Министерство энергетики и электрификации СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
Ордена Октябрьской Революции Всесоюзный Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт энергетических систем и электрических сетей
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ

РУКОВОДСТВО

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПОР И ФУНДАМЕНТОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ

Раздел 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Раздел 2

СОЧЕТАНИЯ НАГРУЗОК, НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЁТНЫЕ НАГРУЗКИ

Одобрено научно-техническим советом
института „Энергосетьпроект"
„25" июня 1975 года

№ 3534 тм-т I

gost.e-ecolog.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ

Ордена Октябрьской Революции ВПИИ и НИИ Энергосетьпроект

Руководство по проектированию опор и фундаментов линий электропередачи и распределительных устройств подстанций напряжением выше I кВ

Раздел I,2

Общие положения.

и

Сочетания нагрузок, нормативные и расчетные нагрузки

ЭСП

взамен

I562тм.

Главный инженер института Энергосетьпроект
С.С.Рокотян

Начальник технического отдела
А.С.Зеличенко

Главный специалист
Е.М.Бухарин

Главный инженер Отделения Дальних Передач
В.С.Ляшенко

Начальник технического отдела
Я.С.Самойлов

Главный специалист
И.М.Коляков

Разработано Отделением Дальних Передач института Энергосетьпроект

Согласовано институтом "Сельэнергопроект" 23 ноября I976г. письмом № 76/ I304

Срок введения в действие "I "III I977г.

3534тм-тI

В разработке участвовали:

Главный строитель	–	И.А.Шляпин
Главный специалист	–	Е.А.Гоберман
Начальник отдела линий	–	Б.И.Смирнов
Главный инженер проекта	–	В.Е.Кожаринов
Главный технолог	–	И.Р.Фогельсон
Главный технолог	–	Ф.И.Лялин
Главный конструктор	–	Ю.А.Болдин
Главный конструктор	–	Н.Я.Тимошенко
Главный конструктор	–	Л.Н.Максимов
Руководитель группы	–	Т.И.Рыкова
Руководитель группы	–	Н.Е.Соловьева

3534тм-т1-4

СОСТАВ "РУКОВОДСТВА"

		Инв.№
Раздел 1.	Общие положения	3534тм-т1
Раздел 2.	Сочетания нагрузок, нормативные и расчетные нагрузки	
Раздел 3.	Стальные конструкции	3534тм-т2
Раздел 4.	Железобетонные конструкции	3041тм-т1
Раздел 5.	Деревянные конструкции	3340тм-т1
Раздел 6.	Основания	3041тм-т2
Раздел 7.	Свайные фундаменты	3041тм-т3

АННОТАЦИЯ

"Руководство по проектированию опор и фундаментов линий электропередачи и распределительных устройств подстанций напряжением выше I кВ" состоит из семи разделов:

– Разделы "Общие положения" и "Сочетания нагрузок, нормативные и расчетные нагрузки" разработаны на основании разделов I и 2 главы СНиП П-И, 9-62 "Линии электропередачи напряжением выше I кВ. Нормы проектирования".

Редакция этих разделов увязана с нормативными документами, вышедшими после главы СНиП П-И.9-62 – с главами СНиП П-А.IO-7I "Строительные конструкции и основания. Основные положения" и СНиП П-6-74 "Нагрузки и воздействия", а также с одобренным Главтехуправлением Минэнерго СССР и согласованным с Госстроем СССР проектом главы П-5 "Воздушные линии электропередачи напряжением выше IOOOВ" новых ПУЭ.

В разделах использованы также материалы "Инструкции по расчету стальных опор и фундаментов к ним линий электропередачи напряжением выше I кВ", № I562 тм, Энергосетьпроект I965 г.

– Раздел "Стальные конструкции" разработан в развитие главы СНиП П-В.3-72 "Стальные конструкции. Нормы проектирования" и отражает специфические особенности проектирования опор ВЛ и ОРУ. В разделе использованы изменения и дополнения раздела 3 главы СНиП П-И.9-62, утвержденные постановлением Госстроя СССР от I0 апреля I975 г., а также материалы "Инструкции по расчету стальных опор и фундаментов к ним линий электропередачи напряжением выше I кВ", № I562тм, Энергосетьпроект I965 г.

– Раздел "Железобетонные конструкции" разработан в развитие главы СНиП П-2I-74 "Бетонные и железобетонные конструкции" с учетом экспериментально-теоретических работ, проводившихся лабораторией КЭС Энергосетьпроекта, лабораторией центрифугированных изделий Днепропетровского инже-

нерно-строительного института, Вильнюсским инженерно-строительным институтом, НИИЖБ"ом, ОРГРЭСом и др., применительно к специфике работы конструкций опор ВЛ и ОРУ.

– Раздел "Деревянные конструкции" разработан в развитие главы СНиП II-В.4-7I" Деревянные конструкции. Нормы проектирования". В разделе приводятся рекомендации по расчету и конструированию деревянных опор ВЛ напряжением выше I кВ до 220 кВ включительно.

– Раздел "Основания" разработан в развитие главы СНиП II-I5-74 "Основания зданий и сооружений" и главы СНиП II-Б.6-66 "Основания и фундаменты зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах. Нормы проектирования". В разделе использованы расчетные положения, принятые в работах института "Энергосетьпроект" №№ I562 тм, I966тм, I070 тм, I07Iтм и I340 тм, а также результаты исследований, выполненных лабораторией механики грунтов НИИОСП им.Н.М.Герсеванова, и некоторых других исследований и разработок.

– Раздел "Свайные фундаменты" разработан в развитие главы СНиП II-I7-76 г. При составлении этого раздела использованы результаты исследований лаборатории механики грунтов НИИОСП им.Н.М.Герсеванова, а также исследования и результаты испытаний, выполненных Северо-Западным отделением института "Энергосетьпроект", ОргРЭСом и рядом других организаций.

После выхода соответствующих разделов настоящего "Руководства" утрачивают силу следующие инструкции Энергосетьпроекта:

I. "Инструкция по расчету стальных опор и фундаментов к ним линий электропередачи напряжением выше I кВ", I965 г., инв. № I562 тм.

2. "Инструкция по расчету строительных конструкций и оснований фундаментов открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций напряжением 35-500 кВ", I97I г., инв. № I07Iтм.

3. "Инструкция по расчету железобетонных опор и фундаментов к ним линий электропередачи напряжением выше I кВ", I966 г., инв. № I070тм-тI.

4. "Инструкция по расчету деревянных опор ВЛ 35-220 кВ и их закреплений в грунте", I965 г., инв. № I340тм-тI, т2.

5. "Инструкция по расчету закреплений в грунте свободно-стоящих железобетонных опор", I965 г., инв.№ I066тм-тI.

О Г Л А В Л Е Н И Е

		Стр.
Раздел I.	Общие положения	9
Раздел 2.	Сочетания нагрузок, нормативные и расчетные нагрузки	16
	Общие положения	16
	Режимы работы	19
	Нормативные нагрузки	22
	Расчетные нагрузки, коэффициенты перегрузки и сочетаний	45

Раздел I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Проектирование строительных конструкций и их оснований воздушных линий электропередачи (именуемых далее ВЛ) и открытых распределительных устройств (именуемых далее ОРУ) подстанций должно производиться в соответствии со СТРОИТЕЛЬНЫМИ НОРМАМИ И ПРАВИЛАМИ (СНиП) и ПРАВИЛАМИ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК (ПУЭ).

Настоящее РУКОВОДСТВО разработано в развитие указанных нормативных документов и отражает специфические особенности проектирования строительных конструкций ВЛ и ОРУ подстанций. Оно распространяется на проектирование стальных, бетонных, железобетонных и деревянных строительных конструкций ВЛ напряжением от I кВ и ОРУ от 35 кВ до 750 кВ включительно, а также на проектирование естественных оснований фундаментов опор ВЛ и ОРУ указанных напряжений.

При проектировании строительных конструкций, сооружаемых в сейсмических районах, в зонах распространения вечномерзлых, просадочных, набухающих и тому подобных грунтов, на подрабатываемых территориях, на геологически неустойчивых площадках, подверженных оползням, селям, карстам и пр., должны учитываться также требования соответствующих глав СНиП и других нормативных документов, утвержденных или согласованных Госстроем СССР и регламентирующих эти условия.

