



СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К УЧЕТУ КЛИМАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Черешнюк С.В., Луговой В.А., Тимашова Л.В.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Реферат – В статье рассмотрен современный подход к определению климатических нагрузок на воздушные линии электропередачи, в том числе – современные нормативные требования, использование информационных технологий при расчете климатических нагрузок и построении карт регионального районирования в части баз данных, автоматизации расчетов, геоинформационных систем. Дана историческая ретроспектива работ по климатическому районированию территории Республики Молдова.

Ключевые слова: климат, климатические нагрузки, гололед, ветер, климатическая карта.

MODERN TECHNIQUES ON CLIMATIC LOADS ASSESSMENT FOR OVERHEAD TRANSMISSION LINES

CHERESHNYUK Sergey, LUGOVOI Vladimir, TIMASHOVA Larisa
JSC "R&D Center @ FGC UES"

Abstract – In the article modern techniques on climatic loads assessment for overhead transmission lines are presented, including modern normatives and use of modern information technologies during calculation of climatic loads and creation of regional climatic maps, particularly these are data bases, programs for calculations automatization and GIS application. Historical retrospective of works on climatic maps creations for the territory of Republic of Moldova is given.

Keywords: climate, climatic loads, icing, wind, climatic map.

METODE CONTEMPORANE DE CONSIDERARE A SARCINILOR CLIMATERICE ASUPRA LINIILOR ELECTRICE AERIENE DE TRANSMISIE A ENERGIEI ELECTRICE

Cereșniuc S.V., Lugovoi V.A., Timașova L.V.
SA "R&D Center @ FGC UES"

Rezumat – În articol se analizează abordarea contemporană privind determinarea sarcinilor climaterice asupra liniilor electrice de transport, inclusiv cerințele normative contemporane, utilizarea tehnologiilor informaționale la calculul sarcinilor climaterice și construirea hărților de raionare regională în partea bazei de date, automatizării calculului, sistemelor geoinformaționale. Este dată retrospectiva lucrărilor privind raionarea climaterică a teritoriului Republicii Moldova.

Cuvinte cheie – clima, sarcini climaterice, polei, vânt, hartă climaterică.

От величины принятых при проектировании расчетных климатических нагрузок зависит выбор конструкций линий электропередачи (тип опор, марка провода, длина пролета и др.). Неточности в учете климатических условий при проектировании ВЛ и их элементов может привести к аварийным ситуациям и к перерыву электроснабжения потребителей.

При проектировании и эксплуатации объектов электроэнергетики учитываются следующие климатические условия:

- температура воздуха;
- ветер;
- гололедно-изморозевые отложения;
- интенсивность грозовой деятельности.

1. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Для удобства проектирования, начиная с самых первых изданий Правил Устройства Электроустановок (ПУЭ) принято выделение районов по ветру и гололеду.

В 1-м (1950 год) и 2-м (1959 год) изданиях ПУЭ рассматривалось 3 класса ВЛ, в зависимости от номинального напряжения между проводами одной цепи: I класс – 35 кВ и выше, II класс – 1 – 35 кВ, III класс – 1 кВ и ниже. Расчетные нагрузки предлагалось принимать по наиболее невыгодным сочетаниям климатических условий, наблюдаемых не реже 1 раза в 10 лет – для ВЛ класса I и 5 лет – для ВЛ класса II (таблица 1). Выделялось IV гололедных района: I

район – толщина стенки наблюдаемого гололеда, приведенного к цилиндрической форме и удельному весу 0,9 принята равной 0,5 см, II район – 1 см, III район – 1,5 см, IV район – 2 см. Скорость ветра при расчетах принималась не менее 25 м/с для ВЛ I класса и 20 м/с – для ВЛ II класса. При расчете ВЛ рекомендовалось рассматривать различные сочетания климатических условий для нормального и аварийного режимов. Характерными чертами того периода были короткие ряды наблюдений.

