

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВОЗДУШНЫЕ
Ветровые воздействия, гололедные нагрузки и ветровые
воздействия при гололеде

ЛІНІІ ЭЛЕКТРАПЕРАДАЧЫ ПАВЕТРАНЫЯ
Ветравыя ўздзеянні, галалёдныя нагрузкі і ветравыя
ўздзеянні пры галалёдзе

*Настоящий проект технического кодекса установившейся практики не
подлежит применению до его утверждения*

Ключевые слова: требования, линии электропередачи воздушные, ветровые воздействия, гололедные нагрузки, ветровые воздействия при гололеде, климатическое районирование, территория Беларуси, карта ветровых районов, карта районов по гололеду, карта гололедно-ветровых нагрузок

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН и ВНЕСЕН научно-исследовательским и проектно-изыскательским республиканским унитарным предприятием «БЕЛЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» (РУП «Белэнергосетьпроект»)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от ____ 2019 г. № ____

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Минэнерго, 2019

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства энергетики Республики Беларусь

Издан на русском языке

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ**ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВОЗДУШНЫЕ****Ветровые воздействия, гололедные нагрузки и ветровые воздействия при гололеде****ЛІНІЇ ЭЛЕКТРАПЕРАДАЧЫ ПАВЕТРАНЫЯ****Ветравыя ўздзеянні, галалёдныя нагрузкі і ветравыя ўздзеянні пры галалёдзе**

Overhead lines. Wind actions, ice loads and combined wind and ice loads

Дата введения 2019 - __ - __

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает требования к определению нормативных значений природных (климатических) воздействий, используемых при проектировании воздушных линий электропередачи, а также к построению карт климатического районирования территории Республики Беларусь.

Требования технического кодекса учитывают основные природные воздействия на воздушные линии электропередачи (далее – воздушные линии): ветровые и гололедно-изморозевые, в том числе, действующие в сочетаниях.

Требования настоящего технического кодекса не учитывают воздействий от грозовой деятельности.

Технический кодекс предназначен для применения при расчетах природных воздействий (климатических нагрузок) для вновь вводимых в эксплуатацию и вводимых в эксплуатацию после реконструкции воздушных линий с целью обеспечения надежности и безопасности их работы. При расчете нагрузок и выборе конструкций воздушных линий с учетом природных воздействий, наряду с техническими нормативными правовыми актами, должны использоваться карты климатического районирования Беларуси, приведенные в настоящем техническом кодексе.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 17.10-12-2009 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях

ТКП 45.1.02-295-2014 (02250) Строительство. Проектная документация. Состав и содержание

ТКП 45-1.03-161-2009 (02250) Организация строительного производства

ТКП 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей

ТКП 339-2011 (02230) Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные,

ТКП ХХХ-2019 (33240)

электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний

ТКП 385-2012 (02230) Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4-10 кВ сельскохозяйственного назначения

ТКП 547-2014 (02230) Нормы продолжительности проектирования электрических подстанций и линий электропередачи напряжением 0,4-750 кВ

ТКП EN 1990-2011 (02250) Основы проектирования строительных конструкций

ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250) Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки

ТКП EN 1991-1-4-2009 (02250) Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия

ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

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

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей

ГОСТ 18311-80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 19431-84 Энергетика и электрификация. Термины и определения

ГОСТ 21027-75 Системы энергетические. Термины и определения

ГОСТ 24291-90 Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения

ГОСТ 27751-88 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету

СТБ 1.5-2017 Правила построения, изложения, оформления и содержания технических кодексов установившейся практики и государственных стандартов

СТБ 2331-2015 Объекты строительства. Классификация. Основные положения

СТБ ISO 12494-2009 Обледенение строительных конструкций в результате атмосферного воздействия

Примечания:

При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по его соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения, сокращения

В настоящем техническом кодексе применяются термины, установленные ТКП 339, ТКП 385, ТКП EN 1990, ТКП EN 1991-1-4, ТКП 17.10-12, СТБ ISO 12494, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 балка: Эрозионная долина с пологими склонами и плоским дном, без постоянного водотока. Склоны балки задернованные, часто заросшие кустарником или лесом, дно сухое, влажное или заболоченное.

3.2 воздействие: Совокупность сил (нагрузок), приложенных к конструкции (прямое воздействие).

3.3 ветровая нагрузка: Давление ветра на провода, тросы, конструкции опор ВЛ [2].

3.4 ветровая нагрузка при гололеде: Величина давления ветра на обледенелый провод или конструкцию воздушной линии [2].

3.5 гипсометрическая однородность рельефа: Однородность рельефа по показателям высоты.

3.6 гололедно-изморозевые отложения: Отложения льда (стекловидного, кристаллического, снеговидного) на поверхности сооружений, ветвях деревьев, проводах, ТКП 17.10-12.

3.7 долина: Вогнутая линейно-вытянутая форма рельефа, в которой выделяются склоны и дно. Для русловых долин характерно дно с плавным наклоном в одном направлении, для безрусловых (сухих) долин – неровный продольный профиль.

3.8 заболоченная равнина: Плоская поверхность, на значительной части насыщенная водой и покрытая водолюбивой растительностью.

3.9 изморозь: Белый лед с включением воздуха, СТБ ISO 12494.

3.10 карта климатического районирования: Карта территории Беларуси с распределением по местности того или иного климатического показателя.

3.11 климатические характеристики (климатические данные): Обобщающие (статистические) выводы из многолетних рядов метеорологических наблюдений, характеризующие климат [3].

3.12 коэффициент лобового сопротивления: Коэффициент формы для объекта, который используется при расчете ветровых нагрузок по направлению их воздействий.

3.13 ледовый класс; IC: Классификация характеристической ледовой нагрузки на гололедном станке, с определенным периодом повторяемости.

3.14 ледовая нагрузка: Воздействие обледенение на конструкцию и в виде нагрузки от собственной массы льда, и в виде ветровой нагрузки на обледеневшую конструкцию.

3.15 ледяной покров; гололед: Чистый лед высокой плотности, по СТБ ISO 12494.

3.16 мезорельеф: Формы рельефа земной поверхности с амплитудой высот, не превышающих нескольких десятков метров и занимающих промежуточное положение между формами макрорельефа и микрорельефа. На территории Беларуси его формы распространены в виде небольших гряд, ложбин, оврагов, котловин, речных долин, террас, дюн и других.

3.17 метеорологические условия: Комплекс ряда метеорологических элементов – скорость ветра (ветровое давление), толщина стенки гололеда, температура воздуха [2].

3.18 метеорологический элемент: Физическое свойство, с помощью которого описываются некоторые атмосферные процессы, которые наблюдаются на метеорологических станциях.

3.19 метеостанция; МС: Учреждение для проведения метеорологических наблюдений в месте, выбранном с удовлетворением определенных требований в отношении рельефа местности, близости зданий и населенных пунктов.

3.20 микрорельеф: Мелкие формы рельефа земной поверхности с колебаниями высот, размеры которых не превышают нескольких метров. На территории Беларуси распространены его формы в виде мелких, небольших котловин; промоин, рытвин, боковых оврагов, небольших ложбин, конусов выноса, прирусловых и береговых валов, небольших грив, кос; отвалов, глинистых и гравийных карьеров. Выделяются также сложные склоны — чередование выпуклых и вогнутых форм, платообразных уступов, седловин, межзападных и слабоповышенных площадок.

3.21 наблюдения междусрочные: Наблюдения над атмосферными явлениями, проводимые на МС в промежутках времени между сроками наблюдений.

3.22 наблюдения срочные: Наблюдения на МС, проводимые в установленные сроки наблюдений, как правило, по восьми срокам.

3.23 нагрузка погонная, Н/м: Равномерно распределенная нагрузка, Н, отнесенная к одному метру длины провода.

3.24 нагрузки природные (климатические): Воздействия на элементы воздушных линий, определяемые метеорологическими условиями и являющиеся случайными величинами.

3.25 нагрузки нормативные: Значения природных нагрузок, определяемые с установленной обеспеченностью на основе многолетних наблюдений над максимальными величинами нагрузок в наблюдаемый период.

3.26 нагрузки расчетные: Значения нагрузок, рассчитанные на основе нормативных нагрузок с применением коэффициентов, учитывающих возможность неблагоприятных отклонений нагрузок от их нормативного значения.

3.27 надежность принятых расчетных нагрузок воздушной линии: Вероятность того, что ни в одном году за период 25(50), лет, климатическая нагрузка не превзойдет заданную величину.

3.28 обеспеченность значения величины: Для случайных величин, для которых неблагоприятным является превышения какого-либо значения, — вероятность непревышения этого значения.

3.29 обледенение атмосферное: Процессы, при которых перемещающиеся или падающие капли воды, дождь, изморозь или мокрый снег в атмосфере начинают примерзать или прилипать к любому объекту, находящемуся на открытом воздухе.

3.30 обледенение внутриоблачное: Обледенение, вызванное переохлаждением капель воды в облаке или тумане (СТБ ISO 12494).

3.31 обледенение осадочное: Обледенение, причинами которого могут быть осадки в виде переохлажденного дождя или мороси, мокрого снега (СТБ ISO 12494).

3.32 овраг: Эрозионная долина, образованная временным водотоком, длиной от сотен метров до нескольких километров, шириной и глубиной от нескольких до десятков метров. Для оврагов характерны крутые склоны и разветвленность.

3.33 однородный ряд: Сравнимость результатов измерения метеорологических элементов для разных пунктов и за разные периоды.

3.34 относительная высота местности, м: Превышение самой высокой точки возвышенного элемента рельефа над средним уровнем ближайшего равнинного участка, соизмеримого по площади с данным возвышенным элементом рельефа.

3.35 период повторяемости: Среднее количество лет, в течение которых в статистическом смысле происходит однократное превышение указанного воздействия.

3.36 порыв ветра (колебания, пульсации): Резкое кратковременное усиление ветра при скоростях 10 м/с и выше. Порывы измеряются как междусрочные максимальные значения пульсаций ветра.