Примечания: I. Общие вопросы проектирования ВЛ и ОРУ подстанций, а также проектирование и расчет их электрической части, проводов, изоляции и грозозащиты регламентируются ПУЭ.

2. Настоящее Руководство не распространяется на проектирование контактных сетей электрифицированного транспорта, ОРУ подстанций специального назначения, а также на временные подстанции, выполняемые на деревянных опорах.

При пользовании "Руководством" должны учитываться все изменения, вносимые после его выхода в СНиП, ГОСТы, ОСТы, ТУ и т.п.

I.2. Настоящее "Руководство" составлено применительно к расчету строительных конструкций ВП и ОРУ подстанций по методу предельных состояний.

I.3. Предельные состояния подразделяются на две группы:

первая группа – по потере несущей способности или непригодности к эксплуатации;

вторая группа – по непригодности к нормальной эксплуатации.

Классификация предельных состояний, устанавливающая их принадлежность к первой или второй группе, определяется главой СНиП "Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования" и уточняется применительно к различным видам строительных конструкций ВП и ОРУ в соответствующих разделах настоящего "Руководства".

I.4. Воздушной линией электропередачи называется устройство для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или к кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

Открытым распределительным устройством подстанции называется такое распределительное устройство, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе.

I.5. Опоры ВП разделяются на два основных вида: анкерные опоры, полностью воспринимающие тяжение от проводов и тросов в смежных с опорой пролетах, и промежуточные, которые не воспринимают тяжение проводов и тросов, или воспринимают его частично. На базе анкерных опор могут выполняться концевые и транспозиционные опоры.

Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми и угловыми.

В зависимости от количества подвешиваемых на них линий (цепей), опоры ВЛ разделяются на одноцепные, двухцепные и т.д.

Провода (фазы) на опорах могут иметь горизонтальное, вертикальное или смешанное расположение, а фазы в свою очередь могут состоять из одного или нескольких проводов (расщепленная фаза).

Опоры ОРУ по своему назначению разделяются на 3 основных группы.

1. Опоры для гибкой ошиновки и гибких связей (однопролетные и многопролетные порталы, отдельно стоящие стойки).
2. Опоры, совмещенные для гибкой ошиновки и оборудования.
3. Опоры под оборудование и под жесткую ошиновку.

Опоры ОРУ первой и второй групп должны проектироваться, как правило, концевыми, т.е. постоянно или длительное время воспринимающими одностороннее тяжение ошиновки. В отдельных случаях при достаточном техническом обосновании допускается проектировать опоры ОРУ с учетом фактического расположения ошиновки.

Отдельно-стоящие на ОРУ молниеотводы и прожекторные вышки должны проектироваться по тем же указаниям, что опоры для ошиновки ОРУ высшего напряжения подстанций. Фундаменты опор ВЛ, применяемые на больших переходах, относятся к специальным.

I.6. Строительные конструкции ВЛ и ОРУ подстанций должны проектироваться с учетом:

а) условий их эксплуатации;

б) экономии материалов, индустриализации и наименьшей трудоемкости изготовления, максимального использования грузоподъемности транспортных средств, а также наименьшей трудоемкости монтажа конструкций;

в) унификации сборных конструкций заводского изготовления путем применения стандартных и типовых

схем опор, элементов и деталей;

г) защиты железобетонных и металлических конструкций от коррозии бетона и металла, а деревянных - от биологического разрушения, возгорания и действия химически агрессивной среды;

д) возможности реконструкции опор ОРУ, предусматривающей увеличение количества ячеек ОРУ, изменение нагрузок и пр.

е) требований, изложенных в соответствующих главах СНиП по изготовлению и монтажу строительных конструкций, производству и приемке строительно-монтажных работ, а также указаний соответствующих ГОСТов, ОСТов и технических условий Минэнерго СССР на изготовление опор и фундаментов ВЛ и ОРУ.

I.7. Прочность и устойчивость конструкций, а также требования по образованию и раскрытию трещин в железобетонных конструкциях должны быть обеспечены как в процессе эксплуатации, так и при транспортировке и монтаже.

I.8. На чертежах конструкций должны указываться характеристики материалов (марка бетона, стали, классы болтов, порода древесины и т.п.), условия монтажа проводов и тросов, на которые запроектирована конструкция, конструктивные и другие требования в соответствии с указаниями глав СНиП, ГОСТов, ТУ и др.

На чертежах фундаментов должны также указываться степень уплотнения грунтов засыпки, диаметр и отметка низа лидера (для свайных фундаментов), с учетом которых запроектированы фундаменты.

I.9. Новые типы массовых опор и фундаментов ВЛ и опор ОРУ подлежат проверке испытанием опытных образцов.

I.I0. Отклонения вершин металлических и железобетонных анкерных опор ВЛ вдоль линии (без учета поворота фундаментов) при воздействии нормативных нагрузок не должны превышать величин, указанных в табл.I.

Таблица I.I.

Типы опор	Предельные прогибы
Концевые и угловые опоры анкерного типа высотой до 60 м	$\frac{I}{I20}$ H
Прямые опоры анкерного типа высотой до 60м	$\frac{I}{I00}$ H
Переходные опоры всех типов высотой 60 м и более	$\frac{I}{I40}$ H
где H – высота опоры	

Прогибы траверс опор ВЛ в нормальных режимах работы (см.п.2.5) под воздействием вертикальных нормативных нагрузок должны быть не более величин, указанных в таблице I.2.

Таблица I.2.

Типы опор	Предельные вертикальные прогибы траверс опор в нормальных режимах работы	
	на консоли	в пролетах
Все типы опор, кроме прямых промежуточных опор	$\frac{I}{70}$ a	$\frac{I}{200}$ ℓ
Прямые промежуточные опоры	$\frac{I}{50}$ a	$\frac{I}{I50}$ ℓ

где a – длина консоли траверсы;

ℓ – длина участка траверсы между точками ее крепления к стойкам.

Примечание: Прогибы траверс деревянных опор не нормируются.

Предельные деформации стальных и железобетонных опор ОРУ в нормальных режимах работы (см.п.п.2.5 и 2.6) при воздействии нормативных нагрузок не должны превышать величин, указанных в таблице I.3

Таблица I.3.

Наименование конструкции	Предельные горизонтальные отклонения (прогибы)	Предельные вертикальные прогибы
I	2	3
А. Вершины стоек опор ОРУ:		
вдоль проводов x)	$\frac{I}{I00}$ H	-
перпендикулярно проводам	$\frac{I}{70}$ H	-
Б. Траверсы портальных опор:		
в пролете	$\frac{I}{200}\ell$	$\frac{I}{200}\ell$
на консолях	$\frac{I}{70}$ a	$\frac{I}{70}$ a
В. Вершины стоек опор под оборудование xx)	$\frac{I}{I00}$ H	-
7. Металлоконструкции опор под оборудование:		
балки в пролете	-	$\frac{I}{300}\ell$
консоли балок	-	$\frac{I}{250}$ a

где H – высота стойки опоры до отметки подвески гибкой ошиновки, м

ℓ – длина участка траверсы (балки) между точками ее крепления к стойкам, м

a – длина консоли траверсы (балки), м

Продолжение таблицы I.3.

I	2	3
Примечания: х)	I.	В конкретных проектах, когда это возможно по техническим условиям, предельные отклонения вершин стоек при воздействии горизонтальных нагрузок в направлении вдоль проводов могут быть увеличены до I/70 Н.
	2.	В отдельных случаях, при специальных технологических требованиях горизонтальные отклонения вершин стоек опор для гибких шин в направлении вдоль проводов определяются с учетом деформации оснований фундаментов.
хх)	3.	В случаях, когда по техническим условиям завода-изготовителя для обеспечения надежности работы оборудования требуется увеличение жесткости опорных конструкций, указанные в таблице деформации должны быть уменьшены.

Раздел 2. СОЧЕТАНИЯ НАГРУЗОК, НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ

Общие положения

2.I. При проектировании строительных конструкций ВЛ и ОРУ должны учитываться нагрузки и воздействия, возникающие в эксплуатации, в стадии возведения и монтажа конструкций, проводов и оборудования, а также в стадиях изготовления, хранения и транспортировки конструкций.

