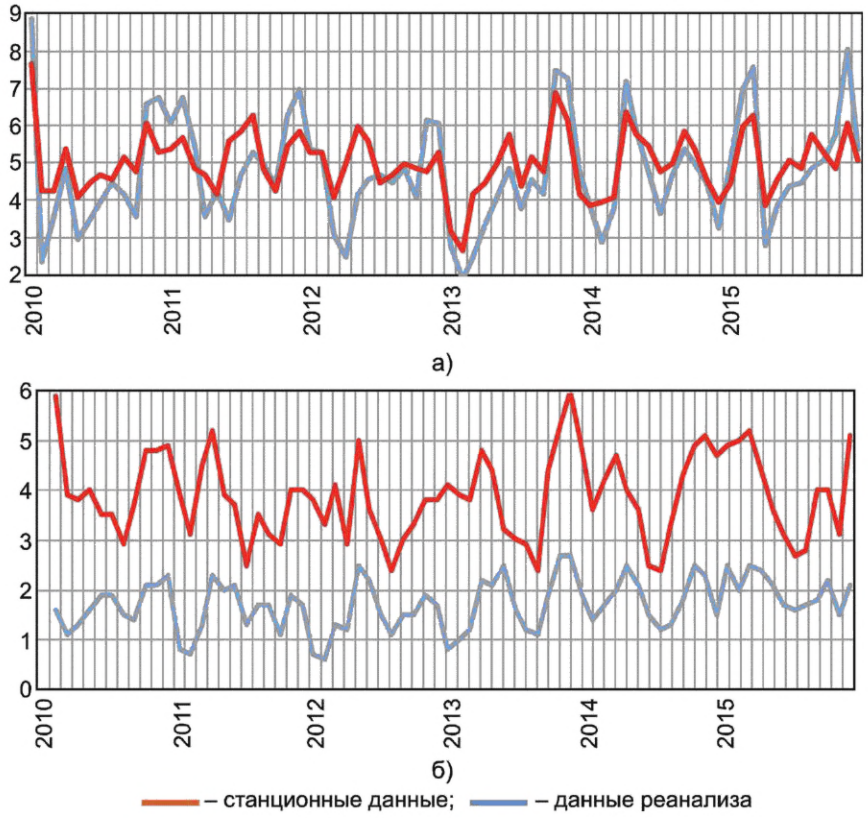

Рисунок В.4 — Сравнение данных о скорости ветра на высоте 10 м модели реанализа NCEP/NCAR измерений на МС Тикси [а)] и Богучаны [б)]

- разными моделями высотной интерполяции скорости и направления ветра;
- различием базовых периодов используемых первичных данных;
- отсутствием или неточностью учета при моделировании характеристик ветра ряда существенных факторов (особенностей рельефа и подстилающей поверхности, температурной стратификации и турбулентности атмосферы, изменения направления ветра по высоте).

В связи с возможными значительными погрешностями и сложностями их выявления в силу указанных выше причин применение моделей реанализа при определении характеристик ветра и показателей энергетической эффективности ВЭУ и ВЭС в заданных пунктах на территории России представляется недостаточно обоснованным, а в случае их применения требует детального анализа достоверности получаемых результатов.

Приложение Г
(справочное)

Принципы построения и практической реализации методики настоящего стандарта

Г.1 Методы определения ВЭП и энергетических показателей ВЭУ и ВЭС и принципы построения методики стандарта

Методы оценки средних сезонных и годовых значений удельной мощности ветра W, Вт/м^2, и мощности ВЭУ $P_{ВЭУ}$, вычисленных по формулам (6.1) и (6.2), реализуют по средним сезонным и годовым функциям распределения Вейбулла $f(V_{ВК})$ и скоростям ветра $V(H_{ВК})$, используя данные таблиц Д.1, Д.3 для регионов, соответствующие рисунку 5.2.

За рубежом ввиду отсутствия измерений ветра на АС в ПзСА основным источником данных для определения $f_n(\Delta V_n)$ и моделирования функций $f(V)$ при теоретическом определении W и $P_{ВЭС}$ служат данные измерений ветра на МС, ближайших к искомому месту либо данные реанализа (см. [19]). Распределение $f_n(\Delta V_n)$ на высоте $H_{ВК}$ проводят методами экстраполяции с использованием моделей высотного профиля $V(h)$ границ градаций скорости ветра на высоте $h^{метео}$, в допущении о сохранении при подъеме повторяемостей $f_n^{метео}$ ($\Delta V_n^{метео}$) внутри градаций.

Точность и достоверность определения $f_n(\Delta V_n)$ на высоте $H_{ВК}$ зависит:

- от достоверности и точности определения $f_n(\Delta V_n)$ на высоте метеоизмерений;
- адекватности и точности высотных моделей профилей ветра $V(h)$, используемых при подъеме границ градаций;
- справедливости допущения о сохранении $f_n(\Delta V_n)$ в градациях при подъеме.

Значения $f_n(\Delta V_n)$, полученные таким способом, имеют точность, приемлемую для практического применения при определении $P_{ВЭС}$ при подъеме до высот 30—40 м. Для высоты $H_{ВК}$ современных ВЭУ ≥80 — 150 м способ высотной экстраполяции $f_n(\Delta V_n)$ приводит к недопустимым для практики погрешностям расчетов $P_{ВЭС}$ до 80 % и более.

Примечание — Для восполнения отсутствующих данных о высотном распределении ВКХ в ПзСА данных АС используют краткосрочные (1-2 года) многоуровневые (от 3 до 5) измерения ветра на ВИК, данные которых вместе с данными ближайших МС, приводят к требуемой по зарубежным методикам 10 %-ной точности определения $P_{ВЭУ}$. Но значительные временные (более 1,5 года) и финансовые затраты (до сотни тысяч у.е. на один ВИК) ограничивают использование ВИК как на этапе ПТЭО, так и ТЭО для маломощных ВЭС из-за их стоимости, сравнимой со стоимостью измерений ВИК.

Г.2 Методика определения функции распределения скоростей ветра

Функцию плотности вероятности распределения скоростей ветра $f(V)$ в заданном пункте на территории России на заданной высоте по настоящему стандарту определяют теоретически на базе следующих методических подходов:

- при комплексном использовании данных измерений ветра на государственной сети АС и МС для определения $f_n(\Delta V_n)$ и $f(V)$ на высотах более $h^{метео}$ — высотах измерений на МС;
- выборе МС для рассматриваемого района, репрезентативных по свойствам рельефа, подстилающей поверхности и местных ветров и по периоду и точности измерений данных о $f_n(\Delta V_n)$ на высотах измерений МС (от 8 до 16 м) и АС (от 100 до 200 м);
- использовании методов интерполяции повышенной точности (при совместном использовании данных МС и АС) скоростей ветра и их повторяемостей по градациям на высоте $\approx H_{ВК}$;
- использовании установленного в [2] статистического соответствия распределения повторяемостей $f_n(\Delta V_n)$, полученных по данным МС и АС конкретного региона с равными средними за исследуемый период скоростями ветра $V_{ср}$.

Количественное соответствие функции распределения $f(V)$ и средней скорости ветра $V_{ср}$ дают графики, представленные на рисунке Г.1, на которых приведены зависимости $К_{и.у.м}$ ВЭУ от скорости набегающего ветра на ВК ВЭУ марки FL 2500 с типовыми $D_{ВК}$ 80, 90 и 100 м, построенные по данным МС и АС, расположенных на круговой территории в радиусе 700 км от Тикси.

На верхнем графике рисунка Г.1 определены границы статистических погрешностей оценки $К_{и.у.м}$ [$К_{и.у.м} \pm \sigma(V)$], обусловленных различием повторяемостей скоростей ветра $f_n(\Delta V_n)$ при равных $V_{ср}$, монотонно уменьшающихся от 20 % до 7 % при росте средней скорости ветра с 3,5 до 9,0 м/с.

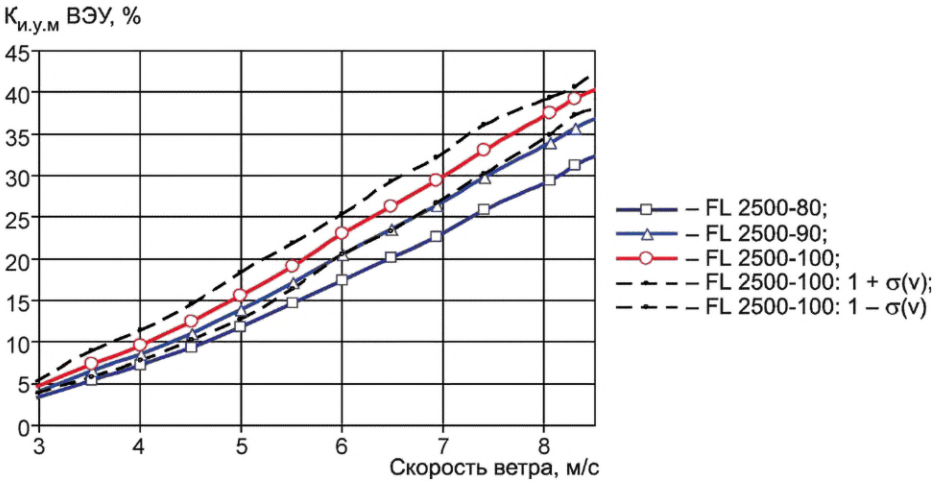

Рисунок Г.1 — Зависимость $К_{и.у.м}$ ВЭУ от $V_{ср}$

Статистический разброс средних сезонных значений мощности ВЭУ, соответствующих равным средним сезонным скоростям ветра $V_{ср}$, для большинства регионов России не превышает значения погрешностей их определения.

Примечание — Распределение СКО $P_{ВЭУ}$, полученных по данным МС и АС одного региона, считают близким к нормальному (гауссовому).

Высокая статистическая достоверность метода построения функций $f(V)$ на территории России достигается определением статическими методами повторяемостей $f_n[\Delta V_n(h)]$ и аппроксимирующих их средних сезонных функций Вейбулла по данным всех МС и АС района, расположенных на расстояниях до 300 и 800 км от МПР соответственно.

Результаты сравнительного анализа удельной мощности ветра W и мощности ВЭУ $P_{ВЭУ}$, определенных с использованием средних по градациям сезонных функций $f_i(V_i)$ для всех ветроклиматических зон России, сводятся к следующему:

- в районах с редкой сетью МС и АС определение среднемесячных повторяемостей ветра по скоростям при малых и больших значениях $V_{ср}$ находится на пределе статистической обеспеченности. Поэтому для статистически достоверного определения $f_n(\Delta V_n)$ необходимо использовать средние сезонные значения. Сезонные отличия $P_{ВЭУ}$, определенные по сезонным $f_n(\Delta V_n)$, в большинстве регионов статистически значимые;

- достоверной базой определения повторяемостей скорости ветра являются данные многолетних (по рекомендациям РосГидромета от 15 лет и более) измерений ветра на МС;

- при отсутствии в МПР репрезентативных по пространству и с достаточно длительным периодом измерений данных МС на этапе ТЭО должны предшествовать измерения ветра на ВИК длительностью от одного года до двух лет (для оценки межгодовой изменчивости), целью которых является определение для данного пункта $f_n(\Delta V_n)$ на высоте $H_{ВК}$ и класса турбулентности. Наиболее достоверно среднюю многолетнюю повторяемость скоростей ветра определяют совместным анализом данных ВИК с данными многолетних измерений ветра на ближайших МС, позволяющих снизить погрешности определения $V(h)$ на высоте от 40 до 80 м до 6 % — 8 % в местах измерений и до 8 % — 12 % при удалении от них на расстояние менее 2—3 км (см. [13]). На практике такая точность достигается редко из-за статистических погрешностей определения $f_n(\Delta V_n)$, превышающих в случае измерений длительностью ≈1 года 10 % в аномально ветренные или безветренные годы, когда ряд градаций статистически не обеспечены данными измерений. В зарубежных методиках СКО межгодовых скоростей ветра оценивают в 6 % (см. [12]), а погрешность определения мощности ВЭУ по данным ВИК оценивают для территории ЕС в 10 %. На территории России межгодовая изменчивость среднегодовых скоростей ветра превышает в ряде регионов 13 %, и точность определения $P_{ВЭС}$ в них оказывается того же порядка. В таких районах ветровые измерения при разработке проектов ВЭУ могут быть нецелесообразными.

Внутри большинства регионов России, перспективных для использования ВЭУ и ВЭС, СКО $К_{и.у.м}$, обусловленные вариациями $f_n(\Delta V_n)$, не превышают 8 %—10 % при близких к гауссовым распределениям разбросов $К_{и.у.м}$ от их средних значений. При таких значениях СКО погрешности определения $К_{и.у.м}$, приведенные в таблице Е.1, не превышают 15 % — 16 % с 90 %-ной достоверностью (см. рисунок Г.2), что приемлемо для оценок ПТЭО.

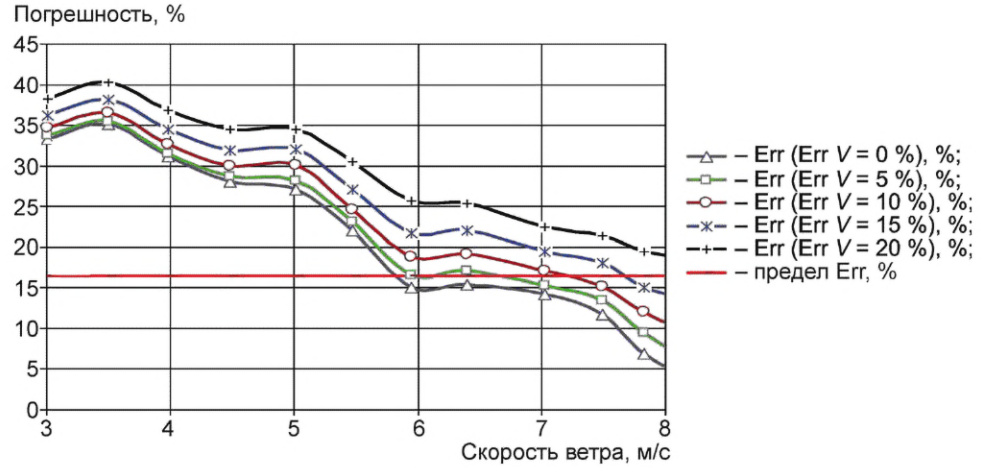

Рисунок Г.2 — Зависимость погрешности расчета $К_{и.у.м}$ ВЭУ от средней скорости ветра $V_{ср}$ и погрешностей ее определения Err V

Г.3 Методика определения скоростей ветра на высоте метеоизмерений

Методика настоящего стандарта определения скоростей на высоте метеоизмерений реализуется в два этапа, описанных в Г.3.1, Г.3.2.

Г.3.1 Моделирование скоростей ветра для ровной незатененной поверхности

Для определения скоростей ветра в заданном районе в настоящем стандарте использован метод «очистки» данных, т. е. их приведения к условиям ровной плоской поверхности без элементов экранирования по классификации Милевского «открытости» МС для ветра, описывающей с установленной точностью свойства подстилающей поверхности и рельефа и затеняющие ветер препятствия в соответствии с методическими рекомендациями [14] и данными открытого источника [9] (см. таблицу Г.1).

Таблица Г.1 — Классификация и коэффициенты открытости МС для ветра по данным [13]

Степень открытости ветроизмерительного прибора	Форма рельефа		
	Выпуклая а	Плоская б	Вогнутая в
Вблизи от водной поверхности			
Побережье океана или открытого (внешнего) моря	12 а (23)	11 б (21)	10 в (18)
Открытое побережье внутреннего моря	11 а (22)	10 б (19)	9 в (15)
Открытое побережье залива, большого озера	10 а (20)	9 б (16)	8 в (12)
Открытое побережье большой реки	9 а (17)	8 б (13)	7 в (9)
Вдали от водной поверхности			
Анемометр выше элементов его защищенности от ветра			
Элементы защищенности отсутствуют	8 а (14)	7 б (10)	6 в (5)
Отдельные элементы защищенности	7 а (11)	6 б (7)	5 в (4)
Среди элементов защищенности	6 а (8)	5 б (5)	4 в (3)
Анемометр ниже элементов его защищенности от ветра			
Среди элементов защищенности	4 а (2)	4 б (1)	4 в (0)
Примечание — Элементы защищенности от ветра — холмы, строения, деревья — при расстоянии от них до ветроизмерителя не более их 20-кратной высоты.			

По классификации Милевского, точке измерений на каждой МС присвоены классы поверхности (от 4 в до 12 а согласно таблице Г.1) и коэффициенты $К_i$ [характеристики открытости МС в числовом выражении от 0 (для 4 в) до 23 (для 12 а)], определенные для восьми 45-градусных секторов и указанные в паспортах всех МС. Метод обеспечивает решение прямой задачи (моделирование на территории без экранирующих ветер препятствий — аналог поверхности типа 0 или 1 по классификации WAsP) и обратной задачи (моделирование в МПР ВЭУ с учетом полученных при решении прямой задачи характеристик ветра и местных затеняющих ветер условий) (см. [17]).

Метод «очистки» данных МС реализуют поэтапно в следующей последовательности:

- выбор от 30 до 50 МС, ближайших к МПР ВЭУ или ВЭС, и по их данным построение уравнений регрессионной связи средних сезонных скоростей ветра $V_{ср}$ и их СКО с коэффициентами Милевского $К_{мил}$:

$$V_{ср} = A \cdot (К_{мил})^2 + B \cdot К_{мил} + C, \quad (Г.1)$$

где A, B, C — коэффициенты в уравнении регрессии (Г.1);

- приведение данных МС о $V_{ср}$, измеряемой на разных МС на высоте от 8 до 16 м, к данным на высоте 10 м с аппроксимацией $V(h)$ по формуле

$$V(h) = V^{метео} \cdot (h/h^{метео})^{m(V)}, \quad (Г.2)$$

где $m(V)$ — показатель степени, определяемый по формуле

$$m(V) = 0{,}40 \cdot Exp(-0{,}212 \cdot V) + 0{,}124, \quad (Г.3)$$

- расчет по формулам (Г.1) и (Г.2) среднемноголетних средних сезонных и годовых «очищенных» $V_{ср}$ и их СКО, соответствующих опорным значениям $К_{мил}$: 7 (класс 6 б), 10 (класс 7 б), 13 (класс 8 б) и 19 (класс 8 б при наличии данных);

- оценка значения $К_{мил}$ для МПР ВЭУ и расчет средних сезонных и годовых $V_{ср}$ и их СКО на высоте 10 м по формуле (Г.1) по установленным коэффициентам A, B и C и $К_{мил}$.

Характерные для ЕТР зависимости СКО среднегодовых скоростей ветра от числа привлеченных МС приведены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 — Значения СКО, %, используемые для определения средней скорости ветра $V_{ср}$ [12]

Число привлеченных МС	10	20	30	50	70	100
СКО, рассчитанные по «очищенным» данным	22,7	18,3	15,3	13,2	13,9	16,7

Наибольшая статистическая достоверность метода «очистки» данных МС достигается моделированием W и $P_{ВЭУ}$ в данном пункте по 40—50 ближайших МС. Метод «очистки» позволяет снизить погрешности оценки средних сезонных $V_{ср}$ на высоте 10 м в полтора — два раза. Скорости ветра на высоте 10 м, рассчитанные по данным 50 МС, ближайших к МПР ВЭС, обозначенных на рисунке 5.2, приведены в Е.2.

Г.3.2 Метод оценки микроклиматической изменчивости характеристик ветра с учетом рельефа

Учет влияния рельефа на характеристики ветра основан на использовании коэффициентов $К_V$, описывающих мезоклиматическую и микроклиматическую изменчивость скорости и удельной мощности ветра с учетом топографии местности и приведенных в таблице Г.3 и равных отношению реальных (с учетом рельефа) скоростей ветра в МПР ВЭУ и скоростей ветра на открытой равнинной территории.

Коэффициенты, приведенные в таблице Г.3, используют с учетом устойчивости (температурной стратификации) атмосферы в ПЗсА, определяемой соотношением реального γ и адиабатического $\gamma_{ад}$ ≈ минус 1/100 м градиентов температуры.

При $\gamma > \gamma_{ад}$ ($\gamma < \gamma_{ад}$) стратификация неустойчива (устойчива), при которой скорости ветра $V(h)$ на высоте h меньше (больше) рассчитанных по логарифмической модели.

Таблица Г.3 — Микроклиматические коэффициенты изменения скорости ветра $К_V$ (см.[12]) для неустойчивой [а)] и устойчивой [б)] стратификации атмосферы

Тип рельефа	Скорость ветра на открытом ровном месте			
	от 3 до 5 м/с		от 6 до 20 м/с	
Открытое ровное место	1,0		1,0	
	а)	б)	а)	б)
Вершины с относительным превышением, м:				
<50	1,3 — 1,4	1,6 — 1,7	1,1 — 1,2	1,3 — 1,4
50 — 100	1,4 —1,5	1,2 — 1,8	1,2 — 1,3	1,4 — 1,5
100 — 200	1,5 — 1,7	1,8 — 2,0	1,3 — 1,4	1,3 — 1,7
200 — 300	1,7 — 1,9	2,0 — 2,2	1,4 — 1,5	1,7 — 1,9
300 — 400	1,9 — 2,1	2,2 — 2,4	1,5 — 1,8	1,9 — 2,1
400 — 500	2,1 — 2,3	2,4 — 2,6	1,8 — 2,0	2,1 — 2,3
Склоны крутизной 10° — 20.°				
Наветренные:				
верхняя часть	1,4 — 1,5	1,6 — 1,7	1,3 — 1,4	1,5 — 1,6

Окончание таблицы Г.3

Тип рельефа	Скорость ветра на открытом ровном месте			
	от 3 до 5 м/с		от 6 до 20 м/с	
средняя часть	1,2 — 1,3	1,4 — 1,6	1,1 — 1,2	1,3 — 1,4
нижняя часть	1,0 — 1,1	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0	0,7 — 0,8
Подветренные:				
верхняя часть	0,9 — 1,2	1,0 — 1,3	0,8 — 1,1	0,9 — 1,2
средняя часть	0,7 — 0,8	0,7 — 0,8	0,7	0,7
нижняя часть	0,6 — 0,7	0,7 — 0,8	0,6	0,7
Параллельные ветру				
верхняя часть	1,4 — 1,5	1,6 — 1,7	1,3 — 1,4	1,5 — 1,6
средняя часть	1,2 — 1,3	1,4 — 1,6	1,1 — 1,2	1,3 — 1,4
нижняя часть	1,0 — 1,1	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0	0,7 — 0,8
Склоны крутизной 4° — 10°				
Наветренные:				
верхняя часть	1,2 — 1,3	1,4 — 1,6	1,1 — 1,2	1,3 — 1,5
средняя часть	1,0 — 1,1	1,0 — 1,1	1,0 — 1,1	1,1 — 1,2
нижняя часть	0,9	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0	1,0
Подветренные:				
верхняя часть	0,8 — 0,9	0,8 — 0,9	0,7 — 0,8	0,7 — 0,8
средняя часть	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0
нижняя часть	0,7 — 0,8	0,9 — 1,0	0,7 — 0,8	0,8 — 0,9
Параллельные ветру:				
верхняя часть	1,1 — 1,2	1,3 — 1,4	1,0 — 1,1	1,2 — 1,3
средняя часть	0,9 — 1,0	1,0 — 1,1	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0
нижняя часть	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0	0,7 — 0,8	0,8 — 0,9
Возвышения с плоскими вершинами и пологими склонами в верхней части				
Вершины, верхние части наветренных	1,2 — 1,4	1,4 — 1,6	1,1 — 1,3	1,4 — 1,5
Средние и нижние части наветренных и параллельных ветру склонов крутизны 4°—10°	1,1 — 1,2	1,1 — 1,3	1,1 — 1,2	1,2 — 1,3
Средние и нижние части подветренных склонов крутизной 4°—10°	0,7 — 0,9	0,9 — 1,0	0,8 — 0,9	0,9 — 1,0
Долины, лощины, овраги				
Донные и нижние части склонов, долин, лощин, оврагов:				
продуваемых ветром	1,1 — 1,2	1,3 — 1,5	1,2 — 1,3	1,4 — 1,5
не продуваемых ветром	0,7 — 0,8	≤ 0,6	0,7 — 0,8	≤ 0,6
замкнутых	≤ 0,6	≤0,6	≤ 0,6	≤ 0,6
Средние и верхние склоны долин, оврагов, лощин:				
продуваемых ветром	1,2 — 1,3	1,4 — 1,5	1,1 — 1,2	1,3 — 1,5
не продуваемых ветром	0,8 — 0,9	0,6 — 0,7	0,8 — 0,9	0,6 — 0,7
замкнутых	≤0,6	≤0,6	≤ 0,6	≤0,6

Поправки к изменчивости скорости ветра с учетом коэффициентов, приведенных в таблице Г.3, определяют пропорционально вероятностям устойчивой и неустойчивой стратификации атмосферы. Вероятности устойчивой и неустойчивой температурной стратификации атмосферы в ПзСА, осредненные по данным многолетних измерений вертикальных профилей температуры на 146 АС бывшего СССР и определенных по ним градиентов температуры γ, используемых в методике настоящего стандарта, приведены в таблице Г.4.

Таблица Г.4 — Среднесуточные повторяемости, %, устойчивых ($\gamma < \gamma_{ад}$) и неустойчивых ($\gamma > \gamma_{ад}$) стратификаций атмосферы по установленным в настоящем стандарте регионам России

Регион 1															
Период	Мурманск			Архангельск			Сортавала			Петрозаводск			Кемь		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	2,1	12,5	85,4	4,2	4,2	91,7	2,1	12,5	85,4	2,1	16,7	81,3	2,1	8,3	89,6
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	0,0	25,0	75,0	8,3	0,0	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	25,0	75,0	8,3	0,0	91,7
Лето	8,3	25,0	66,7	8,3	16,7	75,0	8,3	33,3	58,3	8,3	25,0	66,7	0,0	33,3	66,7
Осень	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	0,0	16,7	83,3	0,0	0,0	100,0
Регион 2															
Период	Салехард			Тарко-Сале			Сыктывкар			Нарьян-Мар			Печора		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	0,0	2,1	97,9	0,0	12,5	87,5	6,3	16,7	77,1	4,2	12,5	88,3	10,4	10,4	68,8
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	33,3	66,7	0,0	8,3	91,7	8,3	8,3	58,3
Лето	0,0	8,3	91,7	0,0	50,0	50,0	25,0	25,0	50,0	16,7	33,3	50,0	33,3	16,7	50,0
Осень	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	0,0	8,2	91,7	0,0	16,7	83,3
Регион 3															
Период	Диксон			Мыс Челюскин			Туруханск			Хатанга			Игарка		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0	14,0	6,3	79,1
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0	18,2	8,3	72,7
Лето	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	25,0	75,0	0,0	0,0	100,0	33,3	0,0	50,0
Осень	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	16,7	100,0

Продолжение таблицы Г.4

Регион 4															
Период	Тикси			Оленек			Якутск			Оймякон			Вилюйск		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	0	0	100	0	2,5	97,5	20,8	2,1	77,1	14,6	4,2	81,3	8,3	0	91,7
Зима	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100
Весна	0	0	100	0	0	100	25	0	75	16,7	8,3	75	11,1	0	13,9
Лето	0	0	100	0	11,1	88,9	50	0	50	33,3	8,3	58,3	22,2	0	77,8
Осень	0	0	100	0	0	100	8,3	8,3	83,3	8,3	0	91,7	0	0	100
Регион 5															
Период	Остров Четырехстолбовой			Сусуман			Омолон			Сеймчан			Мыс Шалаурова		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	0,0	0,0	100,0	6,4	10,6	83,0	0,0	14,5	85,4	4,2	14,6	81,3	0,0	0,0	100,0
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	0,0	0,0	100,0	16,7	8,3	75,0	0,0	8,3	91,7	8,3	16,7	75,0	0,0	0,0	100,0
Лето	0,0	0,0	100,0	9,1	27,3	63,6	0,0	41,7	58,3	8,3	33,3	58,3	0,0	0,0	100,0
Осень	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0
Регион 6															
Период	Мыс Шмидта (6)			Марково			Анадырь			Магадан					
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$			
Год	0,0	0,0	100,0	6,3	12,5	81,3	0,0	4,2	95,8	0,0	6,3	93,8			
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0			
Весна	0,0	0,0	100,0	8,3	8,3	83,3	0,0	0,0	100,0	0,0	25,0	75,0			
Лето	0,0	0,0	100,0	16,7	33,3	50,0	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0			
Осень	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0			

Продолжение таблицы Г.4

Регион 7															
Период	Корф			Петропавловск-Камчатский			Остров Беринга			Усть-Камчатск			Ключи		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	0,0	8,3	91,7	0,0	14,6	85,4	0,0	8,3	91,7	0,0	14,6	85,4	2,8	5,6	91,7
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	0,0	0,0	100,0	0,0	16,7	83,3	0,0	16,7	83,3	0,0	16,7	83,3	0,0	0,0	100,0
Лето	0,0	25,0	75,0	0,0	33,3	66,7	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	11,1	22,2	66,7
Осень	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0
Регион 8															
Период	Аян			Хабаровск			Владивосток			Советская Гавань			Николаевск-на-Амуре		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	2,1	2,1	95,8	4,2	16,7	79,2	20,8	6,3	72,9	8,3	8,3	83,3	0,0	2,1	97,9
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	8,3	8,3	83,3	8,3	16,7	75,0	0,0	0,0	100,0
Весна	0,0	8,3	91,7	16,7	8,3	75,0	25,0	8,3	66,7	8,3	0,0	91,7	0,0	0,0	100,0
Лето	0,0	0,0	100,0	0,0	33,3	66,7	25,0	8,3	66,7	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7
Осень	8,3	0,0	91,7	0,0	16,7	83,3	25,0	0,0	75,0	16,7	8,3	75,0	0,0	0,0	100,0
Период	Александровск-на-Сахалине			Южно-Сахалинск			Южно-Курильск			Остров Симушир			Поронайск		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	4,2	10,4	85,4	18,8	8,3	72,9	0,0	4,2	95,8	0,0	4,3	95,7	0,0	0,0	100,0
Зима	8,3	8,3	83,3	8,3	0,0	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	8,3	8,3	83,3	25,0	8,3	66,7	0,0	0,0	100,0	0,0	18,2	81,8	0,0	0,0	100,0
Лето	0,0	0,0	100,0	25,0	16,7	58,3	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Осень	0,0	25,0	75,0	16,7	8,3	75,0	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0

Продолжение таблицы Г.4

Регион 9															
Период	Олекминск			Чита			Благовещенск			Могоча			Киренск		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	6,3	6,3	87,5	6,3	10,4	83,3	10,4	12,5	77,1	6,3	10,4	83,3	6,3	6,3	87,5
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	8,3	8,3	83,3	16,7	8,3	75,0	16,7	16,7	66,7	25,0	0,0	75,0	8,3	8,3	83,3
Лето	16,7	8,3	75,0	8,3	16,7	75,0	16,7	8,3	75,0	0,0	25,0	75,0	16,7	8,3	75,0
Осень	0,0	8,3	91,7	0,0	16,7	83,3	8,3	16,7	75,0	0,0	16,7	83,3	0,0	8,3	91,7
Регион 10															
Период	Нижнеудинск			Иркутск			Кызыл			Богучаны			Абакан		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	12,5	4,2	83,3	4,2	10,4	85,4	14,6	10,4	75,0	100,0	0,0	0,0	10,4	2,1	87,5
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Весна	16,7	8,3	75,0	16,7	8,3	75,0	25,0	8,3	66,7	100,0	0,0	0,0	16,7	8,3	75,0
Лето	25,0	0,0	75,0	0,0	16,7	83,3	25,0	25,0	50,0	100,0	0,0	0,0	25,0	0,0	75,0
Осень	8,3	8,3	83,3	0,0	16,7	83,3	8,3	8,3	83,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Регион 11															
Период	Тобольск			Екатеринбург			Омск			Барабинск			Новосибирск		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	6,3	18,8	75,0	0,0	22,9	77,1	6,3	18,8	75,0	16,7	6,3	77,1	2,1	16,7	81,3
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	16,7	16,7	66,7	0,0	33,3	66,7	16,7	16,7	66,7	16,7	8,3	75,0	8,3	16,7	75,0
Лето	8,3	41,7	50,0	0,0	50,0	50,0	8,3	41,7	50,0	41,7	8,3	50,0	0,0	41,7	58,3
Осень	0,0	16,7	83,3	0,0	8,3	91,7	0,0	16,7	83,3	8,3	8,3	83,3	0,0	8,3	91,7

Окончание таблицы Г.4

Регион 12															
Период	Казань			Киров			Нижний Новгород			Уфа			Саратов		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	14,6	10,4	75,0	8,3	12,5	79,2	10,4	8,3	81,3	14,6	10,4	75,0	14,6	4,2	81,3
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	25,0	8,3	66,7	8,3	25,0	66,7	16,7	16,7	66,7	16,7	16,7	66,7	16,7	8,3	75,0
Лето	33,3	16,7	50,0	25,0	16,7	58,3	25,0	8,3	66,7	33,3	16,7	50,0	25,0	8,3	66,7
Осень	0,0	16,7	83,3	0,0	8,3	91,7	0,0	8,3	91,7	8,3	8,3	83,3	16,7	0,0	83,3
Регион 13															
Период	Санкт-Петербург			Калининград			Москва			Смоленск			Бологое		
	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$	$< \gamma_{ад}$	$\approx \gamma_{ад}$	$> \gamma_{ад}$
Год	6,3	8,3	85,4	10,4	4,2	85,4	2,1	16,7	81,3	2,1	12,5	85,4	4,2	10,4	85,4
Зима	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Весна	8,3	8,3	83,3	8,3	16,7	75,0	8,3	16,7	75,0	0,0	16,7	83,3	8,3	8,3	83,3
Лето	16,7	8,3	75,0	25,0	0,0	75,0	0,0	41,7	58,3	8,3	16,7	75,0	8,3	25,0	66,7
Осень	0,0	16,7	83,3	8,3	0,0	91,7	0,0	8,3	91,7	0,0	16,7	83,3	0,0	8,3	91,7

Г.4 Методика определения скоростей ветра на заданной высоте ПзСА

Известные зарубежные и отечественные методики моделирования и аппроксимации $V(h)$ в 200-метровом ПзСА приведены в таблице Г.5.

Профили скорости ветра $V(h)$ в ПСА до высот от 200 до 300 м в зарубежных методиках (см. [8]) моделируются логарифмическими функциями 2 и 3, приведенными в таблице Г.5, с использованием данных о скорости ветра на высоте метеоизмерений на МС, ближайших к МПР ВЭУ и с моделированием масштаба шероховатости z_0.

Примечание — Применимость и достоверность логарифмических профилей подтверждены лабораторными экспериментами для плоской пластины и полигонными измерениями скорости ветра $V(h)$ до высоты $h \le 30$—50 м при нейтральной стратификации атмосферы. Завышение и занижение значений z_0 для однотипной шероховатости приводят к недопустимому для практики росту погрешностей расчета $V(h)$ по модели 2 при высоте $h \ge 35$—50 м. Погрешность задания $V(h^{метео})$ в модели 2 может приводить к 20 %-ным и более ошибкам определения $V(h)$ на высоте $h \ge 40$ м и на ряде МС до 60 % на высоте $h = 100$ м.