Начиная с третьего издания (1964 год) в ПУЭ появляются карты районирования СССР по скоростным напорам ветра и по гололеду. В ПУЭ - 3 и 4 (1965 год) издания (таблица 1) вводится 7 ветровых районов, причем для VII района предусмотрены следующие скорости ветра: 40 м/с для повторяемости 1 раз в 5 лет, 43 м/с для повторяемости 1 раз в 10 лет, и 45 м/с для повторяемости 1 раз в 15 лет. Количество районов и нормативные толщины стенки гололеда оставлены такими же как в ПУЭ 2-го издания.

Приказом Минэнерго с 1970 года повторяемость климатических условий 1 раз в 10 лет (вероятность не превышения климатических условий 0,9) принята и для расчета климатических нагрузок на ВЛ 6-35 кВ.

В ПУЭ 5-го (1978 год) и 6-го (1985 год) издания введен период повторяемости для ВЛ напряжением 6 – 35 кВ (1 раз в 10 лет) (таблица 1). Были уточнены формулы и коэффициенты расчета климатических нагрузок.

В середине 80-х годов ВНИИЭ предложило использовать для расчетов и построения карт регионального районирования 25-летний период повторяемости. Так же было предложено проводить районирование не только гололедных и ветровых нагрузок, но и ветровых нагрузок при гололеде.

При развитии сетей 750 кВ для повышения их надежности приказом Минэнерго СССР от 01.08.88 г. №376 было принято решение об определении ветровых, гололедных и гололедно-ветровых нагрузок на опоры ВЛ 750 кВ с повторяемостью 1 раз в 25 лет. Согласно приказу Минэнерго России №187 от 20.05.2003 с 1 октября 2003 года введены в действие глава 2.5 «Правил устройств электроустановок» (ПУЭ) 7-го издания.

В ПУЭ - 7 в качестве нормативной величины принята повторяемость климатических нагрузок 1 раз в 25 лет (вероятность не превышения климатических условий 0,96). Выделено 7 районов по ветру с выделением особого района выше 49 м/с и 7 районов по гололеду с выделением особого района выше 40 мм.

В таблице 1 приведены требования к учету климатических нагрузок при проектировании ВЛ в ПУЭ различных изданий.

Таблица 1. Сравнение требований ПУЭ разных изданий к учету климатических нагрузок.

| Изд. ПУЭ | Год | Кол-во районов по ветру | Кол-во районов по гололеду | Периоды повторяемости 1 раз в | Вероятность не превышения |
|----------|------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1 | 1950 | 5 | 4 и особый | 5 лет – для ВЛ 35 кВ и ниже | 0,8 |
| | | | | 10 лет – для ВЛ 110 кВ и выше | 0,9 |
| 2 | 1959 | 5 | 4 и особый | То же | То же |
| 3 | 1964 | 7 | 4 и особый | 5 лет – для ВЛ 35 кВ и ниже | 0,8 |
| | | | | 10 лет – для ВЛ 110 - 330 кВ | 0,9 |
| | | | | 15 лет – для ВЛ 500 кВ | 0,933 |
| 4 | 1966 | 7 | 4 и особый | То же | То же |
| 5 | 1978 | 7 | 4 и особый | 5 лет – для ВЛ 3 кВ и ниже | 0,8 |
| | | | | 10 лет – для ВЛ 6 - 330 кВ | 0,9 |
| | | | | 15 лет – для ВЛ 500 кВ | 0,933 |
| 6 | 1985 | 7 | 4 и особый | 5 лет – для ВЛ 3 кВ и ниже | 0,8 |
| | | | | 10 лет – для ВЛ 330 кВ и ниже | 0,9 |
| | | | | 15 лет – для ВЛ 500 кВ | 0,933 |
| 7 | 2003 | 7 и особый | 7 и особый | 25 лет для всех классов ВЛ | 0,96 |

2. МЕЖДУНАРОДНАЯ НОРМАТИВНАЯ БАЗА

В документах МЭК/СИГРЕ рекомендуется определять расчетные нагрузки на ВЛ исходя из требуемого уровня надежности ВЛ и вероятности не превышения расчетных климатических нагрузок:

- для ВЛ 220 кВ и ниже – 0,98;
- для ВЛ 330 кВ и выше – 0,993 и 0,998.