3.37 равнина: Элемент рельефа земной поверхности обширный по площади, с малыми уклонами (до 5°) и незначительными колебаниями высот (не более 100 м), которое если и достигает 100 м, то эти изменения имеют место на большом протяжении.

3.38 равнина залесенная: Равнина, покрытая лесной растительностью, в том числе, расположенной в виде отдельных массивов леса или чередования лугов и полей с участками леса.

3.39 район метеостанции (радиус действия метеостанции): Расстояние от метеостанции (не более 100 км), для которого сохраняются в принятых пределах точности значение метеорологических измеряемых параметров на данной станции.

3.40 расчетная точка местности (объекта): Точка (район), для которой адаптируются данные метеостанции.

3.41 расчетное значение воздействия F_p : Значение, полученное в результате умножения нормативного значения на общий коэффициент, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений значений воздействий от характеристического значения.

3.42 реперные (эталонные) метеостанции станции; РМС: Метеорологические станции постоянного действия с непрерывным рядом однородных наблюдений не менее 30 лет, расположенные в местах, где изменения окружающей среды, вызванные деятельностью человека, минимальны и предназначенные для установления вековых тенденций изменений климата на освещаемой ими территории, а также для выявления неоднородности рядов наблюдений на станциях основной сети, обусловленной изменением условий на окружающей станцию местности или переносом станции [12].

3.43 румб: Градация направления, соответствующая, например, 45° (обозначения в румбах: север, северо-восток, восток, юго-восток, юг, юго-запад, запад, северо-запад).

3.44 склон наветренный: Склон, экспозиция которого перпендикулярна преобладающему направлению ветра или составляет отклонение от перпендикулярного направления не более 45°.

3.45 склон параллельный: Склон, экспозиция которого параллельна господствующему направлению ветра или отклоняется от параллели не более чем на 45°.

3.46 склон подветренный: Склон, защищенный по отношению к преобладающему направлению ветра наветренными (3.44) и параллельными (3.45) склонами.

3.47 степень риска принятых расчетных нагрузок: Вероятность того, что нагрузка будет больше заданной величины хотя бы один раз за 25(50) лет.

3.48 условная воздушная линия: Воздушная линия с проводами диаметром 10 мм, подвешенными на высоте 10 м над поверхностью земли.

3.49 условная толщина стенки гололеда b_y , мм: Толщина стенки условного гололедно-изморозевого отложения (3.6), на проводе диаметром 10 мм, подвешенном на высоте 10 м над поверхностью земли, вычисляемая для каждого района по гололедно-ветровой нагрузке по принятым нормативным значениям ветровой нагрузки при гололеде и скоростям ветра при гололеде.

3.50 нормативное значение воздействия F_k : Характеристическое значение воздействия.

Примечание – Если характеристическое значение может быть установлено на основе статистических данных, его следует устанавливать таким образом, чтобы оно соответствовало заданной вероятности не превышения с неблагоприятной точки зрения своего значения в течение базового периода с учетом проектного срока эксплуатации конструкции и продолжительности расчетной ситуации.

3.51 холм: Отдельное небольшое повышение, высота которого не превышает 200 м, с невыраженной подошвой (основой холма).

3.52 шероховатость поверхности: Неровности подстилающей поверхности: строения, растительный и снежный покров и другие факторы, оказывающие влияние на характер распространения воздушного потока.

3.53 эквивалентная толщина стенки гололеда $b_э$, мм: Толщина стенки гололедно-изморозевого отложения (3.6), приведенного к плотности $0,9 \text{ г/см}^3$ и цилиндрической форме на элементах кругового сечения (проводах, тросах, оттяжках).

3.54 экспозиция склонов: Расположение склонов, холмов и других элементов рельефа по отношению к сторонам света и к плоскости горизонта, которое определяет в данной местности подверженность воздействию ветра того или иного направления.

4 Общие положения

4.1 В соответствии с ГОСТ 27751 строительные конструкции и сооружения должны быть запроектированы с достаточной надежностью и безотказностью их работы – способностью сохранять заданные эксплуатационные качества в течение установленного срока службы.

4.2 Воздушные линии соответственно должны проектироваться исходя из критериев обеспечения безотказной работы механической части воздушной линии под влиянием внешних воздействий, в том числе климатических условий в районе прохождения трассы воздушной линии за период ее эксплуатации, согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1

Характеристика ВЛ	Уровень ответственности		
	I	II	III
1. Напряжение, кВ	330-750	Св. 1 до 220	До 1
2. Расчетный период эксплуатации, лет	50	50	30
3. Коэффициент надежности по ответственности ($\gamma_{пв}$) для расчета строительных конструкций	1,1-1,3	1	0,8-1,0
Примечание - Отнесение объекта к конкретному уровню ответственности, может выполняться проектировщиком по согласованию с заказчиком.			

4.3 Расчетные значения природных воздействий (ветровых, гололедных и гололедно-ветровых) в общем случае определяется по выражению (ТКП EN 1990, [10]):

$$F_P = \gamma_f F_k, \quad (4.1)$$

где F_k – характеристическое (нормативное) значение воздействия;

γ_f – общий коэффициент для воздействий, учитывающий возможность отклонений значений воздействий от характеристических значений.

4.4 Климатические нагрузки на сооружения относятся к кратковременным нагрузкам и их характеристические (нормативные) значения устанавливаются настоящим техническим кодексом по наибольшим годовым значениям, соответствующим определенному периоду их не превышения.

При наличии статистических данных расчетные значения нагрузок допускается определять по заданной вероятности их превышения (ГОСТ 27751).

4.5 Согласно ТКП 339 климатические нагрузки должны определяться с повторяемостью один раз в 25 лет (с вероятностью не превышения 0,96). Это означает, что климатическая нагрузка, имеющая повторяемость один раз в 25 лет, в среднем может повторяться каждые 25 лет. Вероятность не превышения 0,96 означает, что каждый год указанная климатическая нагрузка с вероятностью 0,96 (96 %) не будет превышена.

По требованию заказчика, исходя из уровня ответственности сооружения, может устанавливаться и более высокий период повторяемости, например, 1 раз в 50 лет.

4.6 Оценки степени риска и надежности принятых расчетных нагрузок (А.12) с требуемой вероятностью не превышения для различных сроков службы воздушных линий приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Период повторяемости, T , лет	Обеспеченность	Срок службы воздушной линии, лет					
		30		40		50	
		Надежность	Степень риска	Надежность	Степень риска	Надежность	Степень риска
25	0,96	0,29	0,71	0,20	0,80	0,13	0,87
50	0,98	0,55	0,45	0,45	0,55	0,36	0,64

4.7 При построении карт климатического районирования, определении нормативных климатических нагрузок должны быть использованы данные инструментальных наблюдений на действующих в Республике Беларусь метеостанциях за параметрами ветра и гололедно-изморозевыми отложениями с охватом не менее 30-летнего периода наблюдений (архивные метеоданные).

4.8 В соответствии с требованиями настоящего технического кодекса и нормативные климатические нагрузки определяются по значениям скорости ветра (ветрового давления), толщине стенки гололеда, ветровой нагрузке при гололеде, скорости ветра при гололеде с вероятностью не превышения 0,96.

4.8.1 Для определения нормативных скоростей ветра должны использоваться архивные данные срочных наблюдений по ветроизмерительным приборам за направлением и скоростью ветра на МС. При этом должны использоваться метеоданные о скорости ветра с 10-минутным интервалом осреднения на высоте 10 м над поверхностью земли.

Для учета пиковых значений скорости ветра (порывов) следует использовать архивные метеоданные междусрочных наблюдений за скоростью ветра на МС.

4.8.2 Для определения нормативной толщины стенки гололеда используются архивные данные наблюдений за видом, размерами и весом гололедно-изморозевых отложений на гололедном станке МС.

4.8.3 Для расчета нормативной гололедно-ветровой нагрузки используются архивные данные наблюдений МС за видом и размерами гололедно-изморозевых

ТКП ХХХ-2019 (33240)

отложений на гололедном станке и скоростью и направлением ветра при этих отложениях.

4.9 Данные наблюдений МС (скорость ветра, вес и размеры гололедно-изморозевых отложений, скорость и направление ветра при гололеде) должны быть приведены к однородному виду и к условной воздушной линии.

4.10 В процессе обработки результатов метеонаблюдений должны учитываться особенности местности: пересеченный рельеф, высота над уровнем моря, наличие вблизи больших водоемов, степень облесенности и прочее; а также наличие зданий и инженерных сооружений.

4.11 При районировании территории по ветровой и гололедно-ветровой нагрузкам в зависимости от абсолютной и относительной высоты места, формы рельефа и экспозиции склона по отношению к ветровому (гололедонесущему) потоку, определяются два основных типа мезорельефа (далее – рельефа):

тип I – плоская или пересеченная небольшими оврагами и балками местность с относительными превышениями не более 100 м – равнина;

тип II – сильно пересеченная местность с относительными превышениями более 100 м – возвышенность.

4.12 Для определения типов рельефа по карте физико-географического районирования Беларуси для всех районов следует установить относительное превышение высот. Те районы, где колебания высот не превышают 100 м, следует отнести к I типу рельефа, а остальные районы – ко II типу.

4.13 Для определения подтипа рельефа на гипсометрической карте в соответствующем масштабе строится схема распределения склонов по экспозиции. Выделенные экспозиции склонов в зависимости от направления ветрового (гололедонесущего) потока отнесены к следующим подтипам рельефа:

подтип 1 – наветренные склоны;

подтип 2 – подветренные склоны;

подтип 3 – вершины;

подтип 4 – открытые для ветрового (гололедонесущего) потока долины;

подтип 5 – закрытые от ветрового (гололедонесущего) потока долины.

На равнинной местности дополнительно к типу I рельефа выделен подтип рельефа: заболоченные равнины (части Полесской низменности). Это связано с тем, что в зимний и переходный периоды на заболоченных пространствах выделяется большое количество влаги, что ведет к увеличению интенсивности гололедообразования.