На этапе ПТЭО для упрощения расчетов с несущественной (не более 5 %) потерей точности модель «Сэндвич» аппроксимируют степенной функцией, рассчитываемой по формуле

$$V(h) = V^{метео} \cdot (h/h^{метео})^m, \qquad (Г.4)$$

где $m(V)$ — показатель степени, рассчитываемый по формуле

$$m(V) = Ln[V(100)/V(10)]/Ln\,(100\,/10) = 0{,}434 \cdot Ln\,[V(100)/V(10)], \qquad (Г.5)$$

а значения $V(10)$ и $V(100)$ для искомого МПР ВЭУ определяют с использованием данных таблиц Д.2 и Д.3 соответственно.

Модель «Сэндвич», определяемая с учетом точности по формуле (Г.4), является наиболее высокоточной для аппроксимации профилей скорости ветра $V(h)$ и оценок энергетических показателей ВЭУ и ВЭС при высоте оси ВК не более 100 м с погрешностью не более 5 % — 10 %.

Таблица Г.5 — Известные модели аппроксимации высотных профилей скорости $V(h)$ в 100—200-метровом ПзСА

Методика, разработчик	Используемые данные МС (N)	Используемые данные АС	Аппроксимация распределения $f(V)$	Аппроксимация высотного профиля
1 Универсальная модель	Соседняя МС (2200 МС России)	Не используются	Любая известная, для данной скорости и высоты	$V(h) = V_{фл}(h/h_{фл})^m$ m = 1/7 для суши m = 1/10 для моря
2 WASP, RISO, Дания, 1989	Соседняя МС и модель z_o (332 МС России)	Не используются	Функция Вейбулл по данным МС региона с подъемом на высоту	$V(h) = V_o \cdot \ln(h/z_o)$
3 WASP, RISO, Дания, 1998	Соседняя МС и модель z_o (332 МС России)	Не используются	Функция Вейбулл по данным МС региона с подъемом на высоту	$V(h) = V_o \cdot \ln(h/z_o) + \psi(h/L)$ L — масштаб Монина-Обухова
4 NASA, NREL, США	Модель с разрешением 1×1 км	Не используются	Функция Рэлея—Максвелла по данным МС региона	$V(h) = V_{фл} \cdot (h/h_{фл})^m$
5 ЦАГИ, 1960	Соседние аналоги МС (≈500 МС)	Не используются	Функции Колодина или Поморцева	$V(h) = V_{фл} \cdot (h/h_{фл})^m$
6 ГГО, 1989	Соседние МС (≈1100 МС России)	Не используются	Г-функции по данным ближайших МС	$V(h) = V_{фл} \cdot (h/h_{фл})^{m(V)}$ с $m(V) = 0{,}40 \cdot \exp(-0{,}212 \cdot V) + 0{,}124$
7 ФЛЮГЕР 3.0, ЦАГИ, 1994	Соседние МС класса 7б и 6б (≈1000 МС России)	V на уровне 100 м соседней АС	$G(V)$-табулированные региональные функции Гринцевича	$V(h) = V_{фл} \cdot (h/h_{фл})^{m(V)}$ с показателем $m(V) = 0{,}40 \cdot \exp(-0{,}212 \cdot V) + 0{,}124/V$
8 АО «ВИЭН», 2002	Соседние МС (≈1100 МС России)	Не используются	Подъем известных эмпирических повторяемостей	$V(h) = V_{фл} \cdot (h/h_{фл})^{m(V)}$ с показателем $m(V)$, определяемым по данным МС
9 ФЛЮГЕР 2000, НИЦ «Атмограф»	Соседние МС класса 7б (≈ 1000 МС России)	V на 100 м по данным всех АС района	Табулированные региональные функции Гринцевича	$V(h) = V_{фл} \cdot (h/h_{фл})^m$
10 ФЛЮГЕР XXI, НИЦ «Атмограф», 2008	Средние статистические по району с очисткой (≈1100)	V на h = 100, 200, 300, 600 м всех АС региона	Табулированные региональные функции Гринцевича	Модель «Сэндвич» с $V(h) = V \cdot \ln(h/z_o)$
11 ФЛЮГЕР XXI, НИЦ «Атмограф», 2011	Средние статистические по району с очисткой (≈1100)	V на h = 100, 200, 300, 600 м всех АС региона	Табулированные региональные функции Гринцевича	Модель «Сэндвич» с $V(h) = V_{фл} \cdot \ln(h/z_o) + \psi(h/L)$
12 ФЛЮГЕР XXI, НИЦ «Атмограф», 2015	Средние статистические по району с очисткой (≈1100)	V на h = 100, 200, 300, 600 м всех АС региона	Табулированные региональные функции Гринцевича	Модель «Сэндвич» с $V(h) = V_{фл} \cdot \ln(h/z_o) + \psi(h/L)$
13 ФЛЮГЕР XXI, НИЦ «Атмограф», 2016	Средние статистические по району с очисткой (≈1100)	V на h = 100, 200, 300, 600 м всех АС региона	Табулированные региональные функции Гринцевича	Модель «Сэндвич» с $V(h) = V_{фл} \cdot \ln(1 + h/d)$
Примечание — $V_{фл}$ — значение скорости ветра на высоте метеорологических измерений $h^{метео.}$				

Приложение Д
(обязательное)

Таблицы значений ветровых параметров, используемых в настоящем стандарте

Д.1 Распределения скоростей ветра по градациям скорости и их производные ветроэнергетические характеристики приведены в таблицах Д.1—Д.4.

Таблица Д.1 — Средние годовые и сезонные коэффициенты распределения Вейбулла A и k, максимальные удельные мощности ВЭУ $P_{ВЭУ\ уд}$, Вт/м^2, и их СКО $\sigma_{PВЭУ\ уд,\ \%}$, и вероятности простоев ВЭУ $f_V < 4$ м/с, %, при скоростях ветра $V < 4$ м/с

Регион 1

Широта 67,0 °с.ш. Долгота 42,5 °в.д. Радиус моделирования 650 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,36	1,46	60,2	15,1	56,4	4,34	1,41	63,5	17,2	57,1	4,34	1,43	61,7
4,50	4,86	1,34	93,2	15,5	51,7	4,44	1,02	110,4	16,7	56,9	4,84	1,34	92,3
5,00	5,48	1,44	115,2	15,7	44,0	5,46	1,33	125,1	16,5	44,9	5,49	1,49	111,3
5,50	6,07	1,60	133,2	14,5	37,0	6,09	1,64	130,9	14,2	36,1	6,01	1,52	136,9
6,00	6,46	1,46	167,2	14,3	31,5	6,77	1,52	180,4	14,7	32,9	6,65	1,54	172,0
6,50	7,08	1,54	198,3	13,5	29,6	6,75	1,29	198,2	12,3	33,8	7,11	1,53	202,6
7,00	7,72	1,49	238,2	13,5	24,5	7,84	1,44	262,1	11,1	26,3	7,69	1,50	236,1
7,50	8,23	1,50	274,2	11,9	22,4	8,06	1,50	274,3	11,8	25,2	8,12	1,50	268,7
8,00	8,73	1,55	307,5	13,2	19,4	8,92	1,60	330,8	11,3	21,1	8,67	1,60	300,2
8,50	9,46	1,75	358,3	12,4	16,3	9,28	1,60	356,9	7,2	16,9	9,69	1,74	364,9
9,00	9,83	1,85	386,9	12,4	14,7	9,68	1,70	375,3	7,2	14,9	10,1	1,77	402,3

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	15,0	56,8	4,38	1,56	55,3	11,1	55,7	4,38	1,47	60,8	17,0	56,0
4,50	15,6	51,6	4,99	1,54	81,7	14,2	49,0	4,97	1,45	88,5	14,6	49,4
5,00	15,8	43,5	5,52	1,58	104,3	12,0	42,3	5,44	1,36	120,7	12,4	45,3
5,50	15,4	38,9	6,11	1,64	131,9	9,6	36,1	6,08	1,60	133,9	10,0	36,7
6,00	13,5	32,8	6,66	1,71	158,8	10,4	29,9	6,64	1,70	158,0	8,5	30,5
6,50	12,8	29,9	7,17	1,77	187,1	9,9	25,3	7,12	1,47	204,8	10,3	29,4
7,00	13,0	25,6	7,64	1,82	214,5	10,1	21,6	7,65	1,38	239,7	10,8	24,7
7,50	10,3	23,8	8,09	1,76	247,6	12,9	20,1	8,24	1,50	273,7	11,8	17,0
8,00	17,1	19,7	8,52	1,60	280,6	12,4	14,6	8,92	1,65	318,1	10,3	15,2
8,50	12,2	13,5	9,69	1,78	364,9	9,6	13,5	9,39	1,72	353,1	11,6	16,6
9,00	12,2	14,0	10,1	1,77	402,3	9,6	13,0	9,78	1,77	382,7	12,6	12,3

Продолжение таблицы Д.1

Регион 2

Широта 67,0 °с.ш. Долгота 65 °в.д. Радиус моделирования 650 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,32	1,42	61	13,2	57,0	4,21	1,32	65	15,9	57,8	4,31	1,43	601
4,50	4,92	1,38	91	16,9	50,6	4,69	1,12	111	13,8	55,8	4,95	1,40	92
5,00	5,44	1,39	118	16,1	45,4	5,14	1,08	137	12,9	48,8	5,45	1,33	125
5,50	6,09	1,47	146	13,6	39,2	6,03	1,29	160	10,8	40,7	6,09	1,54	139
6,00	6,46	1,49	165	11,8	34,0	6,44	1,49	165	12,6	36,9	6,58	1,55	167
6,50	7,28	1,61	205	12,4	27,3	7,09	1,31	218	11,4	30,7	7,27	1,59	206
7,00	7,68	1,55	232	12,9	24,8	7,61	1,41	249	11,1	28,1	7,76	1,58	238
7,50	8,24	1,49	276	12,9	23,6	8,26	1,48	296	12,1	26,0	8,09	1,49	262
8,00	8,74	1,60	307	13,0	21,4	8,83	1,58	326	11,7	21,8	8,90	1,61	316
8,50	9,39	1,75	356	15,6	17,5	9,37	1,70	356	12,9	18,0	9,47	1,74	365
9,00	9,90	1,85	387	15,6	16,3	9,37	1,89	402	13,9	17,6	9,8	1,80	379

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	16,2	57,7	4,37	1,44	61	10,8	56,3	4,36	1,48	59,5	11,7	56,2
4,50	12,8	49,3	5,01	1,54	81	12,4	47,2	4,87	1,45	83,8	14,0	50,2
5,00	14,1	46,4	5,46	1,60	99	11,2	42,0	5,46	1,45	113	13,1	44,6
5,50	12,6	37,8	6,13	1,57	139	13,9	37,6	6,04	1,43	147	14,7	40,7
6,00	12,1	35,0	6,70	1,70	162	12,8	30,4	6,58	1,55	168	13,7	33,7
6,50	10,9	28,0	7,25	1,79	190	10,0	24,2	7,37	1,67	206	12,9	26,4
7,00	11,3	24,6	7,54	1,77	211	11,8	23,0	7,74	1,62	232	11,1	23,8
7,50	11,3	22,0	8,31	1,46	273	13,0	23,2	8,27	1,54	275	12,3	21,3
8,00	8,5	18,2	8,63	1,58	291	12,4	22,4	8,77	1,61	308	14,1	19,4
8,50	13,8	18,4	9,41	1,58	329	13,5	22,1	9,31	1,56	346	14,4	16,1
9,00	14,3	20,1	10,0	1,63	361	14,0	22,1	9,81	1,77	381	15,4	17,1

Продолжение таблицы Д.1

Регион 3

Широта 70,0 °с.ш. Долгота 90 °в.д. Радиус моделирования 750 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,26	1,24	75	19,9	58,9	4,03	1,06	86	27,3	62,0	4,12	1,09	87
4,50	4,89	1,37	92	16,3	50,8	4,77	1,27	97	15,4	53,2	4,84	1,30	97
5,00	5,54	1,50	112	14,8	42,2	5,50	1,39	121	12,3	43,9	5,53	1,40	122
5,50	6,06	1,45	147	13,2	39,0	5,65	1,04	171	20,1	43,5	6,06	1,56	136
6,00	6,28	1,24	177	13,2	35,0	6,13	1,13	188	22,2	39,8	6,37	1,33	174
6,50	7,07	1,31	215	13,3	31,0	6,94	1,20	230	19,4	34,4	7,05	1,23	229
7,00	7,63	1,39	241	15,1	25,9	7,67	1,39	256	11,7	28,6	7,59	1,39	243
7,50	8,17	1,48	276	15,8	23,6	8,13	1,40	289	12,5	26,8	8,13	1,50	275
8,00	8,69	1,60	309	17,1	21,4	8,83	1,60	333	17,2	24,5	8,84	1,60	321
8,50	9,38	1,74	353	14,5	22,2	9,33	1,73	360	5,9	24,8	9,04	1,67	339
9,00	9,99	1,86	401	14,5	22,9	9,96	1,87	414	5,9	25,5	10,00	1,85	401

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	8,3	61,0	4,45	1,50	61	13,9	54,9	4,31	1,36	67	10,5	57,8
4,50	14,1	51,6	4,99	1,48	86	15,3	48,7	4,92	1,44	87	12,1	49,7
5,00	24,1	43,0	5,43	1,65	95	12,3	41,3	5,62	1,58	110	17,3	40,6
5,50	15,8	37,4	6,10	1,71	126	13,5	34,7	6,00	1,33	154	22,5	40,4
6,00	23,8	36,2	6,45	1,45	168	11,8	30,3	6,24	1,21	180	18,4	33,7
6,50	15,4	32,5	7,20	1,73	191	10,1	26,0	7,05	1,34	210	21,0	31,0
7,00	15,3	27,3	7,63	1,69	222	12,8	23,4	7,72	1,42	242	12,6	24,4
7,50	17,0	24,6	8,16	1,65	257	6,8	20,2	8,28	1,49	282	16,0	22,7
8,00	13,5	22,2	8,42	1,72	271	23,6	18,2	8,71	1,55	311	15,2	20,7
8,50	26,9	22,9	9,37	1,74	331	21,2	12,6	9,30	1,74	348	13,2	18,8
9,00	26,9	22,9	9,89	1,79	369	21,2	9,5	9,91	1,82	388	13,2	20,2

Продолжение таблицы Д.1

Регион 4

Широта 70,0 °с.ш. Долгота 120 °в.д Радиус моделирования 750 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,12	1,13	81	19,6	61,0	4,26	1,54	52	17,1	69,0	4,26	1,24	76
4,50	4,56	1,02	117	16,2	54,5	4,66	1,04	142	15,1	54,8	4,53	1,04	112
5,00	5,05	1,01	145	15,7	49,3	5,13	1,00	156	13,7	48,2	5,04	1,00	160
5,50	5,73	1,13	160	14,5	42,1	5,70	1,08	167	15,0	43,1	5,73	1,11	170
6,00	5,88	1,00	188	12,3	37,2	5,89	1,01	206	12,6	40,4	6,15	1,15	194
6,50	7,02	1,31	221	14,2	32,8	6,90	1,23	244	13,5	37,1	6,88	1,21	223
7,00	7,58	1,39	243	14,8	27,4	7,45	1,28	250	12,7	29,6	7,41	1,30	248
7,50	8,06	1,36	273	14,4	24,4	8,01	1,30	275	13,5	27,5	8,15	1,50	284
8,00	8,85	1,60	328	14,7	23,4	8,73	1,61	353	13,2	25,7	8,84	1,61	323
8,50	9,35	1,73	347	14,0	22,4	9,39	1,74	353	14,1	22,2	9,28	1,74	338
9,00	10,04	1,84	409	13,8	21,5	9,90	1,87	379	15,0	19,2	9,89	1,81	379

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	16,9	57,9	4,36	1,48	59	15,6	55,3	4,10	1,08	87	17,6	61,8
4,50	17,1	55,9	4,88	1,38	90	14,5	51,1	4,58	1,00	121	15,4	56,3
5,00	13,5	53,1	5,40	1,31	124	15,3	46,3	4,98	1,00	141	13,6	49,7
5,50	14,0	43,4	5,97	1,50	137	13,4	38,7	5,54	1,01	167	13,2	43,3
6,00	14,9	39,4	6,46	1,48	166	11,8	30,8	5,88	1,00	186	12,4	38,3
6,50	12,2	32,6	7,13	1,66	192	12,7	27,4	7,12	1,33	223	14,9	31,3
7,00	13,6	28,9	7,82	1,59	239	13,2	21,9	7,60	1,44	234	12,1	25,1
7,50	13,3	24,6	8,17	1,46	268	13,8	20,1	8,20	1,49	279	13,0	24,6
8,00	13,6	23,1	8,61	1,56	306	13,5	20,6	8,84	1,59	323	14,6	23,1
8,50	14,1	18,5	9,45	1,75	358	13,5	19,3	9,39	1,73	344	13,8	20,5
9,00	14,6	22,2	10,4	1,95	432	14,2	15,9	9,84	1,79	377	14,7	17,5

Продолжение таблицы Д.1

Регион 5

Широта 66,0 °с.ш. Долгота 150 °в.д. Радиус моделирования 800 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,30	1,35	67	17,5	57,2	4,18	1,39	58	16,1	57,5	4,33	1,28	75
4,50	4,93	1,42	89	15,2	49,8	4,75	1,14	111	14,9	54,7	4,60	1,14	82
5,00	5,45	1,46	112	13,6	43,6	5,20	1,23	123	13,2	47,7	5,33	1,31	121
5,50	5,96	1,42	143	13,6	39,8	6,03	1,42	147	12,9	38,9	5,76	1,15	159
6,00	6,39	1,36	173	13,2	34,7	6,31	1,27	176	13,4	37,5	6,19	1,17	190
6,50	7,03	1,33	224	14,0	33,9	7,02	1,28	230	13,8	35,7	6,94	1,28	229
7,00	7,34	1,19	252	13,8	31,1	7,82	1,39	284	13,7	31,8	7,53	1,38	258
7,50	8,24	1,35	308	14,5	28,3	8,20	1,50	296	13,7	29,9	8,23	1,47	309
8,00	8,85	1,60	328	14,7	26,4	8,73	1,61	330	14,9	26,7	8,84	1,65	331
8,50	9,07	1,54	336	15,0	25,4	9,39	1,70	353	13,9	22,2	9,34	1,70	361
9,00	10,13	1,77	422	15,6	23,5	9,98	1,90	408	14,9	21,5	9,86	1,80	395

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	14,9	57,4	4,23	1,33	66	15,2	58,3	4,17	1,15	82	15,5	60,6
4,50	14,7	51,1	5,13	1,56	87	10,9	44,9	4,81	1,27	98	14,3	52,8
5,00	14,4	46,8	5,45	1,65	96	11,2	41,5	5,55	1,48	115	13,1	45,5
5,50	13,7	42,9	5,99	1,45	142	13,7	38,2	5,91	1,34	148	13,3	41,1
6,00	12,8	38,5	6,48	1,54	162	11,5	32,0	6,31	1,27	177	13,2	36,3
6,50	12,2	36,2	7,14	1,63	195	10,5	28,1	6,99	1,25	222	15,1	33,0
7,00	12,9	34,3	7,54	1,76	212	10,8	25,8	7,58	1,39	256	12,7	31,7
7,50	13,4	30,9	8,22	1,50	274	12,8	22,4	8,19	1,50	286	12,5	28,1
8,00	13,9	26,3	8,74	1,60	308	12,9	19,4	8,97	1,65	328	12,6	26,8
8,50	13,2	23,4	9,45	1,74	358	13,2	17,3	9,44	1,75	362	13,0	25,7
9,00	14,4	22,4	9,45	1,70	358	13,7	15,9	10,12	1,87	428	13,3	23,8

Продолжение таблицы Д.1

Регион 6

Широта 65,0 °с.ш. Долгота 176 °в.д. Радиус моделирования 850 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,47	1,43	68	15,0	58,0	4,23	1,26	72	14,2	61,9	4,33	1,42	62
4,50	5,10	1,28	112	14,8	55,6	4,31	0,90	119	13,1	62,2	4,54	1,00	119
5,00	5,60	1,35	131	14,5	50,2	5,01	1,04	135	12,3	53,3	4,97	1,00	148
5,50	6,19	1,30	167	13,0	45,4	5,54	1,00	185	12,0	50,7	5,47	1,00	177
6,00	6,62	1,26	193	28,3	39,0	6,39	1,18	217	11,8	42,9	5,99	1,00	189
6,50	7,25	1,37	219	25,1	34,1	6,91	1,25	238	12,1	39,5	6,88	1,23	218
7,00	7,83	1,25	259	25,0	31,7	7,67	1,42	279	10,4	37,0	7,59	1,38	253
7,50	8,45	1,40	300	17,7	27,8	8,16	1,48	302	12,4	30,7	8,30	1,50	305
8,00	8,88	1,50	331	22,1	26,6	8,84	1,60	328	25,0	24,0	8,71	1,61	339
8,50	9,54	1,80	370	19,8	23,2	9,44	1,70	362	13,6	23,1	9,28	1,70	377
9,00	10,19	1,79	415	19,8	20,9	9,98	1,90	410	13,6	19,0	9,96	1,90	424

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	17,3	58,3	4,36	1,36	68	15,9	53,7	4,33	1,25	78	0,0	59,0
4,50	16,0	55,4	4,85	1,24	104	14,0	50,7	4,84	1,23	104	14,8	53,1
5,00	14,2	52,9	5,49	1,50	110	14,1	43,0	5,25	1,18	131	13,3	48,6
5,50	14,1	47,2	6,01	1,45	143	14,4	39,5	5,59	1,05	163	13,5	44,1
6,00	15,3	38,8	6,58	1,51	170	13,5	34,1	5,88	1,00	195	13,2	40,0
6,50	13,0	33,4	7,01	1,39	205	13,0	30,9	6,83	1,23	214	12,0	36,6
7,00	12,5	28,9	7,42	1,33	232	12,8	26,9	7,49	1,29	272	13,0	33,8
7,50	13,5	27,2	8,18	1,35	293	13,5	25,5	7,94	1,20	300	13,6	28,0
8,00	19,6	25,5	8,63	1,56	332	13,2	24,1	8,82	1,61	331	20,6	25,9
8,50	13,5	24,3	9,43	1,75	362	14,0	23,1	9,41	1,74	370	14,0	22,2
9,00	14,5	24,1	9,96	1,90	424	13,8	21,1	9,99	1,85	410	15,0	19,7

Продолжение таблицы Д.1

Регион 7

Широта 56,0 °с.ш. Долгота 158,5 °в.д. Радиус моделирования 800 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,23	1,14	86	16,2	58,5	4,02	1,00	113	15,7	61,9	4,15	1,00	101
4,50	4,83	1,20	108	12,9	52,0	4,65	1,02	130	0,0	54,9	4,95	1,34	97
5,00	5,44	1,37	120	12,8	48,3	5,43	1,35	121	12,1	50,6	5,36	1,28	125
5,50	5,47	1,02	164	12,2	45,2	5,41	1,00	178	13,1	47,3	5,52	1,01	172
6,00	5,91	1,02	202	13,3	39,8	6,18	1,00	205	11,6	42,4	6,29	1,12	196
6,50	6,69	1,11	230	11,9	36,8	7,01	1,30	232	11,8	38,3	6,87	1,23	231
7,00	7,45	1,29	253	13,8	33,4	7,56	1,42	253	13,1	36,5	7,72	1,58	273
7,50	8,18	1,37	300	13,9	30,4	8,25	1,38	302	12,4	31,1	8,29	1,50	307
8,00	8,94	1,61	340	12,9	27,3	8,76	1,61	332	13,2	28,5	8,85	1,61	341
8,50	9,19	1,48	357	13,4	23,6	9,35	1,70	355	13,4	23,0	9,38	1,73	372
9,00	9,98	1,77	409	13,4	21,8	10,11	1,70	412	14,0	19,9	10,12	1,89	441

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	15,5	57,6	4,26	1,29	70	37,5	59,4	4,19	1,13	85	15,3	58,1
4,50	13,3	52,5	4,98	1,41	93	18,4	49,8	4,70	1,11	112	13,4	54,7
5,00	13,0	47,0	5,50	1,46	114	13,9	44,9	5,47	1,39	119	13,2	48,5
5,50	13,3	43,6	5,87	1,35	145	13,1	41,1	5,48	1,03	161	13,0	44,9
6,00	11,5	38,1	6,37	1,18	207	14,3	40,0	6,32	1,14	198	12,9	38,8
6,50	12,9	35,3	6,86	1,26	226	16,8	35,4	7,01	1,27	233	12,7	36,2
7,00	13,9	33,6	7,50	1,50	226	3,4	26,1	7,59	1,38	262	13,0	33,2
7,50	13,1	31,6	8,17	1,50	291	4,2	23,9	8,18	1,50	291	13,5	28,5
8,00	13,3	27,7	8,71	1,60	330	6,3	21,5	8,99	1,66	345	13,4	27,6
8,50	13,5	25,2	9,41	1,70	369	0,0	19,6	9,25	1,70	361	13,5	26,3
9,00	13,5	24,1	9,89	1,75	394	0,0	18,9	10,06	1,77	411	14,5	24,4

Продолжение таблицы Д.1

Регион 8

Широта 50,0 °с.ш. Долгота 140,0 °в.д. Радиус моделирования 950 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,22	1,19	78,3	16,7	59,8	4,18	1,14	83	14,3	60,9	4,14	1,13	83
4,50	4,78	1,22	102,7	13,6	54,1	4,73	1,15	108	16,1	55,2	4,81	1,24	101
5,00	5,38	1,29	125,3	15,9	47,8	5,01	1,00	143	11,5	51,9	5,29	1,19	131
5,50	5,92	1,27	156,3	12,8	42,3	5,52	1,02	176	10,1	47,6	5,89	1,24	157
6,00	6,04	1,08	183,9	12,0	37,3	6,24	1,14	195	9,0	40,4	6,36	1,19	188
6,50	6,92	1,23	218,9	12,9	34,5	7,05	1,30	232	13,1	37,1	6,86	1,24	220
7,00	7,70	1,40	259,6	13,2	30,8	7,66	1,40	261	11,5	34,4	7,72	1,45	266
7,50	8,26	1,56	284,7	12,4	27,8	8,27	1,58	295	11,2	31,8	8,20	1,55	272
8,00	8,94	1,73	544,5	12,7	24,4	8,88	1,69	556	12,4	27,3	9,30	1,79	553
8,50	9,51	1,90	354,2	13,6	21,5	9,53	1,89	358	11,5	23,8	9,29	1,75	328
9,00	10,04	2,10	383,2	14,0	21,8	10,11	1,83	372	11,4	21,5	10,04	2,00	381

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	14,3	60,9	4,35	1,36	68	13,9	57,4	4,23	1,19	79	14,0	59,7
4,50	10,7	53,5	4,91	1,43	88	13,2	51,0	4,51	1,03	113	13,2	56,6
5,00	12,5	48,0	5,55	1,57	107	12,1	44,5	5,44	1,37	120	12,1	47,1
5,50	1,0	42,7	6,17	1,65	135	13,8	36,2	5,89	1,25	157	13,8	42,8
6,00	12,8	38,0	6,72	1,56	175	12,6	33,7	6,49	1,37	178	14,6	37,0
6,50	13,6	36,6	7,16	1,58	199	13,4	30,5	6,80	1,10	224	11,8	33,7
7,00	12,1	32,3	7,85	1,48	256	13,0	26,5	7,68	1,38	256	13,0	30,2
7,50	13,0	27,0	8,22	1,51	285	12,3	25,7	8,31	1,54	286	12,3	26,8
8,00	13,4	20,2	8,64	1,56	519	13,4	23,8	8,83	1,61	550	13,2	26,4
8,50	13,5	20,2	9,32	1,59	345	13,2	17,5	9,63	1,72	377	13,4	20,6
9,00	13,8	24,9	9,80	1,99	375	14,2	14,7	9,98	2,06	397	14,2	19,2

Продолжение таблицы Д.1

Регион 9

Широта 56,5 °с.ш. Долгота 116,0 °в.д. Радиус моделирования 800 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,15	1,16	79	25,1	60,1	4,18	1,14	83	14,3	60,9	4,14	1,13	83
4,50	4,26	0,89	119	16,9	54,9	4,73	1,15	108	16,1	55,2	4,81	1,24	101
5,00	5,25	1,20	129	22,4	48,4	5,01	1,00	143	11,5	51,9	5,29	1,19	131
5,50	6,00	1,53	136	5,4	40,8	5,52	1,02	176	10,1	47,6	5,89	1,24	157
6,00	6,30	1,07	212	5,2	38,0	6,24	1,14	195	9,0	40,4	6,36	1,19	188
6,50	6,93	1,47	225	0,0	38,3	7,05	1,30	232	13,1	37,1	6,86	1,24	220
7,00	7,85	1,99	272	6,8	33,9	7,66	1,40	261	11,5	34,4	7,72	1,45	266
7,50	8,64	1,99	319	7,6	29,6	8,27	1,58	295	11,2	31,8	8,20	1,55	272
8,00	8,86	1,67	328	24,2	33,5	8,88	1,69	556	12,4	27,3	9,30	1,79	553
8,50	9,55	1,72	362	16,7	14,2	9,53	1,89	358	11,5	23,8	9,29	1,75	328
9,00	10,08	2,00	368	6,0	12,1	10,11	1,83	372	11,4	21,5	10,04	2,00	381

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	14,3	60,9	4,35	1,36	68	13,9	57,4	4,23	1,19	79	14,0	59,7
4,50	10,7	53,5	4,91	1,43	88	13,2	51,0	4,51	1,03	113	13,2	56,6
5,00	12,5	48,0	5,55	1,57	107	12,1	44,5	5,44	1,37	120	12,1	47,1
5,50	1,0	42,7	6,17	1,65	135	13,8	36,2	5,89	1,25	157	13,8	42,8
6,00	12,8	38,0	6,72	1,56	175	12,6	33,7	6,49	1,37	178	14,6	37,0
6,50	13,6	36,6	7,16	1,58	199	13,4	30,5	6,80	1,10	224	11,8	33,7
7,00	12,1	32,3	7,85	1,48	256	13,0	26,5	7,68	1,38	256	13,0	30,2
7,50	13,0	27,0	8,22	1,51	285	12,3	25,7	8,31	1,54	286	12,3	26,8
8,00	13,4	20,2	8,64	1,56	519	13,4	23,8	8,83	1,61	550	13,2	26,4
8,50	13,5	20,2	9,32	1,59	345	13,2	17,5	9,63	1,72	377	13,4	20,6
9,00	13,8	24,9	9,80	1,99	375	14,2	14,7	9,98	2,06	397	14,2	19,2

Продолжение таблицы Д.1

Регион 10

Широта 58,0 °с.ш. Долгота 95 °в.д. Радиус моделирования 750 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,19	1,18	79	16,8	59,3	4,09	1,14	79	14,6	60,53	4,02	1,04	88
4,50	4,61	1,07	112	14,3	54,5	4,10	0,80	125	13,8	58,19	4,55	1,02	116
5,00	5,29	1,21	129	12,8	48,0	5,06	1,01	151	13,4	52,88	5,07	1,10	131
5,50	5,55	1,04	166	13,5	44,9	5,50	1,00	187	13,8	49,31	5,47	1,02	158
6,00	6,07	1,10	193	12,5	42,1	5,87	1,08	201	13,0	45,29	6,23	1,28	171
6,50	6,89	1,30	272	13,1	40,8	7,01	1,30	297	12,8	43,00	6,70	1,19	221
7,00	7,61	1,40	304	12,9	37,4	7,63	1,34	336	13,2	41,18	7,54	1,39	272
7,50	8,67	1,69	338	13,1	34,5	8,73	1,89	353	13,3	38,89	8,72	1,69	340
8,00	8,80	1,61	575	13,7	33,8	8,92	1,69	598	13,3	36,87	8,72	1,69	574
8,50	9,15	1,75	355	13,1	32,8	9,09	1,59	355	13,1	34,84	9,60	2,00	340
9,00	10,12	2,13	428	14,1	30,0	10,13	2,00	428	14,1	30,00	9,99	2,00	373

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	15,7	61,93	4,39	1,42	65	15,5	55,2	4,18	1,14	84	42,9	59,5
4,50	14,0	55,17	4,88	1,38	91	13,9	51,2	4,54	1,01	120	25,0	54,5
5,00	13,1	50,21	5,52	1,69	101	12,5	46,8	5,14	1,06	138	29,1	49,0
5,50	13,6	44,07	5,45	1,02	160	13,1	41,9	5,91	1,31	177	13,6	43,4
6,00	12,8	35,89	6,15	1,16	188	12,2	37,6	6,37	1,17	206	31,2	38,1
6,50	12,9	34,71	6,93	1,27	215	12,7	31,6	6,70	1,23	285	26,4	35,5
7,00	13,1	33,53	8,02	1,90	235	12,6	27,3	7,85	1,99	316	20,0	30,5
7,50	13,2	30,89	8,33	1,96	253	12,7	24,6	8,56	1,58	355	7,6	25,6
8,00	13,5	30,89	8,91	2,00	496	13,4	22,9	8,87	1,71	604	24,2	21,5
8,50	13,1	13,30	9,65	1,90	362	12,7	20,2	9,58	1,89	373	16,7	17,2
9,00	14,1	11,85	10,08	2,10	399	13,8	18,9	10,06	1,76	441	6,0	15,6

Продолжение таблицы Д.1

Регион 11

Широта 57,0 °с.ш. Долгота 75,0 °в.д Радиус моделирования 750 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,36	1,41	64	9,0	57,3	4,18	1,14	83	14,3	60,9	4,14	1,13	83
4,50	4,86	1,37	91	10,5	51,6	4,73	1,15	108	16,1	55,2	4,81	1,24	101
5,00	5,48	1,44	115	10,1	44,1	5,01	1,00	143	11,5	51,9	5,29	1,19	131
5,50	5,98	1,41	146	8,6	40,1	5,52	1,02	176	10,1	47,6	5,89	1,24	157
6,00	6,14	1,14	188	5,4	36,3	6,24	1,14	195	9,0	40,4	6,36	1,19	188
6,50	6,77	1,25	207	5,1	33,5	7,05	1,30	232	13,1	37,1	6,86	1,24	220
7,00	7,66	1,40	247	8,0	26,5	7,66	1,40	261	11,5	34,4	7,72	1,45	266
7,50	8,19	1,48	289	4,2	26,8	8,27	1,58	295	11,2	31,8	8,20	1,55	272
8,00	8,53	1,56	535	6,0	25,5	8,88	1,69	556	12,4	27,3	9,30	1,79	553
8,50	9,40	1,74	370	16,5	22,2	9,53	1,89	358	11,5	23,8	9,29	1,75	328
9,00	9,81	1,80	397	12,3	22,9	10,11	1,83	372	11,4	21,5	10,04	2,00	381

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	14,3	60,9	4,35	1,36	68	13,9	57,4	4,23	1,19	79	14,0	59,7
4,50	10,7	53,5	4,91	1,43	88	13,2	51,0	4,51	1,03	113	13,2	56,6
5,00	12,5	48,0	5,55	1,57	107	12,1	44,5	5,44	1,37	120	12,1	47,1
5,50	1,0	42,7	6,17	1,65	135	13,8	36,2	5,89	1,25	157	13,8	42,8
6,00	12,8	38,0	6,72	1,56	175	12,6	33,7	6,49	1,37	178	14,6	37,0
6,50	13,6	36,6	7,16	1,58	199	13,4	30,5	6,80	1,10	224	11,8	33,7
7,00	12,1	32,3	7,85	1,48	256	13,0	26,5	7,68	1,38	256	13,0	30,2
7,50	13,0	27,0	8,22	1,51	285	12,3	25,7	8,31	1,54	286	12,3	26,8
8,00	13,4	20,2	8,64	1,56	519	13,4	23,8	8,83	1,61	550	13,2	26,4
8,50	13,5	20,2	9,32	1,59	345	13,2	17,5	9,63	1,72	377	13,4	20,6
9,00	13,8	24,9	9,80	1,99	375	14,2	14,7	9,98	2,06	397	14,2	19,2