3. ГАРМОНИЗАЦИЯ РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ НОРМ

С целью гармонизации российских и международных норм ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» разработал следующие документы:

- «Руководящие указания по определению климатических параметров и нагрузок с разной обеспеченностью в зависимости от ответственности ВЛ», 2004 г;

В документе приведена методика определения параметров климатических условий аналитическим методом. Разработана методика определения климатических нагрузок с разной обеспеченностью в зависимости от ответственности ВЛ.

При разработке документа учитывались рекомендациями МЭК и СИГРЭ. Наряду с международными рекомендациями по учету климатических нагрузок в указанных руководящих указаниях использованы современные отечественные разработки в области учета климатических нагрузок,

определения климатических условий и использования опыта эксплуатации ВЛ.

Обеспечена преемственность с действующими в настоящее время нормативно-техническими документами (ПУЭ-7) и возможность перехода от нагрузок с вероятностью не превышения 0,96 к нагрузкам требуемой вероятностью не превышения с учетом требований заказчика.

- *«Методические указания по расчету климатических нагрузок в соответствии с ПУЭ-7 и построению региональных карт климатического районирования»*, 2005 г;

С введением в действие главы 2.5 ПУЭ-7 потребовалась актуализация ранее действовавших методических указаний по определению климатических нагрузок и построению карт регионального районирования, разработанных еще в 1990 году. Актуализация производилась на основе разработанных в 2004 году «Руководящих указаний по определению климатических параметров и нагрузок с разной обеспеченностью в зависимости от ответственности ВЛ» и требований выпущенной главы 2.5 ПУЭ-7.

Методические указания позволяют на основании исходных данных наблюдений метеорологических станций и данных опыта эксплуатации производить оценку климатических условий с вероятностью не превышения 0,96 и производить построение карт регионального районирования рассматриваемой территории по ветру, гололеду и ветровой нагрузке при гололеде.

- *«Методические указания по определению климатических нагрузок на ВЛ с учетом ее длины»*, 2006 г;

Климатические нагрузки, как по нормативным документам РФ, так и в соответствии с международными документами, определяются на основании климатических условий для отдельного пункта местности (точки ВЛ). Климатические условия и нагрузки, определенные по приведенным выше методам, справедливы для любой точки местности или ВЛ. При расчете ВЛ исходят из допущения, что эти условия распространяются на всю длину линии. Однако, линия электропередачи представляет собой протяженный объект, на котором параметры климатических условий изменяются независимо друг от друга как по длине ВЛ, так и по времени их появления. Период повторяемости и число случаев превышения климатических условий для ВЛ в целом будет отличаться от периода повторяемости и числа случаев для каждой конкретной точки ВЛ. В итоге такое допущение ведет к недооценке вероятности возникновения нагрузок, превышающих расчетные по ВЛ в целом. Особенно это характерно для протяженных ВЛ, длиной более 100 км.

Для линий протяженностью более 100 км при определении климатических нагрузок разработаны «Методические указания по определению климатических нагрузок на ВЛ с учетом ее длины», учитывающие особенности атмосферной циркуляции на рассматриваемой территории.

Используя указанную методику можно по вероятности не превышения климатических нагрузок в точке оценить вероятность не превышения для ВЛ в целом. И наоборот, задаваясь вероятностью не превышения для ВЛ в целом можно оценить необходимую для этого вероятность не превышения в каждой точке ВЛ.

- *«Методические указания по определению региональных коэффициентов при расчете климатических нагрузок»*, 2008 г.

В соответствии с требованиями ПУЭ-7 при расчете нагрузок на ВЛ применяется региональный коэффициент. При этом в ПУЭ-7 не указываются конкретные значения коэффициента. В связи с этим у проектных организаций возникает множество вопросов в отношении практических методов определения региональных коэффициентов.

В стандарте приведены методы определения величины регионального коэффициента на основании данных опыта эксплуатации ВЛ и данных наблюдений метеорологических станций.