На равнинной местности дополнительно к типу I рельефа выделен подтип рельефа: «залесенные равнины», который учитывает увеличение шероховатости подстилающей поверхности из-за расположения отдельных массивов леса, чередования лугов и полей с участками леса, и вызванной этими особенностями территории Беларуси уменьшением скорости ветра. При этом увеличение шероховатости подстилающей поверхности за счет лесов оказывается сильнее, чем влияние изменения атмосферного давления в пространстве.

4.14 Микрорельеф на равнине и возвышенностях представляется в виде холмов, долин, оврагов и балок и его влияние должно учитываться специальными коэффициентами.

5 Расчет природных воздействий и нагрузок

5.1 Ветровые воздействия и нагрузки

5.1.1 Действие ветра на сооружения проявляется в виде динамической ветровой нагрузки и в возбуждении колебаний конструкций.

Реакция сооружения на ветровое воздействие различна: жесткие конструкции воспринимают ее как статическую, реакция гибких конструкций зависит от частоты свободных (собственных) колебаний.

Для высоких сооружений ветровая нагрузка является основной; при расчете их на прочность и устойчивость к деформациям необходимы более детальные сведения о параметрах ветра в месте предполагаемого строительства.

5.1.2 Для расчета ветровых нагрузок настоящим техническим кодексом устанавливаются нормативные значения ветровых воздействий, которые следует определять на основе максимальных значений скоростей ветра (ветрового давления) с годовой вероятностью не превышения 0,96, что соответствует среднему периоду повторяемости $T=25$ лет.

5.1.3 При использовании в расчетах данных метеонаблюдений ветра последние должны быть приведены к однородному виду, в случаях:

- 1) переноса метеоплощадки;
- 2) изменения типа ветроизмерительного прибора;
- 3) защищенности ветроизмерительного прибора;
- 4) изменения числа сроков наблюдений в сутки.

5.1.4 При определении нормативного значения скорости ветра, V_N^T , должны использоваться:

1) максимальное значение скорости ветра, V_n^r , по направлению (румбу, r , $r=[1,16]$), за n -ый год, полученное на основе статистической обработки архивных метеоданных скоростей ветра за период наблюдений, N ; лет, $n=[1,N]$ на МС в срок и между сроками, в следующем объеме:

- а) данные о параметрах ветра по наблюдением по восьми срокам:
 - дата и время наблюдения (час);
 - температура воздуха (°C);
 - направление ветра;
 - средняя скорость ветра, м/с;
- б) данные о параметрах ветра по наблюдением за сутки:
 - дата;
 - температура воздуха (°C) средняя за сутки;
 - температура воздуха абсолютная максимальная (°C);
 - температура воздуха абсолютная минимальная (°C);
 - средняя скорость ветра за сутки, м/с;
 - максимальная скорость ветра за сутки из 8 сроков наблюдений, м/с;
 - абсолютный максимум скорости ветра за сутки, м/с;
- 2) нормированная высота над уровнем земли, м, $h \geq 10$;
- 3) коэффициенты шероховатости местности, z_0 ;
- 4) коэффициенты орографии, c_0 .

5.1.5 Нормативное значение скорости ветра должно определяться по максимальной скорости ветра на уровне h , м, над поверхностью земли соответствующее 10 минутному интервалу осреднения независимо от времени года и направления ветра, для типа местности II (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Типы местности и параметры шероховатости

Тип местности		z_0 , м	k_{rel}
I	Озера либо плоская горизонтальная местность с незначительной растительностью без преград	0,01	0,169
II	Открытая местность с низкой растительностью, такой как трава, растительностью и изолированными отдельно стоящими преградами (деревьями, зданиями), расстояние между которыми составляет как минимум 20-кратное значение их высот (сельские местности)	0,05	0,189
III	Местность с равномерной растительностью или зданиями или преградами, расстояния между которыми не превышает 20-кратного значения их высот (деревни, пригородные зоны, протяженные лесные массивы)	0,3	0,214
IV	Территории, в пределах которых, по крайней мере, 15 % поверхности покрыто зданиями, средняя высота которых превышает 15 м (городские территории)	1,0	0,233

Примечание – Типы местности и параметры шероховатости приведены в ТКП EN 1991-1-4, [10]

Если тип местности по рассматриваемому направлению ветра отличается от типа местности II, осуществляется приведение значения скорости ветра с использованием коэффициентов таблицы 5.1; методов, изложенных в 5.1.5-5.1.9 и выражений 5.1 и 5.2.

5.1.6 Тип местности по ТКП EN 1991-1-4, [10] для заданного направления ветра зависит от шероховатости подстилающей поверхности участка местности с наветренной стороны сооружения. Участок должен иметь постоянную шероховатость в определенном угловом диапазоне относительно рассматриваемого направления ветра; при этом небольшими площадями (менее 10 % рассматриваемой площади) с отличающимися шероховатостями допускается пренебрегать (см. рисунок 5.1).

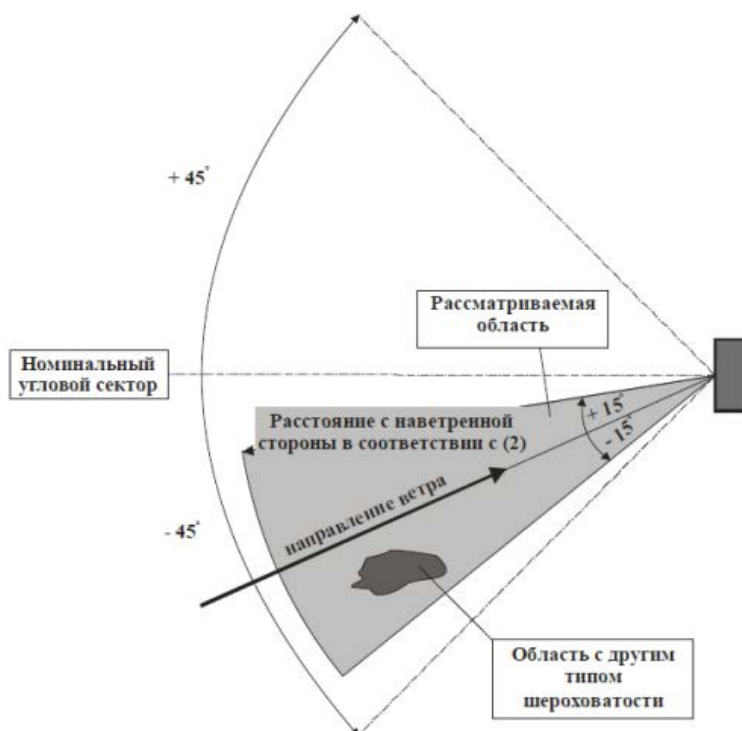


Рисунок 5.1 – К определению типа местности

Длина участка принимается равной:

30 h – при высоте сооружения h до 60 м;

2 км – при $h > 60$ м.

5.1.7 Коэффициент шероховатости, z_0 , и коэффициент, учитывающий тип местности, k_{rel} , который непосредственно связан с коэффициентом шероховатости, характеризует неравномерность ландшафта, которая влияет на скорость ветра V_h .

5.1.8 Коэффициент рельефа местности, k_{rel} также рекомендуется рассчитывать для различных коэффициентов шероховатости z_0 , по следующему выражению [10]:

$$k_{rel} = 0,189 \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07}. \quad (5.1)$$

5.1.9 Скорость ветра $V_n^r(h)$, м/с, на нормированной высоте h над поверхностью земли, приведенная к условиям открытого места (тип местности II), определяется, как:

$$V_n^r(h) = V_n^r \cdot 1/[k_{rel} \ln(\frac{h}{z_0})], n \in N, r = [1, 16]. \quad (5.2)$$

5.1.10 Максимальная годовая скорость ветра за n -ый год наблюдений, по всем румбам определяется по соотношению:

$$V_n^{max} = \max_r V_n^r(h). \quad (5.3)$$

5.1.11 Нормативная скорость ветра с повторяемостью один раз в T лет, V_N^T , определяется по выражению:

$$V_N^T = \bar{V}_N \cdot \left(1 + c_v \cdot \frac{(y^T - c_2^N)}{c_1^N}\right), \quad (5.4)$$

где \bar{V}_N – среднее значение максимальной скорости ветра за весь период метеонаблюдений за ветром на МС, N , рассчитываемое по выражению А.18;

c_v – коэффициент вариации, рассчитываемый как приведено в А.11;

y^T, C_1^N, C_2^N – параметры распределения, определенные по методике, приведенной в приложении А.

5.1.12 Пересчет скорости ветра для периода повторяемости, $T, T \neq 25$, при известной скорости ветра V_N^{25} для базового периода повторяемости (25 лет), рекомендуется осуществлять, используя коэффициент пересчета, C_T , который находится по выражению:

$$C_T = \frac{V_N^T}{V_N^{25}} = \left(\frac{1 - K_{sp} \ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))}{1 - K_{sp} \ln(-\ln(1 - \frac{1}{25}))}\right)^n, \quad (5.5)$$

где K_{sp} – параметр, зависящий от коэффициента вариации распределения максимальных значений (5.6), рекомендуемое значение по ТКП EN 1991-1-4, $K_{sp}=0,2$;

n – экспонента, рекомендуемое значение по ТКП EN 1991-1-4, $n=0,5$.

Выражение (5.5) применительно к скорости ветра получено на основе распределения Гумбеля, описанного в приложении А настоящего технического кодекса.

Значение K_{sp} может быть определено согласно следующим условиям:

- 1) коэффициент вариации, c_v ;
- 2) длительность серии метеонаблюдений, год;
- 3) параметров C_1 и C_2 распределения Гумбеля в зависимости от длительности серии метеонаблюдений, по следующему выражению:

$$K_{sp} = \frac{c_v}{c_1 - c_2 c_v}, \quad (5.6)$$

При 30-летней длительности метеонаблюдений ветров значения C_1 и C_2 могут быть определены по таблице А.1: $C_1 = 1,1124$; $C_2 = 0,5262$.

При коэффициенте вариации $c_v = 0,12$ и 30-летней длительности наблюдений ветров, K_{sp} принимается равным 0,114.