Продолжение таблицы Д.1

Регион 12

Широта 57,0 °с.ш. Долгота 53,0 °в.д. Радиус моделирования 700 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,41	1,55	59	15,6	56,4	4,36	1,40	65	24,6	56,6	4,37	1,42	64
4,00	4,39	1,51	59	15,4	53,5	4,39	1,46	62	30,9	57,4	4,32	1,50	57
4,50	4,91	1,49	83	12,9	47,3	4,85	1,32	95	35,3	52,2	4,94	1,55	78
5,00	5,47	1,46	106	12,8	43,7	5,49	1,43	117	24,2	43,6	5,47	1,45	114
5,50	5,96	1,43	141	13,2	40,5	5,94	1,37	147	21,4	39,7	5,95	1,38	146
6,00	6,49	1,60	158	13,6	36,3	6,07	1,10	182	10,0	36,2	6,14	1,14	185
6,50	7,04	1,62	190	13,5	32,8	6,83	1,27	217	12,7	34,3	6,74	1,23	228
7,00	7,56	1,36	237	11,0	28,6	7,70	1,39	245	11,2	23,7	7,43	1,34	252
7,50	8,34	1,72	265	12,1	25,2	8,24	1,45	275	5,2	21,9	8,27	1,45	281
8,00	8,97	1,66	317	12,8	21,8	8,97	1,65	537	9,8	17,4	8,96	1,62	537
8,50	9,36	1,74	317	13,8	17,9	9,36	1,70	336	9,8	16,9	9,33	1,72	335
9,00	9,94	1,81	360	14,4	15,4	9,80	1,81	378	8,4	15,4	9,92	1,81	384

Продолжение таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	19,7	56,6	4,37	1,48	60	16,1	56,4	4,40	1,46	62	21,6	56,0
4,00	16,4	58,2	4,46	1,60	56	16,7	54,6	4,41	1,51	59	19,4	55,8
4,50	28,7	49,8	4,87	1,55	76	29,0	50,1	4,96	1,53	81	37,7	49,0
5,00	18,5	44,0	5,38	1,45	109	19,2	44,6	5,49	1,53	107	21,5	42,7
5,50	19,3	39,9	5,49	1,00	162	0,0	44,1	6,02	1,48	141	19,2	38,2
6,00	13,5	37,6	6,29	1,25	177	12,6	36,3	6,47	1,52	163	8,5	35,1
6,50	11,1	37,0	6,91	1,27	213	15,5	32,8	7,10	1,66	191	6,1	27,0
7,00	14,3	29,4	7,59	1,39	250	13,0	26,6	7,59	1,39	250	13,0	26,6
7,50	14,1	20,4	8,62	1,50	301	2,0	18,9	8,29	1,49	281	14,1	20,4
8,00	9,8	17,4	8,97	1,64	537	9,8	17,4	8,96	1,61	537	9,8	17,4
8,50	9,8	16,9	9,07	1,73	324	9,8	16,9	9,32	1,71	342	9,8	16,9
9,00	8,4	15,4	9,80	1,81	378	8,4	15,4	9,80	1,80	378	8,4	15,4

Продолжение таблицы Д.1

Регион 13

Широта 58,0 °с.ш. Долгота 31,0 °в.д. Радиус моделирования 700 км

V, м/с	Среднегодовые					Зимние					Весенние		
	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$
4,00	4,39	1,50	59	15,2	56,0	4,40	1,52	58	15,6	57,1	4,39	1,47	58
4,50	4,95	1,55	80	14,1	49,4	4,95	1,55	79	15,8	56,9	4,93	1,49	79
5,00	5,51	1,57	105	13,0	45,3	5,53	1,57	106	16,0	44,9	5,46	1,53	106
5,50	6,04	1,61	131	13,1	36,7	6,01	1,63	128	14,8	36,1	6,04	1,61	128
6,00	6,47	1,50	165	13,4	30,5	6,46	1,49	165	14,6	32,9	6,47	1,51	165
6,50	7,13	1,57	199	10,5	29,4	7,16	1,59	199	13,8	33,8	7,08	1,51	199
7,00	7,49	1,40	236	13,0	24,7	7,59	1,47	230	13,7	26,3	7,52	1,53	230
7,50	8,09	1,49	272	12,0	17,0	8,17	1,45	281	12,2	25,2	7,96	1,45	281
8,00	8,77	1,59	316	10,4	15,2	8,68	1,50	315	13,5	21,1	8,77	1,60	315
8,50	9,34	1,74	351	13,2	16,6	9,40	1,74	355	13,7	18,9	9,34	1,73	355
9,00	9,89	1,81	390	14,4	12,3	9,99	1,86	408	14,7	14,9	9,89	1,81	408

Окончание таблицы Д.1

V, м/с	Весенние		Летние					Осенние				
	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$	A	k	$P_{ВЭУ\ уд}$	$\sigma_{PВЭУ\ уд}$	$f_{V<4\ м/с}$
4,00	16,1	56,8	4,38	1,51	58	14,2	55,7	4,27	1,24	59	15,5	56,4
4,50	16,2	51,6	4,95	1,58	77	14,3	49,0	4,90	1,37	79	15,7	51,7
5,00	15,0	43,5	5,54	1,58	106	12,1	42,3	5,50	1,50	103	15,9	44,0
5,50	14,8	38,9	6,05	1,65	128	13,3	36,1	6,03	1,45	134	14,7	37,0
6,00	13,6	32,8	6,48	1,55	162	10,5	29,9	6,28	1,24	168	14,4	31,5
6,50	13,8	29,9	7,06	1,57	195	13,5	25,3	7,05	1,31	203	13,7	29,6
7,00	12,4	25,6	7,58	1,39	256	10,2	21,6	7,64	1,39	239	13,5	24,5
7,50	13,7	23,8	8,66	1,60	301	13,0	20,1	8,09	1,45	267	12,1	22,4
8,00	13,9	19,7	8,97	1,65	319	12,6	14,6	8,78	1,50	318	13,4	19,4
8,50	14,4	13,5	9,29	1,98	321	13,8	13,5	9,26	1,74	347	13,5	16,3
9,00	15,0	14,0	9,76	1,88	353	14,7	13,0	9,78	1,81	371	14,6	14,7

Таблица Д.2 — Модели скоростей ветра V, м/с, на высоте 10 м по данным 50 МС

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Регион 1 Мурманск														
Год	3,95	4,32	25,1	9,2	3,48	17,6	5,03	15,1	6,58	16,0	8,02	18,9	—	—
Зима	4,78	4,59	35,4	9,0	3,59	24,8	5,53	21,2	7,47	10,6	9,40	26,5	—	—
Весна	3,94	4,44	25,3	9,2	3,63	17,7	5,35	22,8	7,07	18,5	8,80	19,0	—	—
Лето	3,28	3,87	17,0	9,6	3,27	11,9	4,04	10,2	4,81	1,9	5,58	12,7	—	—
Осень	3,82	4,39	26,8	9,1	3,70	18,8	5,61	20,8	7,51	14,4	9,42	20,1	—	—
Сортавала														
Год	3,16	4,00	16,2	8,1	3,32	11,4	4,24	7,2	5,16	7,5	5,92	—	—	—
Зима	3,46	4,11	21,7	8,0	3,62	15,2	4,62	8,2	5,63	10,4	6,64	—	—	—
Весна	2,98	3,83	15,2	8,2	3,38	10,6	4,10	10,4	4,82	—	—	—	—	—
Лето	2,79	3,56	15,1	8,2	3,02	10,6	3,77	5,4	4,52	—	—	—	—	—
Осень	3,43	4,29	19,5	8,1	3,53	13,6	4,80	10,5	6,07	—	—	—	—	—
Онега														
Год	3,05	4,19	16,8	8,9	3,33	16,0	4,07	10,1	4,80	14,6	5,59	—	—	—
Зима	3,04	4,26	22,7	8,9	3,49	19,0	4,26	13,6	5,04	17,8	5,82	—	—	—
Весна	2,98	4,07	14,3	8,9	3,34	12,2	3,97	8,6	4,59	—	—	—	—	—
Лето	2,98	3,77	15,3	8,9	3,13	10,6	3,73	9,2	4,32	—	—	—	—	—
Осень	3,21	4,57	20,9	9,0	3,64	16,3	4,63	19,8	5,63	—	—	—	—	—
Кемь														
Год	3,23	4,18	18,5	8,4	3,77	12,9	4,35	11,1	4,92	13,6	5,50	—	—	—
Зима	3,16	4,15	26,3	8,3	3,61	23,3	4,25	15,8	4,88	17,3	5,52	—	—	—
Весна	3,26	4,05	15,9	8,4	3,44	11,1	3,91	9,5	4,38	—	—	—	—	—
Лето	3,26	3,87	15,9	8,6	3,34	11,2	3,78	9,6	4,22	—	—	—	—	—
Осень	3,26	4,53	22,0	8,4	3,87	21,4	4,65	13,2	5,42	—	—	—	—	—
Архангельск, Соломбала														
Год	4,12	4,58	16,3	9,6	3,52	11,4	4,29	8,1	5,05	11,9	5,82	11,6	—	—
Зима	4,25	4,70	21,9	9,5	3,61	21,2	4,58	11,0	5,56	16,0	6,53	—	—	—
Весна	4,08	4,45	14,4	9,6	3,52	10,1	4,15	7,2	4,79	10,5	5,42	10,8	—	—
Лето	3,66	4,11	14,4	9,7	3,20	10,1	3,81	7,2	4,41	12,4	5,02	4,9	—	—
Осень	4,48	4,91	19,2	9,6	3,61	13,4	4,69	9,6	5,76	14,0	6,84	14,4	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Чаваньга														
Год	5,70	4,51	21,9	9,2	3,31	15,3	4,04	12,2	4,77	16,0	6,29	16,4	—	—
Зима	6,65	4,54	30,1	9,1	3,46	27,8	4,33	16,9	5,21	22,0	6,08	—	—	—
Весна	5,05	4,36	19,7	9,2	3,30	13,8	3,92	12,0	4,54	19,6	5,17	14,8	—	—
Лето	4,73	4,11	18,1	9,4	3,15	12,7	3,68	14,9	4,21	16,3	4,74	13,6	—	—
Осень	6,37	4,85	25,6	9,2	3,62	17,9	4,56	14,3	5,50	18,7	6,44	19,2	—	—
Териберка														
Год	4,82	4,48	25,7	8,7	3,26	18,0	4,97	15,4	6,68	14,9	7,65	19,3	—	—
Зима	5,93	4,77	35,4	8,4	3,29	24,8	5,43	21,2	7,57	9,6	9,71	—	—	—
Весна	4,76	4,57	25,4	8,6	3,42	17,8	5,21	25,1	7,00	24,7	8,78	19,0	—	—
Лето	3,72	3,99	18,2	9,0	3,06	12,7	4,12	10,9	5,18	14,8	6,24	13,7	—	—
Осень	4,86	4,56	27,7	8,6	3,54	19,4	5,53	16,6	7,53	14,6	9,52	20,8	—	—
Регион 2 Амдерма														
Год	7,53	5,87	17,7	10,9	4,24	12,4	5,21	10,6	6,19	9,3	7,13	14,1	—	—
Зима	8,90	6,23	24,8	10,8	4,50	17,4	5,83	14,9	7,15	13,7	8,47	—	—	—
Весна	7,59	5,96	17,1	10,9	4,59	12,0	5,38	10,3	6,17	9,5	6,96	7,1	—	—
Лето	5,70	5,23	15,6	11,1	3,95	10,9	4,69	13,9	5,43	11,6	6,18	5,7	—	—
Осень	7,94	5,98	20,1	10,9	4,24	14,0	5,37	12,0	6,50	9,7	7,62	18,0	—	—
Сыктывкар														
Год	3,70	3,54	19,0	7,3	3,26	13,3	3,40	9,5	3,54	—	—	—	—	—
Зима	3,99	3,74	24,3	7,3	3,41	17,0	3,50	10,9	3,58	—	—	—	—	—
Весна	3,78	3,78	19,0	7,3	3,57	13,3	3,75	9,1	3,93	—	—	—	—	—
Лето	3,16	3,08	20,3	7,3	2,91	14,2	2,99	12,8	3,06	—	—	—	—	—
Осень	3,87	3,65	19,7	7,3	3,40	13,8	3,64	9,7	3,89	—	—	—	—	—
Нарьян-Мар, город														
Год	5,00	5,14	18,4	9,6	3,61	12,9	4,80	17,0	5,99	13,1	7,28	—	—	—
Зима	5,63	5,36	22,2	9,6	3,78	15,5	5,35	18,8	6,92	18,8	8,49	—	—	—
Весна	5,47	5,17	16,2	9,6	3,81	11,3	4,92	13,8	6,03	12,5	7,13	—	—	—
Лето	4,19	4,65	18,0	9,7	3,35	12,6	4,30	16,9	5,25	15,3	6,20	—	—	—
Осень	4,71	5,31	20,0	9,6	3,80	19,2	5,03	12,0	6,26	14,6	7,49	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Гыда-Ямо														
Год	6,14	5,41	20,6	11,7	4,07	14,4	4,66	12,4	5,25	18,9	5,84	12,4	—	—
Зима	6,35	5,64	23,8	11,7	4,36	16,7	5,02	14,3	5,69	17,4	6,35	—	—	—
Весна	6,22	5,57	19,3	11,7	4,21	13,5	4,82	18,6	5,44	18,1	6,06	18,8	—	—
Лето	5,79	4,92	21,0	11,8	3,79	14,7	4,29	12,6	4,78	16,0	5,27	18,1	—	—
Осень	6,22	5,49	22,3	11,7	4,27	15,6	4,90	13,4	5,53	19,5	6,16	16,1	—	—
Салехард, аэропорт														
Год	4,72	4,78	20,2	8,8	3,59	14,1	5,03	10,1	6,46	3,0	8,11	—	—	—
Зима	4,09	4,94	26,3	8,8	3,74	18,4	5,26	13,2	6,79	15,7	8,31	—	—	—
Весна	4,73	4,95	19,4	8,8	3,79	13,6	5,11	9,7	6,42	6,4	7,73	—	—	—
Лето	5,10	4,41	17,2	8,8	3,51	12,1	4,87	14,2	6,24	12,6	7,60	12,9	—	—
Осень	4,95	4,86	21,5	8,8	3,61	15,1	5,28	10,8	6,94	11,0	8,60	—	—	—
Воркута														
Год	5,25	5,20	23,2	9,9	3,66	16,2	4,94	21,4	6,23	8,7	7,69	13,1	—	—
Зима	5,79	5,41	31,0	9,8	3,79	21,7	5,43	18,6	7,06	12,4	8,70	—	—	—
Весна	5,63	5,33	21,9	9,8	3,95	15,4	5,06	13,2	6,17	10,2	7,29	7,0	—	—
Лето	4,48	4,75	20,1	9,9	3,51	14,1	4,55	12,4	5,60	9,2	6,65	4,4	—	—
Осень	5,10	5,31	25,2	9,9	3,68	23,1	5,13	21,0	6,59	8,9	8,05	19,9	—	—
Ханты-Мансийск														
Год	4,50	3,41	17,7	5,1	3,15	12,4	3,54	14,0	3,92	—	—	—	—	—
Зима	4,63	3,39	21,6	5,1	3,07	15,1	3,35	14,0	3,63	—	—	—	—	—
Весна	4,72	3,74	16,0	5,1	3,52	11,2	3,94	12,8	4,36	—	—	—	—	—
Лето	4,13	3,14	19,1	5,0	2,95	13,4	3,44	16,6	3,93	—	—	—	—	—
Осень	4,54	3,54	19,0	5,1	3,32	13,3	3,70	13,4	4,08	—	—	—	—	—
Тарко-Сале														
Год	3,36	3,86	19,7	7,4	3,13	13,8	4,16	9,9	5,19	—	—	—	—	—
Зима	3,07	3,87	23,1	7,4	3,16	16,2	4,05	11,6	4,94	—	—	—	—	—
Весна	3,69	4,11	19,0	7,4	3,29	17,0	4,54	9,5	5,80	—	—	—	—	—
Лето	3,38	3,69	21,3	7,4	3,05	14,9	4,27	10,7	5,49	—	—	—	—	—
Осень	3,32	3,93	20,3	7,5	3,29	14,2	4,12	10,2	4,96	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Регион 3 Остров Диксон														
Год	7,08	5,93	18,3	12,7	4,33	12,8	4,90	7,4	5,47	13,3	7,02	15,5	—	—
Зима	7,69	6,05	24,7	12,6	4,75	17,3	5,41	8,2	6,06	18,0	6,72	21,0	—	—
Весна	6,84	5,91	17,7	12,7	4,53	12,4	5,03	6,3	5,53	12,9	6,03	15,1	—	—
Лето	6,31	5,38	18,4	12,9	3,93	12,9	4,41	11,4	4,89	16,8	5,38	15,6	—	—
Осень	7,47	6,20	20,1	12,7	4,48	14,1	5,16	8,9	5,84	14,7	6,51	17,1	—	—
Дудинка														
Год	5,06	4,65	27,8	10,4	3,56	18,5	4,38	13,9	5,21	19,0	5,92	—	—	—
Зима	4,80	4,71	34,4	10,3	3,71	22,9	4,66	14,2	5,62	19,3	6,57	—	—	—
Весна	5,25	4,85	26,2	10,4	3,79	17,4	4,59	13,1	5,40	—	—	—	—	—
Лето	5,07	4,35	26,3	10,4	3,28	17,5	4,02	19,8	4,76	13,0	5,50	—	—	—
Осень	5,10	4,76	28,4	10,4	3,75	18,9	4,61	14,2	5,47	—	—	—	—	—
Хатанга														
Год	4,34	4,02	25,3	10,8	2,96	15,2	3,70	12,7	4,45	15,2	6,43	—	—	—
Зима	4,18	4,05	31,0	10,8	2,85	18,6	3,80	15,5	4,75	18,6	5,71	—	—	—
Весна	4,49	4,28	23,6	10,9	3,26	14,2	3,95	11,8	4,64	14,2	5,33	—	—	—
Лето	4,61	3,79	23,3	10,9	2,92	14,0	3,50	16,1	4,07	14,0	4,65	17,4	—	—
Осень	4,09	4,11	25,8	10,8	3,05	15,5	3,88	12,9	4,70	15,5	5,52	—	—	—
Норильск														
Год	5,34	4,60	31,2	10,8	3,00	18,7	4,09	17,0	5,18	21,1	7,44	18,7	—	—
Зима	5,74	4,66	38,7	10,7	2,88	19,2	4,22	18,8	5,56	19,9	6,91	23,2	—	—
Весна	5,99	4,81	28,5	10,8	3,32	17,1	4,34	14,3	5,36	17,3	6,37	17,1	—	—
Лето	4,26	4,30	28,9	10,8	2,96	17,3	3,90	18,3	4,84	15,0	5,78	17,3	—	—
Осень	5,39	4,70	32,4	10,7	3,11	19,4	4,24	19,8	5,37	22,8	6,51	19,4	—	—
Бухта Солнечная (п-в Таймыр)														
Год	5,99	4,90	24,3	11,6	3,97	16,2	4,53	14,6	5,10	20,2	5,97	18,2	—	—
Зима	5,83	4,80	32,9	11,7	5,00	21,9	5,21	19,7	5,42	22,6	5,62	21,7	—	—
Весна	5,96	4,97	22,0	11,6	3,61	14,6	4,37	13,2	5,13	17,6	5,89	16,5	—	—
Лето	5,87	4,77	21,7	11,6	3,42	14,4	4,14	13,0	4,85	17,3	5,57	16,2	—	—
Осень	6,31	5,05	26,5	11,7	4,16	17,6	4,80	15,9	5,44	24,3	6,08	19,9	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Туруханск														
Год	3,62	3,39	33,5	8,5	2,65	20,1	3,45	18,4	4,26	21,4	6,03	—	—	—
Зима	3,66	3,41	41,0	8,4	2,59	24,6	3,61	19,6	4,62	23,9	5,64	—	—	—
Весна	3,59	3,69	30,7	8,5	2,93	18,4	3,68	16,9	4,42	—	—	—	—	—
Лето	3,32	3,15	31,4	8,5	2,54	18,8	3,19	17,3	3,84	—	—	—	—	—
Осень	3,90	3,45	33,6	8,5	2,76	20,1	3,63	18,5	4,49	—	—	—	—	—
Регион 4 Тикси, аэропорт														
Год	3,71	3,63	31,3	11,4	3,18	21,9	3,03	18,8	2,87	21,9	2,71	—	—	—
Зима	3,75	3,25	47,4	11,3	3,78	33,2	3,54	28,5	3,30	33,2	3,06	—	—	—
Весна	3,69	3,77	25,3	11,5	4,28	17,7	3,84	15,2	3,40	17,7	2,96	—	—	—
Лето	3,41	3,97	25,5	11,5	4,54	17,9	4,12	17,5	3,70	17,9	3,27	—	—	—
Осень	4,00	3,59	36,6	11,3	3,75	25,6	3,69	6,8	3,63	25,6	3,57	—	—	—
Верхоянск														
Год	1,14	2,55	36,6	10,3	1,60	25,6	2,85	18,3	4,11	28,1	4,77	—	—	—
Зима	0,46	2,06	54,0	10,6	1,11	29,8	2,01	20,0	2,91	29,4	3,82	—	—	—
Весна	1,32	2,77	32,6	10,3	2,02	22,8	3,12	16,3	4,23	23,5	5,33	—	—	—
Лето	1,94	2,99	27,5	10,1	2,03	19,3	3,29	13,8	4,55	20,4	5,80	—	—	—
Осень	0,83	2,49	44,1	10,3	1,38	30,9	3,23	22,1	5,07	27,6	6,91	—	—	—
Вилюйск														
Год	2,33	2,11	24,6	9,1	1,54	17,2	2,28	12,3	3,01	—	—	—	—	—
Зима	1,80	1,70	34,5	9,5	0,86	19,1	1,94	17,2	3,02	20,7	—	—	—	—
Весна	2,58	2,44	23,5	9,0	1,91	16,4	2,96	11,7	4,01	—	—	—	—	—
Лето	2,58	2,35	24,2	8,7	1,92	16,9	2,35	12,1	2,77	—	—	—	—	—
Осень	2,34	2,11	28,1	9,1	1,60	24,2	2,05	14,0	2,50	—	—	—	—	—
Жиганск														
Год	4,01	2,84	38,3	9,9	2,02	23,0	3,14	19,1	4,26	30,8	4,94	—	—	—
Зима	3,07	2,38	53,3	10,2	1,47	32,0	2,46	23,7	3,46	33,6	4,45	—	—	—
Весна	4,42	3,11	33,4	9,8	2,31	20,0	3,51	16,7	4,72	31,2	5,92	—	—	—
Лето	4,55	3,20	31,1	9,7	2,46	18,7	3,44	15,6	4,42	29,2	5,40	—	—	—
Осень	3,99	2,82	43,6	9,9	2,01	26,1	3,39	21,8	4,78	33,1	6,16	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Оленек														
Год	1,76	3,05	35,4	9,6	2,15	24,8	3,31	17,7	4,47	21,1	5,58	—	—	—
Зима	0,90	2,65	49,5	10,0	2,04	29,7	2,72	19,8	3,40	38,7	4,09	—	—	—
Весна	2,12	3,27	29,8	9,5	2,30	20,9	3,51	14,9	4,72	—	—	—	—	—
Лето	2,52	3,35	31,2	9,3	2,31	21,9	3,63	15,6	4,94	—	—	—	—	—
Осень	1,49	3,02	39,2	9,6	2,15	27,4	3,67	19,6	5,19	—	—	—	—	—
Якутск														
Год	2,03	1,98	24,0	9,1	1,75	16,8	1,81	14,4	1,88	17,5	2,04	—	—	—
Зима	1,11	1,59	38,3	9,5	1,17	21,8	1,41	18,0	1,66	23,0	1,91	—	—	—
Весна	2,37	2,30	24,2	9,1	2,18	16,9	2,13	14,5	2,07	—	—	—	—	—
Лето	2,60	2,19	21,6	8,7	2,09	15,1	2,00	12,9	1,90	—	—	—	—	—
Осень	2,05	1,98	27,1	9,1	1,69	19,0	1,87	16,2	2,04	—	—	—	—	—
Регион 5 Остров Четырехстолбовой														
Год	5,86	3,75	31,5	11,0	1,92	26,6	3,21	15,8	4,50	18,6	5,48	22,1	—	—
Зима	6,25	3,60	39,3	11,0	1,60	23,6	2,96	17,6	4,33	19,0	5,70	26,7	—	—
Весна	5,63	3,68	29,7	11,0	2,00	21,1	3,24	14,9	4,47	15,7	5,70	20,8	—	—
Лето	5,63	3,92	27,1	11,1	2,41	24,8	3,59	17,0	4,77	14,5	5,94	19,0	—	—
Осень	5,91	3,82	36,5	10,9	1,83	27,4	3,32	18,3	4,82	20,7	6,31	25,6	—	—
Зырянка														
Год	2,39	2,17	31,7	8,8	1,59	15,9	2,07	19,4	2,55	—	—	—	—	—
Зима	1,63	1,80	47,5	8,8	1,25	23,7	1,85	19,0	2,46	—	—	—	—	—
Весна	2,64	2,33	34,1	8,8	1,85	17,1	2,12	18,5	2,40	—	—	—	—	—
Лето	3,07	2,57	27,4	8,7	1,81	18,9	2,67	19,4	3,53	—	—	—	—	—
Осень	2,21	2,04	39,5	8,8	1,60	19,7	1,82	21,8	2,05	—	—	—	—	—
Остров Котельный														
Год	5,81	4,10	35,1	11,6	2,79	21,1	3,72	17,6	4,64	19,2	5,39	31,0	—	—
Зима	5,47	3,71	46,8	11,6	2,54	23,1	3,38	19,4	4,22	21,8	5,07	36,1	—	—
Весна	5,64	4,16	31,8	11,7	3,06	19,1	3,91	15,9	4,76	15,4	5,61	21,3	—	—
Лето	6,14	4,45	29,8	11,6	3,17	17,9	4,15	14,9	5,13	17,2	6,11	20,0	—	—
Осень	5,97	4,10	39,3	11,6	2,64	23,6	3,74	19,7	4,83	21,5	5,93	32,9	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Оймякон, аэропорт														
Год	1,07	2,12	36,5	9,3	1,58	21,9	1,97	18,3	2,35	—	—	—	—	—
Зима	0,22	1,86	62,1	9,3	1,40	29,3	1,07	21,1	0,74	29,3	—	—	—	—
Весна	1,40	2,23	33,0	9,2	1,87	24,4	2,26	16,5	2,64	24,1	—	—	—	—
Лето	1,71	2,32	24,3	9,2	1,87	14,6	2,46	12,1	3,06	17,7	—	—	—	—
Осень	0,96	2,03	42,0	9,3	1,31	23,9	2,24	18,0	3,16	27,6	—	—	—	—
Сусуман														
Год	2,05	2,31	42,0	8,6	1,78	29,9	2,14	21,0	2,50	27,7	3,89	—	—	—
Зима	1,66	2,19	71,7	8,5	1,87	35,0	1,94	23,9	2,01	29,4	2,08	—	—	—
Весна	2,55	2,41	37,5	8,6	1,86	26,2	2,36	18,8	2,87	—	—	—	—	—
Лето	2,27	2,41	26,3	8,9	1,91	24,4	2,27	13,2	2,62	—	—	—	—	—
Осень	1,72	2,21	49,5	8,6	1,62	31,7	2,16	19,8	2,70	—	—	—	—	—
Чокурдах														
Год	4,32	3,41	40,7	11,1	1,85	24,4	3,05	20,4	4,24	22,3	5,46	25,5	—	—
Зима	3,70	2,88	54,3	11,2	1,30	29,6	2,50	22,2	3,69	29,5	4,88	29,0	—	—
Весна	4,42	3,51	37,5	11,1	2,18	22,5	3,28	18,7	4,37	16,6	5,47	26,2	—	—
Лето	5,23	3,94	33,0	11,1	2,28	19,8	3,57	16,5	4,85	16,2	6,14	23,1	—	—
Осень	3,95	3,36	45,9	11,1	1,80	27,5	3,11	22,9	4,41	25,0	5,72	44,0	—	—
Мыс Шалаурова														
Год	5,06	3,60	41,2	11,2	2,19	21,8	3,24	17,7	4,29	23,8	4,86	27,6	—	—
Зима	4,60	3,19	54,6	11,2	1,93	24,9	2,86	18,5	3,80	28,1	4,73	33,6	—	—
Весна	5,05	3,67	37,5	11,2	2,45	19,9	3,39	16,1	4,33	21,0	5,27	25,1	—	—
Лето	5,49	4,00	35,3	11,1	2,58	18,7	3,78	15,2	4,98	18,5	6,18	23,6	—	—
Осень	5,11	3,55	45,4	11,2	1,97	24,1	3,19	19,5	4,41	25,5	5,63	30,4	—	—
Регион 6 Анадырь														
Год	6,14	5,10	21,0	11,7	4,01	14,7	4,47	12,6	4,93	14,3	5,36	14,7	—	—
Зима	6,97	5,64	29,4	11,6	5,06	18,6	5,28	17,6	5,51	19,5	5,73	20,6	—	—
Весна	5,82	4,86	23,0	11,7	4,09	16,1	4,44	13,8	4,78	14,3	5,12	16,1	—	—
Лето	5,32	4,24	19,0	12,0	3,09	13,3	3,79	11,4	4,49	15,3	5,18	13,3	—	—
Осень	6,47	5,50	26,6	11,6	4,14	15,6	4,75	14,9	5,35	16,0	5,96	18,6	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Марково														
Год	2,33	4,56	29,9	11,4	3,14	15,7	3,87	14,4	4,61	18,1	5,71	19,9	—	—
Зима	2,43	5,12	40,3	11,3	3,40	19,1	4,71	17,3	6,02	19,3	7,54	21,8	—	—
Весна	2,27	4,43	32,0	11,5	3,29	16,8	4,13	15,3	4,96	16,0	5,79	18,3	—	—
Лето	2,33	3,89	20,6	11,6	2,81	10,8	3,19	9,9	3,57	11,8	3,95	13,7	—	—
Осень	2,27	4,69	34,8	11,3	3,30	15,3	3,79	20,7	4,28	19,8	4,77	22,1	—	—
Мыс Шмидта														
Год	2,14	4,91	21,7	11,0	3,76	15,2	4,29	13,0	4,82	9,6	5,35	9,6	—	—
Зима	1,73	5,24	23,9	10,7	4,72	16,7	4,87	14,3	5,03	16,6	5,18	16,7	—	—
Весна	2,66	4,65	22,7	10,9	3,84	15,9	4,14	13,6	4,45	9,1	4,76	15,9	—	—
Лето	2,37	4,29	22,1	11,4	3,64	15,5	4,02	13,3	4,40	20,1	4,78	13,9	—	—
Осень	1,79	5,33	29,9	10,8	4,09	18,0	4,97	15,8	5,85	15,5	6,73	17,5	—	—
Уэлен														
Год	6,14	5,17	20,0	12,0	4,16	14,0	4,59	12,0	5,02	14,7	5,02	14,0	—	—
Зима	5,92	5,69	28,7	11,9	5,45	18,1	5,57	17,2	5,68	19,3	5,81	20,1	—	—
Весна	5,12	4,89	22,3	12,0	4,09	15,6	4,44	13,4	4,79	13,7	5,14	15,6	—	—
Лето	6,02	4,30	18,2	12,3	3,08	12,7	3,80	10,9	4,52	14,3	5,25	12,7	—	—
Осень	7,49	5,62	25,3	11,9	4,38	14,7	4,94	5,2	5,50	16,0	6,07	17,7	—	—
Регион 7 Корф														
Год	5,77	4,38	29,8	14,2	2,72	15,8	3,32	14,3	3,93	16,4	6,48	17,9	—	—
Зима	8,03	5,37	44,2	14,1	3,49	19,4	3,84	18,2	4,19	20,3	4,55	22,5	—	—
Весна	5,35	4,35	30,6	14,2	2,77	16,2	3,44	14,7	4,11	16,8	4,78	18,4	—	—
Лето	3,61	3,30	23,9	14,3	2,21	12,6	2,48	11,5	2,75	13,1	3,01	14,3	—	—
Осень	6,10	4,42	36,7	14,2	2,62	19,5	3,80	17,6	4,98	19,2	6,17	22,0	—	—
Озерная														
Год	6,94	4,71	32,0	14,8	2,18	16,9	3,31	15,8	4,45	—	—	19,2	—	—
Зима	8,37	5,64	38,4	14,8	2,17	20,3	3,78	18,0	5,40	—	—	21,0	—	—
Весна	7,53	5,07	32,6	14,8	2,59	17,3	3,53	12,1	4,47	17,9	5,42	19,5	—	—
Лето	4,20	3,50	28,3	14,9	1,97	15,0	2,50	10,8	3,03	15,6	3,55	17,0	—	—
Осень	7,68	4,65	34,5	14,8	2,17	18,3	3,71	16,6	5,26	19,0	6,81	20,7	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Палана														
Год	5,31	4,35	37,3	13,6	2,52	17,9	3,98	14,9	5,44	18,7	6,75	18,6	—	—
Зима	6,15	5,23	53,6	13,4	3,20	22,7	4,99	15,4	6,77	—	7,13	20,8	—	—
Весна	5,33	4,33	37,6	13,6	2,64	18,1	4,21	15,1	5,78	19,6	6,34	18,8	—	—
Лето	4,23	3,28	32,7	14,0	1,99	15,7	3,16	17,4	4,32	28,4	5,49	16,3	—	—
Осень	5,52	4,41	44,2	13,5	2,43	21,2	3,88	19,9	5,33	23,0	6,78	22,1	—	—
Усть-Камчатск														
Год	4,31	4,24	27,2	15,9	2,20	19,1	3,49	21,6	4,53	—	5,31	19,1	—	—
Зима	5,23	5,03	34,8	15,9	2,18	24,4	4,30	22,8	5,42	—	6,63	24,4	—	—
Весна	4,17	4,42	26,6	15,9	2,63	18,6	3,82	16,7	5,00	18,6	6,19	18,6	—	—
Лето	3,80	3,19	25,8	15,8	2,02	18,1	2,52	9,5	3,03	18,1	3,53	18,1	—	—
Осень	4,04	4,30	31,7	15,8	2,15	22,2	3,60	15,9	5,05	22,2	6,50	22,2	—	—
Регион 8 Аян														
Год	3,01	3,02	56,8	10,9	1,77	25,5	3,01	22,5	4,25	38,7	5,87	33,7	—	—
Зима	3,04	2,93	83,0	11,0	1,15	48,2	3,04	28,9	4,94	39,8	6,83	32,5	—	—
Весна	2,98	3,01	46,4	10,9	2,22	20,9	3,40	19,5	4,59	21,8	5,77	23,2	—	—
Лето	2,95	2,74	54,8	10,8	2,22	24,7	2,44	23,0	2,66	25,8	2,88	27,4	—	—
Осень	3,07	3,23	62,8	10,9	1,64	30,3	3,41	29,6	5,18	34,3	6,94	31,4	—	—
Чумикан														
Год	5,03	2,33	32,8	8,1	1,81	17,4	2,69	15,8	3,57	25,7	4,73	19,7	—	—
Зима	8,08	2,11	43,3	8,1	1,48	23,0	2,59	20,8	3,71	23,8	4,82	26,0	—	—
Весна	3,40	2,57	23,3	8,2	2,28	12,3	2,82	11,2	3,36	12,8	3,90	14,0	—	—
Лето	2,86	2,22	34,4	8,2	1,85	26,7	2,78	16,5	3,72	31,7	4,65	20,6	—	—
Осень	5,80	2,42	38,7	8,1	1,79	20,5	2,79	18,6	3,79	19,8	4,80	23,2	—	—
Николаевск-на-Амуре														
Год	3,50	3,43	41,3	10,0	2,53	29,9	3,42	19,8	4,30	25,2	5,77	24,8	—	—
Зима	3,31	3,33	55,3	10,1	2,19	27,1	3,65	19,6	5,12	24,9	6,58	29,2	—	—
Весна	3,73	3,46	34,6	10,0	2,84	21,6	3,37	16,6	3,90	21,5	4,43	20,8	—	—
Лето	3,49	3,14	43,0	9,9	2,79	22,8	3,05	24,7	3,30	23,6	3,56	25,8	—	—
Осень	3,49	3,62	45,9	10,1	2,50	25,5	3,88	22,3	5,25	25,9	6,62	27,5	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Хабаровск														
Год	4,80	2,62	35,0	7,4	1,95	32,2	2,88	20,2	3,82	12,9	4,87	—	—	—
Зима	4,57	2,66	40,7	7,4	1,96	20,4	2,94	22,9	3,92	11,3	4,90	—	—	—
Весна	5,17	2,97	32,1	7,4	2,37	26,6	3,24	18,5	4,11	—	—	—	—	—
Лето	4,19	2,18	37,8	7,4	1,62	18,9	2,46	21,5	3,29	—	—	—	—	—
Осень	5,27	2,68	39,2	7,5	2,01	33,7	3,13	20,6	4,25	—	—	—	—	—
Владивосток														
Год	1,20	3,49	44,3	8,8	2,59	29,1	3,59	19,9	4,59	24,0	6,39	—	—	—
Зима	1,31	3,95	56,9	8,4	2,80	27,3	3,96	21,6	5,11	—	—	—	—	—
Весна	1,15	3,78	38,5	8,9	3,01	25,3	4,02	17,3	5,02	25,1	6,02	—	—	—
Лето	1,00	2,90	45,3	9,1	2,11	21,8	3,04	19,3	3,96	26,8	4,88	—	—	—
Осень	1,34	3,30	47,5	8,7	2,64	28,7	3,65	21,4	4,66	23,3	5,68	—	—	—
Южно-Сахалинск														
Год	3,27	4,06	38,3	9,7	3,43	5,8	4,48	13,8	5,52	17,8	7,05	—	—	—
Зима	3,35	4,44	47,3	9,2	3,35	21,7	5,08	13,7	6,81	28,5	8,54	—	—	—
Весна	3,75	4,32	37,2	9,7	4,22	13,9	5,23	13,9	6,24	13,4	7,25	—	—	—
Лето	3,23	3,28	34,8	9,9	3,16	12,9	3,65	29,1	4,15	14,6	4,64	—	—	—
Осень	2,77	4,14	44,6	9,9	3,29	11,5	4,31	11,5	5,34	18,7	6,36	40,3	—	—
Южно-Курильск														
Год	5,38	4,78	22,7	11,4	3,69	6,1	4,65	11,8	5,62	17,7	7,08	13,6	—	—
Зима	6,62	5,50	32,5	11,3	4,16	17,2	5,82	16,0	7,48	17,9	9,14	19,5	—	—
Весна	5,61	5,01	23,7	11,4	4,31	14,9	5,15	10,6	5,99	18,1	6,84	14,2	—	—
Лето	3,82	3,56	20,4	11,5	3,31	12,3	3,55	9,8	3,80	11,2	4,04	12,2	—	—
Осень	5,46	4,84	24,1	11,5	3,28	12,0	4,47	9,0	5,66	16,2	6,85	14,5	—	—
Остров Симушир														
Год	8,44	5,10	21,9	12,1	3,62	11,6	4,65	10,5	5,44	17,3	6,55	13,1	—	—
Зима	11,04	5,89	27,0	11,7	3,95	14,3	6,00	20,5	7,05	26,2	9,10	16,2	—	—
Весна	9,49	5,50	22,5	12,1	4,28	11,9	5,25	10,8	6,21	12,4	7,18	13,5	—	—
Лето	5,71	3,80	19,2	12,5	2,96	17,3	3,22	9,2	3,47	10,6	3,73	11,5	—	—
Осень	7,54	5,09	23,9	12,0	3,58	12,6	4,53	11,5	5,48	15,7	6,43	14,3	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Регион 9 Благовещенск														
Год	2,26	2,13	36,0	6,8	1,83	16,5	2,92	14,8	4,02	—	—	—	—	—
Зима	1,76	1,92	52,7	6,7	1,55	27,9	2,42	19,0	3,29	—	—	—	—	—
Весна	3,04	2,79	32,0	6,8	2,39	17,9	3,79	15,9	5,18	—	—	—	—	—
Лето	2,11	1,98	34,9	6,9	1,65	19,1	2,75	17,0	3,86	—	—	—	—	—
Осень	2,14	2,12	37,9	6,8	1,86	18,7	2,96	16,4	4,07	—	—	—	—	—
Киренск														
Год	1,86	1,79	26,6	7,1	1,59	14,1	1,71	22,9	1,84	14,7	2,13	—	—	—
Зима	1,56	1,51	51,4	7,0	1,31	27,2	1,46	28,4	1,61	28,3	1,76	—	—	—
Весна	2,18	2,11	21,7	7,1	1,92	21,3	2,07	12,7	2,21	—	—	—	—	—
Лето	1,68	1,59	25,4	7,3	1,47	13,5	1,63	19,4	1,78	—	—	—	—	—
Осень	2,02	1,96	36,3	6,9	1,78	19,2	1,84	17,4	1,89	—	—	—	—	—
Могоча														
Год	1,73	1,79	50,8	7,9	1,36	28,7	2,26	24,4	3,16	—	—	—	—	—
Зима	0,96	1,54	91,4	7,9	0,81	65,9	1,95	43,9	3,09	—	—	—	—	—
Весна	2,55	2,47	42,8	7,9	2,00	22,8	2,97	20,5	3,93	—	—	—	—	—
Лето	1,87	1,72	37,0	7,9	1,38	24,7	2,14	17,8	2,89	—	—	—	—	—
Осень	1,52	1,71	50,9	7,9	1,34	29,3	2,15	24,4	2,97	—	—	—	—	—
Тында														
Год	2,45	1,86	28,7	7,6	1,72	26,5	2,20	13,8	2,68	—	—	—	—	—
Зима	3,16	1,65	39,9	7,7	1,34	21,1	2,06	19,1	2,78	—	—	—	—	—
Весна	2,52	2,43	24,9	7,6	2,28	21,8	2,75	24,2	3,22	—	—	—	—	—
Лето	1,82	1,78	26,2	7,6	1,66	13,9	2,01	12,6	2,36	—	—	—	—	—
Осень	2,28	1,81	32,5	7,7	1,75	17,2	2,16	15,6	2,57	—	—	—	—	—
Олекминск														
Год	1,95	1,91	25,2	8,0	1,13	13,4	2,21	15,7	3,28	—	—	—	—	—
Зима	1,52	1,71	47,6	8,3	0,63	18,2	1,82	19,3	3,00	—	—	—	—	—
Весна	2,15	2,26	21,3	7,9	1,50	11,3	2,52	14,5	3,53	—	—	—	—	—
Лето	2,21	1,85	24,4	7,6	1,36	12,9	2,28	14,2	3,20	—	—	—	—	—
Осень	1,93	1,96	32,3	8,1	1,11	17,1	2,39	17,3	3,66	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Чита														
Год	2,19	2,28	35,2	7,9	1,94	18,7	2,24	16,9	2,54	—	—	—	—	—
Зима	1,35	1,98	58,8	7,9	1,54	28,2	1,86	25,2	2,19	—	—	—	—	—
Весна	3,23	3,01	32,3	7,9	2,65	18,3	3,04	17,6	3,43	—	—	—	—	—
Лето	2,03	2,00	36,1	7,9	1,76	19,2	2,01	18,4	2,26	—	—	—	—	—
Осень	2,15	2,19	40,5	7,9	1,96	21,5	2,22	20,2	2,48	—	—	—	—	—
Регион 10 Абакан														
Год	2,67	2,54	52,0	7,2	2,06	25,5	3,23	24,8	4,40	—	—	—	—	—
Зима	2,06	2,52	76,8	7,3	1,95	27,9	3,74	29,9	5,54	—	—	—	—	—
Весна	3,32	2,93	48,3	7,2	2,59	20,4	3,52	21,8	4,45	—	—	—	—	—
Лето	2,46	1,97	42,6	7,2	1,73	16,4	2,32	19,0	2,90	—	—	—	—	—
Осень	2,83	2,66	61,0	7,3	2,13	22,2	3,61	28,4	5,08	—	—	—	—	—
Богучаны														
Год	2,74	2,35	29,7	6,9	2,52	21,0	2,67	22,3	2,82	14,5	2,97	—	—	—
Зима	2,33	2,17	40,6	6,9	1,97	23,5	2,10	26,1	2,23	16,9	2,36	—	—	—
Весна	3,09	2,78	28,3	6,9	2,49	21,0	2,65	21,7	2,82	—	—	—	—	—
Лето	2,24	1,97	29,9	6,8	1,86	20,9	2,04	16,2	2,21	—	—	—	—	—
Осень	3,28	2,50	35,0	6,9	2,31	20,4	2,57	22,1	2,83	—	—	—	—	—
Иркутск														
Год	2,00	2,54	37,5	6,4	2,04	17,9	2,87	18,1	3,70	1,4	4,44	—	—	—
Зима	1,62	2,23	59,7	6,1	1,64	17,6	2,61	18,1	3,58	4,2	4,56	—	—	—
Весна	2,57	2,92	31,0	6,5	2,45	16,4	3,14	17,1	3,84	—	—	—	—	—
Лето	1,92	2,34	35,7	6,7	2,00	18,9	2,84	19,2	3,67	—	—	—	—	—
Осень	1,89	2,60	45,1	6,2	2,25	17,9	3,12	15,2	3,99	—	—	—	—	—
Красноярск														
Год	3,12	2,67	21,6	7,9	2,24	13,0	2,71	10,4	3,18	—	—	—	—	—
Зима	3,07	2,57	30,6	7,9	2,22	18,3	2,67	19,1	3,13	—	—	—	—	—
Весна	3,88	3,07	22,1	7,9	2,58	18,5	3,29	19,8	3,99	—	—	—	—	—
Лето	2,28	2,07	23,4	7,8	1,83	17,9	2,14	17,6	2,46	—	—	—	—	—
Осень	3,25	2,88	25,5	7,9	2,51	15,3	2,95	16,3	3,39	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Подкаменная Тунгуска														
Год	2,74	2,56	23,3	7,4	2,63	12,3	2,92	11,2	3,22	18,7	3,51	—	—	—
Зима	2,61	2,52	29,5	7,3	2,05	15,6	2,40	14,1	2,75	19,1	3,10	—	—	—
Весна	2,98	2,87	20,6	7,4	2,42	10,9	2,63	9,9	2,84	—	—	—	—	—
Лето	2,40	2,25	21,9	7,3	1,96	11,6	2,22	10,5	2,48	—	—	—	—	—
Осень	2,98	2,72	25,1	7,4	2,30	13,3	2,67	12,0	3,04	—	—	—	—	—
Нижнеудинск														
Год	1,99	2,23	21,0	6,0	2,17	11,1	2,19	10,1	2,21	—	—	—	—	—
Зима	1,34	2,01	36,3	6,0	1,70	18,5	2,11	17,4	2,51	—	—	—	—	—
Весна	2,89	2,71	19,5	6,0	2,60	10,3	2,80	9,4	3,00	—	—	—	—	—
Лето	1,77	1,88	20,1	6,1	1,83	10,7	1,82	9,7	1,80	—	—	—	—	—
Осень	1,96	2,31	28,5	5,9	2,10	19,3	2,32	13,7	2,54	—	—	—	—	—
Регион 11 Барабинск														
Год	5,31	4,14	20,6	7,4	3,90	14,3	3,85	9,9	3,81	—	—	—	—	—
Зима	5,71	4,42	27,0	7,4	4,19	16,4	4,09	12,9	3,99	—	—	—	—	—
Весна	5,84	4,59	19,0	7,4	4,43	13,9	4,31	9,1	4,19	—	—	—	—	—
Лето	4,27	3,39	23,0	7,3	3,20	19,1	3,34	18,0	3,48	—	—	—	—	—
Осень	5,41	4,25	23,5	7,4	4,09	13,4	3,98	11,3	3,87	—	—	—	—	—
Омск														
Год	4,51	4,23	15,6	7,9	3,69	14,4	4,33	12,0	4,96	—	—	—	—	—
Зима	4,32	4,50	23,9	8,0	3,88	17,3	4,69	15,9	5,50	—	—	—	—	—
Весна	5,13	4,66	15,0	7,9	4,21	14,4	4,75	10,2	5,29	—	—	—	—	—
Лето	4,14	3,54	17,6	7,8	3,18	15,1	3,68	10,5	4,18	—	—	—	—	—
Осень	4,45	4,31	17,5	7,9	3,81	13,2	4,54	12,1	5,26	—	—	—	—	—
Тюмень														
Год	4,92	3,72	17,2	6,7	3,25	9,1	3,74	14,8	4,22	—	—	—	—	—
Зима	5,19	3,81	24,1	6,8	3,32	19,4	3,81	19,8	4,29	—	—	—	—	—
Весна	5,38	4,08	17,3	6,7	3,63	9,2	4,21	14,3	4,79	—	—	—	—	—
Лето	4,11	3,23	19,6	6,6	2,95	10,4	3,23	13,6	3,50	—	—	—	—	—
Осень	5,01	3,84	18,7	6,7	3,38	17,3	4,01	15,0	4,65	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Челябинск														
Год	3,28	3,63	30,5	6,8	3,31	18,9	3,72	14,6	4,13	—	—	—	—	—
Зима	3,01	3,72	40,2	6,9	3,20	22,7	4,12	19,3	5,04	—	—	—	—	—
Весна	3,63	3,97	28,5	6,8	3,79	13,8	4,01	13,7	4,23	—	—	—	—	—
Лето	3,18	3,16	27,9	6,8	3,01	17,1	3,12	13,4	3,23	—	—	—	—	—
Осень	3,30	3,76	32,5	6,9	3,49	17,8	3,93	15,6	4,36	—	—	—	—	—
Александровское														
Год	3,30	3,28	21,3	6,5	2,90	11,3	3,06	18,3	3,22	—	—	—	—	—
Зима	3,15	3,31	23,8	6,5	2,81	19,8	2,99	18,7	3,16	—	—	—	—	—
Весна	3,66	3,72	19,1	6,5	3,35	17,5	3,55	16,7	3,76	—	—	—	—	—
Лето	3,04	2,87	27,9	6,4	2,60	14,8	2,64	17,8	2,69	—	—	—	—	—
Осень	3,33	3,44	23,5	6,5	3,10	19,7	3,31	16,7	3,52	—	—	—	—	—
Кулунда														
Год	5,05	4,32	18,4	8,4	3,93	9,8	4,08	13,0	4,22	—	—	—	—	—
Зима	5,27	4,60	26,7	8,4	4,27	19,7	4,46	16,4	4,65	—	—	—	—	—
Весна	5,49	4,64	18,2	8,4	4,36	18,0	4,41	13,5	4,46	—	—	—	—	—
Лето	4,41	3,65	17,5	8,3	3,37	16,2	3,52	11,0	3,67	—	—	—	—	—
Осень	5,01	4,39	21,6	8,4	4,03	19,4	4,25	13,4	4,47	—	—	—	—	—
Регион 12 Астрахань														
Год	4,58	4,59	16,2	9,8	3,82	11,9	4,26	14,0	4,71	—	—	6,6	—	—
Зима	4,82	5,02	22,7	9,8	4,19	16,4	4,61	12,6	5,03	—	—	7,4	—	—
Весна	5,16	5,02	15,2	9,8	4,33	10,2	4,76	13,4	5,20	8,4	5,63	5,2	—	—
Лето	4,04	4,08	18,2	9,8	3,42	13,8	3,92	16,0	4,42	10,0	4,92	10,8	—	—
Осень	4,29	4,34	20,7	9,8	3,63	12,0	4,10	14,2	4,57	11,4	5,05	7,7	—	—
Казань														
Год	3,85	4,19	11,9	7,9	3,56	9,1	4,18	8,1	4,80	—	—	—	—	—
Зима	4,28	4,69	20,2	7,9	4,04	11,6	4,92	9,9	5,81	—	—	—	—	—
Весна	3,95	4,36	13,9	7,9	3,78	9,1	4,47	8,2	5,15	—	—	—	—	—
Лето	3,22	3,39	12,8	7,9	3,01	9,1	3,32	7,5	3,62	—	—	—	—	—
Осень	3,95	4,28	13,9	7,9	3,71	9,9	4,37	9,4	5,03	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Оренбург														
Год	5,02	4,04	13,5	8,3	3,72	12,8	3,77	6,5	3,81	—	—	—	—	—
Зима	5,30	4,60	22,0	8,3	4,24	13,7	4,26	18,2	4,27	—	—	—	—	—
Весна	5,49	4,36	16,0	8,3	4,13	12,6	4,11	14,0	4,08	—	—	—	—	—
Лето	4,35	3,45	13,9	8,3	3,24	10,1	3,28	6,7	3,32	—	—	—	—	—
Осень	4,95	3,87	15,8	8,3	3,58	10,2	3,73	15,1	3,89	—	—	—	—	—
Вятка														
Год	4,53	3,79	13,2	7,0	3,36	10,1	4,04	12,9	4,72	—	—	—	—	—
Зима	4,79	4,16	21,2	7,0	3,71	13,3	4,64	13,8	5,56	—	—	—	—	—
Весна	4,76	3,96	14,6	7,0	3,60	10,0	4,25	13,2	4,90	—	—	—	—	—
Лето	3,89	3,16	14,7	7,0	2,87	9,1	3,34	13,5	3,80	—	—	—	—	—
Осень	4,67	3,94	15,2	7,0	3,55	10,1	4,27	13,0	4,99	—	—	—	—	—
Пенза														
Год	3,95	4,07	10,8	7,1	3,58	8,6	4,11	6,9	4,63	—	—	—	—	—
Зима	4,27	4,59	19,7	7,1	4,15	11,7	4,80	8,5	5,44	—	—	—	—	—
Весна	4,09	4,30	12,7	7,1	3,86	8,7	4,38	6,8	4,90	—	—	—	—	—
Лето	3,33	3,36	12,2	7,1	3,02	7,1	3,33	8,6	3,64	—	—	—	—	—
Осень	4,12	4,09	13,5	7,1	3,59	8,7	4,26	7,3	4,93	—	—	—	—	—
Самара														
Год	3,86	4,07	13,2	7,7	3,71	12,1	3,75	6,3	3,79	—	—	—	—	—
Зима	3,97	4,57	21,6	7,8	4,25	14,5	4,37	17,9	4,49	—	—	—	—	—
Весна	4,38	4,31	15,0	7,7	3,99	12,0	4,08	14,3	4,17	—	—	—	—	—
Лето	3,50	3,38	13,4	7,7	3,14	10,6	3,15	6,4	3,15	—	—	—	—	—
Осень	3,59	4,00	15,5	7,7	3,76	11,5	3,71	15,4	3,65	—	—	—	—	—
Саратов														
Год	3,85	4,23	11,2	7,4	3,77	7,7	4,17	9,7	4,58	—	—	—	—	—
Зима	4,20	4,76	19,4	7,4	4,32	8,4	4,82	11,4	5,32	—	—	—	—	—
Весна	4,08	4,48	12,5	7,4	4,15	7,9	4,46	9,4	4,78	—	—	—	—	—
Лето	3,30	3,60	12,2	7,4	3,25	9,1	3,65	11,2	4,05	—	—	—	—	—
Осень	3,84	4,09	12,4	7,5	3,66	7,9	4,11	9,0	4,55	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Керчь														
Год	4,93	4,39	29,0	9,0	3,61	15,4	3,99	18,7	4,36	16,0	5,40	—	—	—
Зима	5,47	5,19	33,2	8,9	4,24	20,7	4,91	19,3	5,58	18,3	6,26	—	—	—
Весна	5,23	4,66	30,3	9,2	3,96	19,4	4,48	18,3	5,01	—	—	—	—	—
Лето	4,24	3,71	28,8	9,1	2,98	15,3	3,29	19,0	3,61	—	—	—	—	—
Осень	4,78	4,14	33,1	8,9	3,57	17,6	3,59	19,6	3,62	—	—	—	—	—
Регион 13 Калининград														
Год	3,76	4,07	21,6	9,3	3,06	8,4	3,80	10,8	4,53	12,1	5,29	12,9	—	—
Зима	4,42	4,47	28,1	9,1	3,56	9,1	4,54	12,4	5,52	12,5	6,50	—	—	—
Весна	3,83	4,01	18,6	9,2	3,20	7,6	3,75	11,9	4,30	9,5	4,86	6,1	—	—
Лето	3,24	3,50	22,5	9,5	2,67	7,5	3,25	9,2	3,82	12,8	4,39	6,4	—	—
Осень	3,54	4,12	27,7	9,2	3,07	9,0	3,96	11,6	4,84	15,7	5,73	23,5	—	—
Санкт-Петербург, ГМО														
Год	2,63	4,07	21,1	8,4	3,22	12,0	4,18	10,6	5,14	5,3	6,28	—	—	—
Зима	2,92	4,23	27,7	8,3	3,62	11,6	4,65	12,0	5,68	12,0	6,71	—	—	—
Весна	2,56	3,87	18,4	8,4	3,26	13,3	4,01	9,7	4,75	—	—	—	—	—
Лето	2,32	3,60	22,2	8,5	2,87	12,0	3,68	8,8	4,49	—	—	—	—	—
Осень	2,71	4,34	27,6	8,3	3,37	17,0	4,71	10,0	6,05	—	—	—	—	—
Бологое														
Год	3,09	3,60	14,6	7,1	3,19	12,1	3,88	11,4	4,56	—	—	—	—	—
Зима	3,39	3,91	21,7	7,1	3,66	13,6	4,50	16,6	5,33	—	—	—	—	—
Весна	3,15	3,59	14,4	7,1	3,28	12,1	3,78	11,2	4,28	—	—	—	—	—
Лето	2,65	3,04	16,2	7,2	2,73	11,4	3,36	14,8	4,00	—	—	—	—	—
Осень	3,18	3,74	18,7	7,1	3,36	13,0	4,18	12,4	5,01	—	—	—	—	—
Новгород														
Год	4,42	3,79	19,6	7,5	3,29	16,0	4,03	11,7	4,76	—	—	—	—	—
Зима	5,07	4,02	24,0	7,4	3,71	14,2	4,42	14,5	5,13	16,0	5,84	—	—	—
Весна	4,17	3,72	17,7	7,6	3,35	14,7	3,98	13,9	4,62	—	—	—	—	—
Лето	3,83	3,32	23,0	7,6	2,91	17,4	3,64	10,8	4,37	—	—	—	—	—
Осень	4,63	3,96	25,0	7,5	3,48	17,7	4,40	11,5	5,33	—	—	—	—	—