4. КЛИМАТИЧЕСКИЕ КАРТЫ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ. СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ

Карты регионального районирования разрабатываются по данным наблюдений метеорологических станций продолжительностью более 30 лет и на основании опыта эксплуатации действующих ВЛ. Для построения карт регионального районирования разработаны и используются специальные методические указания.

Карты районирования разработанные в соответствии с разработанными методическими указаниями позволяют определять климатические нагрузки с любой необходимой вероятностью не превышения. Это позволяет проектировать и строить в случае необходимости более надежные ВЛ.

Карты районирования дают достоверные сведения о климатических условиях в рассматриваемом районе, позволяют уменьшить сроки и стоимость проектирования ВЛ.

Основная научная сложность при построении карт регионального районирования заключается в самой природе гололедных и ветровых явлений. Их распределение по территории очень сильно зависит от местных особенностей рельефа и местной циркуляции атмосферы. Так даже небольшие по масштабам объекты рельефа местности, как холмы, возвышенности, балки и другие могут вносить значительные изменения в картину распределения ветровых и гололедных явлений по территории. Существующие статистические данные, т.е. данные наблюдений метеорологических станций относятся лишь к одной точке местности и характеризуют лишь небольшую территорию вокруг. А ВЛ является пространственно протяженным объектом.

Поэтому современная и актуальная задача климатологов – разработка всё более совершенных механизмов учета различных климатических, орографических и циркуляционных особенностей

региона исследования и экстраполяции дискретной исходной информации в непрерывную пространственную картину. Для этого используются современный математический аппарат совместно с новейшими информационными технологиями.

С 2001 года ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» (ранее ВНИИЭ) ведет целенаправленную работу на повышение уровня автоматизации при разработке климатических карт регионального районирования и определении климатических нагрузок на ВЛ. Эти работы включают в себя автоматизацию всех этапов предшествующих построению карты климатического районирования и получению расчетных климатических нагрузок. Автоматизированы процессы сбора и хранения исходной информации по данным наблюдений метеорологических станций, составления и обработки исходных рядов, статистических рядов, расчета их параметров, определения климатических характеристик с заданной вероятностью не превышения. Построение карт регионального районирования проводится с помощью специализированной геоинформационной системы.

Для ускорения, автоматизации и оптимизации процесса определения климатических параметров для расчета климатических нагрузок на воздушные линии электропередачи (ВЛ) была создана информационная система по климатическим характеристикам.

Информационная система состоит из *базы данных по климатическим характеристикам* (БД) и *программной оболочки*, осуществляющей обработку и манипуляцию данными из БД. Использование информационной системы позволяет автоматизировать и ускорить процесс определения климатических нагрузок.

БД содержит сведения о климатических условиях по территории РФ по 1860 метеостанциям по ветру и по 1254 метеостанциям по гололеду за многолетний период по:

- величине максимальной скорости ветра;
- гололедно-изморозевым отложениям;
- дате отложения;
- виду отложения;
- размерам отложения;
- массе отложения;
- скорости и направлению ветра в начале обледенения;
- максимальной скорости направления ветра за период обледенения;
- продолжительности гроз;
- числу грозовых дней.

Для каждой метеостанции в БД хранится следующая информация:

- название метеостанции;
- республика, область, край;
- высота станции над уровнем моря, м;
- высота флюгера с легкой доской, м;
- высота флюгера с тяжелой доской, м;
- высота анеморумбометра, м.

На рисунке 1 представлена схема используемой базы данных с описанием основных её характеристик.

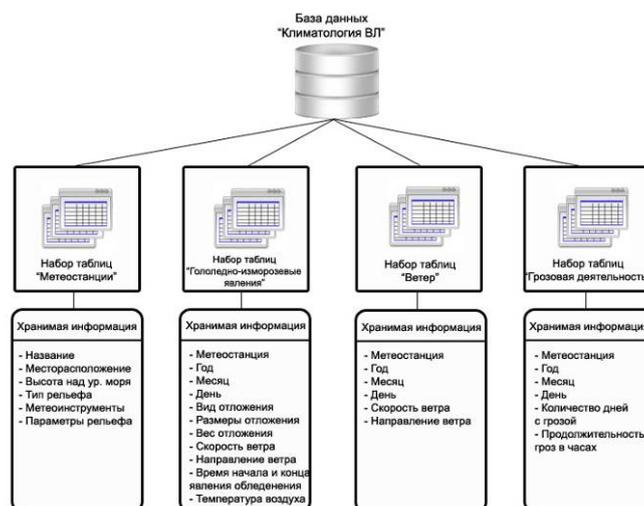


Рисунок 1. Схема базы данных «Климатология ВЛ»