Таблица 5.2 – Коэффициенты пересчета для разного периода повторяемости расчетной скорости ветра

Уровень ответственности	Период повторяемости, T , лет	Коэффициент пересчета, C_T	Вероятность превышения, %
I	50	1,237	98
II	25	1	96
	50	1,237	98
III	25	1	96

Примечание - Значения C_T для периодов повторяемости в 25, 50 лет получены при $K_{sp} = 0,114$ базовом периоде в 25 лет.

5.1.13 При построении карт климатического районирования для случаев, когда орография повышает скорость ветра более чем на 5 %, это увеличение рекомендуется учитывать посредством применения орографического коэффициента c_0 согласно таблице 5.3, [3].

Влиянием орографии можно пренебречь, если средний уклон местности с наветренной стороны является небольшим. В этом случае рекомендованным значением для коэффициента орографии является 1.

Средний уклон меньше 5° следует рассматривать как небольшой. Участок с наветренной стороны может рассматриваться на расстоянии до 10-кратной нормированной высоты h элемента ВЛ над землей.

Приведение скорости V_N^T , м/с, к открытому ровному месту с учетом микрорельефа проводится по выражению:

$$V_C = V_N^T C_0, \quad (5.7)$$

где V_C – скорость ветра, м/с, приведенная к условиям открытого ровного места;

c_0 – коэффициент орографии, определяемый по таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Значения коэффициентов для учета микрорельефа c_0

Формы микрорельефа	Значение c_0
1. Вершины:	
а) $\Delta h \geq 50$ м	1,35
б) $\Delta h < 50$ м	1,25
2. Наветренные склоны:	
а) верх	1,3
б) середина	1,1
в) низ	0,95
3. Параллельные ветру склоны:	
а) верх	1,15
б) середина	0,9
в) низ	0,8
4. Подветренные склоны:	
а) верх	0,75
б) середина	0,9
в) низ	0,8

5. Дно долины, лощин, оврагов, а) продуваемых ветром б) не продуваемых ветром	1,35 0,7 и менее
6. Возвышения с плоскими вершинами и пологими склонами, плато: а) вершины, верхняя часть наветренного и подветренного склона б) средние и нижние части наветренных и параллельных ветру склонов в) средние и нижние части подветренных склонов	1,3 1,2 0,9

5.1.14 Нормативное ветровое давление, w_p^h , Па, на нормированной высоте h над поверхностью земли, определяется по выражению:

$$w_p^h = \frac{1}{2} \rho V_C^2, \quad (5.9)$$

где ρ – плотность воздуха, которая зависит от высоты над уровнем моря, температуры и барометрического давления и которая ожидается во время бури. Рекомендованное значение $\rho=1,25 \text{ кг/м}^3$, ТКП EN 1991-2-4, 4.5.

5.1.15 Для районирования по ветру карта экспозиции склонов с учетом выделенных типов и подтипов рельефа в соответствии с 4.12 и 4.13, совмещается с гипсометрической картой (масштаб 1:700 000).

Для каждого типа рельефа на карту наносятся границы ветровых районов с учетом их абсолютной высоты над уровнем моря (таблица 5.4).

Влияние микрорельефа в соответствии с 4.14 учитывается, как приведено в 5.1.13.

Таблица 5.4 – Абсолютная высота над уровнем моря ветровых районов для различных типов рельефа

Рельеф	Абсолютная высота над уровнем моря ветровых районов, м			
	I	II	III	IV
1. Защищенная (залесенная) равнина	до 170 вкл.	свыше 170	-	-
2. Равнина	до 130 вкл.	св. 130 до 200 вкл.	св. 200 до 240	свыше 240
3. Наветренные склоны, открытые долины	до 130 вкл.	св. 130 до 190 вкл.	св. 190 до 310 вкл.	свыше 310
4. Подветренные склоны	до 210 вкл.	свыше 210	-	-
5. Закрытые долины	до 190 вкл.	свыше 190	-	-

Значения нормативных ветровых нагрузок для соответствующих районов по ветру принимаются по таблице 5.5.

В приложении Б приведена карта нормативных районов по ветру Республики Беларусь.

На карте районирования по ветру отмечаются четыре района. Больше всего подвержена ветровому воздействию центральная часть республики, которая является самой возвышенной.

IV район отмечается частично на Минской, Новогрудской и Ошмянской возвышенностях.

III район наблюдается в сильно пересеченных местностях и склонах Новогрудской возвышенности, значительной части Минской возвышенности, частично на Оршанской, Витебской, Горецко-Мстиславской и Ошмянской возвышенностях; Копыльской и Мозырской грядах.

II район отмечается на большей части Беларуси.

К I району относятся обширные участки Полоцкой и Полесской низменностей, долины рек Западной Двины, Немана, Вилии, Днепра, Сожа и Березины.

Таблица 5.5 – Ветровые районы и соответствующие нормативные скорости ветра и ветрового давления

Ветровые районы	Нормативная скорость ветра, м/с	Интервал скоростей, м/с	Ветровое давление, Па
I	25	до 25	400
II	29	26-29	500
III	32	30-32	650
IV	36	33-36	800

5.1.16 Нормативная ветровая нагрузка, $P_{нл}$, Н/м, на линейные элементы воздушной линии в результате воздействия ветра, направленного перпендикулярно к рассматриваемому элементу, определяется как:

$$P_{нл} = F\{w_{нп}, \alpha_w, K_l, K_w, C_x\}, \quad (5.10)$$

где $w_{нп}$ – нормативное ветровое давление, определяемое по таблице 5.5, в зависимости от ветрового района по карте районирования территории Беларуси по ветровому давлению;

α_w – коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету воздушной линии, который принимается равным по ТКП 339, 5.3.5.15;

K_l – коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, который принимается равным по ТКП 339, таблица 5.3.2;

K_w – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, который принимается равным по ТКП 339, 5.3.5.15;

C_x – коэффициент лобового сопротивления для рассматриваемого элемента, который принимается равным по ТКП 339, 5.3.5.15.

Если линейный элемент конструкции находится под наклонным углом к направлению ветра, при расчете ветровой нагрузки это должно быть учтено как:

$$P_{нл}(\varphi) = P_{нл} \cdot \sin^2 \varphi, \quad (5.11)$$

где φ – угол, измеренный между направлением ветра и продольной осью элемента конструкции.

5.1.17 Нормативная ветровая нагрузка, $P_{но}$, Н, на элементы конструкции опор воздушной линии определяется как:

$$P_{но} = F\{w_{нп}, K_w, C_x, A_x\}, \quad (5.12)$$

где $w_{нп}$ – нормативное ветровое давление, определяемое по таблице 5.5, в зависимости от ветрового района по карте районирования территории Беларуси по ветровому давлению (приложение Б);

K_w – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, который принимается равным по ТКП 339, 5.3.5.7;

C_x – аэродинамический коэффициент, определяемый с учетом особенности конструкции опор воздушной линии в соответствии с действующими требованиями к расчету ветровых воздействий на строительные конструкции (ТКП EN 1991-1-4);

A_x – площадь проекции, ограниченная контуром конструкции, ее части или элемента ВЛ с наветренной стороны на плоскость, перпендикулярную ветровому потоку, вычисленная по наружному габариту, м²; принимается по ТКП 339, 5.3.5.21.

5.1.18 Расчетные ветровые нагрузки на элементы конструкции и опоры воздушных линий определяют, как установлено ТКП 339, 5.3.5.

5.2 Воздействия от обледенения (гололедно-ветровые нагрузки)

5.2.1 Общие сведения об обледенении

5.2.1.1 Основные воздействия от обледенения — это повышенные вертикальные нагрузки на обледеневшую конструкцию и повышенное лобовое сопротивление, вызываемое увеличением наветренной площади. Последнее может привести к большим ветровым нагрузкам, чем при отсутствии обледенения (СТБ ISO 12494).

Метеорологические условия, а также физические свойства обледенения и его продолжительность определяют форму, размеры и вес гололедно-изморозевых отложений, образующихся на объекте.

Плотность отложений изменяется в широком диапазоне: низкая (зернистая изморозь) — средняя (кристаллическая изморозь) — высокая (гололед); а максимальная толщина стенки зависит в основном от таких факторов, как влажность, температура и длительность гололедообразования.

5.2.1.2 Типовые характеристики атмосферного обледенения приведены в таблице 5.6.

Метеорологические параметры, определяющие атмосферное обледенение, приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.6

Тип обледенения	Плотность кг/м ³	Налипание	Внешний вид		Целостность
			Цвет	Форма	
Гололед (ГЛ)	900	прочное	прозрачный	равномерно распределенная/ сосульки	прочная
Мокрый снег (ОМС)	300 – 600	среднее	белый	равномерно распределенная/ эксцентричная	средняя – прочная
Зернистая изморозь (ИЗ)	600 – 900	прочное	матовый	эксцентричная с наветренной стороны	очень прочная
Кристалличе- ская изморозь (ИК)	200 – 600	слабое – среднее	белый	эксцентричная с наветренной стороны	низкая – средняя

Примечание – Иней, продукт прямого перехода паров воды в лед, характерен для низких температур. Иней имеет низкую плотность и прочность, поэтому он не оказывает существенных нагрузок на конструкции.

Таблица 5.7

Тип льда	Температура воздуха, t , °С	Средняя скорость ветра, V , м/с	Размер капли	Влажность	Обычная длительность воздействия
Обледенение вследствие атмосферных осадков					
ГИ (ледяной дождь или морось)	$-10 < t < 0$	любая	большой	средняя	часы
ОМС	$0 < t < +3$	любая	хлопья	очень высокая	часы
Внутриоблачное обледенение					
ГИ	$-6 < t < 0$	$V = (-t + 1,75)^{1,55,*}$	средний	высокая	часы
ИЗ	$-15 < t < 0$		средний	средняя	дни
ИК	$-20 < t < 1$	$V = [(-t) \cdot 0,3 + 1,1]^{1,85**}$	малый	низкая	дни

* – разделение между гололедом и кристаллической изморозью;
** – разделение между кристаллической и зернистой изморозью.