2.2. Основными характеристиками нагрузок (воздействий) являются их нормативные величины.

Нагрузки и воздействия, принимаемые в расчетах конструкций и оснований и получаемые путем умножения их нормативных значений на коэффициенты перегрузки n, называются расчетными.

Для расчета конструкций ВЛ и ОРУ по второй группе предельных состояний (за исключением случаев, специально оговоренных в соответствующих разделах настоящего "Руководства") коэффициенты перегрузки на все нагрузки принимаются (в отличие от расчетных нагрузок для первой группы) равными единице и, таким образом, нормативные нагрузки являются для второй группы расчетными.

В соответствии с этим, для удобства термин "расчетные нагрузки" сохраняется в настоящем "Руководстве" лишь для расчетных нагрузок первой группы предельных состояний.

Расчетные же нагрузки для второй группы предельных состояний (так же, как и собственно нормативные нагрузки) именуются "нормативными нагрузками".

2.3. Нагрузки и воздействия, учитываемые при расчете конструкций ВЛ и ОРУ, разделяются в соответствии с главой СНиП "Нагрузки и воздействия" на постоянные и временные (длительные, кратковременные и особые).

К постоянным нагрузкам относятся нагрузки от собственного веса строительных конструкций, проводов или шин с учетом спусков, тросов, гирлянд изоляторов и оборудования, от тяжений проводов (шин) и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии гололеда и ветра, вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), давление воды на фундаменты в руслах рек, а также воздействие предварительного напряжения конструкций.

К длительным относятся нагрузки, создаваемые воздействием неравномерных деформаций оснований, не сопровождающихся изменением структуры грунта, а также воздействием усадки и ползучести бетона.

К длительным нагрузкам при расчете опор и фундаментов ОРУ относятся также температурные воздействия на элементы конструкций и воздействия при включениях и отключениях оборудования.

К кратковременным нагрузкам относятся: нагрузки от давления ветра на строительные конструкции, провода (шины), спуски, тросы и оборудование, от веса гололеда на конструкциях, проводах (шинах), спусках, тросах, на изоляторах и другом оборудовании; от дополнительного тяжения проводов (шин) и тросов сверх их величин при среднегодовой температуре и отсутствии гололеда и ветра; от давления воды на опоры и фундаменты в поймах рек и от давления льда; нагрузки, возникающие при изготовлении и перевозке конструкций, а также при монтаже конструкций, проводов, тросов и оборудования.

К особым нагрузкам и воздействиям относятся нагрузки, возникающие при обрыве проводов (шин) и тросов, при сейсмических воздействиях, а для конструкций ОРУ – также воздействия при токах короткого замыкания.

Нагрузки и воздействия от давления воды и ее размывающего воздействия, от давления льда, от давления и деформаций грунта, сейсмические нагрузки должны приниматься по соответствующим частям СНиП или другим нормативным документам, регламентирующим проектирование сооружений, которые рассчитываются на указанные нагрузки и воздействия.

Остальные перечисленные нагрузки определяются в соответствии с настоящим "Руководством", указаниями главы СНиП "Нагрузки и воздействия" и ПУЭ.

2.4. Для подсчета нагрузок от проводов и тросов на опоры ВЛ и ОРУ вводятся понятия габаритного, весового и ветрового пролетов.

Габаритным пролетом ($\ell_г$) называется пролет, длина которого определяется нормированным вертикальным габаритом от проводов до земли при установке опор на идеально ровной местности.

Весовым пролетом (ℓ вес) называется длина участка, вес проводов или тросов на котором численно равен вертикальным нагрузкам, воспринимаемым опорой от проводов или тросов.

Весовой пролет положителен, если нагрузки направлены вниз и отрицателен, если они направлены вверх.

Ветровым пролетом (ℓ ветр) называется длина участка, давление ветра на провода или тросы с которого воспринимаются опорой.

Величины ℓ вес и ℓ ветр с достаточной для практических целей точностью могут определяться по формулам:

$$\ell_{вес} = \left(\frac{\ell}{2} + \frac{T_h}{\rho_g \cdot \ell}\right)_1 + \left(\frac{\ell}{2} + \frac{T_h}{\rho_g \cdot \ell}\right)_2, \text{ м} \qquad (2.1)$$

$$\ell_{ветр} = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}, \text{ м} \qquad (2.2)$$

где ℓ – длина пролета, примыкающего к опоре (в горизонтальной проекции), в м;

T – горизонтальная составляющая тяжения по проводу или тросу в пролете, примыкающем к опоре, в кгс;

h – разность между отметками крепления провода или троса на рассматриваемой и смежной опорах, имеющая положительное значение, если отметка крепления провода или троса на рассматриваемой опоре больше, чем на смежной, и отрицательное – в противоположном случае, в м;

$p_в$ – погонная вертикальная нагрузка на провод или трос с учетом их собственного веса, в кгс/м.

Величины с индексом "I" относятся к пролету, расположенному по одну сторону, а с индексом "2" – по другую сторону от рассматриваемой опоры.

Режимы работы

2.5. Различные состояния ВЛ и ОРУ в процессе монтажа и эксплуатации называются режимами работы ВЛ и ОРУ. Нормальным режимом работы строительных конструкций ВЛ и ОРУ называется их работа при необорванных проводах (шинах) и тросах и отсутствии воздействий, возникающих при сейсмических явлениях, температурных перепадах и токах короткого замыкания.

Нормальным режимом работы опор ОРУ и концевых опор ВЛ считается также режим, учитывающий возможное длительное нахождение опор под односторонним тяжением.

Аварийным режимом называется работа конструкций при оборванных проводах (шинах) или тросах, а также в условиях сейсмических воздействий, а для конструкций ОРУ – при токах короткого замыкания.

Монтажным режимом называется работа конструкций в условиях монтажа опор, проводов (шин), тросов и оборудования.

Температурным режимом многопролетных опор ОРУ называется работа конструкций в условиях возможного отличия температуры воздуха в эксплуатации от температуры замыкания конструкций.

Сочетания нагрузок в нормальных, монтажных и температурных режимах относятся к основным сочетаниям, а в аварийных режимах – к особым сочетаниям.

Конструкции ВЛ и ОРУ рассчитываются на сочетания нагрузок, действующих в нормальных, аварийных, температурных и монтажных режимах работы – в последнем случае с учетом возможности временного усиления отдельных элементов конструкции.

Сочетания климатических и других факторов в различных режимах работы конструкций ВЛ (наличие ветра, гололеда, значение температуры, количество оборванных проводов или тросов и проч.) определяются в соответствии с указаниями ПУЭ, а для конструкций ОРУ подстанций – в соответствии с п.2.6 настоящего "Руководства".

В расчете конструкций ВЛ и ОРУ направление ветра должно приниматься под углами 0°, 45° и 90° к оси ВЛ или пролета ОРУ. При этом для угловых опор за ось ВЛ принимается биссектриса угла поворота трассы.

2.6. Условия расчетных режимов строительных конструкций ОРУ (для определения нормативных нагрузок):

а) нормальные режимы.

I. Максимальный скоростной напор ветра q, температура $t = -5^{\circ}C$ [x], гололед отсутствует.

2. Гололед, температура $t = -5^{\circ}C$ [x], скоростной напор ветра $q_r = 0{,}25\,q$, но не более 30 кгс/м^2. При толщине стенки гололеда I5 мм и более скоростной напор должен приниматься не менее I3 кгс/м2.

3. Ветер и гололед отсутствуют, температура минимальная.

Примечание. Во всех нормальных режимах должны учитываться нагрузки, возникающие при включении и отключении оборудования; в режимах 2 и 3 должны учитываться также нагрузки от веса монтера и монтажных приспособлений.

---

x) Для районов со среднегодовой температурой минус $5^{\circ}C$ и ниже температуру следует принимать равной минус $I0^{\circ}C$.

б) аварийный режим.

Оборваны одна или две фазы одного пролета или по одному проводу одной или двух фаз одного пролета при раздельном креплении проводов расщепленой фазы, дающие наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.