Окончание таблицы Д.2

Период осреднения скорости (год, сезон)	Данные МС на h = 10 м	Расчет $V_{ср}$ по данным ближайших 50 МС всех классов по Милевскому			Моделирование $V_{ср}$ с очисткой метеорологических данных									
					Класс 6б		Класс 7б		Класс 8б		Класс 9б		Класс 10б — 11б	
					$К_{мил}$ = 7,0		$К_{мил}$ = 10,0		$К_{мил}$ = 13,0		$К_{мил}$ = 16,0		$К_{мил}$ = 19,0	
	$V_{ср}$, м/с	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$К_{мил}$	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %	$V_{ср}$, м/с	σ, %
Москва														
Год	2,46	3,65	13,1	7,0	3,25	12,0	3,82	12,0	4,38	—	—	—	—	—
Зима	2,80	4,10	20,4	7,0	3,83	13,7	4,40	13,3	4,98	—	—	—	—	—
Весна	2,46	3,70	14,7	7,0	3,36	11,1	4,00	13,4	4,63	—	—	—	—	—
Лето	2,05	2,97	14,6	6,9	2,68	10,6	3,25	14,4	3,81	—	—	—	—	—
Осень	2,52	3,73	16,8	7,0	3,40	12,4	3,93	9,3	4,46	—	—	—	—	—
Ярославль, АМСГ														
Год	4,10	3,75	15,4	7,3	3,30	11,1	3,81	9,8	4,32	—	—	—	—	—
Зима	4,55	4,11	20,9	7,3	3,77	11,1	4,26	10,8	4,74	—	—	—	—	—
Весна	4,30	3,84	15,2	7,4	3,49	11,8	3,90	8,2	4,31	—	—	—	—	—
Лето	3,35	3,11	17,5	7,4	2,72	11,7	3,33	10,6	3,93	—	—	—	—	—
Осень	4,21	3,91	19,9	7,3	3,49	12,3	4,06	12,1	4,64	—	—	—	—	—

Таблица Д.3 — Значения средней скорости ветра V, м/с, и СКО средней скорости ветра V, м/с, по данным АС

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовые		Зима		Весна		Лето		Осень	
		V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с
Регион 1											
Архангельск 64.6 с.ш. 40.5 в.д.	100	7,5	3,5	8,3	3,8	7,3	3,4	6,4	3,0	8,0	3,5
	200	7,8	3,8	8,7	4,0	7,6	3,6	6,6	3,3	8,4	3,8
Кемь, город 65.0 с.ш. 34.8 в.д.	100	7,5	3,1	8,4	3,2	7,3	3,0	6,4	2,8	7,9	3,0
	200	8,3	3,8	9,5	3,9	7,9	3,6	6,9	3,4	8,8	3,6
Мурманск 69.0 с.ш. 33.1 в.д.	100	6,7	3,5	7,4	3,9	6,5	3,4	5,7	3,0	7,2	3,7
	200	7,4	3,6	8,3	3,9	7,1	3,4	6,1	3,0	8,0	3,8
Сортавала 61.7 с.ш. 30.7 в.д.	100	6,0	2,9	6,4	3,1	5,9	2,8	5,5	2,5	6,4	3,1
	200	7,1	3,3	7,7	3,4	6,9	3,1	6,3	3,1	7,5	3,4
Регион 2											
Салехард 66.5 с.ш. 66.5 в.д.	100	7,4	3,5	7,4	3,4	7,5	3,5	7,1	3,5	7,6	3,5
	200	7,4	3,6	7,5	3,6	7,6	3,7	6,8	3,5	7,7	3,6
Сыктывкар 61.7 с.ш. 50.8 в.д.	100	6,9	3,1	7,6	3,2	6,9	3,1	6,0	2,6	7,2	3,2
	200	7,3	3,2	8,0	3,4	7,2	3,1	6,2	2,7	7,7	3,1

Продолжение таблицы Д.3

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовые		Зима		Весна		Лето		Осень	
		V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с
Нарьян-Мар 67.7 с.ш. 53.0 в.д.	100	8,1	3,3	8,5	3,4	8,3	3,3	7,3	3,1	8,2	3,4
	200	8,6	4,0	9,6	4,3	8,7	4,0	7,3	3,4	8,9	3,9
Ханты-Мансийск 61.0 с.ш. 69.1 в.д.	100	7,7	3,3	8,2	3,5	7,7	3,3	6,8	3,0	8,1	3,2
	200	8,1	3,6	8,7	3,8	8,0	3,6	7,2	3,3	8,6	3,5
Регион 3											
Остров Визе 79.5 с.ш. 77.0 в.д.	100	9,2	4,5	9,9	4,8	8,9	4,1	7,7	4,0	10,1	4,6
	200	8,9	4,6	9,8	4,9	8,5	4,2	7,6	4,1	9,9	4,7
Мыс Челюскин 77.7 с.ш. 104.3 в.д.	100	8,2	4,5	8,4	4,9	7,9	4,3	7,8	4,1	8,5	4,5
	200	8,2	4,7	8,6	5,2	7,8	4,6	7,9	4,3	8,7	4,7
Диксон, остров 73.5 с.ш. 80.4 в.д.	100	9,3	5,2	10,4	5,9	9,1	4,9	8,3	4,2	9,4	5,3
	200	9,8	5,4	10,9	6,1	9,4	5,2	8,7	4,6	10	5,5
Бухта Солнечная 72.0 с.ш. 102.5 в.д.	100	7,0	3,5	7,0	3,8	6,9	3,5	6,9	3,2	7,0	3,4
	200	7,0	3,7	7,1	4,0	6,9	3,6	6,8	3,4	7,0	3,7
Игарка 67.5 с.ш. 86.6 в.д.	100	6,9	3,3	7,2	3,3	6,9	3,6	6,5	2,9	7,2	3,4
	200	7,8	3,8	8,6	4,0	7,6	3,8	7,0	3,3	8,1	3,9
Олекминск 60.3 с.ш. 102.3 в.д.	100	5,2	2,4	5,2	2,3	5,5	2,6	5,0	2,3	5,1	2,2
	200	6,6	3,1	6,9	3,0	6,9	3,1	5,9	3,1	6,7	3,1
Подкаменная Тунгуска 61.6 с.ш. 90.0 в.д.	100	5,3	2,7	5,1	2,5	5,7	2,8	4,8	2,4	5,6	2,8
	200	6,3	2,9	6,5	2,8	6,5	2,9	5,4	2,5	6,6	3
Туруханск 65.8 с.ш. 87.9 в.д.	100	6,9	3,1	7,4	2,9	6,9	3,0	6,0	2,9	7,2	3,3
	200	7,3	3,4	8,1	3,3	7,1	3,3	6,2	3,0	7,7	3,6
Регион 4											
Тикси 71.6 с.ш. 128.9 в.д.	100	6,3	4,7	6,8	5,5	5,8	4,6	5,7	3,6	7	5
	200	6,6	4,7	6,7	5,2	6,1	4,6	6,4	3,8	7,3	5
Верхоянск 67.6 с.ш. 133.4 в.д.	100	3,2	2,4	1,9	1,4	3,6	2,5	4,4	2,7	3,0	2,3
	200	3,4	2,3	2,2	1,4	3,6	2,6	4,3	2,6	3,3	2,2
Вилюйск 63.4 с.ш. 121.6 в.д.	100	8,9	3,8	9,7	4	8,4	3,5	8,1	3,7	9,3	3,8
	200	8,8	3,9	9,6	4,1	8,3	3,5	8,0	3,6	9,3	3,9
Жиганск 66.8 с.ш. 123.4 в.д.	100	6,7	3,6	6	3,4	6,9	3,5	7,3	3,8	6,6	3,4
	200	7,0	3,6	6,7	3,5	7,2	3,6	7,1	3,8	7	3,5
Жигалово 57.8 с.ш. 108.1 в.д.	100	4,9	3,2	4,9	3,4	5,4	3,3	4,1	2,6	5,2	3,3
	200	5,3	3,3	5,7	3,7	5,7	3,3	4,2	2,7	5,6	3,4
Оймякон 63.86 с.ш. 121.6 в.д.	100	5,8	2,5	5,6	2,4	5,9	2,6	5,6	2,5	6	2,5
	200	6,3	2,7	6,2	2,6	6,4	2,7	5,9	2,9	6,7	2,6

Продолжение таблицы Д.3

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовые		Зима		Весна		Лето		Осень	
		V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с
Оленек 68.5 с.ш. 112.4 в.д.	100	5	2,7	4,5	2,5	5,3	3	5,3	2,7	4,8	2,6
	200	5,7	3,1	5,4	2,9	6	3,3	5,8	3,2	5,6	3
Якутск 60.4 с.ш. 120.4 в.д.	100	4,2	2,1	3,9	1,7	4,3	2,2	4,4	2,3	4,3	2,1
	200	4,7	2,1	4,6	1,9	5,0	2,2	4,4	2,3	4,9	2,0
Регион 5											
Остров Четырехстолбовой 70.6 с.ш. 162.4 в.д.	100	8,4	4,3	7,9	4,4	8,4	4,4	8,8	4,3	8,4	4,2
	200	7,9	4,3	7,7	4,3	7,9	4,5	8,1	4,2	7,9	4,2
Мыс Шалаурова 73.2 с.ш. 143.5 в.д.	100	7,4	4,0	7,4	4,1	7,2	4,1	7,6	4,0	7,2	3,9
	200	7,7	4,1	8,0	4,3	7,6	4,2	7,8	4,1	7,5	3,8
Оймякон 63.8 с.ш. 121.6 в.д.	100	5,8	2,5	5,6	2,4	5,9	2,6	5,6	2,5	6,0	2,5
	200	6,3	2,7	6,2	2,6	6,4	2,7	5,9	2,9	6,7	2,6
Омолон 68.9 с.ш. 179.5 в.д.	100	7,7	4,6	8,5	5,1	7,2	4,3	6,7	3,7	8,5	5,1
	200	7,7	5,0	8,7	5,5	7,1	4,6	6,5	3,9	8,6	5,4
Гижига 62.9 с.ш. 162.4 в.д.	100	3,7	2,4	2,9	1,8	4,2	2,6	4,3	2,6	3,4	2,3
	200	4	2,8	3	2,4	4,6	3	4,7	2,8	3,8	2,8
Ванавара 62.8 с.ш. 148.1 в.д.	100	3,8	2,7	3,4	3,1	4,2	2,8	4	2,4	3,5	2,7
	200	3,7	3	3,3	3,4	4,1	3,2	3,9	2,6	3,4	2,9
Бухта Нагаева 62.0 с.ш. 150.4 в.д.	100	8,7	4,5	10,8	4,4	8,4	4,3	6,5	3,7	9,1	4,4
	200	7,6	4,1	9,4	4,2	7,2	4	5,9	3,4	7,8	4
Регион 6											
Мыс Шмидта 69.1 с.ш. 179.8 в.д.	100	4,5	2,6	3,3	2,1	5,1	2,7	4,9	2,6	4,7	2,5
	200	5,2	3	4,1	2,7	5,8	3,1	5,4	3	5,4	2,9
Марково 65.2 с.ш. 170.5 в.д.	100	4,4	2,9	3,5	2,3	4,8	3	5,1	2,9	4,4	2,9
	200	4,7	3,1	3,9	2,6	5	3,1	5,3	3,4	4,7	3,1
Анадырь 64.7 с.ш. 177.4 в.д.	100	6,1	3,5	6,9	3,5	6	4,6	5,5	2,6	6	3,1
	200	6	3,6	6,9	3,9	5,6	3,7	5,4	2,9	6	3,5
Сеймчан 64.7 с.ш. 167.5 в.д.	100	7,5	4	8,3	4,6	6,8	3,9	6,9	3,2	7,8	4,1
	200	7,4	4,2	8,1	4,9	6,7	4,2	6,7	3,4	7,9	4,2
Регион 7											
Ключи 50.0 с.ш. 155.4 в.д.	100	6,9	4,5	7,7	4,8	7,3	4,6	5,8	4,2	6,7	4
	200	7,2	4,9	8,1	5,1	7,6	5	5,8	4,4	7,3	4,6
Корф 60.2 с.ш. 166.0 в.д.	100	7,6	3,7	9,3	4,0	7,4	3,8	5,8	3,2	8,1	4,0
	200	6,9	3,8	8,1	4,3	6,7	4,1	5,4	3,1	7,3	4,0