5.2.1.3 Обледенение зависит не только от параметров окружающей среды, но и от характеристик самого объекта, включая:

- размер (диаметр, ширина и т.д.);
- форму (плоская, с острыми краями, цилиндрическая, сферическая и т.д.);
- гибкость (жесткий/гибкий элемент при изгибании/скручивании и т.д.);
- ориентацию относительно направления ветра (угол падения);

и в определенной степени:

- структуру поверхности (покрашенная, стальная, бетонная и т.д.);
- материал (дерево, сталь, пластик и т.д.).

5.2.1.4 Интенсивность обледенения сооружений может изменяться в зависимости от высоты сооружения над уровнем земли. В некоторых случаях обледенение на небольшой высоте над уровнем земли может отсутствовать, тогда как на более высоких уровнях гололедная нагрузка может быть значительной, и наоборот.

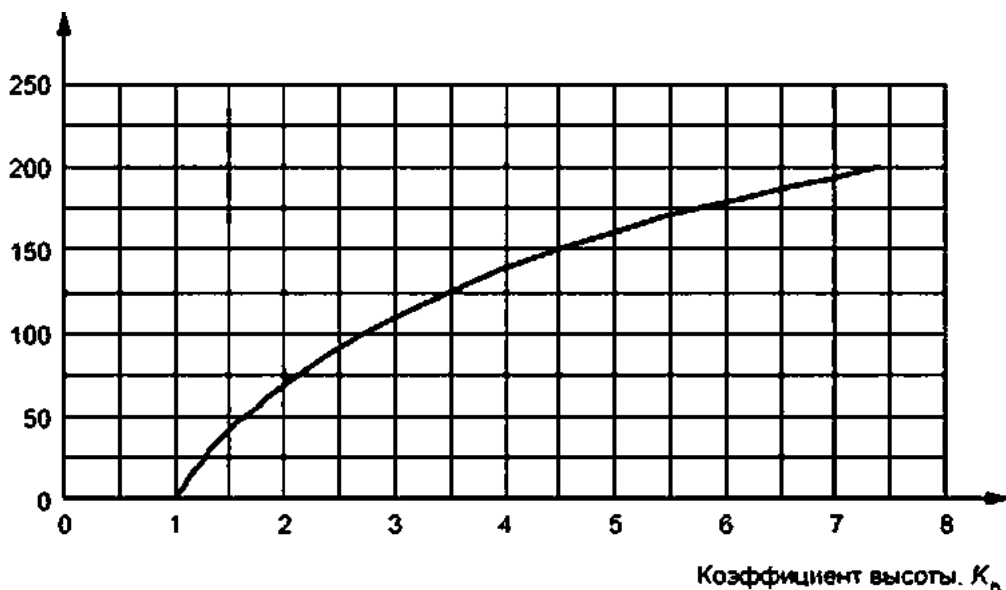
Примечание - На рисунке 5.2.1, СТБ ISO 12494 приведена зависимость изменения массы льда с изменением высоты над уровнем земли (но не над уровнем моря). Данный коэффициент допускается применять для всех типов обледенения (при отсутствии конкретных данных для данной местности).

5.2.1.5 В одних и тех же метеорологических условиях интенсивность обледенения может изменяться в зависимости от ориентации объекта, подверженного обледенению, по отношению к воздействию ветра.

Наиболее сильное обледенение происходит на объектах, расположенных на плоскости, перпендикулярной направлению ветра, а также на объектах с малыми размерами поперечного сечения, однако при продолжительном обледенении размеры гололедно-изморозевых отложений на таких объектах будут почти одинаковыми.

Поэтому такие объекты, как провода, оттяжки, решетчатые конструкции и т. д. могут подвергаться более интенсивному обледенению, чем объекты больших размеров или конструкции сплошного типа. По этой же причине на объектах больших размеров обледенение будет концентрироваться на краях, острых кромках и т. д.

Высота над уровнем земли H , м



Примечание — Высотный коэффициент $K_n = e^{0.01H}$.

Рисунок 5.2.1

5.2.1.6 Неровности рельефа местности также оказывают влияние на условия обледенения, вследствие чего при определении ледовой нагрузки на конструкции должны учитываться следующие особенности рельефа местности:

- близость побережья водоема (в наветренную/подветренную сторону);
- высота над уровнем моря;
- равнины, долины.

В долинах, где холодный воздух попадает в «ловушку», интенсивное обледенение под воздействием атмосферных осадков происходит чаще всего на дне долины, а не на окружающих склонах.

5.2.2 Гололедные нагрузки

5.2.2.1 Для расчета гололедных нагрузок настоящим техническим кодексом устанавливаются нормативные значения гололедных нагрузок, которые определяются для условной воздушной линии на основе эквивалентной толщины стенки гололедно-изморозевых отложений цилиндрической формы, с плотностью $\gamma=0,9 \text{ г/см}^3$ и вероятностью превышения 0,04, что соответствует периоду повторяемости $T=25$ лет.

5.2.2.2 При статистической обработке данных метеонаблюдений гололедно-изморозевых отложений, они (данные) должны быть приведены к однородному виду, в случаях:

- 1) переноса метеоплощадки;
- 2) закрытости гололедного станка.

5.2.2.3 При определении нормативного значения толщины стенки гололедно-изморозевых отложений на условной воздушной линии ($b^{\text{э}}$) должны использоваться:

1) максимальное значение толщины стенки отложения, $b_{\text{э}}^n(m)$, по видам отложений, $m, m \in \{\text{гололед, мокрый снег, изморозь кристаллическая, зернистая изморозь, сложные отложения}\}$, за n -ый год, полученное на основе статистической обработки архивных метеоданных за период наблюдений N , лет, $n=[1, N]$, за гололедно-изморозевыми отложениями на гололедном станке на МС, в следующем объеме:

- дата наблюдения;
- вид отложения, его размер (мм) и масса (г);
- температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), направление и скорость ветра (м/с) в начале гололедно-изморозевого отложения;
- температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), направление и скорость ветра (м/с) при достижении максимальных размеров гололедно-изморозевого отложения;

- 2) коэффициенты закрытости гололедного станка на МС, k_{α} ;
- 3) коэффициенты приведения к условной воздушной линии.

5.2.2.4 Эквивалентная толщина стенки гололеда, $b'_{\text{э}}$, мм, определится по формуле:

$$b'_{\text{э}} = -\frac{d}{2} + \sqrt{0,35 \cdot m_{\text{г}} \cdot k_{\alpha} \cdot 10^3 + \frac{d^2}{4}}, \quad (5.12)$$

где d – диаметр провода гололедного станка, мм;

$m_{\text{г}}$ – масса гололедно-изморозевого отложения с 1 п. м. провода, кг;

k_{α} – коэффициент закрытости, определяемый в зависимости от угла закрытости гололедного станка, α , по таблице 5.8. Сведения об углах закрытости, α , по всем МС получены от Белгидромета.

Таблица 5.8

α	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
K_{α}	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4	1,7	2,2	3,5	4,1	4,2	4,1	3,6	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6

Примечание – Если экранирующий объект расположен от гололедного станка на расстоянии более 300 м, коэффициент закрытости K_{α} равен 1,0.

5.2.2.5 Для определения условной толщины стенки гололеда, b^{\exists} , мм, эквивалентную толщину стенки гололеда, b'_{\exists} , мм, полученную по данным наблюдений на гололедном станке МС, следует привести к условной воздушной линии с проводами диаметром 10 мм, подвешенными на высоте 10 м над поверхностью земли, используя выражение:

$$b^{\exists} = 1,05 + 1,325b'_{\exists}, \quad (5.13)$$

5.2.2.6 Максимальная годовая условная эквивалентная толщина стенки гололеда, b_n^{max} , мм, за n -ый год наблюдений, определяется по выражению:

$$b_n^{max} = \max_r b_n^{\exists}. \quad (5.14)$$

5.2.2.7 Нормативная толщина стенки гололеда с повторяемостью один раз в T лет, b_N^T , определяется по выражению:

$$b_N^T = \bar{b}_N \cdot \left(1 + c_v \cdot \frac{(y^T - c_2^N)}{c_1^N}\right), \quad (5.15)$$

где \bar{b}_N – среднее значение максимальной эквивалентной толщины стенки гололеда, мм, приведенной для условной воздушной линии, за весь период метеонаблюдений за гололедом, N , рассчитываемое по выражению А.18;

c_v – коэффициент вариации, рассчитываемый как приведено в А.11;

y^T, C_1^N, C_2^N – параметры распределения, определенные по методике, приведенной в приложении А.

5.2.2.8 При построении карт климатического районирования должно учитываться изменения толщины стенки гололеда для различных условий микрорельефа.

Приведение толщины стенки гололеда, b_{\exists} , мм, к открытому ровному месту с учетом микрорельефа проводится по выражению:

$$b_{\exists} = b_N^T c_0^r, \quad (5.16)$$

где c_0^r – коэффициент, учитывающий влияние микрорельефа на толщину стенки гололеда, который определяется по таблице 5.9.

Таблица 5.9

Форма микрорельефа	Район по гололеду для МС на равнине	Значение коэффициента, учитывающего влияние микрорельефа на толщину стенки гололеда, c_0^r								
		Величина относительных высот местности, Δh , м								
		0	10	20	30	40	50	60	70	80
2. Равнина	–	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–
3. Наветренный или параллельный ветру склон, открытые долины	I-III	1,0	1,05	1,10	1,10	1,15	1,2	1,25	1,30	1,30
	IV	1,0	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
4. Подветренные склоны и закрытые долины	I-II	0,9-1,0	–	–	–	–	–	–	–	–

5.2.2.9 Для районирования по гололеду карта экспозиции склонов по отношению к гололедонесущему потоку с учетом выделенных типов и подтипов

рельефа в соответствии с 4.11-4.13, совмещается с гипсометрической картой (масштаб 1:700 000).

Для каждого типа рельефа на карту наносятся границы районов по гололеду с учетом их абсолютной высоты над уровнем моря (таблица 5.10).