Нагрузки на опору как при нерасщепленных, так и расщепленных проводах (гибких шинах) определяются при гололеде, без ветра, при температуре $t = -5^{0}C^{x}$

Узел крепления каждого провода (проушина, диафрагма) при раздельном креплении проводов расщепленной фазы должен расчитываться с учетом перераспределения нагрузки от оборванного провода на оставшиеся провода фазы.

Должна учитываться также нагрузка от веса монтера с монтажными приспособлениями.

в) монтажные режимы.

В этих режимах конструкции опор ОРУ должны быть рассчитаны по наиболее невыгодному расположению ошиновки с учетом дополнительных воздействий, возникающих в процессе монтажа ошиновки. Должна учитываться также нагрузка от веса монтера с монтажными приспособлениями.

Скоростной напор ветра на высоте I5 м от земли принимается равным 6,25 кгс/м2, температура $t = -I5^{0}C$, гололед отсутствует.

г) температурный режим.

В этом режиме рассчитываются стальные и железобетонные многопролетные порталы.

Расположение ошиновки принимается по условиям нормальных режимов.

Скоростной напор ветра - максимальный, гололед отсутствует. Перепад температуры рекомендуется принимать $\Delta t = 60^{0}C$.

При наличии данных о календарном сроке замыкания конструкции перепад температур может определяться по методике, изложенной в главе СНиП "Нагрузки и воздействия".

В рабочих чертежах конструкций должны быть даны пределы температур замыкания траверс, при которых обеспечивается разность температур, принятая в расчете конструкции.

---

x) Для районов со среднегодовой температурой минус $5^{0}C$ и ниже температуру следует принимать равной минус $I0^{0}C$.

Нормативные нагрузки

2.7. Нормативные нагрузки от собственного веса строительных конструкций, оборудования ВЛ и ОРУ и грунтов определяются на основании проектных данных ГОСТов, справочных материалов и каталогов с учетом имеющихся данных заводов-изготовителей о фактических весах конструкций.

2.8. Нормативные нагрузки от веса монтера монтажных приспособлений (инструмент, монтажная люлька, подмости и пр.) принимаются равными:

а) для всех типов опор ВЛ и ОРУ напряжением 500÷750 кВ – 250 кгс;

б) для анкерных опор ВЛ и всех опор ОРУ напряжением 330 кВ и ниже с подвесными изоляторами – 200 кгс;

в) для промежуточных опор ВЛ напряжением 330 кВ и ниже с подвесными изоляторами – 150 кгс;

г) для опор ВЛ со штыревыми изоляторами – 100 кгс.

Эти нагрузки прилагаются в точках крепления изоляции к опоре (с учетом возможности приложения нагрузки к любой из имеющихся на опоре точек крепления изоляции).

Элементы опоры в соответствии с указаниями ПУЭ должны быть рассчитаны на нагрузку от веса человека, нормативная величина которой равна 100 кгс.

2.9. Нормативные вертикальные нагрузки от собственного веса проводов и тросов определяются по формуле:

$$G_{нI} = p_{нI} \cdot \ell_{вес}, \text{ кгс} \qquad (2.3)$$

где: $p_{нI}$ – нормативный вес 1 пог.м. провода или троса, определяемый на основании ГОСТов или технических условий, в кгс/м;

$\ell_{вес}$ – весовой пролет, определяемый по формуле (2.1)

При определении нагрузок от веса проводов и тросов для массовых опор ВЛ, не привязанных к конкретным усло-

виям их установки (типовые, унифицированные опоры и пр.), рекомендуется принимать:

а) для промежуточных опор $\ell_{вес}=1{,}25\,\ell_г$,м

б) для анкерно-угловых опор $\ell_{вес}=1{,}5\,\ell_г$,м

где $\ell_г$ – габаритный пролет, в м.

При определении нагрузок от веса проводов и тросов для расчета конструкций фундаментов и анкерных болтов массовых опор на растяжение и оснований на вырывание, а также для расчета других элементов конструкции, для которых снижение весовых нагрузок от проводов и тросов утяжеляет их работу рекомендуется принимать:

а) для промежуточных опор $\ell_{вес}=0{,}75\,\ell_г$, м

б) для анкерно-угловых опор $\ell_{вес}=0$

Для массовых конструкций опор ОРУ (не привязанных к конкретным условиям их установки) рекомендуется принимать $\ell_{вес}=\ell_г$

При расчете конструкций, привязанных к конкретным условиям их установки, величины ℓ вес следует принимать по их реальным значениям.

2.10. Нормативные нагрузки от веса гололеда на проводах и тросах определяются по формуле

$$G_{н2}=p_{н2}\cdot\ell_{вес}\ ,\ кгс \qquad (2.4)$$

где ℓ вес – весовой пролет, определяемый по формуле (2.1) с учетом указаний п.2.9.

$p_{н2}$ – нормативный вес гололедных отложений на 1 пог.м. провода или троса в кгс/м, определяемый в соответствии с указаниями настоящего "Руководства", главы СНиП "Нагрузки и воздействия" и ПУЭ.

Определение нормативных величин гололедных отложений должно производиться в соответствии с главой СНиП "Нагрузки и воздействия" и ПУЭ на основании карт климатического районирования с уточнением, в случае необходимо-

ти, по региональным картам и материалам многолетних наблюдений гидрометеорологических станций и энергосистем. При обработке данных наблюдений должно быть учтено влияние микроклиматических особенностей как за счет природных условий, так и за счет воздействия существующих и проектируемых инженерных сооружений.

Нормативный вес гололедных отложений ($P_{нг}$) на проводах (шинах) и тросах вычисляется исходя из цилиндрической формы отложений с удельным весом γ =0,9 гс/см3. Толщина стенки отложений определяется, исходя из повторяемости I раз в I5 лет для ВЛ и ОРУ напряжением 500÷750кВ, I раз в I0 лет для ВЛ и ОРУ напряжением 35÷330кВ и ВЛ напряжением 6÷20 кВ и I раз в 5 лет для ВЛ напряжением 3 кВ и ниже. При этом толщина стенки отложений должна приниматься не менее I0 мм для ВЛ и ОРУ напряжением 500÷750кВ и не менее 5 мм для ВЛ и ОРУ напряжением 330 кВ и ниже и округляться до ближайших величин, кратных 5 мм. При значениях более 22 мм округление производится до значений ближайшего целого числа миллиметров.

Толщина стенки гололеда, приведенная к высоте расположения проводов I0 м над землей и к диаметру провода I0 мм, с повторяемостью I раз в 5 и в I0 лет определяется по карте районирования СССР по гололеду, уточняемой в случае необходимости на основании обработки материалов многолетних наблюдений. Принимаемые значения толщины стенки гололеда должны быть не менее приведенных в таблице 2.I.

Таблица 2.I.

Гололедные районы СССР	Толщина стенки гололеда (мм) с повторяемостью:	
	I раз в 5 лет	I раз в I0 лет
I	5	5
II	5	I0
III	I0	I5
IУ	I5	20
Особый	20 и более	более 22

Толщина стенки гололеда с повторяемостью I раз в I5 лет должна определяться на основании обработки данных фактических наблюдений. Толщину стенки гололеда в особо гололедных районах также следует принимать на основе обработки данных фактических наблюдений.

При определении толщины стенки гололеда на проводах (шинах), тросах и на конструкциях опор должны вводиться поправочные коэффициенты на высоту над землей, а для проводов (шин) или тросов и на их диаметр согласно таблицам 2.2. и 2.3.

Таблица 2.2.

Высота над поверхностью земли, м	I0	20	30	50	70	I00	200
Поправочный коэффициент	I,0	I,2	I,4	I,6	I,8	2,0	2,0

Таблица 2.3.

Диаметр провода (шины) или троса, мм	5	I0	20	30	50	70
Поправочный коэффициент	I,I	I,0	0,9	0,8	0,7	0,6

При этом:

а) промежуточные значения величин в таблицах 2.2. и 2.3. определяются линейной интерполяцией;

б) высота расположения всех проводов (шин) принимается одинаковой и равной высоте $h_{пр}$ расположения их приведенного центра тяжести, определяемой по указаниям п.2.20.

в) при высоте расположения приведенного центра тяжести проводов (шин) до 25 м поправки на толщину стенки гололеда в зависимости от высоты и диаметра проводов (шин) и тросов не вводятся.