5. УРАВНЕНИЯ

Программная оболочка позволяет осуществлять работу с данными хранящимися в БД. Это включает в себя:

- автоматическое пополнение БД новыми данными наблюдений метеостанций, получаемыми в электронном виде;
- приведение данных наблюдений к однородному виду;
- составление статистического ряда для выбранной метеостанции;
- получение статистических характеристик ряда;
- аппроксимация ряда различными теоретическими распределениями;
- составление и последующая печать итогового отчета для выбранной метеостанции.

Информационная система позволяет на основе статистической обработки метеоданных из БД получить интегральные распределения и величины климатических характеристик с разной вероятностью их не превышения с целью определения климатических нагрузок на ВЛ.

Этап построения карт регионального районирования на котором выполняется построение высотных зависимостей рассматриваемой климатической характеристики (скорость ветра, толщина стенки гололеда, ветровая нагрузка при гололеде) от абсолютной высоты местности выполняется вручную, так как предполагает необходимость участия климатолога при проведении зависимости. В перспективе предполагается разработка программного инструментария, оказывающего помощь климатологу в выполнении этой работы.

Построенные высотные зависимости используются для построения карт регионального районирования с повторяемостью 1 раз в 25 лет по максимальной скорости ветра, максимальной толщине стенки гололеда и максимальной ветровой нагрузке при гололеде.

Для построения карт регионального районирования используется геоинформационная система. Географическая информационная система (ГИС) - это

система для управления географической информацией, ее анализа и отображения. Географическая информация представляется в виде серий наборов географических данных, которые моделируют географическую среду посредством простых обобщенных структур данных. ГИС включает наборы современных инструментальных средств для работы с географическими данными.

Использование ГИС позволяет создавать региональные карты с высоким уровнем детализации ареалов распространения расчетных климатических районов.

Для примера на рисунке 2 представлены два фрагмента одной и той же карты регионального районирования, для одной и той же территории, но выполненные вручную и с помощью ГИС технологий.

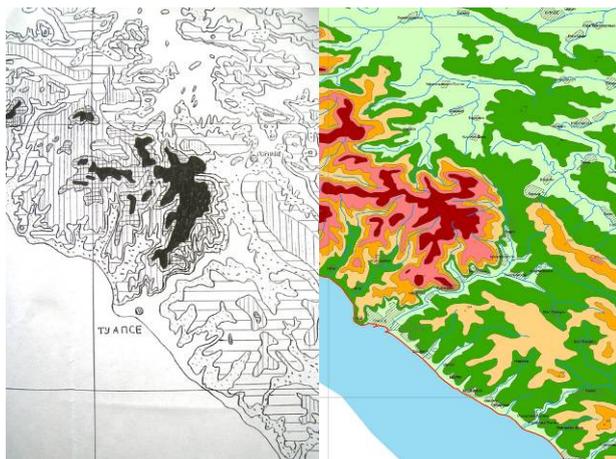


Рисунок 2 – Фрагменты карты районирования территории Туапсинского района по максимальным ветровым нагрузкам

Из рисунка 2 видно, что использование ГИС позволяет получить более детализированную, четкую и легкую для восприятия информацию о

климатических районах, их границах по отношению к общегеографическим ориентирам, таким как населенные пункты, реки, береговая линия, отметки высот местности и др.

На рисунке 3 и 4 в качестве примера представлены уменьшенные карты ветровых нагрузок при гололеде и максимальных толщин стенок гололеда с вероятностью не превышения 0,96 (повторяемостью 1 раз в 25 лет) для территории Воронежской области. В натуральную величину карта выполнена в масштабе 1 : 500 000 и имеет размер 80*59 см, что позволяет судить о высокой степени детализации территории по ветровым нагрузкам при гололеде.