Значения нормативных эквивалентных толщин стенок гололеда для соответствующих районов по гололеду принимаются по таблице 5.11.

Влияние микрорельефа учитывается, как приведено в 5.2.2.8.

Таблица 5.10 – Абсолютная высота над уровнем моря районов по гололеду для различных типов рельефа

Форма рельефа	Абсолютная высота над уровнем моря (м) районов по гололеду				
	I	II	III	IV	V
1. Заболоченная равнина	до 130 вкл.	свыше 130	-	-	-
2. Равнина	до 164 вкл.	св. 164 до 204 вкл.	свыше 204	-	-
3. Наветренные склоны, возвышенности	до 197 вкл.	св. 197 до 224 вкл.	св. 224 до 250 вкл.	св. 250 до 276 вкл.	свыше 276
4. Открытые долины	до 121 вкл.	св. 121 до 136 вкл.	свыше 136	-	-
5. Подветренные склоны, закрытые долины	до 162 вкл.	св. 162 до 220 вкл.	св. 220 до 280 вкл.	свыше 280	-
6. Параллельный ветру склон	до 160 вкл.	св. 160 до 212 вкл.	св. 212 до 264 вкл.	свыше 264	-

Таблица 5.11 – Районы по гололеду и соответствующие нормативные толщины стенки гололеда

Районы по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда, $b_э$, мм
I	10
II	15
III	20
IV	25
V	30

5.2.2.10 В приложении В приведена карта нормативных районов по гололеду Республики Беларусь.

На карте районирования по гололеду отмечаются пять районов. Больше всего подвержена гололедному воздействию центральная часть республики, которая является самой возвышенной.

V район отмечается частично на Минской, Новогрудской и Ошмянской возвышенностях.

VI–III районы наблюдаются в сильно пересеченных местностях и склонах Новогрудской возвышенности, значительной части Минской возвышенности, частично Оршанской, Витебской, Городокской, Лукомльской и Ошмянской возвышенностей; Копыльской и Мозырской гряд.

II район отмечается на приподнятом плато центральной части Беларуси, в долинах рек Припяти, Днепра.

К I району относятся обширные участки Полоцкой и Полесской низменностей, долины рек Западной Двины, Немана, Вилии, Днепра, Сожа и Березины.

5.2.2.11 Нормативная гололедная нагрузка $P_{нг}$, Н/м, на линейные элементы воздушной линии (провода, тросы и элементы опор круглой формы) определяется как:

$$P_{нг} = F\{b_э, d_п, k_h, k_d, \pi, \rho, g\}, \quad (5.16)$$

ТКП ХХХ-2019 (33240)

где b_3 – нормативное значение толщины стенки гололеда, определяемое по таблице 5.11, в зависимости от района по гололеду в соответствии с картой районирования территории Беларуси по гололеду (приложение Б);

d_n – диаметр провода, мм;

k_h, k_d – соответственно, коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда по высоте h , м, и в зависимости от диаметра линейного элемента, принимаются по ТКП 339 (таблица 5.3.4);

π, ρ, g – постоянные, равные соответственно, $\pi=3,14$; $\rho=0,9$ г/см²; $g=9,8$ м/с².

5.2.2.12 Нормативная гололедная нагрузка $P_{но}$, Н, на конструкции опор воздушной линии определяется как:

$$P_{но} = F\{P_{но}^y, k_h, A_0, g\}, \quad (5.17)$$

где $P_{но}^y = F\{\mu_r, b_3, \rho\}$ – вес гололедно-изморозевых отложений, кг, на 1 м² поверхности конструкции;

μ_r – коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подвергшегося обледенению, к полной площади поверхности элемента, принимается по ТКП 339 (5.3.5);

b_3 – нормативное значение толщины стенки гололеда, определяемое по таблице 5.11, в зависимости от района по гололеду в соответствии с картой районирования территории Беларуси по гололеду (приложение Б);

k_h – коэффициент, учитывающие изменение толщины стенки гололеда по высоте h , м, принимаются по ТКП 339 (таблица 5.3.4);

A_0 – площадь общей поверхности элемента, м²;

ρ, g – постоянные, равные соответственно, $\rho=0,9$ г/см²; $g=9,8$ м/с².

5.2.2.13 Расчетные гололедные нагрузки на элементы конструкции и опоры воздушных линий определяют, как установлено ТКП 339, 5.3.5.

5.2.3 Ветровые нагрузки при гололеде

5.2.3.1 Воздействие ветра на элементы конструкции воздушной линии, покрытые гололедно-изморозевыми отложениями, определяется скоростью ветра, при котором происходит обледенение, массой и формой отложения. В настоящем техническом кодексе используется подход, при котором рассматриваются все варианты комбинированного воздействия ветровых и гололедных нагрузок.

5.2.3.2 При статистической обработке данных метеонаблюдений гололедно-ветровых нагрузок, они (данные) должны быть приведены к однородному виду, в случаях:

- 1) переноса метеоплощадки;
- 2) закрытости гололедного станка;
- 3) отличного от нормального угла направления гололедонесущего потока по отношению к проводу.

5.2.3.3 При определении нормативного значения ветровой нагрузки при гололеде, q_N^T , должны использоваться:

1) максимальное значение толщины стенки отложения, $b_3^n(m)$, по видам отложений, $m, t \in \{\text{гололед, мокрый снег, изморозь кристаллическая, зернистая изморозь, сложные отложения}\}$, за n -ый год, полученное на основе статистической обработки архивных данных наблюдений за период наблюдений N лет, $n=[1, N]$, за гололедно-изморозевыми отложениями на гололедном станке – метеонаблюдений на МС, в объеме, изложенном в 5.2.2.3;

2) коэффициенты закрытости гололедного станка на МС, k_a ;

3) коэффициенты защищенности ветроизмерительных приборов, k_{rel} ;

4) коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда при отклонении направления ветра на угол φ от нормального, k_φ ;

5) коэффициенты приведения гололедных нагрузок к условной ВЛ.

5.2.3.4 При наличии данных о массе гололедно-изморозевого отложения с 1 п. м. провода, m_Γ , кг, эквивалентная толщина стенки гололеда, $b'_{эГ}$, мм, определится по формуле:

$$b'_{эГ} = -\frac{d_\Pi}{2} + \sqrt{0,35 \cdot m_\Gamma \cdot k_\alpha \cdot k_\varphi \cdot 10^3 + \frac{d_\Pi^2}{4}}, \quad (5.18)$$

k_φ – коэффициент, определяемый по таблице 5.12.

Таблица 5.12

Направление ветра в начале обледенения	СВ, ЮВ, СЗ, ЮЗ	ВСВ, ССВ, ВЮВ, ЮЮВ, ЮЮЗ, ЗЮЗ, ЗСЗ, ССЗ
k_φ	1,82	1,33
Примечание – Для случаев отложения мокрого снега при скоростях ветра $V \leq 5$ м/с коэффициент $k_\varphi = 1,0$.		

5.2.3.5 Вертикальная нагрузка от веса гололеда обычно вызывает наибольшие усилия в проводах, но действует не постоянно, а при неблагоприятных атмосферных условиях. Распределение гололеда по проводу не бывает строго равномерным, однако ввиду того, что учесть неравномерность не представляется возможным, такую нагрузку принимают равномерно распределенной по длине провода.

Погонная нагрузка на провод от веса гололеда, p_Γ , даН/м, определится как:

$$p_\Gamma = \gamma_\Gamma \pi b_{эГ} (d_\Pi + b_{эГ}) \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

5.2.3.6 Ветровая погонная нагрузка на провод, покрытый гололедом, Q^Γ , даН/м, определяется по формуле:

$$Q^\Gamma = C_x w_\Gamma (d_\Pi + 2 \cdot b_{эГ}) \cdot 10^{-3}, \quad (5.20)$$

где C_x – аэродинамический коэффициент, принимаемый для проводов с гололедом, $C_x = 1,2$;

w_Γ – скоростной напор (давление) ветра, даН/м², определяемый по формуле 5.9;

$b_{эГ}$ – толщина стенки гололеда на проводе диаметром 10 мм, подвешенном на высоте 10 м над поверхностью земли, мм, рассчитываемая по формуле (5.13).

5.2.3.7 Максимальная годовая ветровая погонная нагрузка при гололеде, Q_n^{max} , даН/м, за n -ый год наблюдений, определяется по выражению:

$$Q_n^{max} = \max Q_n^\Gamma. \quad (5.21)$$

5.2.3.8 Нормативная ветровая погонная нагрузка при гололеде с повторяемостью один раз в T лет, Q_N^T , определяется по выражению:

$$Q_N^T = \bar{Q}_N \cdot \left(1 + c_v \cdot \frac{(y^T - c_2^N)}{c_1^N}\right), \quad (5.22)$$

где \bar{Q}_N – среднее значение максимальной годовой ветровой погонной нагрузки при гололеде, даН/м, за весь период метеонаблюдений за гололедом, L , рассчитываемое по выражению А.18;

c_v – коэффициент вариации, рассчитываемый как приведено в А.11;

y^T , c_1^N , c_2^N – параметры распределения, определенные по методике, приведенной в приложении А.

5.2.3.9 Для районирования по ветровой погонной нагрузке при гололеде карта экспозиции склонов по отношению к гололедонесущему потоку с учетом

ТКП ХХХ-2019 (33240)

выделенных типов и подтипов рельефа в соответствии с 4.11-4.13, совмещается с гипсометрической картой (масштаб 1:700 000).

Для каждого типа рельефа на карту наносятся границы районов по ветровой нагрузке при гололеде с учетом их абсолютной высоты над уровнем моря (таблица 5.13).