При обеспечении плавки гололеда без перерыва электроснабжения потребителей допускается уменьшение толщины стенки гололеда на I5 мм, при этом ее значение должно быть не менее I5 мм.

Гололедные отложения на конструкциях опор ВЛ и ОРУ высотой до 50 м не учитываются.

При большей величине $h_{пр}$ нормативная нагрузка от веса гололеда на элементах конструкций опор должна учитываться в тех же режимах, что и для проводов (шин) и определяться по формуле:

$$P_н = 0.6\ B\ \gamma\ , \text{ кгс/м}^2 \qquad (2.5)$$

где $P_н$ – вес отложений на I м2 поверхности конструкций, кгс;

B – толщина стенки гололеда, определяемая в соответствии с указаниями настоящего пункта, мм;

γ – объемный вес гололеда, равный 0,9 гс/см.^{3}

При расчете конструкций ВЛ вес гололеда на изоляции допускается не учитывать.

При расчете конструкций ОРУ вес гололеда на гирляндах изоляторов учитывается увеличением их веса:

- на 30% при толщине стенки гололеда ≤ I0 мм и на 50% при толщине стенки гололеда в пределах от I0 до 20 мм.

На высокочастотных заградителях связи подвесного типа - соответственно, на 40% и 60%.

Гололедные нагрузки на прочее оборудование, а также при отложениях более 20 мм определяются расчетом.

2.II. Нормативные нагрузки от тяговых механизмов в монтажных режимах определяются в соответствии с принятыми методами монтажа.

Для массовых промежуточных и анкерно-угловых опор ВЛ вертикальные нагрузки, возникающие при монтаже проводов или тросов, рекомендуется определять:

а) на промежуточных опорах - с учетом удвоенного веса пролета проводов (или тросов) и гирлянды, исходя из возможности подъема монтируемых проводов или тросов через один блок;

б) на анкерных опорах - с учетом вертикальной составляющей от усилия в тяговом тросе, определяемого из условия расположения тягового механизма на расстоянии 2,5 h от опоры, где h - высота подвеса средней фазы на опоре.

На опорах ОРУ вертикальные нагрузки, возникающие при монтаже проводов (шин), рекомендуется определять с учетом веса проводов от половины длины примыкающего к опоре пролета (включая вес гирлянд) и вертикального усилия, равного тяжению по проводам в монтажном режиме для монтируемой фазы, передаваемом на опору тяговым тросом.

Если при расчете оказывается, что учет указанных монтажных нагрузок приводит к необходимости усиления элементов конструкции, необходимо либо разработать схемы временного усиления на период монтажа, либо оговорить в проекте необходимость более легких условий монтажа.

Во всех случаях, когда расстояние до тяговых механизмов, рекомендуемое настоящим пунктом, не может быть выдержано, необходимо вертикальные нагрузки от усилий в тяговых тросах определять, исходя из реальных условий монтажа проводов и тросов.

2.I2. Нормативная ветровая нагрузка на опоры ВЛ и ОРУ определяется, как сумма статической и динамической составляющих.

Динамическая составляющая ветровой нагрузки на опоры учитывается при любых значениях периода собственных колебаний конструкции.

При расчете оснований фундаментов под опоры ВЛ и ОРУ по деформациям учитывается только статическая составляющая.

Нормативное значение статической составляющей ветровой нагрузки определяется по формуле:

$$Q_н^c = q C S \text{, кгс} \qquad (2.6)$$

где q - скоростной напор ветра, определяемый в соответствии с указаниями ШУЭ и п.п. 2.I3÷2.I8 настоящего "Руководства", кгс/м^2;

S - площадь проекции конструкции, ее части или элемента с наветренной стороны на плоскость перпендикулярную ветровому потоку, вычисленная по наружному габариту (с учетом, в гололедных режимах, обледенения конструкций по указаниям п.2.I0), м^2

Исключение составляют ванты и наклонные трубчатые элементы для которых, независимо от направления ветра, $S = \ell d$, где ℓ - длина элемента, d - его диаметр с учетом отложений в гололедных режимах (см.п.6 таблицы 2.4)

C - аэродинамический коэффициент, определяемый в зависимости от вида конструкции по таблице 2.4.

Значение динамической составляющей ветровой нагрузки для опор ВЛ и ОРУ высотой до 50 м допускается принимать:

- для свободностоящих одностоечных стальных опор

$$Q^{D}_{н} = 0{,}50\, Q^{c}_{н} \qquad (2.7)$$

- для свободностоящих портальных опор –

$$Q^{D}_{н} = 0{,}60\, Q^{c}_{н} \qquad (2.8)$$

- для стальных и железобетонных опор с оттяжками при шарнирном креплении к фундаментам –

$$Q^{D}_{н} = 0{,}65\, Q^{c}_{н} \qquad (2.9)$$

При расчете деревянных опор ВЛ и опор под оборудование ОРУ во всех случаях, а также при расчете свободно-стоящих железобетонных опор (без оттяжек), если изгибающий момент от ветровой нагрузки на конструкцию опоры (подсчитанный без учета динамического воздействия ветра) составляет не более 20% суммарного момента от воздействия ветровых нагрузок на опору, провода (шины) и грозозащитные тросы, динамическая составляющая ветровой нагрузки может не учитываться.

Для свободностоящих опор высотой более 50 м нормативные значения динамических составляющих ветровой нагрузки, приложенных к середине участков, на которые условно разбивается конструкция опоры, определяются только для первой формы колебаний и вычисляются по формуле

$$Q^{D}_{нj} = M_j\, \xi\, \eta_j\, D \text{ , кгс} \qquad (2.10)$$

где j – номер участка;

M_j – масса j -го участка конструкции, кгс сек 2/м;

ξ – коэффициент динамичности, определяемый по графику рис.2.I. в зависимости от параметра $E = \frac{TV}{I200}$ и от логарифмического

декремента колебаний δ .(T - период I-ой формы собственных колебаний в сек; $V = 4\sqrt{n q_0}$, где q_0 -скоростной напор ветра на высоте IO м; n - коэффициент перегрузки, равный I,2 .)

γ_j - приведенное ускорение середины j - го участка конструкции, определяемое по формуле:

$$\gamma_j = \frac{\alpha_j \sum_{k=1}^{z} \alpha_k Q^c_{нк} m_k}{\sum_{k=1}^{z} \alpha_k^2 M_k} \quad ,м/сек^2 \quad (2.II)$$

где α_j, α_k - относительные ординаты, соответствующие середине j - го и к-го участков при колебаниях конструкции по I-ой форме;

$Q^c_{нк}$ - статическая составляющая нормативной ветровой нагрузки $Q^c_н$ на к-ый участок, определяемой по формуле (2.6);

m_k - коэффициент пульсации скоростного напора для середины к-го участка, принимаемый по табл.2.5;

z - число участков, на которые разбито сооружение;

ν - коэффициент, учитывающий корреляцию пульсации скорости ветра по высоте конструкции, принимаемый по таблице 2.6.

Период I-ОЙ формы свободных колебаний допускается определять по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum M_j y_j^2}{y_1}}$$

где M_j - масса j -го участка (для портальных опор верха стойки определяется с учетом массы половины траверсы);

y_j, y_1 - соответственно, горизонтальные прогибы центров j - го и I-го участков стойки от горизонтальной силы, равной I, приложенной к центру верхней массы.

Примечание: Период собственных колебаний опор определяется без учета массы проводов и тросов.

При направлении ветрового потока под углом 45° к оси ВЛ или пролета ОРУ ветровая нагрузка на конструкции опор принимается равной:

а) для решетчатых стоек прямоугольного поперечного сечения из одиночных элементов при $1 \le h/b \le 2$ (см.рис.2.2.)

$$Q_x = 0{,}8\,Q \qquad (2.13)$$

$$Q_y = (0{,}9 - h/b \cdot 0{,}1)\,Q \qquad (2.14)$$

где Q – сумма статической и динамической составляющих при направлении ветрового потока перпендикулярно грани, для которой значение статической составляющей большее;

Q_x и Q_y – составляющие ветровой нагрузки на стойку в направлении осей X и y, соответственно.

Для высот до 15 м при $2 \le h/b \le 4$ Q_x определяется по формуле (2.13), а Q_y принимается равным $0{,}7\,Q$.