Карта несет себе всю необходимую информацию для привязки к местности: абсолютные отметки местности, населенные пункты, административные границы, гидрологическая сеть (реки, озера). По желанию заказчика возможно добавление на карту дополнительной информации – автомобильные и железные дороги, метеостанции, существующие ВЛ и др.

На карте приводятся дополнительные параметры, необходимые проектировщикам и эксплуатации, такие как, нормативные районы и нормативные величины климатических условий, статистические параметры, позволяющие определять климатические нагрузки с любой необходимой вероятностью не превышения. Например, для ВЛ питающий особо важные объекты вероятности не превышения 0,96 может оказаться недостаточно. В этом случае заказчик может выбрать строительство линии имеющую надежность по климатическим нагрузкам равную 0,998 (вероятность превышения расчетных нагрузок в каждом году 0,002). Карты, подобные приведенным на рисунках 3 и 4, позволяют выполнять подобные расчеты, используя приведенные на них параметры и стандартные статистические законы.

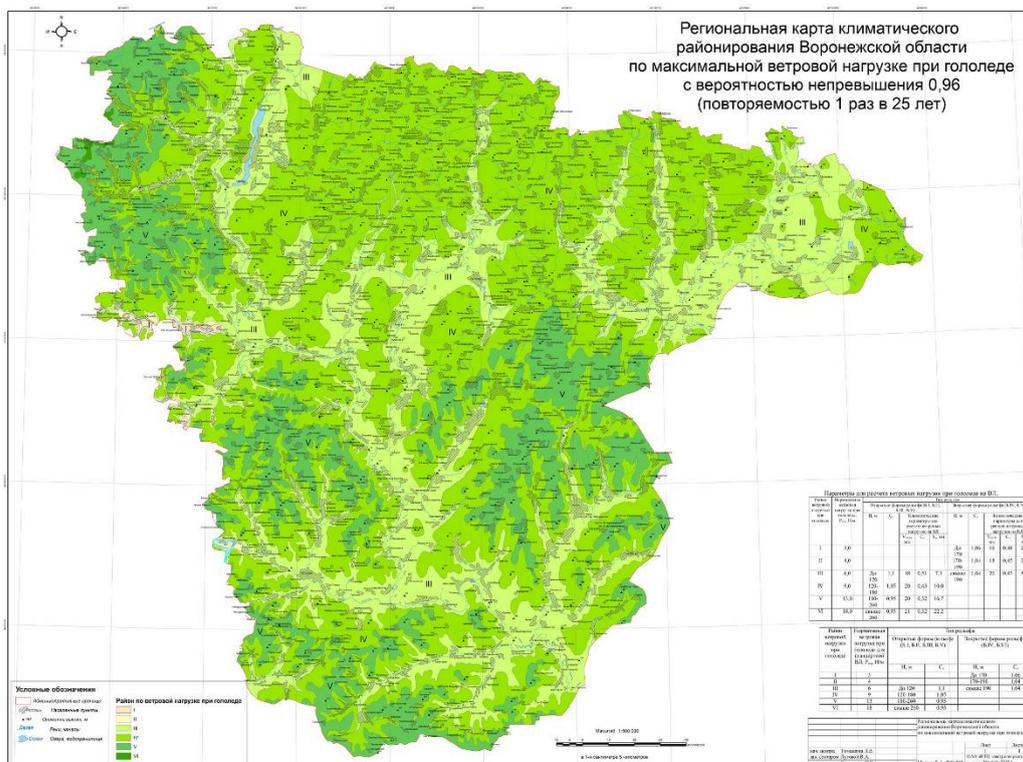


Рисунок 3 – Уменьшенная карта-схема районирования Воронежской области по ветровым нагрузкам при гололеде с повторяемостью 1 раз в 25 лет