Таблица 5.13 – Абсолютная высота над уровнем моря районов по ветровой нагрузке при гололеде для различных типов рельефа

Форма рельефа	Абсолютная высота над уровнем моря (м) районов по гололеду				
	I	II	III	IV	V
1. Заболоченные равнины и открытые долины	до 130 вкл.	свыше 130	-	-	-
2. Равнины	до 154 вкл.	св. 154 до 170 вкл.	св. 170 до 205 вкл.	свыше 205	-
3. Наветренные склоны, возвышенности	до 172 вкл.	св. 172 до 190 вкл.	св. 190 до 222 вкл.	св. 222 до 271 вкл.	свыше 271
5. Подветренные склоны	до 126 вкл.	св. 126 до 174 вкл.	св. 174 до 268 вкл.	свыше 269	-
6. Закрытые долины	до 192 вкл.	свыше 192	-	-	-
7. Параллельные ветру склоны	до 180 вкл.	св. 180 до 202 вкл.	св. 202 до 248 вкл.	св. 248 до 318 вкл.	свыше 318

5.2.3.10 Значения нормативных ветровых погонных нагрузок при гололеде для соответствующих районов принимаются по таблице 5.14.

Влияние микрорельефа учитывается, как приведено в 5.2.2.8.

Таблица 5.14 – Районы по ветровой нагрузке при гололеде

Районы по ветровой нагрузке при гололеде	Ветровая погонная нагрузка при гололеде, Н/м
I	3,0
II	4,0
III	6,0
IV	9,0
V	13,0

5.2.3.11 В приложении Г приведена карта нормативных районов по гололедно-ветровой нагрузке Республики Беларусь.

На карте ветровых нагрузок при гололеде территории Беларуси отмечаются пять районов. Больше всего подвержена гололедно-ветровому воздействию центральная часть республики, которая является самой возвышенной.

К V району относятся части Минской, Новогрудской и Ошмянской возвышенностей.

К IV району относятся части Минской, Новогрудской и Ошмянской, а также Городокской, Витебской, Оршанской и Горецко-Мстиславской возвышенностей, Свирской, Копыльской гряд.

III район образуют сильно пересеченные местности и склоны Новогрудской возвышенности, значительной части Минской возвышенности, частично Оршанской, Витебской, Городокской, Лукомльской и Ошмянской возвышенностей; Копыльской и Мозырской гряд.

II район отмечается в основном на приподнятом плато центральной части Беларуси.

К I району относятся обширные участки Полесской низменности, долины рек Западной Двины, Немана, Вилии, Днепра, Сожа и Березины.

5.2.3.12 Нормативная ветровая нагрузка при гололеде $P_{нг}^w$, Н, на линейные элементы воздушной линии (провода, тросы) определяется как:

$$P_{нг}^w = F\{w_{но}^r, \alpha_w, K_w, C_x, A_x, \sin^2\varphi\}, \quad (5.23)$$

где $w_{но}^r$ – нормативное ветровое давление при гололеде, Па, определяемое в зависимости от ветрового района (давления ветра) при гололеде по карте районирования территории Беларуси по ветровому давлению (приложение Д) и таблице 5.17;

α_w – коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету воздушной линии, который принимается равным по ТКП 339, 5.3.5.15;

K_w – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, который принимается равным по ТКП 339, 5.3.5.7;

C_x – аэродинамический коэффициент, принимаемый для проводов с гололедом, $C_x = 1,2$;

A_x – площадь продольного диаметрального сечения провода (троса), m^2 ; определяемая по выражению: $A_x = F\{d_{п}, k_i, k_d, b_y, L\}$, здесь b_y – условная толщина стенки гололеда, мм, которую рекомендуется определять по [6] и формуле (5.24), а L – длина ветрового пролета, м;

φ – угол между направлением ветра и продольной осью элемента.

Условная толщина стенки гололеда, b_y , мм, для каждого района определяется по ветровой нагрузке при гололеде, $Q_{нг}^w$, как:

$$b_y = \frac{Q_{нг}^w \cdot 10^3}{1,5V_c^2} - \frac{d}{2}, \quad (5.24)$$

где $Q_{нг}^w$ – нормативная ветровая нагрузка при гололеде, Н/м, на линейные элементы воздушной линии, определяется по карте нормативных районов по гололедно-ветровой нагрузке (приложение Г) и таблице 5.14;

V_c – нормативная скорость ветра при гололеде, определяется по нормативному ветровому давлению (по таблице 5.15) для соответствующего района по ветру при гололеде (приложение Д), руководствуясь выражением 5.9.

Таблица 5.15 – Районы по ветровому давлению при гололеде

Районы по ветру при гололеде	Ветровое давление при гололеде, Па
I	150
II	200
III	250
IV	300
V	350
VI	400
VII	450

5.2.3.13 Для районирования по ветровому давлению при гололеде карта экспозиции склонов по отношению к гололедонесущему потоку с учетом выделенных типов и подтипов рельефа, совмещается с гипсометрической картой (масштаб 1:700 000).

Для каждого типа рельефа на карту наносятся границы районов по ветровому давлению при гололеде с учетом их абсолютной высоты над уровнем моря (таблица 5.16).

5.2.3.14 Значения нормативного ветрового давления при гололеде для соответствующих районов принимаются по таблице 5.15.

Таблица 5.16 – Абсолютная высота над уровнем моря районов по ветровому давлению при гололеде для различных типов рельефа

Форма рельефа	Абсолютная высота над уровнем моря (м) районов по гололеду						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Заболоченные равнины	до 130 вкл.	свыше 131 до 137 вкл.	свыше 138	-	-	-	-
2. Открытые долины	до 120 вкл.	свыше 120	-	-	-	-	-
3. Равнины	-	до 141 вкл.	св. 142 до 160 вкл.	св. 161 до 174 вкл.	св. 175 до 189 вкл.	св. 190 до 204 вкл.	свыше 205
4. Наветренные склоны, возвышенности	-	-	до 178 вкл.	св. 179 до 194 вкл.	св. 195 до 210 вкл.	св. 211 до 226 вкл.	свыше 227
5. Подветренные склоны	-	-	до 226 вкл.	св. 227 до 292 вкл.	свыше 293	-	-
6. Закрытые долины	до 160 вкл.	св. 161 до 180 вкл.	свыше 181	-	-	-	-

6 Рекомендации по применению карт климатического районирования

6.1 При проектировании воздушных линий должны учитываться метеорологические условия в районе прохождения трассы воздушной линии по ветру, гололеду и сочетанию ветра и гололеда.

6.2 Расчетные значения климатических воздействий (нагрузок) должны определяться с использованием коэффициентов, обеспечивающих требуемый уровень надежности сооружения, с учетом конструктивных особенностей сооружения, его высоты над поверхностью земли и окружающего микрорельефа, (ТКП 339, 5.3.5).

6.3 При возникновении трудности в определении климатического района по карте, например, в случае сближения нескольких районов по определенному климатическому показателю в районе трассы проектируемой воздушной линии, рекомендуется применять район с более высокими показателями.

При возможности уточнения климатических показателей карт на основе материалов реальных физико-географических условий для участка намечаемого возведения (реконструкции) воздушной линии, следует использовать данные таблиц 5.4, 5.10, 5.13, 5.15 – для определения климатического района по типу рельефа и отметкам высот трассы; а также данные таблиц 5.5, 5.11, 5.14, 5.16 – для нахождения нормативного значения климатического показателя (по ветру, гололеду и сочетанию ветра и гололеда). Для учета особенностей микрорельефа трассы следует воспользоваться таблицей 5.3.

6.4 При расчете ветровых воздействий на конструкции и линейные элементы воздушных линий должны использоваться нормативные климатические показатели по ветру в следующем порядке.

6.4.1 Ветровой район следует определять в районе прохождения трассы воздушной линии по карте климатического районирования (приложению Б). При возможности учета микрорельефа трассы воздушной линии следует руководствоваться таблицей 5.3.

6.4.2 Нормативное ветровое давление, соответствующее 10 мин интервалу осреднения скорости ветра на высоте 10 м над поверхностью земли должно приниматься по таблице 5.5 в соответствии с районом по ветру.

Для воздушных линий класса напряжений от 110 до 750 кВ нормативное ветровое давление рекомендуется принимать не менее 500 Па (т. е. не ниже II района).

6.5 При расчете гололедных нагрузок на воздушную линию и ее элементы используются климатические показатели по гололеду в следующем порядке.

6.5.1 Район по гололеду определяется по карте климатического районирования согласно приложению В.

6.5.2 Нормативную толщину стенки гололеда с плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$ на проводе диаметром 10 мм, расположенном на высоте 10 м над поверхностью земли, следует принимать по таблице 5.11 в соответствии с районом по гололеду.

Для воздушных линий классов напряжений от 110 до 750 кВ нормативную толщину стенки гололеда принимают не менее 15 мм (т.е. не ниже II района).

Для учета влияния микрорельефа на толщину стенки гололеда, используются коэффициенты таблицы 5.9.

6.5.3 Гололедную нагрузку на гирлянды изоляторов для воздушных линий II района по гололеду допускается не рассчитывать. Для III и выше районов по гололеду расчетную гололедную нагрузку на гирлянды изоляторов рекомендуется принимать равной половине веса гирлянды изоляторов [16].

6.5.4 При выборе трасс воздушных линий следует, как правило, избегать территорий с большими отложениями гололеда.

6.6 При расчете гололедно-ветровых нагрузок на воздушную линию следует использовать нормативные климатические показатели сочетания гололеда с ветром в следующем порядке.

6.6.1 Район по ветровой нагрузке при гололеде следует определить по региональной карте районирования (приложение Г) и таблице 5.14.

6.6.2 Нормативную ветровую нагрузку при гололеде на провод (трос) диаметром 10 мм для высоты 10 м над поверхностью земли, найти по таблице 5.14 в соответствии с районом по ветровой нагрузке при гололеде.

Для воздушных линий классов напряжений от 110 до 750 кВ нормативную ветровую нагрузку при гололеде необходимо принимать не менее 6 Н/м (т.е. не ниже III района).

Нормативную скорость ветра при гололеде определить по нормативному ветровому давлению (приложение Д) и по таблице 5.15 для соответствующего района по ветру при гололеде, руководствуясь формулой 5.9.

Условную толщину стенки гололеда, для каждого района по ветру при гололеде определить по выражению 5.24.