б) для решетчатых стоек треугольного сечения из одиночных элементов давление ветра (направленное по ветровому потоку) принимается независимым от направления ветра и равным Q (определение Q приведено в п.а).

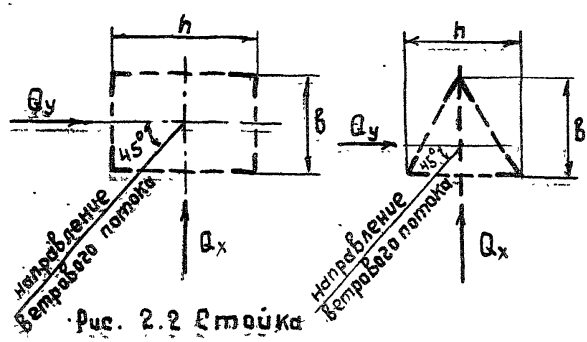
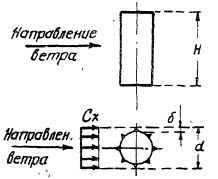
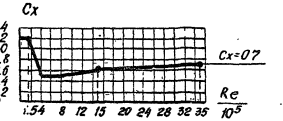


Рис. 2.2 Стойка

Таблица 2.4

№№ п/п	Профиль сооружения, элемента и схемы ветровой нагрузки	Указания по определению аэродинамических коэффициентов
1.	Сооружения с цилиндрической поверхностью, а также трубчатые элементы сквозных сооружений, ванты и т.п.	Для круглых сечений с умеренно шероховатой поверхностью (бетон, металл, дерево) коэффициент лобового сопротивления C_x определяется по графику





При большей шероховатости величина C_x при $Re \geq 4 \cdot 10^5$ определяется по таблице

Сечение \ H/d	25	7	1
Круг с $\delta = 0.02\,d$	0.9	0.8	0.7
Круг с $\delta = 0.08\,d$	1.2	1.0	0.8

Число Рейнольдса определяется по формуле

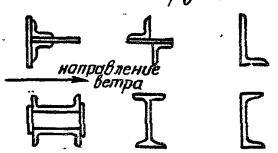
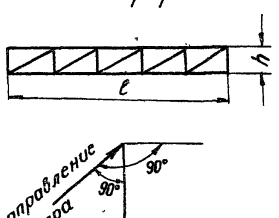
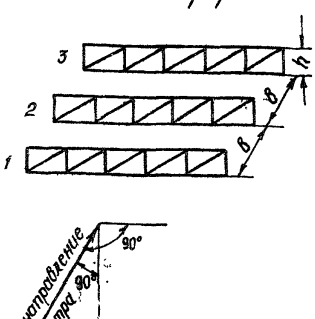
$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$, где

V - учитываемая в расчете скорость ветра в м/сек

d - диаметр сооружения (элемента) в м.

ν - кинематическая вязкость воздуха (при $t = 15°C$ и атмосферном давлении 760 мм рт. ст. $\nu = 0{,}145 \cdot 10^{-4}$ м²/сек).

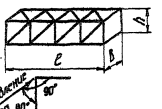
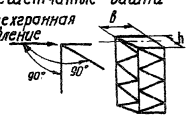
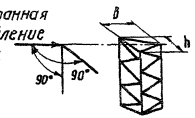
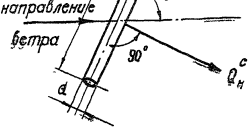
Таблица 2.4 (продолжение)

№№ п/п	Профиль сооружения, элемента и схемы ветровой нагрузки.	Указания по определению аэродинамических коэффициентов
2.	Профили элементов решетчатых конструкций 	Коэффициент лобового сопротивления $C_x = 1,4$ (при направлении ветра, перпендикулярном оси элемента)
3	Плоская ферма 	Коэффициент лобового сопротивления $C_ф$ для плоской фермы определяется по формуле: $C_ф = \frac{\Sigma C_{xi} f_i}{S}$, где f_i – площадь проекции элемента фермы на ее плоскость; C_{xi} – коэффициент лобового сопротивления элемента фермы, принимаемый в соответствии с данными п.п. 1,2; S – площадь фермы, вычисленная по ее наружному габариту. Если для всех элементов фермы $C_{xi} = C_x$, то $C_ф = C_x \varphi$, где $\varphi = \frac{\Sigma f_i}{S}$ – коэффициент заполнения фермы
4.	Ряд плоских параллельно расположенных ферм 	Для ряда плоских параллельно расположенных ферм коэффициент $C_ф$ для первой фермы принимается по данным пункта 3, для второй и последующих ферм из труб при $Re < 4 \cdot 10^5$ а также из профилей – по формуле $C_ф = C_ф \cdot \eta$, где η – коэфф., определяемый в зависимости от φ и b/h

b/h \ φ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6 и выше
0.5	0.93	0.75	0.56	0.38	0.19	0.
1	0.99	0.81	0.65	0.48	0.32	0.15
2	1.0	0.87	0.73	0.59	0.44	0.30
4	1.0	0.90	0.78	0.65	0.52	0.40
6	1.0	0.93	0.83	0.72	0.61	0.50

Примечание: промежуточные значения η определяются линейной интерполяцией; при $Re > 4 \times 10^5$ для ферм из труб – $\eta = 0,95$

Таблица 2.4 (продолжение)

№№ п/п	Профиль сооружения, элемента и схемы ветровой нагрузки	Указания по определению аэродинамических коэффициентов
6	а) Пространственная ферма  б) Решетчатые башни четырехгранная  трехгранная 	Коэффициент лобового сопротивления пространственной фермы, решетчатой башни определяется по формуле $C_{пр} = C_ф(1+\nu^2)$, где $C_ф$ - коэфф. лобового сопротивления плоской фермы (по п.3) ν - коэффициент, определяемый по п.4. Для трехгранной башни при $\varphi \geq 0{,}1$ коэффициент $C_{пр}$ умножается на 0.9. При определении $C_{пр}$ значения $C_ф$ вычисляются во всех случаях в предположении, что направление ветра перпендикулярно плоскости наветренной грани фермы (башни).
6	Ванты мачт, наклонные трубчатые элементы 	Давление $Q_н^c$ ветра на элемент перпендикулярно его оси и лежит в плоскости ветрового потока $Q_н^c = q_н C_d \cdot S$; здесь $S = e \cdot d$; $C_d = C_x \sin^2 \alpha$, где C_x определяется по указаниям п.1.

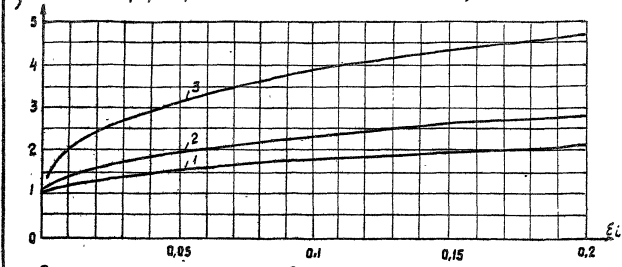


Рис. 2.1 1 - Для железобетонных и каменных сооружений ($\delta = 0,3$)
2 Для стальных сооружений ($\delta = 0,15$)
3. Для стальных сооружений при учете резонансных колебаний ($\delta = 0,05$)

Таблица 2.5

Высота над поверхностью земли в м.	до 10	20	40	60	100	200	350 и выше
Значения $m_к$	0.60	0,55	0.48	0,46	0,42	0,38	0.35

Таблица 2.6

ε_1	Высота сооружения в м.					
	до 45	60	120	150	300	450 и выше
0.05	0,70	0,65	0,60	0,55	0,45	—
0,10	—	0,75	0,65	0,60	0,50	0,40
0,20	—	—	0,75	0,70	0,60	0,50

Примечание: Промежуточные значения коэффициентов в таблицах 2.5 и 2.6 определяются линейной интерполяцией.

в) для решетчатых четырехгранных траверс из одиночных элементов

$$Q_x = 0{,}65\, Q \qquad (2.15)$$

$$Q_y = 0{,}30\, Q \qquad (2.16)$$

где Q – сумма статической и динамической составляющих при направлении ветрового потока перпендикулярно продольной вертикальной грани траверс;

Q_x и Q_y – ветровые нагрузки на траверсу в направлении, перпендикулярном продольной оси траверсы и вдоль продольной оси траверсы, соответственно (см.рис.2.3).