Продолжение таблицы Д.3

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовые		Зима		Весна		Лето		Осень	
		V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с
Петропавловск -Камчатский 56.3 с.ш. 160.8 в.д.	100	6,2	3,5	6,4	3,7	6,2	3,5	5,7	2,8	6,5	3,7
	200	6,1	3,7	6,3	3,9	6,2	3,7	5,4	3,2	6,6	4,1
Остров Симушир 44.0 с.ш. 145.9 в.д.	100	7,5	4,2	8,2	4,4	7,6	4,4	6,3	3,6	8	4,1
	200	7,6	4,4	8,4	4,4	7,7	4,6	6,2	3,7	8	4,6
Регион 8											
Аян 56.3 с.ш. 138.1 в.д.	100	6,5	3,2	6,7	3,1	6,7	3,3	5,4	2,9	7	3,3
	200	6,3	3,4	6,5	3,4	6,5	3,5	5,2	3	6,9	3,6
Николаевск-на-Амуре 53.1 с.ш. 140.4 в.д.	100	5,9	4	6,2	4,9	5,7	3,5	5,8	3,5	6	4
	200	7,8	4,7	8,7	5,5	7,4	4,4	7	4	8,1	4,8
Александровск-на-Сахалине 50.5 с.ш. 142.1 в.д.	100	6,6	3,9	7,4	4,1	6,8	4	5,4	3,3	6,8	3,7
	200	7,1	3,9	8,2	4,1	7,3	4	5,7	3,2	7,3	3,7
Южно-Сахалинск 46.6 с.ш. 142.4 в.д.	100	9,1	4,1	9	4,1	9,4	4,2	8,2	4	9,7	4,1
	200	8,9	4,2	9,2	4,2	9,3	4,3	7,6	3,9	9,4	4,1
Хабаровск 48.3 с.ш. 135.1 в.д.	100	6,8	3,4	7,1	3,5	7,4	3,6	6	3,1	6,7	3,2
	200	6,8	3,4	7,2	3,6	7,5	3,5	5,8	3,2	6,9	3,2
Владивосток 43.1 с.ш. 131.5 в.д.	100	7,3	4,7	11,2	5	6,4	4	4,5	2,9	7,4	4,2
	200	7,6	5,2	11,7	5,6	6,3	4,3	4,4	3,1	7,8	4,7
Терней 45.0 с.ш.136.4 в.д.	100	6,9	3,2	6,7	3	7,3	3,3	6,5	3,1	7,1	3,1
	200	7,2	3,2	7	3	7,7	3,4	6,4	3,1	7,6	3,1
Южно-Курильск 44.0 с.ш. 145.5 в.д.	100	6,5	4,2	7,5	4,8	6,7	4,1	5,8	3,4	5,9	4,2
	200	6,5	4,1	7,6	4,9	6,7	4,2	5,7	3,4	6,2	3,8
Регион 9											
Могоча 53.4 с.ш. 119.5 в.д.	100	6	3	6,6	3,1	5,9	2,6	5	2,4	6,7	3,3
	200	5,9	3,2	6,4	3,5	5,7	3,2	4,7	2,4	6,6	3,5
Киренск 57.5 с.ш. 108.1 в.д.	100	5,7	2,9	6,9	3,3	5,6	2,5	4,7	2,4	6,7	3,2
	200	5,9	2,7	6,6	2,7	6	2,6	4,8	2,5	6,1	2,5
Чита 52.0 с.ш. 113.2 в.д.	100	5,2	3,2	4,7	3	5,7	3,5	5	3	5,2	3,2
	200	5,4	3,4	5,1	3,3	5,8	3,4	5,2	3,1	5,6	3,6
Благовещенск 50.1 с.ш. 127.3 в.д.	100	7,2	3,6	8,2	3,4	7	4	5,9	3	7,5	3,6
	200	6,8	3,7	7,8	3,4	6,8	4,1	5,6	3	7,3	3,7
Регион 10											
Подкаменная Тунгуска 61.4 с.ш. 90.0 в.д.	100	5,3	2,7	5,1	2,5	5,7	2,8	4,8	2,4	5,6	2,8
	200	6,3	2,9	6,5	2,8	6,5	2,9	5,4	2,5	6,6	3

Продолжение таблицы Д.3

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовые		Зима		Весна		Лето		Осень	
		V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с	V, м/с	σ_v, м/с
Богучаны 58.3 с.ш. 97.2 в.д.	100	7,6	4,4	8,4	4,4	7,7	4,6	6,2	3,7	8	4,6
	200	9,1	4,3	9,8	4,5	9	4,4	7,8	3,7	9,6	4,3
Иркутск 52.1 с.ш. 104.2 в.д.	100	5	2,6	4,7	2,3	5,7	3	4,6	2,5	5	2,6
	200	4,9	2,9	4,5	2,6	5,7	3,3	4,5	2,7	4,9	2,9
Кызыл 51.3 с.ш. 94.2 в.д.	100	8,3	3,9	8,9	4,1	8,2	3,9	7,3	3,4	8,6	3,9
	200	8,1	4,1	8,8	4,8	8,2	4,1	7,2	3,4	8,3	3,9
Ванавара 60.2 с.ш. 102.2 в.д.	100	3,8	2,7	3,4	3,1	4,2	2,8	4	2,4	3,5	2,7
	200	3,7	3	3,3	3,4	4,1	3,2	3,9	2,6	3,4	2,9
Нижнеудинск 64.6 с.ш. 40.5 в.д.	100	6,6	3,3	7,2	3,4	6,6	3,3	5,8	2,9	6,7	3,3
	200	8,3	3,5	9,3	3,6	8,3	3,4	6,9	2,9	8,5	3,5
Красный Чикой 50.2 с.ш. 108.0 в.д.	100	4,6	2,6	4	2,1	5,2	3,1	4,7	2,6	4,6	2,5
	200	5,1	3,2	4,8	2,9	5,9	3,7	4,7	3,1	5,2	3,1
Усть-Баргузин 53.3 с.ш. 108.5 в.д.	100	6,1	3,5	6	3,4	7	3,6	5,2	3,1	6,2	3,5
	200	6	3,4	6	3,4	6,8	3,6	5	3	6,1	3,4
Регион 11											
Александровское 60.3 с.ш. 77.1 в.д.	100	7,7	3,4	8,3	3,6	8,0	3,5	6,6	2,9	8	3,1
	200	8,0	3,4	8,5	3,4	8,2	3,5	6,8	3,1	8,4	3,4
Новосибирск 55.0 с.ш. 82.8 в.д.	100	8,2	3,5	8,7	3,5	8,3	3,5	7,6	3,2	8,3	3,6
	200	8,6	3,6	9,3	3,6	8,6	3,6	7,5	3,3	8,8	3,6
Тобольск 58.1 с.ш. 68.0 в.д.	100	7,7	3,4	8,3	3,6	8,0	3,5	6,6	2,9	8,0	3,1
	200	8,5	3,9	9,3	4,3	8,7	4,0	7,0	3,1	8,9	3,9
Омск 55.0 с.ш. 73.3 в.д.	100	7,8	3,5	9,0	3,8	7,8	3,4	6,6	3,0	8,0	3,5
	200	8,8	4,0	10,3	4,2	8,5	3,9	7,3	3,5	9,2	3,9
Регион 12											
Казань 55.3 с.ш. 49.0 в.д.	100	6,9	3,2	7,5	3,4	7,1	3,4	6,3	2,9	7,0	3,1
	200	7,3	3,4	8,0	3,7	7,4	3,6	6,4	3,1	7,5	3,4
Пенза 52.7 с.ш. 45.5 в.д.	100	8,0	4,3	9,0	5,3	8,1	3,4	6,8	3,9	8,2	4,4
	200	8,3	3,9	9,3	4,2	8,5	4,0	6,9	3,3	8,6	3,8
Самара 53.4 с.ш. 50.3 в.д.	100	6,6	3,4	6,6	3,6	6,7	3,5	6,3	3,1	6,9	3,3
	200	7,0	3,8	7,3	4,1	7,0	3,9	6,3	3,2	7,4	3,8
Саратов 51.5 с.ш. 45.5 в.д.	100	8,2	3,8	9,1	3,9	8,5	4,1	7,0	3,4	8,3	3,5
	200	8,3	3,9	9,2	4,1	8,5	4,0	7,0	3,3	8,5	3,7
Уфа 54.9 с.ш. 56.0 в.д.	100	8,0	3,7	8,4	3,8	8,3	3,7	7,1	3,3	8,2	3,7
	200	8,8	3,8	9,5	4,0	8,9	3,8	7,7	3,3	9,1	3,8

Окончание таблицы Д.3

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовые		Зима		Весна		Лето		Осень	
		V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с	V, м/с	σ_V, м/с
Волгоград 48.9 с.ш. 44.3 в.д.	100	6,7	2,6	7,0	2,6	6,8	2,6	6,1	2,6	6,8	2,6
	200	7,4	3,2	7,9	3,4	7,5	3,5	6,5	2,8	7,5	3,0
Астрахань 46.5 с.ш. 47.1 в.д.	100	8,7	4,5	9,5	4,8	8,6	4,5	7,7	3,8	9,2	4,5
	200	8,4	4,6	9,2	5,0	8,2	4,5	7,3	3,8	8,8	4,7
Оренбург 51.3 с.ш. 55.4 в.д.	100	7,9	3,5	8,1	3,6	8,1	3,6	7,5	3,4	8,0	3,4
	200	8,1	3,8	8,6	4,0	8,4	3,9	7,3	3,6	8,2	3,7
Регион 13											
Калининград 54.9 с.ш. 23.9 в.д.	100	6,7	2,9	7,3	3,0	6,4	3,0	6,0	2,6	7,2	2,8
	200	7,7	3,0	8,5	3,1	7,4	2,9	6,7	2,6	8,4	2,9
Санкт-Петербург 59.9 с.ш. 30.2 в.д.	100	7,7	4,0	8,3	4,1	7,4	4,0	6,6	3,5	8,5	4,2
	200	8,3	4,2	9,0	4,2	8,0	4,1	7,0	3,7	9,2	4,3
Бологое 58.0 с.ш. 34.0 в.д.	100	7,7	3,3	8,4	3,4	7,6	3,2	6,8	3,2	7,9	3,2
	200	8,6	3,6	9,7	3,6	8,3	3,6	7,3	3,2	9,0	3,5
Москва 55.8 с.ш. 37.5 в.д.	100	7,0	3,3	7,5	3,5	7,1	3,4	6,3	3,0	7,0	3,2
	200	7,3	3,3	8	3,4	7,4	3,5	6,4	3,0	7,5	3,1
Сухиничи 54.1 с.ш. 35.3 в.д.	100	8,3	4,2	9,0	4,2	8,0	4,1	7,0	3,7	9,2	4,3
	200	8,7	3,2	9,8	3,2	8,4	3,2	7,3	2,9	9,3	3,0
Ростов-на-Дону 47.5 с.ш. 38.3 в.д.	100	8,7	3,7	9,8	4,0	8,9	3,8	7,4	3,2	8,5	3,4
	200	8,9	4,0	10,2	4,3	9,2	4,0	7,5	3,3	8,8	3,7
Керчь 46.5 с.ш. 33.2 в.д.	100	7,5	3,4	8,3	3,5	7,5	3,4	6,8	3,0	7,6	3,3
	200	7,6	3,6	8,5	3,9	7,7	3,7	6,7	3,2	7,6	3,5
Минеральные Воды 44.1 с.ш. 43.1 в.д.	100	6,6	5,0	8,9	6,1	6,3	4,8	4,8	3,2	6,7	4,9
	200	6,3	5,0	8,4	6,2	6,1	4,8	4,5	3,2	6,0	4,8

Таблица Д.4 — Значения средней плотности воздуха ρ, кг/м^3, и СКО плотности воздуха σ_ρ, кг/м^3, по данным АС

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовая		Зима		Весна		Лето		Осень	
		ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3
Регион 1											
Архангельск 64.6 с.ш. 40.5 в.д.	100	1,257	0,056	1,318	0,043	1,264	0,038	1,198	0,027	1,247	0,036
	200	1,243	0,053	1,300	0,039	1,250	0,036	1,187	0,026	1,234	0,034
Кемь, город 65.0 с.ш. 34.8 в.д.	100	1,254	0,050	1,306	0,039	1,265	0,037	1,201	0,024	1,243	0,032
	200	1,239	0,048	1,288	0,035	1,250	0,036	1,188	0,025	1,229	0,031
Мурманск, 69.0 с.ш. 33.1 в.д.	100	1,259	0,047	1,305	0,038	1,272	0,033	1,212	0,026	1,249	0,032
	200	1,236	0,042	1,276	0,032	1,250	0,030	1,193	0,026	1,227	0,029

Продолжение таблицы Д.4

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовая		Зима		Весна		Лето		Осень	
		ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3
Сортавала 61.7 с.ш. 30.7 в.д.	100	1,247	0,051	1,302	0,042	1,254	0,035	1,192	0,017	1,238	0,033
	200	1,23	0,048	1,283	0,037	1,237	0,034	1,178	0,017	1,222	0,032
Регион 2											
Салехард 66.5 с.ш. 66.5 в.д.	100	1,29	0,071	1,365	0,049	1,304	0,049	1,211	0,029	1,281	0,053
	200	1,269	0,066	1,336	0,044	1,284	0,046	1,196	0,029	1,262	0,049
Сыктывкар 61.7 с.ш. 50.8 в.д.	100	1,244	0,059	1,313	0,046	1,243	0,043	1,185	0,021	1,236	0,039
	200	1,206	0,052	1,265	0,036	1,204	0,039	1,150	0,018	1,203	0,036
Нарьян-Мар 67.7 с.ш. 53.0 в.д.	100	1,275	0,059	1,332	0,045	1,293	0,044	1,214	0,032	1,263	0,041
	200	1,258	0,055	1,309	0,040	1,275	0,041	1,201	0,032	1,246	0,038
Ханты-Мансийск 61.0 с.ш. 69.1 в.д.	100	1,327	0,06	1,379	0,049	1,356	0,046	1,260	0,016	1,314	0,048
	200	1,306	0,057	1,353	0,046	1,334	0,043	1,243	0,016	1,294	0,045
Регион 3											
Остров Визе 79.5 с.ш. 77.0 в.д.	100	1,328	0,061	1,383	0,045	1,356	0,045	1,261	0,017	1,312	0,046
	200	1,307	0,057	1,358	0,043	1,333	0,041	1,243	0,019	1,293	0,044
Мыс Челюскин 77.7 с.ш. 104.3 в.д.	100	1,334	0,066	1,397	0,041	1,362	0,048	1,257	0,023	1,318	0,049
	200	1,310	0,062	1,370	0,038	1,336	0,043	1,237	0,024	1,298	0,046
Диксон, остров 73.5 с.ш. 80.4 в.д.	100	1,316	0,068	1,384	0,046	1,340	0,046	1,243	0,027	1,298	0,053
	200	1,288	0,062	1,347	0,041	1,311	0,043	1,219	0,029	1,273	0,048
Бухта Солнечная 72.0 с.ш. 102.5 в.д.	100	1,322	0,086	1,410	0,053	1,344	0,057	1,22	0,032	1,313	0,066
	200	1,296	0,078	1,375	0,046	1,318	0,052	1,204	0,032	1,288	0,059
Игарка 67.5 с.ш. 86.6 в.д.	100	1,307	0,088	1,403	0,055	1,318	0,054	1,206	0,032	1,299	0,07
	200	1,286	0,082	1,373	0,048	1,299	0,05	1,191	0,032	1,28	0,065
Олекминск 60.3 с.ш. 102.3 в.д.	100	1,243	0,085	1,341	0,055	1,237	0,051	1,146	0,026	1,248	0,064
	200	1,233	0,082	1,328	0,052	1,228	0,049	1,138	0,025	1,239	0,062
Подкаменная Тунгуска 61.6 с.ш. 90.0 в.д.	100	1,284	0,085	1,389	0,063	1,283	0,053	1,188	0,027	1,274	0,044
	200	1,256	0,079	1,355	0,055	1,26	0,05	1,169	0,027	1,239	0,037
Туруханск 65.8 с.ш. 87.9 в.д.	100	1,297	0,087	1,394	0,057	1,302	0,052	1,198	0,03	1,295	0,068
	200	1,275	0,081	1,362	0,05	1,281	0,049	1,181	0,03	1,273	0,063
Регион 4											
Тикси 71.6 с.ш. 128.9 в.д.	100	1,329	0,083	1,418	0,040	1,350	0,06	1,232	0,030	1,315	0,061
	200	1,309	0,079	1,393	0,038	1,328	0,056	1,217	0,030	1,297	0,057
Верхоянск 67.6 с.ш. 133.4 в.д.	100	1,348	0,134	1,515	0,057	1,328	0,087	1,198	0,030	1,349	0,066
	200	1,29	0,105	1,417	0,046	1,282	0,064	1,168	0,029	1,292	0,079

Продолжение таблицы Д.4

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовая		Зима		Весна		Лето		Осень	
		ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3
Вилюйск 63.4 с.ш. 121.6 в.д.	100	1,234	0,041	1,276	0,033	1,243	0,032	1,192	0,015	1,223	0,029
	200	1,221	0,040	1,263	0,032	1,229	0,032	1,180	0,016	1,211	0,028
Жиганск 66.8 с.ш. 123.4 в.д.	100	1,323	0,109	1,459	0,047	1,318	0,065	1,195	0,028	1,322	0,079
	200	1,288	0,097	1,406	0,041	1,287	0,059	1,173	0,028	1,287	0,071
Жигалово 57.8 с.ш. 108.1 в.д.	100	1,24	0,087	1,343	0,061	1,231	0,052	1,143	0,025	1,244	0,061
	200	1,231	0,084	1,330	0,057	1,223	0,050	1,135	0,025	1,235	0,060
Оймякон 63.86 с.ш. 121.6 в.д.	100	1,315	0,112	1,453	0,057	1,304	0,068	1,188	0,027	1,314	0,078
	200	1,272	0,096	1,387	0,048	1,267	0,059	1,161	0,026	1,274	0,069
Оленек 68.5 с.ш. 112.4 в.д.	100	1,26	0,079	1,326	0,061	1,277	0,057	1,168	0,031	1,268	0,064
	200	1,215	0,067	1,273	0,042	1,232	0,049	1,135	0,031	1,220	0,052
Якутск 60.4 с.ш. 120.4 в.д.	100	1,301	0,108	1,433	0,069	1,29	0,068	1,181	0,027	1,298	0,074
	200	1,255	0,091	1,364	0,055	1,248	0,055	1,151	0,025	1,259	0,065
Регион 5											
Остров Четырехстолбовой 70.6 с.ш. 162.4 в.д.	100	1,326	0,072	1,401	0,043	1,344	0,056	1,246	0,025	1,314	0,051
	200	1,298	0,067	1,365	0,041	1,313	0,053	1,222	0,029	1,291	0,047
Мыс Шалаурова 73.2 с.ш. 143.5 в.д.	100	1,336	0,074	1,416	0,034	1,357	0,053	1,25	0,023	1,32	0,053
	200	1,31	0,068	1,382	0,032	1,327	0,048	1,23	0,025	1,299	0,049
Оймякон 63.8 с.ш. 121.6 в.д.	100	1,315	0,112	1,453	0,057	1,304	0,068	1,188	0,027	1,314	0,08
	200	1,272	0,096	1,387	0,048	1,267	0,059	1,161	0,026	1,274	0,069
Омолон 68.9 с.ш. 179.5 в.д.	100	1,316	0,068	1,381	0,048	1,341	0,058	1,242	0,028	1,298	0,044
	200	1,297	0,066	1,359	0,048	1,32	0,056	1,226	0,029	1,282	0,042
Гижига 62.9 с.ш. 162.4 в.д.	100	1,265	0,093	1,374	0,039	1,263	0,06	1,156	0,023	1,268	0,069
	200	1,264	0,092	1,372	0,039	1,262	0,06	1,155	0,023	1,267	0,069
Ванавара 62.8 с.ш. 148.1 в.д.	100	1,199	0,081	1,29	0,043	1,199	0,051	1,103	0,021	1,204	0,063
	200	1,189	0,077	1,274	0,039	1,19	0,049	1,097	0,02	1,194	0,059
Бухта Нагаева 62.0 с.ш. 150.4 в.д.	100	1,283	0,062	1,343	0,044	1,296	0,044	1,211	0,018	1,281	0,049
	200	1,267	0,059	1,325	0,042	1,279	0,041	1,198	0,018	1,265	0,046
Регион 6											
Мыс Шмидта 69.1 с.ш. 179.8 в.д.	100	1,315	0,12	1,471	0,052	1,295	0,068	1,178	0,025	1,314	0,084
	200	1,275	0,104	1,407	0,046	1,261	0,06	1,154	0,024	1,277	0,073
Марково 65.2 с.ш. 170.5 в.д.	100	1,266	0,088	1,364	0,053	1,267	0,059	1,163	0,022	1,269	0,067
	200	1,255	0,084	1,348	0,052	1,257	0,056	1,156	0,022	1,258	0,063
Анадырь 64.7 с.ш. 177.4 в.д.	100	1,296	0,075	1,365	0,055	1,318	0,056	1,205	0,021	1,296	0,054
	200	1,274	0,069	1,337	0,051	1,294	0,05	1,19	0,021	1,275	0,05

Продолжение таблицы Д.4

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовая		Зима		Весна		Лето		Осень	
		ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3
Сеймчан 64.7 с.ш. 167.5 в.д.	100	1,291	0,064	1,347	0,053	1,314	0,049	1,218	0,021	1,283	0,046
	200	1,273	0,059	1,326	0,049	1,294	0,045	1,205	0,02	1,268	0,043
Регион 7											
Ключи 50.0 с.ш. 155.4 в.д.	100	1,246	0,029	1,269	0,023	1,262	0,021	1,219	0,018	1,236	0,022
	200	1,231	0,030	1,254	0,023	1,246	0,022	1,202	0,019	1,222	0,022
Корф 60.2 с.ш. 166.0 в.д.	100	1,270	0,030	1,294	0,023	1,287	0,021	1,243	0,018	1,260	0,022
	200	1,255	0,031	1,279	0,023	1,270	0,022	1,226	0,019	1,246	0,022
Петропавловск-Камчатский 56.3 с.ш. 160.8 в.д.	100	1,26	0,052	1,313	0,046	1,271	0,034	1,203	0,019	1,252	0,036
	200	1,24	0,047	1,288	0,04	1,252	0,032	1,188	0,019	1,233	0,033
Остров Симушир 44.0 с.ш. 145.9 в.д.	100	1,237	0,04	1,277	0,026	1,252	0,029	1,199	0,022	1,219	0,027
	200	1,216	0,041	1,258	0,025	1,229	0,031	1,176	0,023	1,201	0,028
Регион 8											
Аян 56.3 с.ш. 138.1 в.д.	100	1,179	0,077	1,268	0,041	1,177	0,048	1,088	0,023	1,183	0,054
	200	1,176	0,076	1,265	0,041	1,174	0,048	1,086	0,022	1,18	0,054
Николаевск-на-Амуре 53.1 с.ш. 140.4 в.д.	100	1,275	0,065	1,353	0,032	1,279	0,039	1,204	0,024	1,263	0,047
	200	1,26	0,064	1,337	0,031	1,266	0,04	1,188	0,026	1,251	0,047
Александровск-на-Сахалине 50.5 с.ш. 142.1 в.д.	100	1,243	0,065	1,327	0,034	1,241	0,038	1,173	0,02	1,233	0,045
	200	1,219	0,062	1,298	0,033	1,217	0,037	1,151	0,02	1,209	0,043
Южно-Сахалинск 46.6 с.ш. 142.4 в.д.	100	1,256	0,05	1,313	0,034	1,266	0,035	1,208	0,023	1,236	0,033
	200	1,236	0,051	1,295	0,033	1,245	0,036	1,186	0,024	1,219	0,033
Хабаровск 48.3 с.ш. 135.1 в.д.	100	1,255	0,079	1,357	0,031	1,245	0,048	1,166	0,018	1,251	0,053
	200	1,228	0,074	1,323	0,029	1,22	0,046	1,144	0,018	1,225	0,052
Владивосток 43.1 с.ш. 131.5 в.д.	100	1,248	0,058	1,321	0,029	1,248	0,035	1,186	0,021	1,236	0,042
	200	1,231	0,058	1,303	0,029	1,231	0,036	1,17	0,022	1,22	0,042
Терней 45.0 с.ш.136.4 в.д.	100	1,254	0,078	1,356	0,035	1,246	0,048	1,166	0,018	1,248	0,052
	200	1,222	0,071	1,314	0,032	1,216	0,044	1,142	0,017	1,217	0,049
Южно-Курильск 44.0 с.ш. 145.5 в.д.	100	1,246	0,051	1,306	0,031	1,254	0,035	1,192	0,022	1,231	0,035
	200	1,229	0,049	1,287	0,028	1,237	0,034	1,178	0,022	1,215	0,034
Регион 9											
Могоча 53.4 с.ш. 119.5 в.д.	100	1,235	0,075	1,326	0,048	1,237	0,05	1,151	0,022	1,227	0,045
	200	1,189	0,066	1,267	0,04	1,191	0,045	1,112	0,022	1,185	0,041
Киренск 57.5 с.ш. 108.1 в.д.	100	1,299	0,104	1,423	0,077	1,291	0,069	1,185	0,028	1,297	0,072
	200	1,246	0,087	1,348	0,057	1,239	0,052	1,147	0,026	1,25	0,063

Продолжение таблицы Д.4

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовая		Зима		Весна		Лето		Осень	
		ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3
Чита 52.0 с.ш. 113.2 в.д.	100	1,227	0,079	1,322	0,051	1,218	0,051	1,14	0,025	1,228	0,053
	200	1,189	0,07	1,27	0,046	1,185	0,046	1,111	0,023	1,191	0,048
Благовещенск 50.1 с.ш. 127.3 в.д.	100	1,268	0,072	1,36	0,036	1,27	0,045	1,189	0,022	1,255	0,048
	200	1,245	0,068	1,33	0,031	1,246	0,043	1,17	0,023	1,234	0,046
Регион 10											
Подкаменная Тунгуска 61.4 с.ш. 90.0 в.д.	100	1,284	0,085	1,389	0,063	1,283	0,053	1,188	0,027	1,274	0,044
	200	1,256	0,079	1,355	0,055	1,26	0,05	1,169	0,027	1,239	0,037
Богучаны 58.3 с.ш. 97.2 в.д.	100	1,255	0,076	1,347	0,05	1,25	0,055	1,173	0,026	1,252	0,048
	200	1,21	0,064	1,283	0,04	1,208	0,047	1,138	0,022	1,21	0,044
Иркутск 52.1 с.ш. 104.2 в.д.	100	1,171	0,071	1,256	0,031	1,166	0,047	1,088	0,019	1,174	0,051
	200	1,159	0,069	1,241	0,03	1,155	0,045	1,078	0,019	1,161	0,05
Кызыл 51.3 с.ш. 94.2 в.д.	100	1,171	0,071	1,256	0,031	1,166	0,047	1,088	0,019	1,174	0,051
	200	1,159	0,069	1,241	0,03	1,155	0,045	1,078	0,019	1,161	0,05
Ванавара 60.2 с.ш. 102.2 в.д.	100	1,199	0,081	1,29	0,043	1,199	0,051	1,103	0,021	1,204	0,063
	200	1,189	0,077	1,274	0,039	1,19	0,049	1,097	0,02	1,194	0,059
Нижнеудинск 64.6 с.ш. 40.5 в.д.	100	1,266	0,082	1,361	0,056	1,262	0,057	1,175	0,026	1,265	0,056
	200	1,231	0,075	1,316	0,049	1,23	0,052	1,147	0,024	1,233	0,053
Красный Чикой 50.2 с.ш. 108.0 в.д.	100	1,159	0,07	1,244	0,036	1,152	0,046	1,079	0,02	1,162	0,047
	200	1,155	0,069	1,238	0,035	1,148	0,045	1,075	0,02	1,157	0,047
Усть-Баргузин 53.3 с.ш. 108.5 в.д.	100	1,099	0,058	1,165	0,029	1,101	0,039	1,03	0,018	1,102	0,041
	200	1,085	0,055	1,143	0,026	1,086	0,037	1,019	0,02	1,09	0,043
Регион 11											
Александровское 60.3 с.ш. 77.1 в.д.	100	1,277	0,08	1,367	0,056	1,275	0,052	1,189	0,027	1,276	0,06
	200	1,253	0,073	1,333	0,047	1,254	0,048	1,171	0,027	1,254	0,055
Новосибирск 55.0 с.ш. 82.8 в.д.	100	1,268	0,082	1,362	0,055	1,265	0,058	1,178	0,026	1,266	0,056
	200	1,23	0,072	1,309	0,046	1,23	0,052	1,15	0,024	1,232	0,051
Тобольск 58.1 с.ш. 68.0 в.д.	100	1,245	0,064	1,321	0,045	1,241	0,048	1,178	0,022	1,242	0,039
	200	1,206	0,058	1,273	0,036	1,202	0,044	1,142	0,019	1,204	0,038
Омск 55.0 с.ш. 73.3 в.д.	100	1,214	0,062	1,285	0,042	1,21	0,042	1,147	0,022	1,215	0,042
	200	1,202	0,059	1,268	0,04	1,199	0,041	1,137	0,022	1,203	0,041
Регион 12											
Казань 55.3 с.ш. 49.0 в.д.	100	1,246	0,061	1,317	0,044	1,243	0,045	1,182	0,022	1,243	0,04
	200	1,21	0,055	1,274	0,036	1,209	0,041	1,15	0,02	1,209	0,037

Окончание таблицы Д.4

Аэрологическая станция	Высота, м	Среднегодовая		Зима		Весна		Лето		Осень	
		ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3	ρ, кг/м^3	σ, кг/м^3
Пенза 52.7 с.ш. 45.5 в.д.	100	1,242	0,061	1,312	0,044	1,239	0,047	1,176	0,021	1,239	0,038
	200	1,204	0,055	1,267	0,034	1,203	0,042	1,144	0,018	1,202	0,036
Самара 53.4 с.ш. 50.3 в.д.	100	1,252	0,069	1,334	0,047	1,247	0,049	1,178	0,022	1,249	0,043
	200	1,222	0,062	1,295	0,038	1,219	0,045	1,153	0,021	1,22	0,041
Саратов 51.5 с.ш. 45.5 в.д.	100	1,196	0,052	1,256	0,034	1,195	0,042	1,14	0,017	1,194	0,034
	200	1,19	0,051	1,248	0,033	1,189	0,041	1,135	0,017	1,188	0,034
Уфа 54.9 с.ш. 56.0 в.д.	100	1,26	0,08	1,354	0,051	1,256	0,056	1,173	0,026	1,258	0,053
	200	1,23	0,072	1,311	0,045	1,228	0,052	1,15	0,024	1,23	0,05
Волгоград 48.9 с.ш. 44.3 в.д.	100	1,231	0,057	1,295	0,04	1,228	0,043	1,17	0,021	1,228	0,037
	200	1,198	0,053	1,259	0,035	1,197	0,04	1,141	0,018	1,196	0,035
Астрахань 46.5 с.ш. 47.1 в.д.	100	1,159	0,061	1,227	0,039	1,157	0,045	1,09	0,022	1,163	0,043
	200	1,139	0,056	1,199	0,036	1,138	0,042	1,076	0,021	1,144	0,04
Оренбург 51.3 с.ш. 55.4 в.д.	100	1,24	0,069	1,322	0,041	1,236	0,051	1,164	0,022	1,237	0,043
	200	1,219	0,064	1,294	0,036	1,216	0,048	1,148	0,021	1,218	0,041
Регион 13											
Калининград 54.9 с.ш. 23.9 в.д.	100	1,234	0,047	1,286	0,035	1,236	0,036	1,186	0,018	1,229	0,033
	200	1,209	0,046	1,258	0,032	1,212	0,034	1,161	0,023	1,204	0,032
Санкт-Петербург 59.9 с.ш. 30.2 в.д.	100	1,238	0,044	1,284	0,035	1,247	0,034	1,191	0,016	1,229	0,031
	200	1,225	0,043	1,271	0,034	1,232	0,032	1,179	0,016	1,216	0,03
Бологое 58.0 с.ш. 34.0 в.д.	100	1,244	0,05	1,301	0,039	1,248	0,035	1,19	0,018	1,237	0,034
	200	1,22	0,047	1,272	0,033	1,224	0,033	1,17	0,017	1,214	0,032
Москва 55.8 с.ш. 37.5 в.д.	100	1,251	0,066	1,33	0,045	1,248	0,047	1,18	0,022	1,247	0,041
	200	1,219	0,06	1,289	0,037	1,217	0,043	1,153	0,02	1,217	0,039
Сухиничи 54.1 с.ш. 35.3 в.д.	100	1,244	0,059	1,313	0,046	1,243	0,043	1,185	0,021	1,236	0,039
	200	1,206	0,052	1,265	0,036	1,204	0,039	1,15	0,018	1,203	0,036
Ростов-на-Дону 47.5 с.ш. 38.3 в.д.	100	1,23	0,062	1,303	0,041	1,228	0,046	1,162	0,021	1,229	0,039
	200	1,197	0,056	1,26	0,036	1,196	0,042	1,134	0,018	1,196	0,036
Керчь 46.5 с.ш. 33.2 в.д.	100	1,224	0,053	1,284	0,037	1,223	0,039	1,167	0,019	1,221	0,035
	200	1,198	0,05	1,254	0,035	1,198	0,037	1,144	0,018	1,195	0,034
Минеральные Воды 44.1 с.ш. 43.1 в.д.	100	1,199	0,035	1,234	0,026	1,208	0,027	1,161	0,015	1,194	0,025
	200	1,177	0,034	1,209	0,026	1,185	0,028	1,141	0,015	1,172	0,024

Приложение Е
(справочное)

Информация для определения температурных условий и ограничений эксплуатации ВЭУ и ВЭС

Е.1 Содержание таблиц и рекомендации по их использованию

Таблица Е.1 содержит рассчитанные при разработке настоящего стандарта значения сочетаний диапазонов температуры *Т* и скорости *V*, определяющие вероятность простоя ВЭУ при *Т* <–30 °С или –40 °С и *Т* >+40 °С или *Т* >+50 °С (в зависимости от исполнения ВЭУ), или при скоростях ветра, превышающих проектный для ВЭУ рабочий диапазон *V*. Вероятности простоев ВЭУ определяют по таблице Е.2.1—Е.2.32 суммированием данных в ячейках, превышающих допустимые для данной ВЭУ, и последующим умножением на повторяемость соответствующих интервалов *Т*. В таблице Е.2.1—Е.2.32 затушеваны значения сочетаний *Т* и *V*, для которых по технике безопасности (см. таблицу Е.1) запрещены строительно-монтажные и высотые ремонтные работы с ВЭУ.