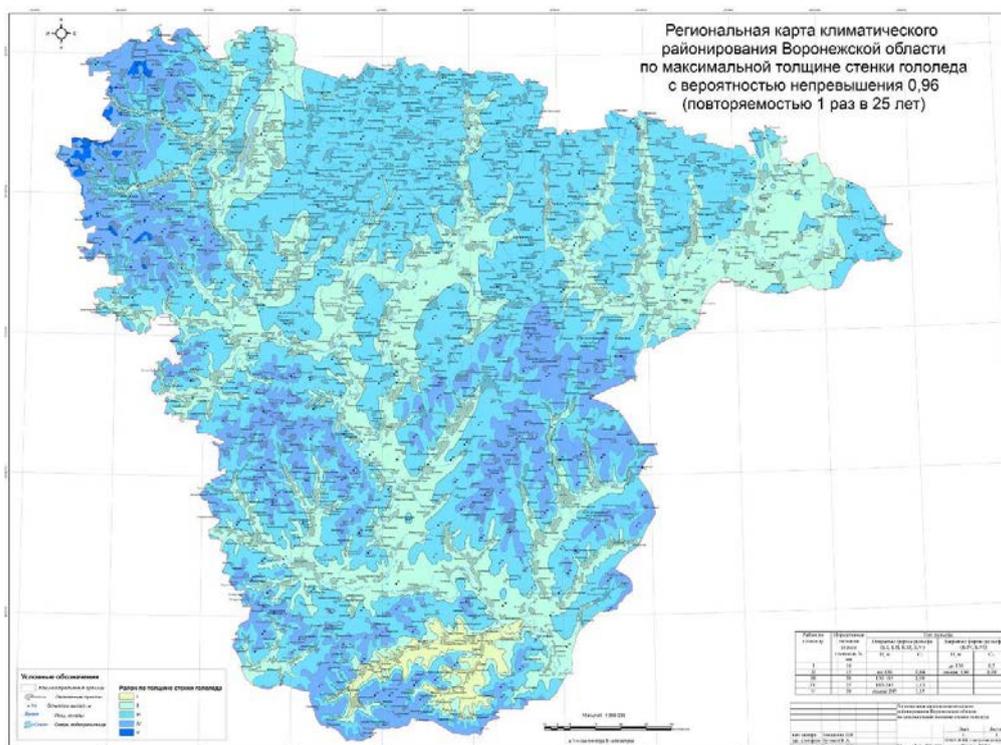


Рисунок 4 – Уменьшенная карта-схема районирования Воронежской области по максимальной толщине стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 25 лет

В настоящее время ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» выполняет работу по составлению карт регионального районирования по всем 79 субъектам Российской Федерации. Карты составляются в масштабе 1 : 500 000 по ветровому давлению (максимальной скорости ветра), толщине стенки гололеда, ветровой нагрузке при гололеде и по среднегодовой

продолжительности гроз в часах. На каждой разрабатываемой региональной карте приводятся дополнительные параметры (см. рисунки 3, 4 - таблицы статистических параметров), позволяющие определять климатические нагрузки с любой требуемой вероятностью неперевышения в зависимости от требований заказчика.

6. РЕГИОНАЛЬНЫЕ КАРТЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ МОЛДОВЫ

В архивах ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» (ранее ВНИИЭ) есть работы по изучению гололедных и ветровых нагрузок на территории Молдовы начиная с конца 50-х - начала 60-х годов прошлого века.

Одна из первых работ – материалы изысканий по климатическим условиям «ЛЭП Дубоссарская ГЭС – Рыбница», выполненная в 1957 году Львовским отделением института Теплоэлектропроект. В качестве расчетных в работе предлагается принимать максимальную скорость ветра – 28 м/с, толщину стенки гололеда 10-15 мм.

Другая работа – совместная работа Кишиневского сельскохозяйственного института и предприятия Центральные электросетей «Молдглавэнерго» «Гололедные и ветровые нагрузки и надежность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей Молдавской ССР» (Астафьев Н.Н., Копанский А.И., Сафроний Е.Н.), выпущенная в апреле 1966 года.