Для конструкций из составных элементов значения величин Q_x и Q_y, полученные в соответствии с указаниями подпунктов а),б) и в) настоящего параграфа должны быть увеличены на 10%.

Ветровая нагрузка на торец решетчатой четырехгранной или трехгранной траверсы при направлении ветрового потока вдоль продольной оси траверсы принимается равной

$$Q_y = 0{,}3\, Q \qquad (2.17)$$

где Q – сумма статической и динамической составляющих при направлении ветрового потока перпендикулярно боковой грани траверсы.

Ветровая нагрузка на шпренгельные траверсы для любого направления ветра определяется суммой ветровых нагрузок на отдельные элементы траверсы (без учета затенения).

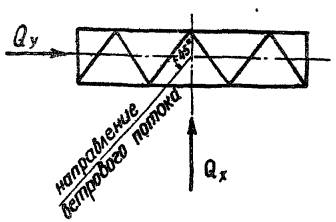


Рис.2.3. Траверса

При расчете элементов решетки стоек, имеющих перелом поясов по высоте, в случаях, когда точка схода поясов совпадает или близко приближается к месту приложения равнодействующей ветровой нагрузки на провода и конструкцию опоры, следует учитывать возможность уменьшения (спада) ветровой нагрузки на участках выше или ниже точки схода поясов, что может привести к увеличению усилия в элементе (см.рис.2.4).

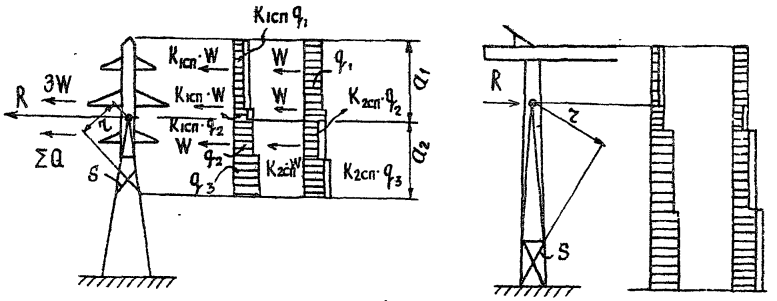


Рис. 2.4.

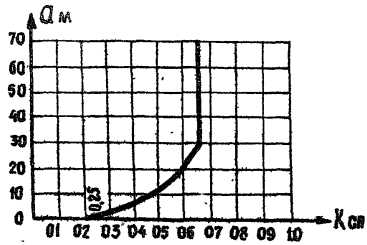
3W - равнодействующая ветровой нагрузки на провода;

ΣQ - равнодействующая суммарной ветровой нагрузки на часть опоры выше рассматриваемого сечения;

R - равнодействующая всех горизонтальных сил выше рассчитываемого сечения;

$K_{сп}$ - коэффициент спада.

Величину коэффициента спада $K_{сп}$ ветровой нагрузки на конструкцию опоры рекомендуется принимать в зависимости от длины участка, на котором принимается уменьшенная ветровая нагрузка, по графику (см.рис.2.5.)



Зависимость коэффициента спада ($K_{сп}$) от длины участка (а)

Рис. 2.5.

Коэффициент спада ветровой нагрузки на провода принимается $K_{сп}$ =0,75.

Усилие в элементе принимается наибольшим из определенных без учета спада или с учетом спада на верхнем или нижнем участке.

На рис. 2.4. показаны два из возможных случаев, когда равнодействующая давления ветра при определении усилия в элементе может оказаться расположенной по высоте близко к точке схода поясов.

В необходимых случаях конструкции опор ВЛ и ОРУ должны проверяться на резонанс в соответствии с указанием главы СНиП "Нагрузки и воздействия".

2.13. Определение величин максимальных скоростных напоров ветра должно производиться в соответствии с главой СНиП "Нагрузки и воздействия" и ПУЭ на основании карт климатического районирования с учетом общих указаний, приведенных выше в п.2.10 применительно к определению величин гололедных отложений.

Величины максимальных скоростных напоров ветра принимаются с повторяемостью I раз в 15 лет для ВЛ и ОРУ напряжение 500÷750 кВ, I раз в 10 лет для ВЛ и ОРУ напряжением 35-330 кВ и ВЛ напряжением 6÷20 кВ и I раз в 5 лет для ВЛ напряжением 3 кВ и ниже.

Значения максимальных скоростных напоров ветра на высоте I0 м от земли (q_0) определяются по таблице 2.7 в соответствии с картой районирования территории СССР по скоростным напором ветра, указаниям главы СНиП "Нагрузки и воздействия", ПУЭ и настоящего "Руководства".

Таблица 2.7

Район СССР по ветру	Скоростной напор ветра q_0, кгс/м^2 (скорость ветра, м/сек) с повторяемостью		
	I раз в 5 лет	I раз в I0 лет	I раз в I5 лет
I	27(2I)	40(25)	55(30)
II	35(24)	40(25)	55(30)
III	45(27)	50(29)	55(30)
IV	55(30)	65(32)	80(36)
V	70(33)	80(36)	80(36)
VI	85(37)	I00(40)	I00(40)
VII	I00(40)	I25(45)	I25(45)

Примечания: I. Для повторяемости I раз в I0 и I раз в I5 лет в таблице даны унифицированные значения скоростных напоров и скоростей ветра.

2. При уточнении скоростных напоров (скоростей) ветра на основании обработки фактически замеренных величин, соответствующие значения скоростных напоров (q_0) определяются на высоте I0 м и вычисляются по формуле

$$q_0 = \frac{(\alpha V)^2}{16} \qquad (2.I8)$$

где V – скорость ветра на высоте I0 м соответствующей повторяемости, полученная из обработки данных наблюдений м/сек:

Продолжение таблицы 2.7.

$\alpha = 0{,}75 + \frac{5}{v}$ – поправочный коэффициент к скоростям ветра с двухминутным осреднением, полученным из обработки наблюдений по флюгеру; при использовании малоинерционных анемометров $\alpha = 1$. Полученные величины рекомендуется округлять до ближайшего значения, указанного в таблице 2.7.

2.14. При определении давления ветра на конструкции ВЛ и ОРУ, провода (шины) и тросы должно учитываться увеличение скоростного напора ветра по высоте в соответствии с табл.2.8. При этом для высот от нуля до 15 м над землей скоростной напор ветра принимается по высоте $h = 10$м.

Таблица 2.8.

Высота над поверхностью земли, м	15	20	40	60	100	200
Коэффициент "К" увеличения скоростного напора ветра	1	1,25	1,55	1,75	2,1	2,6

Примечание: Для промежуточных высот значения "К" определяются линейной интерполяцией. В пределах отдельных зон при высоте каждой зоны не более 10 м величину коэффициентов "К" допускается принимать постоянной и определять ее для средней точки зоны.

2.15. Скоростной напор ветра q_r при сочетаниях ветра и гололеда на высоте до 15 м от земли принимается равным 0,25 его максимального значения для этой высоты. При этом в районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более величина скоростного напора ветра при гололеде на высоте до 15 м от земли должна приниматься не менее 14 кгс/м2. Для высот более 15 м должно учитываться увеличение

скоростного напора ветра по высоте в соответствии с табл. 2.8. (но не более чем до 30 кгс/м2).

Примечание: В отдельных районах СССР, где отмечены или где можно ожидать повышенных скоростей ветра при гололеде или где характерны сочетания значительных скоростей ветра с большими размерами гололедно-изморозевых отложений с объемным весом менее 0,9 гс/см^3, значения скоростного напора ветра и толщины стенки гололеда должны быть приняты в соответствии с данными о фактически наблюдаемых размерах гололеда и скорости ветра при гололеде.

2.16. Скоростной напор ветра при сочетаниях ветровых и монтажных нагрузок при отсутствии гололеда на высоте до 15 м принимается равным 6,25 кгс/м^2. Для высот более 15 м должно учитываться увеличение напора ветра по высоте в соответствии с таблицей 2.8.

2.17. При определении значений максимальных скоростных напоров ветра следует дополнительно руководствоваться следующим:

а) для участков ВЛ и ОРУ, сооружаемых в местах, защищенных от поперечных ветров (например, городская застройка или лесные заповедники со средней высотой зданий или деревьев не менее 2/3 высоты опор и т.п.), величина скоростного напора ветра может быть уменьшена на 30%.

Примечание: Это указание не распространяется на проектирование опор и фундаментов больших переходов.

б) для ОРУ и участков ВЛ, сооружаемых в условиях микрорельефа, способствующего разному увеличению скоростей ветра (высокий берег реки, резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, вершины гор, перевалы, пересечение глубоких долин и ущелий и проч., а также в прибрежных полосах больших озер и водохранилищ в пределах 3-5 км), при отсутствии данных наблюдений величины максимальных скоростных напоров ветра должны

увеличиваться на 40% по сравнению с величинами, соответствующими принятому ветровому району.

2.I8. Для опор ВЛ и ОРУ высоты, по которым определяются поправочные коэффициенты на возрастание скоростного напора ветра, при определении давления ветра на опоры отсчитываются от отметки земли в месте установки опоры.

2.I9. Давление ветра на провода (шины) и тросы принимается направленным всегда нормально к их оси. Нормативная величина его определяется по формуле:

$$Q_н = \alpha \cdot C_x \sin^2 \varphi \cdot q \cdot d \cdot \ell_{вет} \cdot 10^{-3}, \text{ кгс} \qquad (2.I9)$$

(причем необходимо учитывать ветровое давление на спуски).

Здесь α – коэффициент неравномерности величины скоростного напора ветра по пролету, принимаемый для ВЛ согласно таблице 2.9. Для ошиновки ОРУ α принимается равным I.

Таблица 2.9.

Скоростной напор ветра в кгс/м2	Коэффициент α неравномерности скоростного напора по пролету
до 27	I
40	0,85
55	0,75
76 и более	0,7
Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.	

C_x – Коэффициент лобового сопротивления, принимаемый:

I,I – для проводов (шин) и тросов диаметром 20 мм и более, свободных от гололеда;

1,2. – для всех проводов (шин) и тросов, покрытых гололедом, и для проводов и тросов диаметром менее 20 мм, свободных от гололеда;

d – наружный диаметр проводов (шин) и тросов (с учетом, в гололедных режимах, толщины стенки гололеда), мм;

q – скоростной напор ветра в рассматриваемом режиме, кгс/м2;

φ – угол между направлением ветра и проводами (шинами) и тросами;

$l_{ветр}$ – ветровой пролет, определяемый по формуле (2.2), м.

При проектировании массовых промежуточных опор ВЛ и ОРУ и их фундаментов, не привязанных к конкретным условиям их установки (типовых, унифицированных и др.), рекомендуется принимать

$$l_{ветр} = l_г$$

где $l_г$ – габаритный пролет, м.

При расчете конструкций, привязанных к конкретным условиям их установки, величины $l_{ветр}$ следует принимать по их реальным значениям.

2.20. Скоростной напор ветра на провода ВЛ определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов (определяемого, как среднеарифметическое значение высот центров тяжести всех проводов), а скоростной напор на тросы – по высоте расположения центра тяжести тросов.

Высота $h_{пр}$ расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов для линейных пролетов ВЛ определяется по формуле:

$$h_{пр} = h_{ср} - \frac{2}{3} f \qquad (2.20)$$

где f – наибольшая стрела провеса провода или троса для габаритного пролета;

$h_{ср}$ – среднее арифметическое значение высот точек подвеса всех проводов или тросов к изоляторам от низа опоры.

Скоростной напор ветра на ошиновку опор ОРУ определяется по высоте расположения точек крепления натяжных гирлянд.

На больших переходах через реки и водные пространства скоростной напор ветра при определении давления ветра на провода и тросы принимается одинаковым для всех пролетов перехода и определяется для высоты $h_{пр}$, соответствующей средневзвешенному значению высот приведенных центров тяжести проводов или тросов во всех пролетах перехода, вычисляемой по формуле:

$$h_{пр} = \frac{h_{пр1} \cdot l_1 + h_{пр2} \cdot l_2 + \dots}{l_1 + l_2 + \dots} \qquad (2.21)$$

где l_1, l_2 и т.д. – длины пролетов, входящих в переход;

$h_{пр1}$, $h_{пр2}$ и т.д. – высоты приведенных центров тяжести проводов или тросов в пролетах перехода.

Величины $h_{пр1}$, $h_{пр2}$ и т.д. вычисляются по формуле (2.20). При этом величины f принимаются равными их действительным значениям в пролетах перехода, а величины $h_{ср}$ – равными среднеарифметическим значениям высот подвеса проводов или тросов к изоляторам в пролетах над меженью реки или нормальным горизонтом водохранилища.

Если пересекаемая река или водное пространство имеет высокие незатопляемые берега, на которых расположены как переходные, так и смежные с ними опоры, то высоты приведенных центров тяжести в смежных пролетах отсчитываются от отметок земли в этих пролетах.

2.21. Нормативные величины тяжений проводов (шин) и тросов определяются в функции от нормативных нагрузок, действующих на провода и тросы, и температуры в соответствии с указаниями ПУЭ и настоящего "Руководства".

Расчетные нагрузки, коэффициенты перегрузки и сочетаний

2.22. Величины расчетных нагрузок первой группы предельных состояний, действующих на опоры и фундаменты ВЛ и ОРУ, определяются умножением величин нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузки, определяемые по таблице 2.10 и п.2.23 настоящей главы.

Величины расчетных нагрузок второй группы предельных состояний равны их нормативным значениям (см.также п.п. I.3 и 2.3 настоящего "Руководства").

Таблица 2.10.

Наименование нагрузок, действующих на конструкции ВЛ и ОРУ	Коэффициенты перегрузки	
	макс	мин
I	2	3
От собственного веса строительных конструкций, проводов (шин), тросов и оборудования	I,I	0,9
От веса оборудования, наполненного маслом, и от собственного веса воздушных выключателей	I,2	0,9
От веса гололеда на проводах (шинах), тросах и оборудовании	2,0	-
От веса гололеда на конструкциях	I,3	-
От веса насыпных грунтов	I,2	0,9
То же, давления ветра на конструкции опор ВЛ и ОРУ		
а) при отсутствии гололеда на проводах и тросах	I,2	-
б) при наличии гололеда на проводах и тросах	I,0(I,2)[x]	-
От давления ветра на провода (шины), тросы и оборудование:		
а) свободные от гололеда	I,2	-
б) покрытые гололедом	I,4	-

Продолжение таблицы 2.IO

I	2	3
Горизонтальные нагрузки от тяжения проводов (шин) и тросов	I,3	-
От температурных воздействий на опоры ОРУ	I,0	-
Воздействия на опоры оборудования ОРУ при включении и отключении оборудования	I,3	-
Воздействия на опоры оборудования ОРУ при коротких замыканиях	I,0	-

x) Коэффициент перегрузки I,2 принимается в случаях учета отложений гололеда на конструкциях опор в соответствии с указаниями п.2.IO

Значения максимальных коэффициентов перегрузки должны учитываться в тех случаях, когда с ростом нагрузки расчетное усилие увеличивается, минимальных – когда расчетное усилие увеличивается при уменьшении нагрузки.

2.23. При расчете опор, фундаментов и оснований в монтажных режимах на все виды нагрузок вводится единый коэффициент перегрузки К=I,I за исключением нагрузок от веса монтера и монтажных приспособлений, для которых коэффициент перегрузки принимается равным I,3.

2.24. При расчете опор, фундаментов ВЛ и ОРУ и их оснований в аварийных и температурном режимах работы на расчетные нагрузки первой группы предельных состояний от веса гололеда, от давления ветра на опоры, провода (шины) и тросы, от тяжения проводов (шин) и тросов вводятся следующие коэффициенты сочетаний:

I) в режимах обрыва проводов (шин) или тросов:

0,8 – для промежуточных опор

0,9 – для анкерных опор

2) в температурном режиме опор ОРУ-0,8.

3) при воздействии сейсмических нагрузок или токов короткого замыкания - 0,8.

gost.e-ecolog.ru