Таблица Е.1 — Предельные сочетания температуры и скорости ветра, допускающие проведения строительно-монтажных и ремонтных работ с ВЭУ и ВЭС (см. [20])

Диапазон допустимых температур *Т*, °С	<–30	<–25	<–15	<–5
Диапазон допустимых скоростей ветра *V*, м/с	<5	<10	<15	<20

В таблице Е.3 приведены данные, заимствованные из СП 131.13330, используемые в настоящем стандарте для определения климатических условий и ограничений эксплуатации ВЭУ и ВЭС и содержащие данные о температуре *Т* на территории России за период с 1960 г. по настоящее время.

Предельные значения абсолютной минимальной и максимальной температуры воздуха и температуры наиболее холодных суток и пятидневок рассчитаны по данным восьмисрочных измерений за 1966—2010 гг. как значение, соответствующее обеспеченности 0,98, 0,92 и 0,94. Для теплого периода для температуры *Т* выбраны обеспеченности 0,95 и 0,98.

Средняя месячная максимальная и минимальная температуры воздуха рассчитаны по суточным значениям температуры, а по их разностям — среднесуточные амплитуды *Т*.

Повторяемость направлений ветра приведена в процентах от общего числа случаев метеонаблюдений без учета штилей. Максимум средних скоростей ветра *V* по румбам за январь и минимум средних скоростей ветра *V* за июль рассчитаны по наибольшим и наименьшим средним значениям скоростей ветра *V* с повторяемостью ≥16 %.

Е.2 Среднегодовая повторяемость сочетаний температуры и скорости ветра и их статистическая обеспеченность

Таблица Е.2.1 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Амдерма																	
< –55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
От –45 до –40,1	15,6	25,0	37,5	9,4	6,3	3,1	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24
От –40 до –35,1	9,0	35,6	26,6	18,4	6,4	3,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	2,04
От –35 до –30,	7,3	34,1	27,5	17,0	8,7	2,3	1,6	0,8	0,49	0	0	0	0	0	0	0	4,72
От –30 до –25,1	4,9	27,4	25,3	20,2	11,4	5,8	3,2	1,1	0,40	0,30	0,10	0	0	0	0	0	7,73
От –25 до –20,1	6,1	18,6	22,0	22,3	14,2	8,5	4,7	3,1	0,49	0,16	0	0	0	0	0	0	9,34
От –20 до –15,1	1,4	14,2	24,4	22,7	16,2	10,8	6,1	3,1	0,78	0,21	0,07	0	0	0	0	0	10,77
От –15 до –10,1	1,4	14,4	21,4	24,4	17,1	12,4	6,0	2,4	0,45	0	0	0	0	0	0	0	13,52
От –10 до –5,1	1,5	16,6	26,3	26,3	16,2	8,2	3,4	0,6	0,14	0	0	0	0	0	0	0	16,88
От –5 до –0,1	3,6	30,5	31,7	19,8	9,4	3,0	0,9	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	18,74
От 0 до +4,9	2,67	31,4	33,3	23,3	6,65	1,57	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,7
От + 5 до +9,9	3,61	26,2	32,7	25,2	8,41	1,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,18
От + 10 до +14,9	1,59	25,4	35,7	30,2	4,76	0,79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,96
От +15 до +19,9	0	13,0	52,2	30,4	4,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18
От + 20 до +24,9	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От + 35 до +39,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	3,22	23	27,2	22,6	12,4	6,47	3,03	1,2	0,27	0,06	0,02	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.2 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Анапа																	
< –55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	84,6	0,0	5,1	5,1	2,6	0	0	0	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0,43
От –35 до –30,1	0,0	8,3	30,6	22,2	5,6	11,1	8,3	5,6	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0,4
От –30 до –25,1	2,3	15,3	24,9	19,2	17,0	11,9	3,4	2,3	1,7	0,40	0,6	0	0	0	0	0	2,35
От –25 до –20,1	1,9	29,4	30,0	19,5	9,9	4,9	2,3	1,0	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	5,79
От –20 до –15,1	1,8	30,6	34,5	18,1	7,9	3,0	1,7	0,7	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	12,88
От –15 до –10,1	3,1	29,0	30,3	18,5	8,0	6,1	2,5	1,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	20,07
От –10 до –5,1	3,4	33,6	32,5	16,6	6,5	3,7	1,7	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	18,38
От –5 до –0,1	3,6	46,8	30,1	11,3	4,1	2,5	0,3	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	17
От 0 до +4,9	3,3	55,9	29,9	6,7	1,9	0,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,69
От + 5 до +9,9	1,5	54,4	33,1	9,5	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,39
От + 10 до +14,9	0	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От +15 до +19,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	3,3	39	31	14	5,8	3,3	1,3	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.3 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Апука																	
< –55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –35 до –30,	9,1	0	54,6	36,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11
От –30 до –25,1	0	15,9	42,1	34,1	3,4	3,4	1,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,91
От –25 до –20,1	1,2	11,3	37,4	31,3	11,8	5,2	0,74	0,49	0,49	0	0	0	0	0	0	0	4,22
От –20 до –15,1	3,6	12,1	26,4	26,9	16,1	10,4	2,9	0,96	0,48	0,12	0	0	0	0	0	0	8,65
От –15 до –10,1	0,5	15,9	28,3	23,0	14,3	9,2	4,7	2,47	1,37	0,37	0	0	0	0	0	0	11,37
От –10 до –5,1	1,6	15,0	20,5	23,6	14,5	11,9	7,8	2,56	1,73	0,41	0,33	0,08	0	0	0	0	12,57
От –5 до –0,1	5,5	22,9	22,2	18,3	13,7	9,7	5,0	2,13	0,37	0,22	0,07	0	0	0	0	0	14,13
От 0 до +4,9	7,7	41,5	23,2	13,5	7,4	4,6	1,6	0,31	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0	16,52
От + 5 до +9,9	7,5	55,1	25,5	7,0	2,9	1,0	0,23	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	18,1
От + 10 до +14,9	11,6	58,8	20,5	5,8	1,4	0,7	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,01
От +15 до +19,9	5,1	35,9	41,0	10,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От + 35 до +39,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	5,55	33,22	24,51	16,47	9,24	6,09	2,83	1,06	0,51	0,15	0,05	0,01	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.4 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Архангельск																	
< –55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	84,0	16,0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,19
От –40 до –35,1	78,7	21,3	2,3	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,57
От –35 до –30,	61,4	32,0	5,6	1,02	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5
От –30 до –25,1	51,7	41,0	5,9	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,71
От –25 до –20,1	39,1	46,5	12,7	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,48
От –20 до –15,1	25,2	57,7	15,0	2,0	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,03
От –15 до –10,1	18,8	53,6	24,9	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,94
От –10 до –5,1	11,7	54,2	29,3	4,3	0,43	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,8
От –5 до –0,1	13,4	56,2	27,0	3,2	0,22	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,97
От 0 до +4,9	16,7	61,6	20,1	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,94
От + 5 до +9,9	19,2	64,8	15,0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,7
От + 10 до +14,9	24,4	65,9	9,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,08
От +15 до +19,9	28,9	63,1	7,2	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,86
От + 20 до +24,9	29,0	61,3	9,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	20,69	57,24	19,71	2,23	0,11	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.5 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Астрахань																	
< –55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	50,0	50,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –40 до –35,1	26,7	46,7	20,0	6,7	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12
От –35 до –30,	43,2	34,1	15,2	7,6	1,3	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,03
От –30 до –25,1	14,1	42,8	27,8	12,9	2,4	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,6
От –25 до –20,1	13,0	36,2	30,9	15,9	2,5	0,53	0,53	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	5,81
От –20 до –15,1	13,0	40,9	25,4	16,8	3,0	0,63	0,19	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	12,34
От –15 до –10,1	12,3	44,0	27,7	13,2	2,2	0,54	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,96
От –10 до –5,1	13,5	40,6	28,6	13,6	3,1	0,49	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,21
От –5 до –0,1	13,7	43,0	28,2	12,3	2,3	0,37	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	10,52
От 0 до +4,9	13,7	43,9	28,8	12,0	1,5	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,4
От + 5 до +9,9	14,7	48,5	27,7	8,3	0,67	0,1	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,18
От + 10 до +14,9	19,0	52,7	22,8	5,0	0,42	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
От +15 до +19,9	35,9	46,2	17,0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,82
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	14,57	44,24	27,11	11,73	1,86	0,32	0,11	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.6 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Барабинск																	
<– 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	75,0	12,5	12,5	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
От –40 до –35,1	80,3	18,0	1,6	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47
От –35 до –30,	75,0	17,4	5,3	2,3	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,01
От –30 до –25,1	65,1	22,8	10,1	0,7	1,01	0,34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,28
От –25 до –20,1	56,5	22,8	14,6	4,6	1,25	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,3
От –20 до –15,1	48,8	26,9	15,4	7,5	0,96	0,21	0,04	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	7,15
От –15 до –10,1	37,7	27,3	20,8	11,1	2,54	0,34	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,06
От –10 до –5,1	35,7	24,7	20,6	13,8	3,81	1,2	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,24
От –5 до –0,1	34,0	28,9	20,5	11,9	3,41	0,68	0,07	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	11,22
От 0 до +4,9	40,8	31,5	16,9	8,9	1,37	0,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,71
От + 5 до +9,9	45,4	30,5	17,5	5,3	0,85	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,83
От + 10 до +14,9	50,8	31,2	14,2	2,9	0,57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,1
От +15 до +19,9	56,6	30,1	11,6	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,61
От + 20 до +24,9	60,4	29,0	9,8	0,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,7
От +25 до +29,9	72,7	24,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	46,64	28,51	16,06	6,73	1,47	0,32	0,04	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.7 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Владивосток																	
<– 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	4,7	19,8	11,3	17,9	17,9	15,1	5,7	4,7	1,89	0,94	0	0	0	0	0	0	0,82
От –35 до –30,	10,2	14,3	18,3	27,3	15,4	8,5	4,7	0,9	0,16	0,31	0	0	0	0	0	0	5,01
От –30 до –25,1	4,7	23,0	31,1	23,4	11,3	4,2	1,4	0,7	0,34	0,02	0	0	0	0	0	0	9,23
От –25 до –20,1	5,8	28,4	30,6	19,3	9,2	4,2	1,8	0,5	0,08	0,08	0,08	0	0	0	0	0	9,72
От –20 до –15,1	3,0	26,1	33,0	22,5	9,0	4,5	1,5	0,4	0,07	0	0	0	0	0	0	0	10,47
От –15 до –10,1	2,4	25,6	31,4	23,8	10,5	4,05	1,58	0,41	0,14	0,07	0	0	0	0	0	0	11,31
От –10 до –5,1	2,28	23,5	31,6	25,2	11,4	4,18	1,17	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0	12,63
От –5 до –0,1	2,75	30,2	35	21,3	7,45	2,4	0,65	0,2	0,05	0	0	0	0	0	0	0	15,54
От 0 до +4,9	3,6	38,2	32,5	16,2	5,84	2,77	0,66	0,26	0,04	0	0	0	0	0	0	0	17,68
От + 5 до +9,9	4,83	49,7	30,4	11,1	2,41	1,05	0,31	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	7,4
От + 10 до +14,9	8,33	45,8	41,7	4,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,19
От +15 до +19,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	3,85	29,6	31,4	20,8	8,79	3,75	1,3	0,44	0,1	0,04	0,01	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.8 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Волгоград																	
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –35 до –30,	16,7	16,7	33,3	31,0	2,3	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
От –30 до –25,1	12,3	20,6	27,4	27,4	8,2	2,7	1,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,56
От –25 до –20,1	20,7	16,8	26,6	20,7	10,6	4,3	0,3	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	2,86
От –20 до –15,1	7,3	18,5	28,1	27,7	10,4	5,8	1,7	0,3	0,33	0,1	0	0	0	0	0	0	4,61
От –15 до –10,1	6,7	16,4	34,8	27,2	10,3	4,2	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	7,44
От –10 до –5,1	6,4	17,1	30,6	28,8	9,9	5,5	1,0	0,6	0,11	0	0	0	0	0	0	0	13,84
От –5 до –0,1	5,12	17,9	30,4	29,1	11,9	4,44	1,01	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	13,52
От 0 до +4,9	6,76	21,3	34,3	23,7	9,78	3,16	0,88	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	10,34
От + 5 до +9,9	6,82	26,4	35,3	23,4	5,87	1,62	0,41	0,2	0,07	0	0	0	0	0	0	0	11,26
От + 10 до +14,9	8,25	31,0	37,7	19	3,63	0,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,66
От +15 до +19,9	9,24	35,3	37,7	14,7	2,78	0,37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,23
От + 20 до +24,9	6,92	31	41,9	16,9	2,31	0,64	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,93
От +25 до +29,9	2,13	35,1	45,7	16	1,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,71
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	7,5	24,3	34,4	23,1	7,32	2,75	0,54	0,15	0,04	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.9 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Воркута																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –45 до –40,1	50,0	40,9	9,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34
От –40 до –35,1	42,3	44,6	9,5	3,0	0,01	0,6	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,28
От –35 до –30,	38,4	37,3	13,5	8,1	1,9	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,82
От –30 до –25,1	28,3	37,9	18,0	10,6	3,5	0,8	0,5	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	4,61
От –25 до –20,1	17,9	33,0	24,4	12,8	7,4	2,7	1,3	0,01	0,01	0,12	0,12	0	0	0	0	0	6,48
От –20 до –15,1	15,0	25,6	25,3	19,1	10,2	3,0	1,4	0,4	0,08	0	0	0	0	0	0	0	9,23
От –15 до –10,1	5,1	20,1	24,4	24,2	14,8	7,4	2,4	1,3	0,26	0	0	0	0	0	0	0	11,5
От –10 до –5,1	2,8	17,5	26,3	25,2	15,4	8,7	2,7	1,4	0,25	0	0	0	0	0	0	0	12,41
От –5 до –0,1	2,4	18,2	26,4	24,7	17,1	7,1	3,3	0,8	0,06	0	0	0	0	0	0	0	13,77
От 0 до +4,9	2,61	26,3	35,2	24,6	9,06	1,84	0,3	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	12,86
От + 5 до +9,9	3,43	32,7	41,8	16,9	4,52	0,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,78
От + 10 до +14,9	4,28	36,5	38,6	16,3	3,99	0,19	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	7,83
От +15 до +19,9	5,61	36,9	36,8	18	2,13	0,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,94
От + 20 до +24,9	7,8	30,5	44	17,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,07
От +25 до +29,9	0	62,5	37,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	8,27	26,9	29,4	20	9,7	3,76	1,34	0,47	0,08	0,01	0,01	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.10 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Диксон																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	6,5	41,9	32,3	12,9	3,2	3,2	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22
От –40 до –35,1	6,6	38,4	32,6	11,6	7,9	1,7	0,8	0,02	0,01	0,41	0	0	0	0	0	0	1,72
От –35 до –30,	5,3	32,1	31,0	16,3	8,0	3,7	2,2	0,9	0,35	0,12	0	0	0	0	0	0	6,11
От –30 до –25,1	4,1	25,9	29,2	19,3	9,6	5,9	3,1	1,8	0,72	0,22	0,07	0	0	0	0	0	9,73
От –25 до –20,1	3,6	19,8	25,7	19,8	13,8	7,1	5,5	2,8	1,20	0,48	0,12	0,06	0	0	0	0	11,75
От –20 до –15,1	4,7	15,0	22,0	22,0	17,0	9,8	6,0	2,1	1,03	0,26	0	0	0	0	0	0	10,96
От –15 до –10,1	1,8	16,5	22,1	23,3	15,7	9,6	6,3	3,4	1,19	0,15	0	0	0	0	0	0	9,44
От –10 до –5,1	1,3	14,6	24,4	25,8	15,9	11,2	5,0	1,4	0,44	0	0	0	0	0	0	0	9,68
От –5 до –0,1	1,6	13,3	26,2	27,8	16,3	8,9	3,9	1,6	0,17	0,11	0	0	0	0	0	0	12,63
От 0 до +4,9	0,95	16	33,4	27,8	15,1	4,87	1,49	0,27	0,11	0	0	0	0	0	0	0	18,5
От + 5 до +9,9	1,52	22,2	35,3	26,2	9,94	3,6	0,76	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	7,44
От + 10 до +14,9	2,75	33,5	37,6	19,7	5,96	0,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,54
От +15 до +19,9	0	61,4	27,3	9,09	2,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,31
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	2,61	19,2	28	23,5	13,8	7,03	3,65	1,5	0,54	0,15	0,02	0,01	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.11 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Дудинка																	
<– 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –55 до –50,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	83,5	8,86	1,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,05
От –45 до –40,1	78,9	11,8	3,1	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,13
От –40 до –35,1	71,6	18,7	4,2	1,7	0,7	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,83
От –35 до –30,1	58,7	25,5	7,7	3,6	1,5	0,0	0,3	0,3	0,26	0	0	0	0	0	0	0	5,19
От –30 до –25,1	46,6	24,2	14,1	8,8	3,6	0,9	0,2	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0	7,34
От –25 до –20,1	30,9	25,7	19,4	14,2	5,2	2,9	0,2	0,2	0,33	0	0	0	0	0	0	0	8,11
От –20 до –15,1	22,6	30,3	21,2	15,0	6,6	2,2	0,3	0,1	0,4	0,02	0	0	0	0	0	0	9,87
От –15 до –10,1	20,2	29,0	23,5	18,4	6,9	1,0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,01
От –10 до –5,1	21,0	33,5	25,5	14,4	3,5	0,6	0,4	0,2	0,29	0	0	0	0	0	0	0	9,1
От –5 до –0,1	19,8	32,8	28,4	14,0	2,9	1,0	0,4	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,09
От 0 до +4,9	24	38,2	25,8	9,2	1,28	0,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,34
От + 5 до +9,9	21,2	41,2	25,3	8,4	1,89	0,88	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,52
От + 10 до +14,9	28	39,6	21,5	8,3	1,21	0,45	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,76
От +15 до +19,9	42,9	35,3	15,8	3,7	0,53	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,03
От + 20 до +24,9	53,3	30,0	11,7	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,59
От +25 до +29,9	50,0	50,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	32	31,5	20,3	10,5	3,1	0,98	0,23	0,05	0,11	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.12 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Каменная Степь																	
<– 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	0	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29
От –35 до –30,	40,0	20,0	20,0	20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,44
От –30 до –25,1	11,8	41,2	29,4	17,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,45
От –25 до –20,1	18,5	48,2	25,9	7,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,79
От –20 до –15,1	3,2	54,8	29,0	10,8	1,1	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,42
От –15 до –10,1	7,96	41,59	38,9	10,6	0,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,31
От –10 до –5,1	6,06	40,91	43,9	9,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,52
От –5 до –0,1	12,2	55,1	28,6	4,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,14
От 0 до +4,9	11,7	72,1	13,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,02
От + 5 до +9,9	14,0	79,0	6,0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,43
От + 10 до +14,9	13,8	82,76	3,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,18
От +15 до +19,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	10,8	57,58	24,7	6,2	0,29	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.13 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Камышин																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	8,3	33,3	16,7	25,0	16,7	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
От –35 до –30,	7,5	21,5	34,6	23,4	10,3	2,8	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,89
От –30 до –25,1	12,4	24,5	30,3	24,5	6,5	1,9	0,2	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	3,43
От –25 до –20,1	6,1	27,1	33,8	22,0	8,0	2,2	0,8	0,92	0,02	0	0	0	0	0	0	0	6
От –20 до –15,1	6,2	26,3	33,4	22,7	9,5	1,1	0,7	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	8,71
От –15 до –10,1	5,3	26,8	33,5	22,0	9,3	2,0	1,0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	13,88
От –10 до –5,1	2,69	23,34	35,93	25,06	9,4	2,88	0,51	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	12,99
От –5 до –0,1	2,95	26,32	38,5	22,35	7,48	2,12	0,18	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	9
От 0 до +4,9	3,12	30,52	39,58	21,47	4,29	0,86	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,64
От + 5 до +9,9	3,25	35,9	41,11	16,94	2,47	0,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,78
От + 10 до +14,9	3,4	43,18	41,3	10,31	1,76	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,18
От +15 до +19,9	4,2	51,65	37,84	6,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,53
От + 20 до +24,9	0,96	60,58	35,58	2,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,86
От +25 до +29,9	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	4,26	31,79	37,2	19,14	5,88	1,3	0,34	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.14 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Керчь																	
<– 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –35 до –30,1	94,7	0,0	2,6	2,6	0,4	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29
От –30 до –25,1	0,0	13,3	28,3	28,3	6,7	11,7	8,3	1,7	1,67	0,7	0,03	0	0	0	0	0	0,47
От –25 до –20,1	5,2	19,5	28,8	25,9	9,6	7,6	2,6	0,3	0,58	0,2	0	0	0	0	0	0	2,67
От –20 до –15,1	6,9	19,6	34,5	25,8	9,0	2,5	1,1	0,3	0,09	0	0	0	0	0	0	0	9,07
От –15 до –10,1	8,05	28,3	33,7	21,6	4,87	2,75	0,39	0,05	0,05	0	0	0	0	0	0	0	16,09
От –10 до –5,1	7,73	27,3	35,5	20,2	6,59	1,66	0,44	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	17,76
От –5 до –0,1	6,5	33,2	40,4	14,3	4,18	0,81	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,39
От 0 до +4,9	7,55	38,5	39	12	2,19	0,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,92
От + 5 до +9,9	5,75	41,1	39,9	11,7	1,25	0,26	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,92
От + 10 до +14,9	2,48	40,5	44,6	11	1,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,38
От +15 до +19,9	0	0	83,3	0	16,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	7,05	32,1	37,3	16,9	4,34	1,47	0,38	0,06	0,04	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.15 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Курильск																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –35 до –30,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –30 до –25,1	71,9	28,1	2,3	0,9	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55
От –25 до –20,1	17,9	29,5	18,8	14,3	7,1	8,9	1,8	0,9	0,89	0,03	0	0	0	0	0	0	1,92
От –20 до –15,1	8,2	18,2	14,9	18,1	14,2	11,7	9,1	3,4	1,44	0,16	0,02	0	0	0	0	0	10,72
От –15 до –10,1	7,6	18,6	19,4	17,9	12,9	9,3	7,0	4,7	0,93	0,59	0,17	0,08	0,08	0,01	0	0	20,22
От –10 до –5,1	13,88	21,83	22,65	16,35	10,96	7,21	3,74	1,55	0,55	0,18	0,02	0	0	0	0	0	18,78
От –5 до –0,1	20,79	30,34	20,51	12,27	7,77	3,46	2,9	0,75	0,19	0,09	0	0	0	0	0	0	18,32
От 0 до +4,9	23,2	33,06	23,38	11,96	4,75	1,19	0,82	0,73	0,09	0	0,09	0	0	0	0	0	18,78
От + 5 до +9,9	30,84	37,1	18,07	8,64	3,34	0,59	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	8,73
От + 10 до +14,9	36,28	32,74	16,81	9,73	1,77	0,88	0,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,94
От +15 до +19,9	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	17,32	26,17	20,19	14,36	8,97	5,59	3,84	1,9	0,51	0,19	0,05	0,02	0,02	0	0	0	100

Таблица Е.2.16 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Мурманск																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	0,0	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
От –35 до –30,1	40,0	20,0	27,00	13,0	6,1	1,2	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
От –30 до –25,1	51,9	25,0	15,4	7,7	1,3	0,1	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39
От –25 до –20,1	52,7	25,6	17,1	4,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,98
От –20 до –15,1	38,7	30,8	25,6	4,6	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,32
От –15 до –10,1	33,3	33,0	25,1	8,0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,35
От –10 до –5,1	19,7	40,4	25,3	11,8	2,3	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,49
От –5 до –0,1	12,7	37,8	25,9	16,6	5,0	2,0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,8
От 0 до +4,9	9,2	35,3	29,6	18,1	5,9	1,7	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,94
От + 5 до +9,9	8,5	41,4	30,15	14,52	4,26	1,03	0,04	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	19,25
От + 10 до +14,9	9,6	48,08	30,82	9	2,15	0,34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,65
От +15 до +19,9	10,46	58,5	25,42	5,0	0,33	0,26	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,62
От + 20 до +24,9	9,26	57,8	28,3	3,8	0,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,43
От +25 до +29,9	2,06	53,61	38,14	5,2	1,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,74
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	12,81	42,91	28,15	11,96	3,2	0,87	0,08	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.17 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Новороссийск																	
< –55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –40 до –35,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От –35 до –30,1	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,37
От –30 до –25,1	0,0	0	0	0	0	14,3	28,6	0,02	0,01	21,9	9,9	5,7	2,2	7,3	5,2	0,9	0,22
От –25 до –20,1	2,0	8,0	6,0	4,0	6,0	8,0	10,0	6,0	8,0	10,0	6,0	6,0	5,2	2,0	4,0	2,0	1,55
От –20 до –15,1	14,8	20,4	11,3	7,0	9,2	9,9	4,2	9,2	1,41	6,34	2,82	0,7	1,41	0,01	0,7	0,7	4,4
От –15 до –10,1	36,13	27,99	9,41	7,89	4,33	2,54	4,58	3,31	2,04	0,25	0,51	0,02	0,25	0	0	0	12,17
От –10 до –5,1	37,54	33,13	14,44	6,99	3,65	1,52	0,76	1,22	0,3	0,15	0	0	0,15	0	0	0	20,38
От –5 до –0,1	49,58	29,27	10,32	4,06	3,55	1,35	0,68	0,34	0,17	0	0	0	0	0	0	0	18,3
От 0 до +4,9	52,64	28,1	7,1	5,83	1,09	2,19	1,09	0,18	0,36	0	0,18	0	0	0	0	0	17
От + 5 до +9,9	58,65	25,67	7,13	3,92	2,14	1,43	0,36	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	17,37
От + 10 до +14,9	31,91	38,91	16,34	6,23	3,5	1,95	0,78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,96
От +15 до +19,9	0	22,22	33,33	22,22	22,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	43,85	28,93	10,41	5,73	3,31	2,23	1,55	1,27	0,59	0,59	0,31	0,12	0,22	0,03	0,12	0,06	100

Таблица Е.2.18 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Оймякон																	
<– 55	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,90
От –50 до –45,1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,90
От –45 до –40,1	95,29	3,7	0,7	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,25
От –40 до –35,1	93,9	5,5	1,3	0,37	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,90
От –35 до –30,1	93,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,49
От –30 до –25,1	93,3	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,48
От –25 до –20,1	93,3	2,0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,11
От –20 до –15,1	87,9	6,0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,55
От –15 до –10,1	81,7	11,9	0,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,16
От –10 до –5,1	75,0	20,7	2,3	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,10
От –5 до –0,1	65,6	27,3	4,4	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,58
От 0 до +4,9	53,1	37,3	7,8	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,64
От + 5 до +9,9	47,25	44,15	7,15	0,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,72
От + 10 до +14,9	45,05	45,29	7,64	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,95
От +15 до +19,9	52,32	40,46	5,16	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,86
От + 20 до +24,9	53,6	40,1	4,13	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,00
От +25 до +29,9	46,75	47,4	5,19	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,23
От +30 до +34,9	22,22	66,67	11,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07
Повторяемость интервалов *V*, %	72,81	20,51	3,03	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.19 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Оленек																	
<–55	68,18	27,27	4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18
От –50 до –45,1	68,18	27,27	4,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18
От –45 до –40,1	72,9	24,73	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,84
От –40 до –35,1	72,2	24,5	1,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,97
От –35 до –30,1	63,4	32,3	2,4	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,57
От –30 до –25,1	60,5	33,8	4,4	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,14
От –25 до –20,1	51,3	41,7	5,1	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,19
От –20 до –15,1	43,1	45,2	8,9	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,12
От –15 до –10,1	33,6	50,4	13,4	1,8	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,74
От –10 до –5,1	26,9	50,7	17,7	3,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,27
От –5 до –0,1	20,2	50,9	23,9	4,0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,29
От 0 до +4,9	13,0	52,1	27,5	5,8	0,7	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,67
От + 5 до +9,9	18,59	50,58	25,24	4,62	0,67	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,58
От + 10 до +14,9	15,4	52,12	28,31	3,33	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,93
От +15 до +19,9	21,07	53,79	20,78	3,88	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,51
От + 20 до +24,9	19,91	62,3	15,01	2,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,40
От +25 до +29,9	23,43	62,59	12,94	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,36
От +30 до +34,9	23,4	62,59	12,94	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,36
От +35 до +39,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24
Повторяемость интервалов *V*, %	34,8	46,34	15,31	2,43	0,2	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.20 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Остров Котельный																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –40 до –35,1	56,5	21,7	21,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18
От –35 до –30,1	28,5	28,8	20,8	13,9	4,7	1,7	1,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	3,20
От –30 до –25,1	19,2	27,0	24,1	15,5	8,2	3,6	1,3	0,6	0,01	0,07	0,01	0,01	0	0	0	0	10,9
От –25 до –20,1	13,4	23,9	22,7	19,7	10,5	6,0	3,0	0,5	0,005	0,06	0,01	0	0	0	0	0	14,09
От –20 до –15,1	10,0	21,4	23,5	20,3	13,1	6,9	2,5	1,6	0,33	0,07	0	0	0	0	0	0	12,11
От –15 до –10,1	9,0	20,8	24,0	20,9	13,3	6,3	3,2	1,6	0,61	0,09	0	0	0	0	0	0	9,16
От –10 до –5,1	4,2	21,7	23,3	22,4	12,5	8,7	4,7	1,7	0,11	0	0	0	0	0	0	0	7,04
От –5 до –0,1	3,8	22,9	26,7	24,9	13,1	5,0	2,4	1,2	0,11	0	0	0	0	0	0	0	7,50
От 0 до +4,9	3,6	20,1	30,0	25,4	11,9	5,5	2,5	0,7	0,16	0	0	0	0	0	0	0	14,87
От + 5 до +9,9	3,05	19,93	28,2	24,78	13,45	6,7	2,77	0,6	0,18	0,05	0,05	0	0	0	0	0	17,17
От + 10 до +14,9	1,17	11,74	28,17	24,65	17,84	11,74	3,29	0,7	0	0,23	0	0	0	0	0	0	3,38
От +15 до +19,9	0	2,56	12,82	46,15	20,51	12,82	2,56	2,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0,31
От + 20 до +24,9	0	16,7	0	50	16,67	16,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
От +25 до +29,9	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	8,73	21,84	25,5	21,76	11,95	6,1	2,69	0,92	0,17	0,05	0,01	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.21 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Оха																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	0	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08
От –35 до –30,1	12,8	25,6	43,6	13,5	0,8	2,3	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,67
От –30 до –25,1	13,0	29,1	32,4	17,5	4,3	1,1	0,5	0,3	0,18	0,02	0,36	0,01	0,18	0,02	0	0	6,94
От –25 до –20,1	12,2	21,3	30,1	22,5	7,1	3,7	0,9	0,4	0,25	0,04	0,02	0,01	0,01	0	0	0	9,89
От –20 до –15,1	9,9	23,8	28,6	19,4	7,9	4,2	1,8	1,1	0,50	0,13	0,02	0,01	0	0	0	0	9,98
От –15 до –10,1	7,6	25,6	27,4	21,5	8,9	4,1	1,5	0,6	0,12	0,12	0,01	0	0	0	0	0	10,21
От –10 до –5,1	4,3	28,0	32,5	20,4	8,5	3,0	0,7	0,6	0,37	0	0	0	0	0	0	0	13,61
От –5 до –0,1	7,18	35,12	35,6	13,4	4,59	0,96	0,57	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	13,12
От 0 до +4,9	8,25	38,41	34,81	13,54	2,43	0,53	0,21	0	0,11	0	0	0	0	0	0	0	11,86
От + 5 до +9,9	9,03	41,31	35,09	10,82	1,19	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,74
От + 10 до +14,9	6,74	48,7	34,08	6,93	0,37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,70
От +15 до +19,9	3,26	34,78	48,91	7,61	3,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,16
От + 20 до +24,9	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	8,42	32,38	32,84	16,08	5	1,91	0,65	0,3	0,18	0,03	0,03	0	0,01	0	0	0	100

Таблица Е.2.22 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Салехард																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
От –40 до –35,1	67,4	23,6	6,7	2,3	0,66	0,42	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,68
От –35 до –30,1	65,5	24,4	7,6	1,1	0,7	0,4	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,09
От –30 до –25,1	59,8	29,2	7,0	2,3	0,6	0,8	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,70
От –25 до –20,1	49,6	36,6	8,4	2,8	1,1	0,7	0,5	0,1	0,01	0	0	0	0	0	0	0	5,80
От –20 до –15,1	43,6	40,2	10,7	3,3	1,3	0,6	0,1	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	7,93
От –15 до –10,1	36,3	43,6	14,0	4,1	1,0	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,96
От –10 до –5,1	29,3	46,2	17,7	5,1	1,4	0,3	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,33
От –5 до –0,1	21,6	46,3	22,6	6,6	2,1	0,5	0,2	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	9,63
От 0 до +4,9	15,3	49,4	24,0	7,9	2,0	1,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	10,82
От + 5 до +9,9	22	49	20,1	6,6	1,45	0,44	0,13	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	12,06
От + 10 до +14,9	21,9	46,8	23,0	6,7	1,31	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,62
От +15 до +19,9	21,4	51,8	18,7	7,1	0,87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,53
От + 20 до +24,9	25,3	57,6	13,2	3,1	0,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,42
От +25 до +29,9	31,4	60,4	7,1	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,29
От +30 до +34,9	57,1	42,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11
От +35 до +39,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	29,4	45,8	17,4	5,38	1,31	0,46	0,11	0,05	0	0,01	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.23 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Славгород																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –35 до –30,1	50,0	46,2	3,9	0,94	0,33	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20
От –30 до –25,1	43,6	49,1	6,4	0,9	0,31	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,85
От –25 до –20,1	31,1	51,3	16,1	1,1	0,4	0,09	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,11
От –20 до –15,1	19,5	57,6	19,3	3,1	0,3	0,13	0,07	0,2	0,01	0	0	0	0	0	0	0	4,69
От –15 до –10,1	16,3	50,3	26,2	5,9	1,0	0,1	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,65
От –10 до –5,1	9,4	41,5	32,5	12,9	2,6	0,6	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	8,78
От –5 до –0,1	6,8	39,7	32,9	14,8	4,2	1,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,22
От 0 до +4,9	5,7	39,2	32,1	16,2	4,6	1,4	0,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	9,09
От + 5 до +9,9	6,67	45,44	34,29	10,9	1,86	0,51	0,17	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	9,15
От + 10 до +14,9	6,65	53,62	31,01	7,56	0,91	0	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,30
От +15 до +19,9	7,22	57,99	28,75	4,86	0,76	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,13
От + 20 до +24,9	9,55	65,5	21,47	2,91	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,34
От +25 до +29,9	9,89	70,13	17,99	1,64	0,07	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,87
От +30 до +34,9	5,78	71,43	20,97	1,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,54
От +35 до +39,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
Повторяемость интервалов *V*, %	9,9	53,47	26,93	7,48	1,5	0,36	0,09	0,03	0	0	0	0,01	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.24 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Новороссийск																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –35 до –30,1	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,37
От –30 до –25,1	0,0	0	0	0	0	14,3	28,6	0,02	0,01	21,9	9,9	5,7	2,2	7,3	5,2	0,9	0,22
От –25 до –20,1	2,0	8,0	6,0	4,0	6,0	8,0	10,0	6,0	8,0	10,0	6,0	6,0	5,2	2,0	4,0	2,0	1,55
От –20 до –15,1	14,8	20,4	11,3	7,0	9,2	9,9	4,2	9,2	1,41	6,34	2,82	0,7	1,41	0,03	0,7	0,7	4,40
От –15 до –10,1	36,13	27,99	9,41	7,89	4,33	2,54	4,58	3,31	2,04	0,25	0,51	0,02	0,25	0,01	0	0	12,17
От –10 до –5,1	37,54	33,13	14,44	6,99	3,65	1,52	0,76	1,22	0,3	0,15	0	0	0,15	0,01	0	0	20,38
От –5 до –0,1	49,58	29,27	10,32	4,06	3,55	1,35	0,68	0,34	0,17	0	0	0	0	0	0	0	18,30
От 0 до +4,9	52,64	28,1	7,1	5,83	1,09	2,19	1,09	0,18	0,36	0	0,18	0	0	0	0	0	17,00
От + 5 до +9,9	58,65	25,67	7,13	3,92	2,14	1,43	0,36	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	17,37
От + 10 до +14,9	31,91	38,91	16,34	6,23	3,5	1,95	0,78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,96
От +15 до +19,9	0	22,22	33,33	22,22	22,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	43,85	28,93	10,41	5,73	3,31	2,23	1,55	1,27	0,59	0,59	0,31	0,12	0,22	0,03	0,12	0,06	100