В работе в частности отмечено, что «в соответствии с ПУЭ территория МССР отнесена ко второму ветровому и III гололедному району климатических условий. Они характеризуются толщиной стенки гололеда в частности, 10 мм и максимальной скоростью ветра на высоте 10 м 24 м/сек с повторяемостью 1 раз в 5 лет».

Однако, «аварии имевшие место в конце 1959 г. и в начале 1966 г, привели к отключению на длительный период до 30% распределительных линий МССР напряжением 10 кВ и дезорганизации электроснабжения 2/3 территории республики. Отдельные потребители и целые административные районы были отключены на срок до 1 месяца». Все это «поставило под сомнение правильность принятых в ПУЭ расчетных климатических условий для территории республики». По результатам проведенной работы авторы предлагают отнести всю территорию республики к III ветровому, а значительную ее часть к IV гололедному району.

Далее в разные годы были выпущены ряд работ по составлению климатических карт регионального районирования территории Молдавской ССР. Среди них можно отметить:

«Разработка характеристики и региональных карт гололедных и ветровых нагрузок на территории Молдавской ССР, в зоне расположения сетей «Молдавэнерго» для проектирования и эксплуатации линий электропередачи», ВНИИЭ, Москва, 1967.

Ветер. На территории республики выделены II и III районы по скорости ветра. Основная часть территории области отнесена к III району (29 м/с). Ко второму району (25 м/с) отнесены только долины рек.

Гололед. На карте выделены II (10 мм) – IV (20 мм) районы по гололеду.

«Региональная карта нормативных толщин стенки гололеда и скоростного напора ветра для расчета и выбора конструкций воздушных линий

электропередачи на территории Молдавской ССР», Украинское отделение Сельэнергопроект, Киев, 1982.

Ветер. На территории республики выделены II и III районы по скорости ветра. Основная часть территории области отнесена к III району (29 м/с). Ко второму району (25 м/с) отнесен только восток области.

Гололед. Выделены II (10 мм) – IV (20 мм) и особый (22.5 мм и выше) районы по гололеду. В особый район выделены вершины Кодр.

«Разработка мероприятий по достижению проектной надежности электрических сетей при воздействии ветровых нагрузок при гололеде на воздушные линии электропередачи на территории Молдавской ССР», Украинское отделение Сельэнергопроект, Киев, 1985.

Выделены III (4.0 Н/м) – VI (13.0 Н/м) районы по ветровой нагрузке при гололеде (повторяемость 1 раз в 10 лет).

Согласно ПУЭ-6 территория Молдовы отнесена к следующим климатическим районам:

Ветер. Вся территория республики отнесена ко II-му району по скоростным напорам ветра (25 м/с с повторяемостью 1 раз в 10 лет).

Гололед. Республика отнесена к III-му и IV-му районам по толщине стенки гололеда. IV район, с нормативной толщиной стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 10 лет – 20 мм, выделен в центральной возвышенной части. Остальная часть республики отнесена к III району по толщине стенки гололеда (15 мм с повторяемостью 1 раз в 10 лет).

В ПУЭ 7-го издания приведенные карты климатического районирования, составленные с повторяемостью 1 раз в 25 лет, к сожалению, не покрывают территорию Республики Молдова.

ВЫВОДЫ

- С целью повышения надежности энергоснабжения потребителей при проектировании и реконструкции энергообъектов целесообразно использовать карты климатического районирования, позволяющие получать климатические нагрузки с любой требуемой вероятностью превышения.

- при определении климатических нагрузок для воздушных линий электропередачи необходимо более широкое использование современных информационных технологий, в том числе специализированных программных комплексов, баз данных и географических информационных систем (ГИС).

Черешнюк Сергей Викторович, вед. научный сотрудник сектора климатических условий и нагрузок ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», Москва, Chereshnyuk_SV@ntc-power.ru.

Луговой Владимир Андреевич, зав. сектором климатических условий и нагрузок ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», Москва.

Тимашова Лариса Владимировна, заместитель научного руководителя ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», начальник Центра электротехнического оборудования, кандидат наук, timashova@vniie.ru