Приложение А (обязательное)

Методики обработки метеоданных

А.1 По данным наблюдений климатических характеристик метеостанций составляются ряды максимальных годовых величин этих характеристик и рассчитываются эмпирические интегральные функции распределения вероятностей.

В практике метеорологических исследований для аппроксимации эмпирических функций распределения экстремальных значений метеорологических явлений рекомендуется применять следующие типы распределений [3]:

- 1) первое предельное распределение Гумбеля:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}, \quad (\text{A.1})$$

- 2) второе предельное распределение Фишера-Типпетта:

$$F(x) = e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma}, \quad (\text{A.2})$$

- 3) предельное распределение Вейбулла:

$$F(x) = e^{-\left(\frac{x-c}{a}\right)^b}, \quad (\text{A.3})$$

- 4) двухэкспоненциальное трехпараметрическое распределение:

$$F(x) = e^{-Ae^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma}}, \quad (\text{A.4})$$

где $F(x)$ – вероятность не превышения данной величины,

x – климатическая нагрузка,

$A, b, \alpha, \beta, \gamma$ – параметры распределения.

А.2 Ранее в методиках для аппроксимации эмпирических рядов рекомендовали использовать второе предельное распределение [6]. Однако позже в [11] было установлено, что второе распределение в области вероятностей 0,98-0,998 значительно завышает величины климатических характеристик, а распределение III занижает их.

А.3 Ряды величин климатических характеристик достаточно надежно аппроксимируются первым распределением, поэтому при аппроксимации эмпирических кривых распределения для вероятностей 0,96 и выше следует применять первое предельное распределение. В случаях, когда эмпирические кривые распределения годовых максимумов величин метеонаблюдений природных явлений недостаточно хорошо аппроксимируются первым предельным распределением (наблюдаются значительные отклонения эмпирических точек кривой распределения от теоретической кривой), допускается для аппроксимации эмпирических кривых использовать другие распределения.

А.4 Распределение накопленных вероятностей в выражении А.1 может быть представлено как:

$$F_1(x) = e^{-e^{-y}}, \quad (\text{A.5})$$

где $F_1(x)$ – вероятность не превышения данной величины, то есть, что максимальное значение x_i в течение любого года будет меньшим выбранного значения x .

Параметры распределения определяются на основании статистических параметров рядов метеонаблюдений как:

$$y = \alpha (x - \beta), \quad (\text{A.6})$$

$$\alpha = C_1/\sigma, \quad (\text{A.7})$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{c_2}{\alpha}, \quad (\text{A.8})$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (\text{A.9})$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (\text{A.10})$$

$$c_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (\text{A.11})$$

где \bar{x} , σ – соответственно, среднее значение и стандартное отклонение максимальных значений x_i ;

c_v – коэффициент вариации.

A.5 Пусть приведенные к однородному виду максимальные годовые величины климатических характеристик составляют ряд наблюдений на метеостанции «А»: x^A_1, \dots, x^A_N за период N , год. Для построения интегральной функции распределения значения этого ряда ранжируют в порядке возрастания, как $x_{min}, \dots, x_m, \dots, x_{max}$. Для каждого значения величины x вычисляется ее обеспеченность по формуле:

$$P(x) = \frac{m}{(n+1)} \cdot 100, \% \quad (\text{A.12})$$

где m – порядковый номер членов ряда;

n – общее число членов ряда.

A.6 Определяются статистические параметры ряда наблюдений:

- выборочное среднее значение климатической характеристики, (A.9);
- выборочное среднеквадратическое отклонение, (A.10);
- коэффициент вариации, c_v , (A.11).

При этом длина ряда должна быть не менее 30 лет.

A.7 Параметры C_1 и C_2 в формулах (A.7) и (A.8), которые зависят от длительности серии наблюдений, задаваемой переменной N , приведены в таблице A.1.

Таблица A.1

Длительность серии наблюдений, N	C_1	C_2
30	1,1124	0,5362
50	1,16066	0,54854
100	1,2065	0,5600
∞	1,28255	0,57722
Примечание – параметры C_1 и C_2 для серии наблюдений, длительностью, ∞ , соответствуют идеальному распределению Гумбеля		

A.8 Вероятность того, что максимальное значение x_i превысит установленное значение x в любом году определится как:

$$F(x) = 1 - F_1(x). \quad (\text{A.13})$$

A.9 Период повторяемости, T , год, является величиной, обратной $F(x)$, которая обозначается как $T(x)$, чтобы подчеркнуть его зависимость от выбранного значения x :

$$T(x) = \frac{1}{1-F(x)}. \quad (\text{A.14})$$

С учетом выражений (A.5), (A.13) и A.14 получаем:

$$\frac{1}{T} = 1 - e^{-e^{-y}} \text{ либо } y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right). \quad (\text{A.15})$$

Как следует из (A.15) параметр y зависит только от периода повторяемости T , и не зависит от x и σ .

ТКП ХХХ-2019 (33240)

Соответствующие значения периода повторяемости, T , вероятность превышения F и параметра y приведены в таблице А.2.

Таблица А.2

Период повторяемости, T , лет	Вероятность превышения, F	Параметр y
25	0,04	3,1985
50	0,02	3,9019
100	0,01	4,6001

А.10 Выражение (А.6) приведем в другом удобном для расчетов виде:

$$x = \beta + \frac{y}{\alpha}, \tag{A.16}$$

и используя выражения (А.7) и (А.8), получим:

$$x = \bar{x} - \frac{\sigma}{c_1}(C_2 - y). \tag{A.17}$$

Учитывая, что $y > C_2$, и выражение (А.11) получим удобную для вычислений формулу:

$$x = \bar{x}(1 + c_v \frac{y - C_2}{c_1}). \tag{A.18}$$

А.11 Коэффициенты C_1 и C_2 могут быть как взяты из таблицы А.1, так и получены расчетным путем, как приведено ниже.

А.11.1 За период метеонаблюдений, N , год, может быть рассчитано n значений x^N , пронумерованных от 1 до N .

$$x_i^N = -\ln\left(-\ln \frac{i}{n+1}\right), i = \overline{1, N}. \tag{A.19}$$

Среднее из этих значений x^N определяется по выражению:

$$\bar{x}^N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^N, C_2 = \bar{x}^N. \tag{A.20}$$

Стандартное отклонение и параметр C_1 находятся из выражений:

$$\sigma^N = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i^N - \bar{x}^N)^2}, C_1 = \sigma^N, \tag{A.21}$$

или в упрощенном виде, σ^N

$$\sigma^N = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i^N)^2 - (\bar{x}^N)^2}. \tag{A.22}$$

А.11.2 При $N \rightarrow \infty$ $C_1 \rightarrow \pi\sqrt{6} = 1,282549$; а $C_2 \rightarrow 0,577216$, зависимость между характеристическим значением климатической нагрузки (с периодом повторяемости в 50 лет) и ее значением для среднего периода повторяемости в n лет определится как (ТКП ЕН 1991-1-3):

$$C_\infty = \left\{ \frac{1 - c_v \frac{\sqrt{6}}{\pi} [\ln(-\ln(1 - \frac{1}{n}))] + 0,577216}{1 + 2,5923 c_v} \right\}. \tag{A.23}$$

А.12 Появление нагрузок, превышающих принятые расчетные нагрузки, возможно в любой год в течение эксплуатации воздушной линии. Для оценки надежности и степени риска природных нагрузок используются следующие показатели:

$f = 1 - 1/T$ – вероятность того, что в течение года нагрузка не превысит расчетную величину;

$f_n = (1 - 1/T)^{nT}$ – надежность принятых расчетных нагрузок ВЛ – вероятность того, что ни в одном году за период nT лет нагрузка не превысит заданную величину;

$R = 1 - (1 - 1/T)^{nT}$ – степень риска принятых расчетных нагрузок – вероятность того, что нагрузка будет больше заданной величины хотя бы один раз за nT лет.

Библиография

- [1] Закон Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» от 5 января 2004 г. № 262-З
- [2] Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС»
СТО 56947007- 29.240.01.189-2014 Методические указания по применению альбомов карт климатического районирования территории по субъектам РФ
- [3] Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС»
СТО 56947007-29.240.055-2010 Методические указания по расчету климатических нагрузок в соответствии с ПУЭ – 7 и построению карт климатического районирования
- [4] Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС»
СТО 56947007-29.240.056-2010 Методические указания по определению региональных коэффициентов при расчете климатических нагрузок
- [5] Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС»
СТО 56947007-29.240.057-2010 Методические указания по определению климатических нагрузок на ВЛ с учетом ее длины
Технические отчеты РУП «Белэнергосетьпроект»
- [6] Арх.№ 10844-02-т1 Разработка региональной карты расчетных гололедно-ветровых нагрузок на территории Белорусской ССР
- [7] Арх.№ 5744-02 Разработка региональной карты гололедных районов на территории Белорусской ССР для проектирования и эксплуатации линий электропередачи
Международные стандарты
- [8] IEC 60826-2016 Overhead transmission lines – design criteria
- [9] IEC 61774-1997 Overhead lines –Meteorological data for assessing climatic loads
Европейский стандарт
- [10] EN 50431-1:2012 Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements - Common specifications
- [11] Луговой В.А., Тимашова Л.В., Черешнюк С.В. Определение климатических нагрузок на воздушные линии Современный подход// Новости электротехники. – 2006. – № 3(39).
- [12] Руководящий документ Росгидромета
РД 52.04.720-2009 Положение о реперных климатических станциях
- [13] Правила улаштування електроустановок. Розділ 2. Передавання електроенергії
Затверджено наказом Мінпаливенерго України від 5 січня 2006 р №3
- [14] СО 153-34.20.361 (РД 34.20.361) Инструкция по производству наблюдений над обледенением проводов и сильным ветром на гололедных постах
- [15] Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС»
СТО 56947007-29.240.55.113-2012 Методические указания по применению сигнализаторов гололеда (СГ) и прогнозированию гололедоопасной обстановки
- [16] СТО 70238424.29.240.20.003-2011 Воздушные линии напряжением 35-750 кВ. Условия создания. Нормы и требования