Таблица Е.2.25 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Смоленск																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	0	0	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –35 до –30,1	50,0	50,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08
От –30 до –25,1	53,9	34,6	9,0	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,60
От –25 до –20,1	51,7	40,7	7,3	0,0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,52
От –20 до –15,1	32,2	51,5	13,0	2,5	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,26
От –15 до –10,1	27,7	49,1	18,3	4,3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,78
От –10 до –5,1	20,3	53,6	21,8	3,9	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,35
От –5 до –0,1	21,27	52,06	20,97	4,72	0,73	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,96
От 0 до +4,9	30,21	51,64	14,92	2,74	0,37	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,65
От + 5 до +9,9	38,92	52,06	8,06	0,74	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,59
От + 10 до +14,9	51,39	44,0	4,43	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,29
От +15 до +19,9	60,03	37,99	1,81	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,68
От + 20 до +24,9	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	33,85	49,66	13,59	2,46	0,38	0,05	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.26 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Тюмень																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –35 до –30,1	37,5	62,5	7,8	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
От –30 до –25,1	58,4	35,1	6,5	1,3	0,2	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,60
От –25 до –20,1	58,9	36,9	4,2	1,35	0,3	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,88
От –20 до –15,1	49,2	44,2	5,5	0,4	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,56
От –15 до –10,1	46,9	48,4	4,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,45
От –10 до –5,1	32,3	57,4	9,7	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,49
От –5 до –0,1	25,0	59,6	14,5	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,55
От 0 до +4,9	17,7	66,0	15,5	0,7	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,39
От + 5 до +9,9	19,94	63,71	15,15	1,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,06
От + 10 до +14,9	24,97	62,38	12,31	0,34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,33
От +15 до +19,9	30,1	63,0	6,45	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,41
От + 20 до +24,9	38,25	55,8	5,8	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,57
От +25 до +29,9	43,35	53,74	2,5	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,97
От +30 до +34,9	46,99	49,4	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,65
От +35 до +39,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	31,27	58,54	9,62	0,46	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.27 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Улан-Удэ																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,45
От –35 до –30,1	98,9	1,1	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,10
От –30 до –25,1	95,5	3,3	0,6	0,5	0,2	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,19
От –25 до –20,1	84,4	11,5	2,7	1,3	0,1	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,11
От –20 до –15,1	71,1	20,4	5,8	1,7	0,7	0,3	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,70
От –15 до –10,1	52,4	29,7	13,6	3,4	0,2	0,6	0,037	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	7,47
От –10 до –5,1	44,7	31,8	15,0	4,7	2,8	0,7	0,1	0,07	0,11	0,11	0	0	0	0	0	0	6,89
От –5 до –0,1	38,7	33,7	16,2	6,9	2,1	1,3	0,6	0,3	0,09	0,09	0	0	0	0	0	0	8,15
От 0 до +4,9	28,94	38,0	20,49	8,2	2,8	1,07	0,38	0	0,08	0	0	0,08	0	0	0	0	10,15
От + 5 до +9,9	22,97	41,14	24,25	8,3	2,3	0,6	0,38	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	10,3
От + 10 до +14,9	25,2	43,8	21,7	7,9	1,01	0,27	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,47
От +15 до +19,9	27,84	48,4	18,0	4,6	0,99	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,33
От + 20 до +24,9	28,07	52,39	15,8	3,5	0,11	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,80
От +25 до +29,9	20,69	58,62	16,38	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,90
От +30 до +34,9	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Повторяемость интервалов *V*, %	44,65	33,73	14,8	4,91	1,23	0,45	0,15	0,02	0,03	0,02	0	0,01	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.28 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Хатанга																	
<–55	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
От –50 до –45,1	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
От –45 до –40,1	34,18	52,53	12,66	0,63	0,13	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,21
От –40 до –35,1	23,5	58,1	16,3	1,9	0,2	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,70
От –35 до –30,1	12,9	55,6	27,9	3,1	0,4	0,04	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,54
От –30 до –25,1	9,6	50,3	31,5	7,2	1,0	0,2	0,1	0,03	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	8,35
От –25 до –20,1	5,6	47,6	34,3	9,7	2,0	0,6	0,2	0,06	0,03	0	0	0	0	0	0	0	8,49
От –20 до –15,1	4,4	39,9	34,6	14,4	5,6	0,9	0,2	0,1	0,01	0	0	0	0	0	0	0	8,64
От –15 до –10,1	7,5	33,7	34,0	16,8	5,9	1,3	0,7	0,1	0,01	0	0	0	0	0	0	0	8,17
От –10 до –5,1	3,3	33,5	34,8	19,7	5,9	2,0	0,7	0,2	0,02	0	0	0	0	0	0	0	7,90
От –5 до –0,1	2,6	31,8	39,0	18,4	5,9	1,8	0,2	0,1	0,11	0,02	0	0	0	0	0	0	6,96
От 0 до +4,9	2,7	31,4	40,5	17,9	5,2	1,8	0,4	0,1	0,02	0	0	0	0	0	0	0	7,54
От +5 до +9,9	2,75	35,82	41,4	15,71	3,3	0,79	0,16	0,08	0,01	0	0	0	0	0	0	0	9,71
От +10 до +14,9	2,5	35,62	44,06	14,59	2,65	0,43	0,14	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	10,66
От +15 до +19,9	3,43	39,31	44,91	10,74	1,6	0,34	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,67
От +20 до +24,9	2,07	44,4	44,37	8,05	0,92	0,19	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,32
От +25 до +29,9	5,26	42,11	39,85	12,03	0,75	0,13	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,01
От +30 до +34,9	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11
Повторяемость интервалов *V*, %	6,07	40,51	36,33	12,73	3,26	0,79	0,22	0,05	0,01	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.29 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Храброво																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	0	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
От –35 до –30,1	76,2	9,5	9,5	4,8	2,1	0,9	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16
От –30 до –25,1	73,3	18,8	6,9	1,0	0,45	0,06	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,77
От –25 до –20,1	48,2	35,5	14,3	2,1	0,97	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,44
От –20 до –15,1	34,4	44,7	16,3	3,8	0,8	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,98
От –15 до –10,1	28,0	51,5	17,4	2,9	0,2	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,68
От –10 до –5,1	19,61	51,98	22,34	5,29	0,55	0,1	0,14	0,05	0,01	0	0	0	0	0	0	0	22,29
От –5 до –0,1	20,88	51,51	21,99	4,59	0,77	0,21	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,87
От 0 до +4,9	29,34	55,56	13,34	1,62	0,11	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,23
От + 5 до +9,9	37,31	53,2	9,02	0,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,54
От + 10 до +14,9	46,37	47,94	5,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,87
От +15 до +19,9	39,13	56,52	4,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	28,55	51,79	16,29	2,93	0,33	0,07	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.30 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Чебоксары																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	16,7	70,3	10,1	1,2	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,34
От –35 до –30,1	16,7	66,7	16,7	2,2	0,92	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,34
От –30 до –25,1	23,5	41,2	35,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,80
От –25 до –20,1	35,3	14,7	23,5	11,8	14,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,61
От –20 до –15,1	17,3	28,9	48,1	3,9	0,0	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,63
От –15 до –10,1	20,3	26,6	29,7	17,2	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,32
От –10 до –5,1	11,4	35,7	30,0	15,7	5,7	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,66
От –5 до –0,1	11,11	37,78	26,67	17,78	6,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,07
От 0 до +4,9	13,33	40,0	46,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,71
От + 5 до +9,9	10,17	54,24	28,81	6,78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,2
От + 10 до +14,9	28,85	57,7	11,54	1,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,63
От +15 до +19,9	41,67	33,33	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,68
От + 20 до +24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От +25 до +29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	18,57	38,7	29,53	9,17	3,58	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.31 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Элиста																	
<–55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –50 до –45,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –45 до –40,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
От –40 до –35,1	0	0	0	50,0	50,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –35 до –30,1	0,0	20,0	60,0	10,0	5,0	5,0	0,95	0,07	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,23
От –30 до –25,1	36,5	18,7	23,4	13,1	3,7	2,8	1,9	0,78	0,17	0,02	0	0	0	0	0	0	1,25
От –25 до –20,1	3,8	17,3	33,0	27,6	12,4	3,2	0,5	0,5	0,013	0,54	0,13	0,01	0	0	0	0	2,16
От –20 до –15,1	2,7	16,4	30,9	28,4	13,5	3,7	1,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,03	0	0	0	0	4,76
От –15 до –10,1	3,6	14,1	32,5	27,5	11,5	4,9	2,5	1,3	0,29	0,22	0,04	0	0	0	0	0	11,94
От –10 до –5,1	2,48	13,68	31,0	28,87	12,86	5,71	2,93	1,13	0,30	0,02	0,15	0,08	0	0	0	0	15,51
От –5 до –0,1	2,63	16,51	29,38	29,08	13,17	4,26	2,63	0,61	0,30	0,10	0,01	0	0	0	0	0	11,51
От 0 до +4,9	3,38	16,38	29,38	26,92	14,02	5,02	2,56	0,51	0,03	0	0	0	0	0	0	0	11,4
От + 5 до +9,9	4,98	18,1	33,28	26,38	10,22	2,97	1,57	0,7	0,09	0,09	0	0	0	0	0	0	13,36
От + 10 до +14,9	3,93	21,31	34,46	25,48	9,21	2,4	0,88	0,4	0,02	0	0	0	0	0	0	0	14,56
От +15 до +19,9	2,61	23,87	36,22	23,52	9,26	2,26	0,36	0,36	0,22	0,17	0,12	0,01	0	0	0	0	9,82
От + 20 до +24,9	2,14	20,28	38,08	24,2	8,54	4,63	1,78	0,96	0,08	0	0	0	0	0	0	0	3,28
От +25 до +29,9	11,76	5,88	35,29	17,65	17,65	5,88	5,88	2,2	0,78	0,02	0	0	0	0	0	0	0,20
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Повторяемость интервалов *V*, %	3,76	17,54	32,37	26,7	11,4	3,95	1,9	0,68	0,14	0,05	0,05	0,01	0	0	0	0	100

Таблица Е.2.32 — Годовая повторяемость и обеспеченность сочетаний температуры и скорости ветра по данным метеорологических станций Российской Федерации

Диапазон *T*, °С	Диапазон *V*, м/с																Повторяемость интервалов *T* °С, %
	0—1,9	2—3,9	4—5,9	6—7,9	8—9,9	10—11,9	12—13,9	14—15,9	16—17,9	17—19,9	20—21,9	22—23,9	24—25,9	26—27,9	28—29,9	>30	
Метеорологическая станция Якутск																	
<–55	66,67	28,33	4,0	0,82	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
От –50 до –45,1	89,49	8,89	0,54	0,093	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,83
От –45 до –40,1	83,8	13,3	0,3	0,045	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,12
От –40 до –35,1	82,0	16,4	0,3	0,033	0,022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,21
От –35 до –30,1	75,4	22,2	1,1	0,77	0,041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,60
От –30 до –25,1	72,3	25,5	0,8	0,1	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,86
От –25 до –20,1	64,4	31,8	2,3	0,02	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,94
От –20 до –15,1	55,6	39,3	4,1	0,16	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,81
От –15 до –10,1	46,2	47,3	5,7	0,7	0,066	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,13
От –10 до –5,1	40,5	50,1	8,3	0,3	0,2	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,43
От –5 до –0,1	31,4	54,8	12,7	0,8	0,1	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,54
От 0 до +4,9	32,8	54,51	12,09	0,5	0,045	0,034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,69
От + 5 до +9,9	24,73	61,09	13,36	0,55	0,15	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,39
От + 10 до +14,9	24,98	61,02	13,49	0,44	0,13	0,07	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,35
От +15 до +19,9	31,31	58,9	9,55	0,22	0,014	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,30
От + 20 до +24,9	36,98	57,74	5,16	0,12	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,21
От +25 до +29,9	32,43	66,22	1,35	0,38	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,56
От +30 до +34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Повторяемость интервалов *V*, %	49,59	42,73	6,7	0,27	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Е.3 Климатические параметры холодного периода года на территории России

Таблица Е.3 — Климатические параметры холодного периода года на территории России (*Т* — температура, *q* — относительная влажность)

Республика, край, область, пункт	*Т* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*Т* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*Т*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *Т*, °С	Средняя суточная амплитуда *Т* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Республика Адыгея									
Майкоп	–27	–22	–21	–19	–6	–34	9	79	72
Алтайский край									
Барнаул	–44	–42	–41	–39	–23	–52	10,2	79	76
Бийск	–45	–43	–41	–38	–23	–51	11	81	79
Змеиногорск	–44	–41	–40	–38	–20	–49	10,5	78	74
Кош-Агач	–49	–48	–48	–46	–36	–55	13	76	74
Родино	–44	–42	–41	–38	–23	–49	9,6	80	79
Рубцовск	–44	–41	–41	–38	–23	–49	9,7	80	79
Славгород	–43	–40	–41	–37	–24	–48	9,2	81	80
Амурская область									
Архара	–42	–40	–38	–36	–32	–50	11,7	77	73
Благовещенск	–38	–37	–36	–34	–25	–45	10,5	72	64
Дамбуки	–47	–46	–46	–43	–36	–54	13,6	66	59
Ерофей Павлович	–43	–42	–40	–38	–33	–51	15,6	79	71
Зея	–46	–44	–43	–42	–35	–52	14,7	69	63
Тында	–48	–46	–44	–42	–37	–54	12,5	75	71
Экимчан	–47	–45	–45	–44	–38	–52	11,4	74	66
Архангельская область									
Архангельск	–39	–37	–34	–31	–18	–45	7,8	86	83
Борковская	–49	–47	–44	–42	–23	–55	7,8	83	83
Койнас	–49	–47	–41	–40	–22	–52	9	84	82
Котлас	–41	–39	–37	–34	–19	–47	7,1	86	80
Мезень	–40	–39	–36	–35	–19	–49	7,8	86	86
Онега	–38	–36	–35	–31	–19	–43	7,3	85	84
Астраханская область									
Астрахань	–27	–26	–24	–23	–9	–33	7,3	84	71
Верхний Баскунчак	–32	–30	–28	–26	–14	–37	7,2	84	84
Республика Башкортостан									
Уфа	–42	–38	–38	–31	–20	–49	8,9	82	79
Белорецк	–39	–37	–37	–34	–21	–45	8,5	79	76

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Мелеуз	–42	–39	–38	–35	–20	–45	8,9	80	78
Янаул	–44	–40	–41	–37	–20	–51	8,2	82	82
Белгородская область									
Белгород	–29	–28	–27	–23	–13	–35	5,9	84	84
Брянская область									
Брянск	–34	–30	–30	–26	–14	–42	6,6	85	84
Республика Бурятия									
Улан-Удэ	–46	–40	–40	–37	–28	–51	11,1	74	68
Баргузин	–46	–44	–44	–42	–32	–52	9,9	76	76
Нижнеангарск	–38	–36	–35	–33	–28	–47	7,8	74	71
Владимирская область									
Владимир	–38	–34	–32	–28	–16	–48	6,3	84	83
Муром	–39	–35	–33	–30	–16	–45	6,4	84	83
Воронежская область									
Воронеж	–32	–31	–28	–26	–15	–37	6,7	83	76
Волгоградская область									
Волгоград	–33	–30	–28	–25	–14	–35	5,6	85	83
Камышин	–32	–30	–29	–26	–12	–37	7,1	86	81
Котельниково	–32	–29	–27	–24	–12	–38	6,8	85	84
Эльтон	–32	–31	–29	–26	–15	–36	7,4	83	82
Вологодская область									
Вологда	–42	–37	–38	–32	–17	–47	7,2	85	82
Вытегра	–40	–36	–35	–32	–16	–49	7,1	84	83
Тотьма	–39	–37	–36	–32	–18	–46	7,3	86	86
Республика Дагестан									
Махачкала	–21	–19	–17	–14	–2	–25	5,7	83	79
Дербент	–16	–13	–11	–9	0	–19	5,2	84	82
Южно-Сухокумск	–24	–23	–21	–19	–10	–35	6,2	88	85
Ивановская область									
Иваново	–38	–34	–34	–30	–17	–45	7,1	85	84
Кинешма	–39	–35	–33	–31	–17	–45	6,4	84	83

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Иркутская область									
Иркутск	–40	–38	–38	–36	–26	–50	10,5	80	78
Бодайбо	–52	–50	–50	–47	–36	–55	9	80	78
Братск	–47	–46	–45	–43	–26	–44	8,2	81	78
Жигалово	–51	–49	–49	–47	–33	–54	12,4	79	76
Зима	–47	–45	–43	–42	–28	–50	11,8	80	76
Ика	–56	–53	–51	–50	–34	–58	11,8	77	77
Илимск	–50	–49	–48	–45	–30	–59	11,8	79	76
Киренск	–55	–53	–53	–49	–34	–58	12,2	78	77
Наканно	–59	–57	–56	–54	–40	–61	11,7	77	77
Тайшет	–46	–45	–42	–40	–25	–50	10,8	78	75
Республика Кабардино-Балкария									
Нальчик	–24	–21	–20	–18	–9	–31	7	86	81
Калининградская область									
Калининград	–29	–24	–21	–19	–8	–33	5	85	82
Республика Калмыкия									
Элиста	–30	–27	–25	–23	–12	–34	5,9	90	90
Калужская область									
Калуга	–34	–31	–30	–27	–15	–46	7,3	83	83
Камчатская область									
Петропавловск-Камчатский	–26	–22	–22	–20	–10	–32	5,5	67	66
Ключи	–43	–39	–40	–35	–21	–49	9	82	81
Козыревск	–41	–39	–39	–37	–23	–48	12	82	81
Мыс Лопатка	–18	–15	–15	–13	–10	–21	3,7	84	83
Мильково	–43	–40	–40	–38	–25	–51	12,8	82	80
Начики	–40	–39	–37	–36	–23	–51	14,8	80	77
Остров Беринга	–15	–14	–12	–11	–9	–24	4,6	83	81
Оссора	–35	–34	–32	–31	–19	–41	8,9	78	74
Семячики	–19	–18	–18	–16	–11	–25	4,8	65	63
Соболево	–36	–34	–32	–30	–19	–45	13,5	80	71
Ука	–39	–37	–36	–34	–21	–43	9,6	82	81
Октябрьская	–32	–30	–28	–25	–18	–42	9,2	81	79

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Усть-Воямполка	–42	–38	–37	–35	–22	–45	10,1	83	83
Усть-Камчатск	–37	–33	–30	–28	–16	–42	8,3	81	80
Усть-Хайрюзово	–38	–35	–34	–31	–19	–42	9,1	84	81
Карачаево-Черкесская Республика									
Черкесск	–23	–21	–20	–18	–9	–29	8,3	81	73
Кемеровская область									
Кемерово	–46	–42	–42	–39	–24	–50	9,8	82	81
Киселевск	–45	–42	–40	–39	–22	–50	8,5	78	75
Тайга	–44	–43	–42	–39	–24	–53	9,4	81	79
Республика Карелия									
Петрозаводск	–37	–34	–32	–29	–16	–38	6,6	86	84
Кемь	–35	–32	–29	–27	–16	–40	7,1	86	81
Лоухи	–38	–36	–34	–31	–17	–47	8,7	86	86
Олонец	–38	–35	–34	–29	–15	–54	8,4	86	86
Сортавала	–36	–33	–31	–29	–15	–41	7,1	85	84
Кировская область									
Вятка	–39	–37	–35	–33	–19	–45	7,2	86	82
Нагорское	–42	–38	–36	–34	20	–47	6,3	87	87
Республика Коми									
Воркута	–46	–45	–43	–41	–26	–52	8,6	81	81
Печора	–51	–48	–46	–43	–25	–55	8,4	82	80
Сыктывкар	–42	–41	–39	–36	–20	–47	7,8	83	82
Троицко-Печорск	–47	–46	–43	–41	–23	–51	8,9	83	80
Усть-Щугор	–53	–50	–49	–45	–25	–58	10	82	82
Ухта	–46	–44	–41	–39	–22	–49	7,4	83	83
Костромская область									
Кострома	–40	–35	–34	–31	–17	–46	6,5	85	81
Шарья	–40	–37	–36	–32	–18	–44	6,9	86	85
Краснодарский край									
Краснодар	–27	–23	–23	–19	–7	–36	7,3	81	81
Красная Поляна	–14	–12	–11	–9	–4	–23	7,9	83	80
Приморско-Ахтарск	–27	–24	–23	–20	–14	–30	6,0	85	75

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Сочи	–9	–6	–5	–3	1	–18	6,5	72	66
Тихорецк	–28	–25	–24	–22	–8	–32	6,4	85	82
Красноярский край									
Красноярск	–48	–44	–43	–40	–22	–53	8,4	71	70
Ачинск	–49	–45	–46	–41	–23	–60	9,2	75	73
Богучаны	–51	–49	–49	–46	–29	–54	10,8	76	75
Эвенкийск. АО									
Ванавара	–57	–55	–52	–51	–35	–61	14,3	79	77
Волочанка	–56	–53	–53	–50	–36	–59	9,5	76	76
Таймырский АО									
Диксон	–45	–44	–42	–41	–31	–49	7,7	86	86
Дудинка	–53	–51	–48	–47	–35	–57	8,9	76	76
Игарка	–54	–53	–50	–49	–33	–60	9,2	77	76
Канск	–48	–46	–45	–42	–25	–51	10,4	77	75
Туруханск	–59	–56	–54	–50	–32	–61	9	78	74
Таймырский АО									
Хатанга	–55	–52	–52	–49	–38	–59	8,3	79	79
Мыс Челюскин	–46	–44	–44	–41	–33	–49	7	84	84
Курганская область									
Курган	–43	–41	–39	–37	–23	–48	8,4	79	74
Курская область									
Курск	–32	–30	–29	–26	–14	–35	6,3	86	78
Липецкая область									
Липецк	–34	–31	–29	–27	–15	–38	6,8	85	84
Ленинградская область									
Санкт-Петербург	–32	–28	–28	–25	–12	–36	5,5	86	84
Тихвин	–37	–34	–32	–29	–15	–51	7,3	85	85
Магаданская область									
Магадан (бухта Нагаева)	–34	–32	–31	–29	–22	–35	5,2	63	62
Аркагала	–56	–54	–54	–51	–42	–58	7,5	73	72
Омсукчан	–56	–53	–54	–50	–38	–56	8	74	74

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Палатка	–46	–41	–44	–38	–27	–44	9,1	69	69
Сусуман	–59	–57	–58	–55	–43	–61	9,2	73	73
Республика Марий Эл									
Йошкар-Ола	–42	–39	–38	–34	–19	–47	8	83	82
Республика Мордовия									
Саранск	–38	–34	–34	–30	–17	–44	6,7	83	83
Московская область									
Дмитров	–36	–33	–32	–28	–15	–43	6,3	84	84
Кашира	–36	–32	–31	–27	–16	–44	6,3	85	85
Мурманская область									
Мурманск	–35	–32	–29	–27	–18	–39	6,2	84	81
Вайда-Губа	–22	–20	–19	–17	–11	–27	5,8	84	83
Кандалакша	–38	–34	–35	–30	–17	–44	8,2	85	81
Мончегорск	–40	–38	–34	–30	–18	–44	9,5	84	84
Териберка	–26	–24	–23	–21	–13	–31	6,8	79	79
Нижегородская область									
Нижний Новгород	–37	–34	–33	–30	–16	–48	6,1	83	81
Арзамас	–40	–36	–35	–32	–17	–43	7	85	84
Выкса	–38	–34	–33	–30	–16	–45	6,9	85	82
Новгородская область									
Новгород	–38	–31	–33	–27	–12	–45	6,8	85	85
Новосибирская область									
Новосибирск	–44	–42	–42	–39	–24	–50	9,2	79	77
Барабинск	–44	–42	–42	–39	–25	–48	9,2	82	81
Болотное	–43	–42	–40	–39	–24	–51	8,3	82	80
Купино	–42	–41	–41	–38	–25	–49	9	80	79
Татарск	–43	–41	–40	–39	–25	–48	9,6	83	82
Чулым	–44	–42	–42	–39	–25	–52	9,2	80	79
Омская область									
Омск	–42	–40	–38	–37	–24	–49	8,8	80	80
Исиль-Куль	–43	–40	–39	–36	–24	–46	9,4	82	80
Тара	–46	–43	–42	–40	–25	–50	9,4	83	81

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Оренбургская область									
Оренбург	–37	–36	–34	–31	–20	–43	8,1	80	78
Кувандык	–41	–38	–34	–30	–20	–44	8,1	76	74
Сорочинск	–36	–34	–33	–29	–20	–43	8,1	81	79
Орловская область									
Орел	–35	–31	–30	–26	–13	–39	6,5	86	86
Пензенская область									
Пенза	–35	–33	–32	–29	–17	–43	7,1	84	84
Земетчино	–37	–34	–32	–29	–15	–43	7,9	84	83
Пермская область									
Пермь	–42	–39	–38	–35	–20	–47	7,1	81	78
Чердынь	–45	–42	–40	–37	–22	–52	6,9	86	83
Приморский край									
Владивосток	–27	–25	–24	–22	–15	–31	8,2	61	58
Анучино	–35	–33	–33	–31	–25	–44	16,6	73	59
Дальнереченск	–36	–34	–33	–31	–25	–42	10,6	73	66
Партизанск	–26	–24	–23	–22	–18	–30	9,9	54	47
Посьет	–23	–22	–20	–19	–16	–27	8,4	52	46
Рудная Пристань	–25	–23	–21	–20	–17	–30	10	46	40
Псковская область									
Псков	–35	–31	–30	–26	–12	–41	6,1	86	81
Великие Луки	–34	–31	–31	–27	–14	–46	7,1	84	78
Ростовская область									
Ростов-на-Дону	–29	–24	–24	–20	–8	–33	6,1	82	77
Миллерово	–31	–29	–27	–25	–13	–36	6,5	84	83
Таганрог	–28	–26	–25	–22	–10	–32	5,5	86	85
Рязанская область									
Рязань	–36	–33	–30	–27	–16	–41	7	83	84
Самарская область									
Самара	–39	–36	–36	–28	–17	–43	6,5	83	80
Свердловская область									
Екатеринбург	–40	–38	–35	–32	–19	–47	7,0	78	75

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Ивдель	–46	–43	–43	–39	–24	–49	14,4	78	75
Саратовская область									
Саратов	–34	–33	–30	–20	–16	–37	6,9	82	82
Александров Гай	–31	–30	–29	–28	–17	–40	8,3	82	79
Сахалинская область									
Южно-Сахалинск	–28	–26	–25	–24	–19	–36	10,8	81	71
Александровск-Сахалинский	–32	–30	–29	–27	–19	–41	9	77	77
Курильск	–21	–17	–19	–15	–12	–27	6,9	80	75
Невельск	–20	–19	–18	–16	–14	–25	5,4	72	66
Ноглики	–36	–35	–33	–32	–25	–48	10,3	76	69
Оха	–34	–32	–31	–29	–25	–39	6,8	81	81
Поронайск	–34	–31	–30	–28	–22	–40	9,5	69	64
Южно-Курильск	–16	–15	–13	–12	–11	–20	6,1	74	73
Республика Северная Осетия									
Владикавказ	–24	–20	–20	–18	–5	–28	9,5	82	77
Смоленская область									
Смоленск	–34	–31	–28	–26	–14	–41	6,1	86	81
Ставропольский край									
Ставрополь	–26	–23	–22	–19	–8	–31	6,6	82	78
Невинномысск	–23	–21	–20	–18	–6	–36	8,0	84	81
Пятигорск	–26	–23	–22	–20	–7	–33	8,3	83	73
Тамбовская область									
Тамбов	–34	–32	–30	–28	–16	–39	6,7	84	83
Республика Татарстан									
Казань	–38	–35	–33	–31	–17	–47	6,7	83	66
Бугульма	–40	–36	–36	–33	–19	–47	6,7	86	85
Елабуга	–42	–38	–38	–34	–19	–47	7,7	81	80
Тверская область									
Тверь	–37	–33	–33	–29	–15	–50	7,2	85	85
Бежецк	–38	–34	–34	–31	–16	–52	6,8	84	84
Ржев	–37	–33	–31	–28	–15	–47	6,6	85	85

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Томская область									
Томск	–47	–44	–44	–40	–24	–55	8,7	80	78
Александровское	–49	–46	–44	–42	–27	–51	9,2	82	81
Республика Тыва									
Кызыл	–49	–48	–48	–47	–37	–54	10,9	73	69
Тульская область									
Тула	–35	–31	–30	–27	–15	–42	6,8	83	82
Тюменская область									
Тюмень	–45	–42	–42	–38	–22	–50	9,2	81	78
Салехард	–48	–46	–43	–42	–29	–54	10,2	84	84
Тарко-Сале	–53	–50	–48	–46	–30	–55	9,9	79	79
Тобольск	–47	–43	–44	–39	–22	–52	9,5	82	81
Уренгой	–53	–50	–49	–46	–31	–56	9,9	78	78
Ханты-Мансийск	–47	–45	–45	–41	–27	–49	8,7	82	81
Удмуртская Республика									
Ижевск	–41	–38	–38	–34	–20	-48	6,9	85	80
Ульяновская область									
Ульяновск	–38	–36	–36	–31	–19	–48	7,4	82	81
Хабаровский край									
Хабаровск	–34	–32	–31	–29	–24	–43	7,6	74	72
Аян	–33	–31	–30	–28	–24	–37	7,2	50	47
Екатерино-Никольское	–34	–32	–32	–30	–26	–43	10,7	70	62
Комсомольск-на-Амуре	–38	–37	–37	–35	–27	–45	9,9	79	77
Николаевск-на-Амуре	–41	–38	–39	–35	–25	–47	8,5	78	76
Советская Гавань	–32	–30	–29	–27	–23	–40	11,3	70	58
Чумикан	–35	–34	–34	–32	-29	–43	5,3	73	71
Республика Хакасия									
Абакан	–44	–42	–41	–40	–25	–47	10,8	79	75
Челябинская область									
Челябинск	–39	–38	–35	–34	–21	–48	9,4	78	78

Продолжение таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Верхнеуральск	–39	–38	–35	–34	–21	–48	10,3	78	75
Чеченская Республика									
Грозный	–23	–22	–20	–18	–9	–32	7,1	89	81
Читинская область									
Чита	–44	–41	–42	–38	–31	–47	14,5	75	64
Борзя	–45	–42	–44	–40	–32	–52	13,9	78	78
Могоча	–47	–45	–43	–41	–35	–53	15,2	76	76
Нерчинск	–48	–46	–47	–44	–36	–54	13,3	77	73
Чара	–50	–49	–48	–46	–39	–56	13,4	79	79
Чувашская Республика									
Чебоксары	–40	–36	–35	–32	–18	–44	6,8	84	84
Чукотский АО									
Анадырь	–43	–42	–42	–40	–27	–45	7,7	81	81
Марково	–52	–50	–51	–48	–31	–60	11	79	77
Омолон	–56	–53	–50	–47	–37	–61	9,6	75	74
Островное	–57	–53	–55	–51	–39	–58	9,2	75	75
Республика Саха (Якутия)									
Якутск	–59	–57	–57	–54	–45	–64	8,9	73	72
Верхоянск	–63	–61	–62	–59	–51	–68	7,3	74	74
Вилюйск	–58	–56	–53	–52	–43	–61	8,3	75	75
Витим	–56	–54	–53	–51	–34	–61	11,2	76	74
Воронцово	–55	–53	–52	–51	–43	–57	8,7	76	76
Зырянка	–54	–53	–53	–51	–42	–56	6,9	77	77
Кюсюр	–58	–56	–56	–54	–43	–60	8	74	74
Ленск	–55	–53	–52	–49	–35	–57	10	75	75
Нюя	–56	–53	–52	–50	–35	–61	9,3	73	73
Оймякон	–63	–62	–61	–60	–53	–68	9,3	74	74
Оленек	–62	–59	–58	–57	–46	–63	10	75	75
Усть-Мома	–62	–60	–59	–58	–50	–62	9,3	76	76
Ненецкий АО									
Нарьян-Мар	–44	–42	–40	–37	–22	–48	8,6	83	80
Варандей	–40	–39	–37	–36	–24	–44	8,8	86	85

Окончание таблицы Е.3

Республика, край, область, пункт	*T* наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		*T* наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		*T*, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная *T*, °С	Средняя суточная амплитуда *T* наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная *q* воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная *q* в 15 ч наиболее холодного месяца, %
	0,98	0,92	0,98	0,92					
Индига	–39	–38	–35	–33	–20	–43	8	84	84
Канин Нос	–28	–25	–25	–23	–15	–38	5,6	87	86
Хоседа-Хард	–48	–46	–43	–42	–25	–53	9,5	83	82
Ярославская область									
Ярославль	–37	–34	–34	–31	–17	–46	8,3	83	82

Приложение Ж
(справочное)

Общие представления о природе отложений и механизмах воздействия льда, изморози и снега на элементы конструкции ВЭУ

Ж.1 Физические механизмы образования ГИО

Интенсивность ГИО различных типов (льда, инея, изморози или снега) пропорциональна плотности жидкой фазы воды в воздухе или водности ω, г/м^3, а также интенсивности ее попадания на поверхность в виде дождя или мороси, определяемой вертикальной скоростью падения капель (от 0,001 до 7 м/с) и скоростью их сноса ветровыми потоками (до 10 м/с и более). При подвижной поверхности (лопасти ВЭУ) скорость поступающей на нее водяной фазы достигает 100 м/с и более с соответствующим многократным повышением интенсивности ГИО. Образованию ГИО может способствать наличие и концентрация содержащихся в воздухе солей, являющихся, с одной стороны, ядрами кристаллизации, ускоряющими ледообразование, а с другой стороны, понижающими точку замерзания воды и замедляющими ГИО.

Наиболее благоприятные условия для ГИО и опасные для ВЭУ реализуются в туманах с высокой водностью ω, определяемой размерами (от 1 до 60 мкм при средней величине от 5 до 15 мкм и от 2 до 5 мкм при положительных и отрицательных температурах воздуха соответственно) и массовой концентрацией водяных капель в единице объема, растущей с повышением температуры (см. таблицу Ж.1) при относительной влажности воздуха, близкой к 100 % и при дефиците точки росы <1 °С.

Таблица Ж.1 — Зависимость водности туманов ω от температуры (см. [21])

Температура T, °С	–15	–10	–5	–3
ω, г/м^3	0,04—0,11	0,08—0,15	0,13—0,24	0,17—0,35

Значимой при моделировании ГИО характеристикой туманов является их длительность, составляющая от нескольких часов до нескольких суток, и возможная частота их образования ГИО (см. таблицу Ж.2).

Таблица Ж.2 — Среднегодовое количество суток N с туманом в городах по ГОСТ Р 55589

Город	N	Город	N	Город	N	Город	N
Архангельск	27	Астрахань	38	Владивосток	106	Воронеж	46
Екатеринбург	7	Иркутск	42	Казань	26	Калининград	35
Москва	8	Мурманск	23	Нарьян-Мар	37	Омск	32
Оренбург	20	Петропавловск-Камчатский	80	Ростов-на-Дону	50	Самара	27
Санкт-Петербург	20	Ставрополь	62	Сыктывкар	15	Томск	18
Хабаровск	21	Ханты-Мансийск	15	Южно-Курильск	124	Якутск	60

Ж.2 Характеристики и распределение ГИО по территории России

ГИО на поверхности наземных технических объектов, конструкций, сооружений подразделяют на следующие виды:

- гололед (стекловидный или матовый) плотностью от 0,6 до 0,9 г/см^3;
- зернистая (плотная) изморозь плотностью ≈0,4 г/см^3;
- кристаллическая изморозь (инеевидный осадок) плотностью ≈0,2 г/см^3;
- отложения мокрого снега плотностью ≈0,4 г/см^3;
- различные смеси этих осадков (сложное отложение) плотностью от 0,25 до 0,5 г/см^3.

В таблице Ж.3 даны характеристики метеорологических условий для ГИО.

Таблица Ж.3 — Характеристики метеорологических условий для ГИО

Вид обледенения	Температура воздуха, °С	Скорость ветра		Сопутствующие атмосферные явления
		Средняя	Максимальная	
Гололед	От 0 до 4	0—15	40	Морось, дождь, туман
Зернистая изморозь	От –3 до –20	1—15	40	Морось, туман

Окончание таблицы Ж.3

Вид обледенения	Температура воздуха, °С	Скорость ветра		Сопутствующие атмосферные явления
		Средняя	Максимальная	
Кристаллическая изморозь	От –5 до –30	0—3	5—7	Дымка, туман
Иней	От –10 до –30	0—2	3—5	Без сопутствующих атмосферных явлений
Мокрый снег	От +1 до +2	0—10	20—30	Налипающий мокрый снег
Смесь ГИО	От 0 до 20	1—15	30—40	Морось, дождь, крупа, мокрый снег, туман

Атмосферные параметры и явления, приводящие к ГИО, приведены в таблице Ж.4 и представлены на рисунке Ж.1.

Таблица Ж.4 — Атмосферные параметры и явления, определяющие ГИО

Тип льда	Температура воздуха T, °С	Скорость ветра м/с	Размер капли	Содержание воды в воздухе	Длительность осадков
Обледенение вследствие атмосферных осадков					
Гололед (изморозь, замерзающий дождь)	$-10 < T < 0$	Любая	Большой	Среднее	ч
Мокрый снег	$0 < T < +3$	Любая	Хлопья	Высокое	ч
Внутриоблачное обледенение					
Гололед	Согласно	рисунку Ж.1	Средний	Высокое	ч
Твердая изморозь	Согласно	рисунку Ж.1	Средний	Среднее	сут
Мягкая изморозь	Согласно	рисунку Ж.1	Малый	Низкое	сут

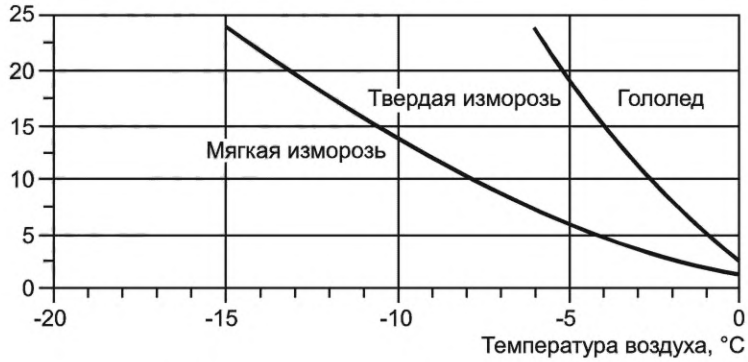

Рисунок Ж.1 — Тип ГИО в функции скорости ветра и температуры воздуха

Для предварительных оценок вероятности ГИО рекомендуется использовать данные о средних месячных и годовых количествах дней с ГИО в репрезентативных пунктах, расположенных в разных климатичеких регионах (см. таблицу Ж.5).

Таблица Ж.5 — Средние месячные и годовые количества дней с ГИО разных типов в пунктах России

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Анадырь													
Гололед	0,2	0,04	0,1	0	0,3	0,2	0,03	0	0	0	1	0,1	2
Изморозь	3	4	3	2	1	0,1	0	0	0	1	3	3	20

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Сложное отложение	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0,03	0,2
Александровск-на-Сахалине													
Гололед	0,3	0	0,1	0,2	0,03	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	1
Изморозь	4	3	1	0,4	0,03	0	0	0	0	0,03	0,1	1	10
Налипание мокрого снега	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,2
Алдан													
Изморозь	0,03	0	0,1	0	0	0	0	0	0,03	0,2	0,1	0,1	1
Анапа													
Гололед	0,3	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	1	2
Архангельск													
Гололед	1	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0	1	2	1	6
Изморозь	11	8	5	2	0,03	0	0	0	0,03	1	6	10	43
Сложное отложение	0,2	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3
Астрахань													
Гололед	3	2	1	0,03	0	0	0	0	0	0,03	1	2	9
Изморозь	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,4	2	5
Налипание мокрого снега	0	0,1	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Аян													
Гололед	0	0,1	0,1	1	3	0	0	0	0	0	0,2	0	4
Изморозь	0,1	0,3	1	2	1	0,03	0	0	0	0	0,03	0,1	5
Налипание мокрого снега	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0,2	0	0,4
Барнаул													
Гололед	0,03	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	1
Изморозь	5	5	3	0,1	0	0	0	0	0	0,2	3	4	20
Богучаны													
Гололед	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0,03	0,4	0,1	0	1
Изморозь	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,03	0,2	1
Ванавара													
Гололед	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,2
Изморозь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,4	1
Верхоянск													
Гололед	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0,2
Изморозь	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	1	1

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Вилюйск													
Метель	6	5	6	4	1	0,03	0	0	0,2	4	6	6	38
Изморозь	0	0,2	1	0,3	0	0	0	0	0	1	1	1	5
Владивосток													
Гололед	0,03	0	0,2	0,1	0	0	0	0,03	0	0,1	0,4	0,2	1
Изморозь	0,2	0,2	0,1	0	0,1	0	0	0,03	0,03	0	0	0,03	1
Сложное отложение	0,1	0	0,03	0,1	0,2	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	0,03	1
Волгоград													
Гололед	3	3	1	0,2	0	0	0	0	0,03	0,1	2	5	14
Изморозь	0	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,03	1	1
Сложное отложение	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,03	0	3	5
Вологда													
Гололед	2	1	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0,4	2	2	8
Изморозь	6	5	2	0,1	0	0	0	0	0	0	3	5	21
Воркута													
Гололед	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,03	0	0,1	1	1	0,2	3
Воронеж													
Гололед	3	2	1	0,2	0	0	0	0	0	0,1	2	3	11
Изморозь	0,1	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,4
Налипание мокрого снега	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,03	1
Сложное отложение	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4
Диксон													
Гололед	0	0	0,1	1	2	4	2	1	1	2	1	0	14
Изморозь	6	8	6	4	2	0,2	0,1	0,1	1	3	6	6	42
Сложное отложение	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0	0,3	1
Екатеринбург													
Гололед	0,1	0,2	0,1	1	0,2	0	0	0	0	0,3	1	0,4	3
Изморозь	5	3	1	0,1	0,03	0	0	0	0	0,03	2	4	15
Гололед	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,1	0	0,1
Иман													
Гололед	2	1	1	0,2	0	0	0	0	0	1	3	4	12
Изморозь	8	6	3	0,2	0	0	0	0	0	1	4	7	29
Налипание мокрого снега	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,03	0,1
Сложное отложение	0,03	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,3

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Иркутск													
Гололед	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,1	0	0,1
Изморозь	6	2	0,2	0	0	0	0	0	0	0,3	3	9	21
Казань													
Гололед	2	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0,4	2	3	10
Изморозь	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	9
Налипание мокрого снега	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,03	0	0,1	1
Сложное отложение	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Кандалакша													
Гололед	0,3	1	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0,1	1	0	3
Изморозь	9	6	4	1	0	0	0	0	0	1	4	9	34
Налипание мокрого снега	0,4	0,2	1	0,3	0,3	0	0	0	0	0	1	1	4
Сложное отложение	1	1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Канин Нос													
Гололед	0,4	0	0,2	1	1	0,3	0,03	0	0	0,1	0,2	0,03	3
Изморозь	0,03	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,2
Сложное отложение	0	0	0	0,1	0,03	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2
Керчь													
Гололед	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,03	1	4
Изморозь	0,1	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,3
Киров													
Гололед	3	1	1	0,4	0,03	0	0	0	0	1	4	4	14
Изморозь	6	3	1	0,1	0	0	0	0	0	0,2	2	4	16
Налипание мокрого снега	0	0	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0,03	0,2	1	1
Сложное отложение	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3
Кострома													
Гололед	2	1	0,4	0,1	0,03	0	0	0	0	1	2	4	11
Изморозь	6	5	1	0	0	0	0	0	0	0,2	3	6	21
Сложное отложение	0,3	0	0,1	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1
Краснодар													
Гололед	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	1	4
Налипание мокрого снега	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,1
Курган													
Гололед	0,2	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,2	1	0	2

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Изморозь	4	3	2	0,1	0	0	0	0	0	0,1	2	4	15
Курск													
Гололед	4	3	1	0,2	0	0	0	0	0	0,1	3	6	17
Изморозь	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	12
Налипание мокрого снега	0,3	0,2	0,3	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	1
Сложное отложение	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Магадан													
Гололед	0	0	0	0,1	1	0	0	0	0	0,1	0	0,1	1
Изморозь	0,3	1	1	2	3	0,1	0	0	0	0	0,1	1	9
Сложное отложение	0	0	0	0	0,1	0	0,03	0	0,03	0	0	0	0,2
Магнитогорск													
Гололед	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0,4	1	0,1	2
Изморозь	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	4
Махачкала													
Гололед	1	2	0,3	0	0	0	0	0	0	0,03	0	1	4
Изморозь	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4
Налипание мокрого снега	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,3
Мурманск													
Гололед	0,2	0,1	0,1	0,03	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	1
Изморозь	13	10	6	1	0,1	0	0	0,03	0,2	2	9	11	52
Налипание мокрого снега	0,03	0,1	0,03	0,03	0,3	0	0	0	0,04	1	0,3	0,1	2
Сложное отложение	0,03	0	0,03	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0,3	0,4
Мыс Уэлен													
Гололед	0,1	0,1	0	0,2	2	2	0,03	0	0,1	0,2	0	0,1	5
Изморозь	0,3	0,2	0,1	0,1	0	0,03	0,1	0	0,1	0	0,1	0,2	1
Сложное отложение	0	0,04	0	0,1	0,2	0	0	0	0,03	0	0	0,1	0
Мыс Челюскин													
Гололед	0	0	0	0	0,2	2	2	4	3	0,3	0,03	0	12
Изморозь	0	0,3	0	0	0,03	0	0	0	0,1	0	0,3	0,3	1
Сложное отложение	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,1	0,1	0	0	0,2
Нарьян-Мар													
Гололед	2	1	1	1	1	0,1	0	0	0,1	1	2	2	11
Изморозь	8	6	3	2	0	0,03	0	0	0,2	1	6	9	35
Налипание мокрого снега	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,2

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Нижний Новгород													
Гололед	2	1	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0,2	2	3	9
Налипание мокрого снега	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,2	1
Сложное отложение	0,1	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2
Николаевск-на-Амуре													
Изморозь	0,1	0,1	0,3	0,2	0	0	0	0	0,1	0	0,3	0,2	1
Сложное отложение	0	0	0,03	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,03	0,2
Оймякон													
Изморозь	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,2	0	0	0,3
Омск													
Гололед	0,1	0,2	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0,4	1	1	3
Изморозь	2	2	2	0,2	0	0	0	0	0	0,1	1	2	9
Налипание мокрого снега	0,3	0,03	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,03	0,4	0,2	1
Сложное отложение	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1
Онега													
Гололед	1	0,4	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0,2	1	1	4
Изморозь	9	7	3	1	0,03	0	0	0	0	0,4	4	8	32
Сложное отложение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2
Оренбург													
Гололед	2	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0,03	2	3	9
Изморозь	3	3	4	0,2	0	0	0	0	0	0,1	1	4	15
Сложное отложение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Остров Визе													
Гололед	0	0	0,1	0	0,2	1	1	2	2	0,2	0	0	7
Изморозь	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1
Сложное отложение	0	0	0	0	0	0,1	0	0,03	0,1	0,1	0	0	0,3
Остров Врангеля													
Гололед	0,1	0,3	0,03	0,1	2	3	1	2	2	1	1	0,2	13
Изморозь	2	3	1	2	2	0,2	0	0,2	1	1	1	1	14
Налипание мокрого снега	0	0	0	0,1	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,1
Сложное отложение	0,03	0,2	0	0,1	0,3	0,1	0,03	0	0,1	0,1	0	0,3	1
Остров Хейса													
Гололед	0	0	0	0	0,3	1	1	1	2	0,1	0	0	5
Изморозь	1	2	1	0,2	0,1	0	0	0,3	0,3	0,3	1	1	7

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Сложное отложение	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1
Остров Котельный													
Гололед	0	0	0	0,03	0,1	1	1	0	0,3	0,1	0	0	3
Охотск													
Гололед	0	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0	0,03	0	0	0,3
Изморозь	0,1	0,3	1	2	1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	5
Певек													
Гололед	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,3	0,2	0	0	0	1
Пермь													
Гололед	1	1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	2	2	6
Изморозь	3	2	1	0,1	0	0	0	0	0	0,03	1	3	10
Налипание мокрого снега	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	1
Сложное отложение	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Петропавловск-Камчатский													
Гололед	0,1	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0,1	0,03	0
Налипание мокрого снега	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0	0	0	0	0,03	0,2	0,3	2
Сложное отложение	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Печора													
Гололед	3	2	0,2	0,3	0,4	0,03	0	0	0	2	3	3	14
Изморозь	9	6	4	1	0	0	0	0	0,1	1	7	9	37
Сложное отложение	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Приморско-Ахтарск													
Гололед	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5
Изморозь	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,1	1	3
Налипание мокрого снега	0,1	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,1	0,3
Псков													
Гололед	2	1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0,2	1	2	7
Изморозь	2	2	1	0,03	0	0	0	0	0	0,1	1	2	8
Налипание мокрого снега	0,4	0,1	0,1	0,03	0	0	0	0	0	0,1	0	0,3	1
Сложное отложение	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1
Ростов-на-Дону													
Гололед	4	3	1	0,1	0	0	0	0	0	0	1	4	13
Изморозь	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1	6
Налипание мокрого снега	0,1	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	1

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Сложное отложение	1	0,1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Салехард													
Гололед	0	0	0,1	0,2	1	0,1	0	0	0,1	1	0,3	0,03	3
Изморозь	5	3	1	0,4	0	0	0	0	0,1	1	4	4	19
Самара													
Гололед	1	1	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0,1	1	2	6
Санкт-Петербург													
Гололед	2	1	0,2	0,03	0	0	0	0	0	0	1	1	5
Изморозь	3	3	1	0,03	0	0	0	0	0	0	0,4	2	9
Налипание мокрого снега	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,4	1	5
Сложное отложение	0,2	0,1	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1
Саратов													
Гололед	4	3	2	0,1	0	0	0	0	0	0,2	3	5	17
Изморозь	2	2	2	0,1	0	0	0	0	0	0,03	1	2	9
Сложное отложение	3	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6
Симферополь													
Гололед	5	3	2	0,1	0	0	0	0	0	0,03	1	4	15
Изморозь	1	1	0	0,03	0	0	0	0	0	0,03	0,1	1	3
Налипание мокрого снега	0,2	0	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4
Сложное отложение	2	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Смоленск													
Гололед	4	3	1	0,3	0	0	0	0	0	0,3	3	6	18
Изморозь	4	3	1	0,03	0	0	0	0	0	0,03	1	5	14
Сложное отложение	1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Сыктывкар													
Гололед	2	1	0,4	0,4	0,1	0	0	0	0,1	1	3	4	12
Изморозь	8	5	3	0,2	0	0	0	0	0	0	5	7	28
Сложное отложение	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,3
Тамбов													
Гололед	3	2	1	0,1	0	0	0	0	0	0,2	2	5	13
Изморозь	3	2	1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	1	3	10
Сложное отложение	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0,1	0,3
Тверь													
Гололед	1	1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,2	1	2	5

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Изморозь	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,03	1
Налипание мокрого снега	1	0,3	0,2	0,1	0,03	0	0	0	0	0,1	0	0,2	2
Тикси													
Гололед	0	0	0	0	2	1	0	0	1	2	0	0	6
Изморозь	0	0	1	3	3	0	0	0	0	2	1	0	10
Налипание мокрого снега	0	0	0,2	0,4	0,3	0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,1	0	1,7
Сложное отложение	0	0	0,3	0,5	0,5	0,2	0	0	0,3	0,6	0,2	0	2,4
Тобольск													
Гололед	0,1	0,04	0,1	0,3	0,1	0	0	0	0	0	1	0,2	2
Изморозь	7	4	3	0,3	0	0	0	0	0,03	0,4	3	6	24
Налипание мокрого снега	0,03	0,03	0,3	0,1	0,03	0	0	0	0,03	0,2	0	0,03	1
Сложное отложение	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,2
Томск													
Гололед	0,03	0,1	0,1	0,03	0,1	0	0	0	0,03	1	1	0,2	3
Изморозь	5	3	2	0,2	0	0	0	0	0	0,2	3	5	18
Налипание мокрого снега	0	0	0,1	0,03	0	0	0	0	0	0,1	0,03	0,1	0,4
Сложное отложение	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Тула													
Гололед	2	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	1	2	7
Налипание мокрого снега	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	1
Туруханск													
Гололед	0	0	0,1	0,03	0,03	0	0	0	0,1	1	0,3	0,3	2
Изморозь	4	4	3	1	0,1	0	0	0	0,03	2	4	5	23
Тюмень													
Гололед	0	0,1	0,4	0,3	0,1	0	0	0	0,03	0,2	1	0,2	2
Изморозь	3	1	1	0	0	0	0	0	0,03	0,1	1	2	8
Налипание мокрого снега	0,03	0	0,03	0,1	0,1	0	0	0	0,03	0,2	0,3	0,03	1
Улан-Удэ													
Изморозь	1	0,3	0,2	0	0	0,03	0	0	0	0,1	1	2	5
Усть-Мая													
Гололед	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0,1	0	0	0,1
Изморозь	0	0,1	0,3	0,1	0	0	0	0	0	1	1	0,3	3
Уфа													
Гололед	2	1	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0,4	1	2	7

Продолжение таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Изморозь	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,03	0,3	1	4
Налипание мокрого снега	0	0	0,03	0,1	0	0	0	0	0	0,03	0,1	0,03	0,3
Хабаровск													
Гололед	0	0	0	0,03	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0,1	0	0,2
Изморозь	4	3	1	0,2	0,1	0	0	0	0	0,1	1	2	11
Ханты-Мансийск													
Гололед	0,2	0,04	0,3	1	0,4	0	0	0	0	1	1	1	5
Изморозь	10	7	3	0,2	0	0	0	0	0,03	1	5	10	36
Налипание мокрого снега	0	0	0,03	0	0,1	0	0	0	0,03	0,1	0,1	0	0,4
Сложное отложение	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,2	0,4
Хатанга													
Гололед	0,1	0,2	0	0	1	1	0,03	0,03	0	1	0,1	0	3
Изморозь	14	12	7	1	1	0,1	0	0	1	4	9	11	60
Сложное отложение	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1
Хоседа-Хард													
Гололед	0,03	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0,3	1
Изморозь	2	3	1	0	0,3	0	0	0	0,1	1	3	4	14
Челябинск													
Гололед	0	0	1	0	0,1	0	0	0	0,2	0	0	0,4	2
Изморозь	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1	3
Череповец													
Гололед	1	1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	1	1	4
Чокурдах													
Гололед	0	0	0	0,03	0,2	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	1
Изморозь	14	14	9	5	3	0,03	0	0	0	8	14	16	83
Сложное отложение	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,2
Южно-Курильск													
Гололед	0,2	0,3	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,03	3
Изморозь	0,1	0,1	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Южно-Сахалинск													
Гололед	0,03	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,4
Изморозь	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Налипание мокрого снега	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2
Сложное отложение	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03

Окончание таблицы Ж.5

Тип ГИО	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Якутск													
Изморозь	22	9	1	0,03	0	0	0	0	0,1	1	5	21	59
Сложное отложение	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	1

Ж.3 Механизмы и эффекты воздействия ГИО на ВЭУ

Неблагоприятными причинами влияния ГИО на работу и эксплуатацию ВЭУ являются следующие:

- приведение в нерабочее состояние системы управления ВЭУ за счет обледенения датчиков скорости и направления ветра и, как следствие, остановка и дополнительные неплановые простои ВЭУ.

Примечание — Измерения ветра на ВИК свидетельствуют о высокой вероятности обледенения неподогреваемых анемометров (до 5 %—10 % годового времени) в холодные периоды года в большинстве регионов России;

- снижение аэродинамического качества лопастей ВК ВЭУ, приводящее к задержкам при запуске и к существенному снижению мощности ВЭУ;
- неравномерности вращения ВК ВЭУ, обуславливающие повышенные динамические нагрузки на лопасти и ВК ВЭУ и увеличивающие риски их поломок и разрушения;
- увеличение статической и динамической нагрузки на башню и фундамент ВЭУ;
- напряжения и деформации в крепежных узлах и растяжках мачт ВЭУ, ослабляющие устойчивость конструкции с возможным падением ВЭУ.

Примечание — Толщина ГИО на конструктивных элементах ВЭУ (лопастях, башнях, мачтах с растяжками, анемометрах, ЛЭП и пр.) достигает нескольких сантиметров, а их весовая нагрузка — десятков килограмм на погонный метр или на 1 м^2 площади конструкции;

- колебания тросов, оттяжек, секций мачт и лопастей ВК ВЭУ, обусловленные аэродинамической неустойчивостью обтекания их профилей, искаженного ГИО;
- рост ветровой нагрузки на элементы ВЭУ за счет увеличения их площадей;
- ударные динамические воздействия, напряжения и вибрации в конструкции ВЭУ, вызываемые осыпанием гололеда с лопастей ВК и прочих элементов ВЭУ;
- вероятность повреждений вокруг ВЭУ, вызываемых падающими и разлетающимися осколками льда, отложенного на лопастях ВК ВЭУ.

Расчет ГИО и связанных с ними нагрузок на ВЭУ существенно зависит от характеристик объекта или его элементов, подверженных обледенению, в том числе:

- от размера (диаметра, ширины, толщины);
- формы (плоской, цилиндрической, сферической, с острыми краями и т. д.);
- гибкости или жесткости элемента при изгибе, кручении и т. д.);
- ориентации относительно направления ветра (угла наклона);
- механических условий работы элемента (наличия и уровня вибраций, ударов, центробежных и инерционных нагрузок);
- материала (дерево, сталь, специальные сплавы, пластик, бетон и т. д.);
- структуры поверхности (естественной, соответствующей материалу элемента, либо окрашенной, либо со специальным гидрофобным покрытием и пр.).

Для оценки интенсивности образования ГИО g, мм/ч, на лопастях ВЭУ рекомендуется используемая в авиации математическая модель, основанная на аэродинамической аналогии процессов льдообразования на лопастях ВЭУ и крыльях и винтах самолетов и вертолетов (см. ГОСТ 21508). При этом g рассчитывают по формуле

$$g = 3{,}6 \cdot C_h \cdot U \cdot L \cdot \omega \cdot \beta_h \cdot 10^{-3}/\rho, \quad (Ж.1)$$

где C_h — интегральный коэффициент захвата, определяющий долю осаждаемой на лопастях или иных элементах ВЭУ влаги, содержащейся в набегающем на них воздушном потоке;

U — скорость ветра при неподвижном ВК ВЭУ, м/с, или линейная скорость элемента лопасти, определяемого по формуле

$$U = 3{,}14 \cdot n \cdot R, \quad (Ж.2)$$

где n — число оборотов в минуту вращающегося ВК ВЭУ;

R — расстояние от центра ВК ВЭУ до рассматриваемой части лопасти;

L — характерный размер лопасти (ее ширина при вращающемся ВК или толщина при неподвижном ВК ВЭУ);

ω — водность воздуха, изменяемая в диапазоне от 0,03 до 1 г/м^3;

β_h — коэффициент намерзания, определяющий долю замерзшей из осевшей влаги;

ρ — плотность ГИО, определяемая по данным таблицы Ж.6, г/см^3.

Погрешности при расчетах интенсивности и массы ГИО на лопастях ВЭУ по формуле (Ж.1) обусловлены неточностью задания в ней коэффициентов C_h и β_h. В предположении об осаждении на лопасти лишь части жидкой водяной фракции, содержащейся в набегающем воздухе, интегральный коэффициент захвата C_h для неподвижного и вращающегося ВК в зависимости от профиля лопасти ВЭУ и свойств ее поверхности (материала, гладкости) изменяться в диапазонах соответственно:

$$0{,}02 < C_h < 0{,}05; \quad (Ж.3)$$

$$0{,}2 < C_h < 0{,}5. \quad (Ж.4)$$

Используемые в расчетах интенсивности ГИО значения C_h должны быть обоснованы эмпирическими данными, но для оценок на этапе ПТЭО рекомендуется использовать средние значения согласно неравенствам (Ж.3) и (Ж.4).

Погрешности при расчетах по формуле (Ж.1) связаны также с неточностью задания в ней коэффициента намерзания β_h, зависящего от размера водяных капель и скорости их поступления на обтекаемую поверхность; от соотношения температур водной фазы в набегающем воздухе и поверхности; от типа и формы ГИО, от угла атаки и расстояния элемента лопасти от центра вращения. Значения β_h изменяются от 0 до 1 для вращающегося и неподвижного ВК и определяются для точных расчетов ГИО по эмпирическим данным. Для предварительных оценок интенсивности ГИО коэффициент β_h принимают равным 0,5.

Толщину ГИО Δ на лопастях и прочих элементах конструкции ВЭУ определяют интенсивностью g и длительностью образования ГИО t по формуле

$$\Delta = g \cdot t. \quad (Ж.5)$$

Массу ГИО устанавливают по данным об их плотности (см. таблицу Ж.6).

Таблица Ж.6 — Значения плотности ГИО разного типа [22]

Тип ГИО	Гололед	Мокрый снег	Изморозь	Смесь (сложное отложение)
Плотность, кг/м^3	600—900	300—600	200—400	250—500

При оценках интенсивности нарастания ГИО на лопастях ВЭУ необходимо учитывать ее зависимость от материала и структуры поверхности лопастей. В таблице Ж.7 приведены зависимости скорости нарастания толщины ГИО от материала лопастей и от их передней кромки и цвета. За образец для сравнения принята лопасть с гладкой светлой металлической поверхностью, для которой время образования корки льда определенной толщины на передней кромке лопасти принято за единицу.

Таблица Ж.7 — Зависимость интенсивности обледенения от материала и состояния поверхности крыла [22]

Материал и состояние кромки крыла	Относительная скорость образования кромки льда при равной ее толщине
Металлическая гладкая светлая	1,0
Металлическая гладкая темная	2,0
Металлическая гладкая светлая с острым носком	0,5
Деревянная лакированная	5,0
С каучуковым покрытием белого цвета	5,0—7,0
С каучуковым покрытием черного цвета	10,0

Приложение И
(обязательное)

Рекомендуемые формы представления отчетных материалов по разработке ПТЭО

Результаты ПТЭО необходимо представлять в виде отчета, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105.

С целью унификации представления результатов ПТЭО в соответствии с требованиями настоящего стандарта рекомендуется придерживаться нижеприведенных типовых форм изложения результатов ПТЭО.

Форма 1

Параметр	Пример заполнения
Административный субъект	Алтайский край
Номер региона по классификации стандарта	11
Тип объекта (сетевая или автономная ВЭС или ВДЭС)	Сетевая ВЭС
Координаты ВЭУ, ВЭС или ВДЭС	52,5°с.ш. и 81,0°в.д.
Ближайший населенный пункт	Райцентр Родино
Разработчик проекта ВЭУ или ВЭС	х х х
Мощность ближайшей электроподстанции и расстояние до нее (для сетевых ВЭС)	70 МВт
Напряжение ближайшей ЛЭП/минимальное расстояние до нее (для сетевых ВЭС)	110 кВ/7,8 км
Годовой и суточный ход потребляемой мощности автономного потребителя	—
Расстояние от автономного потребителя до автономных ВЭС и ВДЭК	—
Суммарная установленная мощность ВЭС/ВДЭК	100 МВт
Предполагаемые базовые ВЭУ, марка, номинальная мощность, кВт, высота башни, м и количество ВЭУ в составе ВЭС, шт.	Lagerway, 2500, 100, 40 Vestas, *V* 2500, 100, 40 Siemens *SWT* 2500, 100, 40

Форма 2

Параметр	Пример заполнения
Тип поверхности	Равнинный, степной
Характеристика грунтов	Суглинистый
Глубина промерзания	1,85 м
Характеристики вечной мерзлоты	Вечная мерзлота отсутствует
Класс сейсмичности по МСК 64	8
Транспортная инфраструктура	Карты железно- и автодорожной сетей прилагаются
Характеристики рельефа	Топографические карты прилагаются

Формы 3.1—3.3

	Значения скоростей ветра в пункте с координатами 52,5°с.ш. и 81,0°в.д и его СКО (в % от среднего значения параметра)									
	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
H, м	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО
10										
25										
50										
75										
100										
150										

Формы 3.4—3.8

Повторяемости скоростей ветра по градациям по Вейбуллу, среднегодовые и сезонные

	Скорость ветра, м/с	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,5	23,5	27,0	32,5	37,5	Число $f_n(V)$
10																
25																
50																
75																
100																
150																

Примечание — В правых колонках таблиц 3.4—3.9 приведено количество функций распределения скоростей $f_n(V)$, привлеченных к статистическому моделированию средних региональных и сезонных функций $f_n(V)$.

Форма 3.9

	Значения удельной мощности ветра, м/с, и ее СКО, %									
	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
H, м	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО
10										
25										
50										
75										
100										
150										
200										

Формы 4.1, 4.2 и 4.3 с расширением 1—N

	Значения мощности идеальных ВЭУ и их СКО (% от среднего значения) для ВЭУ №									
	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
Высота оси $H_{ВК}$ ВЭУ, м	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО
80										
90										
100										
110										
120										

Форма 5

Факторы снижения мощности и выработки ВЭУ	ВЭУ 1	ВЭУ 2	...	ВЭУ N
Коэффициент технической готовности				
Нелинейность высотного профиля скорости ветра				
Высотный сдвиг направления ветра				
Инерционность систем ориентации ВЭУ				
Температурные ограничения				
Ледово-изморозевые и снеговые отложения				
Факторы грозы и опасных метеоявлений				
Атмосферные осадки				
Завышение расчетных характеристик ВЭУ $P(V)$				
Собственное энергопотребление ВЭУ				
Потери во внутренних сетях ВЭС				
Затенение ВЭУ друг другом				
Затенение ВЭУ окружающими объектами				
Уменьшение ресурса при повышенной турбулентности				
Суммарный эффект				

Формы 6.1, 6.2 и 6.3 с расширением 1—N

	Значения мощности реальных ВЭУ и их СКО (% от среднего значения) для ВЭУ №___									
	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
Высота $H_{ВК}$, м	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО	Среднее	СКО
10										
25										
50										
75										
100										
125										
150										

Библиография

[1] РД 52.37.722—2009 Районирование территории по градоопасности

[2] РД 52.04.275—89 Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок

[3] Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утверждены Министерством экономики, Министерством финансов Российской Федерации, Государственным комитетом Российской Федерации по строительной, архитектурной и жилищной политике 21 июня 1999 г. № ВК 477)

[4] Справочник по климату СССР. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966—1968

[5] Метеорологический ежемесячник. Выпуск 8. Часть II. № 1—12. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980—2004

[6] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1—6

[7] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуски 1—34. — Л.: Гидрометеоиздат, 1987—1998

[8] Интернет-портал «ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/gsod/».

[9] Интернет-портал «rp5.ru/Архив погоды».

[10] Новый аэроклиматический справочник ПСА над СССР / Под ред. И.Г. Гутермана. Том I. Термодинамические параметры атмосферы. Книги 1—10. — М.: Гидрометеоиздат. 1987

[11] Новый аэроклиматический справочник ПСА над СССР / Под ред. И.Г. Гутермана. Том II. Ветровые характеристики. Книги 1—10. — М.: Гидрометеоиздат,1988

[12] Николаев В.Г. Ресурсное и технико-экономическое обоснование широкомасштабного развития и использования ветроэнергетики в России. Справочное пособие. «Атмограф», 2011

[13] Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения. «Атмограф», 2008. — 582 с.

[14] Рекомендации по определению климатических характеристик ветровых энергетических ресурсов. ГГО — НПО «Ветроэн». — Л.: Гидрометеоиздат, 1989

[15] Руководство по климатологическому обслуживанию экономики. Министерство природных ресурсов и экологии России, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. — Л., ГГО им. Воейкова, 1991

[16] Troen I. & Lundtang Petersen E. European Wind Atlas. Roskilde: Risø National Laboratory. 1988

[17] Атлас ветров России. Л. Лансберг, П.П. Безруких, М.М. Борисенко. — «Можайск-Терра», 2000

[18] N.G. Mortensen, O. Rathmann, M. Nielsen. WAsP 10 course notes for Wind Farm Design. DTU Wind Energy. 2014

[19] МЭК 61400-12-2:2022 Системы ветроэнергетические. Часть 12-2. Измерение мощности, вырабатываемой ветроэлектрическими установками на основе анемометрии гондолы

[20] ТОИ Р-15-024-96. Типовая инструкция по охране труда для машинистов-крановщиков кранов всех типов. Работа при ветре и низких температурах

[21] Приходько А.А., Алексеенко С.В. Обледенение аэродинамических поверхностей. Условия возникновения и методики расчета. — 2012

[22] Бычкова В.И. Параметризация процессов возникновения и эволюции низовой метели. ФГБУ Гидрометеорологический научно-исследовательский центр России. — М., 2016

УДК 621.548, 551.5 ОКС 27.180

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, ветроклиматические характеристики, технико-экономические показатели

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректоры *И.А. Королева, Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 26.09.2023. Подписано в печать 20.10.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 21,40. Уч.-изд. л. 19,36.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru