



ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Технология определения нагрузок и расчета в SCAD опор ЛЭП из одиночных уголков

Шишов Дмитрий Валерьевич,
гл.конструктор, ТОО «ТК Метакон», Казахстан, г.Талдыкорган
Михайлов Виктор Сергеевич,
руководитель НТЦ SCAD

18 апреля
2018

АСПМК 519



Преданность потребителям через
ответственность и профессионализм



АСПК 519

Сервисное
бизнес-направление | более 1300
работников

Комплексный инжиниринг в области
строительства электрических сетей и
подстанций "под ключ"

Проектирование электрических сетей
и подстанций

Комплектация, строительство, ремонт и
модернизация электрических сетей и
подстанций

Услуги в области телекоммуникаций и
информационных технологий в энергетике

Пуско-наладочные работы

Промышленное
бизнес-направление | более 1700
работников

Производство ж/б опор и других ж/б изделий
для электросетевого и подстанционного
строительства

Производство специализированных металло-
конструкций с применением технологии
горячего оцинкования для нужд
электросетевого строительства

Производство электрических щитов,
распределительных устройств 6-10 кВ,
шкафов релейной защиты и автоматики,
систем управления и автоматизации

Производство полимерных изоляторов

Производство кабельно-проводниковой
продукции

Производство нестандартного оборудования
и продукции

Производство и
передача электрической | более 350
энергии работников

Электроснабжение потребителей (продажа
электрической энергии)

Производство электрической энергии

Передача электрической энергии

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ

49755 м³

МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

10213 тн.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ,
ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

61 шт.

**5994 у.м. ед.
436 м²**

ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

1348 тн.

КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВАЯ
ПРОДУКЦИЯ

488 км.

АВТОУСЛУГИ

20812 тыс. ткм.

ПРОИЗВОДСТВО
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

289848 т.кВтч

ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОВОЙ
ЭНЕРГИИ

104,474 т.Гкал

ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И
ПОДСТАНЦИЙ

152046 т.кВтч

Опоры и башни, разработанные советскими проектными институтами и применяемые и в настоящее время, имеют огромный запас прочности за счет применения прокатываемых в то время профилей, а также унификации опор и возможности их применения в широком спектре климатических условий, что отражается на их металлоёмкости.

С 1974 года сортамент прокатываемых угловых профилей увеличился. В 1978 году Северо-западное отделение института «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» пересчитали часть опор (110-330кВ) с учетом применения тонкостенных профилей, не прокатываемых до 1978 года, и подсчитали экономический эффект, который составил 5-13%, без снижения прочностных характеристик опор. Таким образом, применение полного ассортимента профилей, при производстве опор, а также возможность уменьшения металлоёмкости опор, за счет их установки в районы, в которых нагрузки на опоры намного меньше, чем рассчитано в типовых проектах, будут интересны заказчикам с точки зрения экономического эффекта их применения.

Использование современных программных комплексов позволяет осуществлять параметрическое программирование и расчет моделей пространственных решетчатых металлических конструкций. Использование таких программных комплексов позволит организовать интеллектуально-индивидуальное проектирование, то есть разрабатывать металлоконструкции в соответствии с индивидуальными техническими требованиями (такими как нагрузка от собственного веса, ветровая нагрузка, нагрузка от гололеда, проводов, сеймики и т.д.). Индивидуальный подход к проектированию опор линий электропередач, мачт сотовых связей и т. д. позволит снизить металлоемкость конструкции, за счет чего возможен экономический эффект их использования.

Конструкции опор, фундаментов и оснований ВЛ должны проектироваться в соответствии со СНиП Госстроя России с учетом указаний, составленных применительно к расчету по методу предельных состояний и отражающих особенности проектирования конструкций ВЛ.

Опоры, фундаменты и основания ВЛ должны рассчитываться на нагрузку от собственного веса и ветровую нагрузку на конструкции, на нагрузки от проводов, тросов и оборудования ВЛ, а также на нагрузки, обусловленные принятым способом монтажа, на нагрузки от веса монтера и монтажных приспособлений. Опоры, фундаменты и основания должны рассчитываться также на нагрузки и воздействия, которые могут действовать в конкретных условиях, например давление воды, давление льда, размывающее действие воды, давление грунта и т.п., которые принимаются в соответствии с указаниями СНиП Госстроя России или других нормативных документов.

Основными характеристиками нагрузок и воздействий являются их нормативные значения, которые устанавливаются в соответствии с требованиями 2.5.88-2.5.95 ПУЭ РК 2008 и следующими положениями:

1. Расчет опор, фундаментов и оснований ВЛ по прочности и устойчивости должен производиться на расчетные нагрузки, получаемые умножением нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузок k_{Π} , а в случаях, указанных в п. 5, - и на коэффициенты сочетаний $k_{С}$.

При расчете опор, фундаментов и оснований в монтажных режимах на все виды нагрузок вводится единый коэффициент перегрузки $k_{\Pi} = 1,1$, за исключением нагрузок от массы монтера и монтажных приспособлений, для которых коэффициент перегрузки принимается равным 1,3.

2. В зависимости от продолжительности действия нагрузок они подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые).

К **постоянным нагрузкам** относятся нагрузки от собственного веса строительных конструкций, проводов, тросов и оборудования ВЛ, от тяжения проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда, от веса и давления грунтов, от давления воды на фундаменты в руслах рек, а также от воздействия предварительного напряжения конструкций.

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

К **кратковременным нагрузкам** относятся нагрузки от давления ветра на опоры, провода и тросы, от веса гололеда на проводах и тросах, от дополнительного тяжения проводов и тросов сверх их значений при среднегодовой температуре; 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 и тросов.

К **особым нагрузкам** относятся нагрузки, возникающие при обрыве проводов и тросов, а также при сейсмических воздействиях.

3. Опоры, фундаменты и основания ВЛ следует рассчитывать на сочетания нагрузок, действующих в **нормальных**, **аварийных** и **монтажных** режимах, причем в монтажных режимах - с учетом возможности временного усиления отдельных элементов конструкций.

Сочетания климатических и других факторов в различных режимах работы конструкции ВЛ (наличие ветра, гололеда, значение температуры, количество оборванных проводов или тросов и пр.) определяются в соответствии с требованиями главы 2.5 ПУЭ РК.

Конструкции опор и фундаментов ВЛ должны также рассчитываться:

железобетонные опоры: по образованию трещин на действие нормативных постоянных нагрузок (весовых и от тяжения проводов и тросов при среднегодовой температуре при отсутствии ветра и гололеда); по раскрытию трещин в нормальных режимах на действие нормативных постоянных нагрузок и сниженных на 10% кратковременных нормативных нагрузок;

деревянные опоры: по прочности на действие постоянных нагрузок;

железобетонные фундаменты: по раскрытию трещин в нормальных режимах на действие нормативных постоянных нагрузок и сниженных на 10% кратковременных нормативных нагрузок.

4. Сочетания нагрузок в нормальных и монтажных режимах работы ВЛ относятся к основным сочетаниям, а в аварийных режимах и при сейсмических воздействиях - к особым сочетаниям.

5. При расчете опор, фундаментов и оснований ВЛ по прочности и устойчивости (первая группа предельных состояний) в аварийных режимах и при сейсмических воздействиях расчетные нагрузки от веса гололеда, ветровые нагрузки на опоры, провода и тросы и от тяжения проводов и тросов умножаются на коэффициенты сочетаний k_C .

Возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от их нормативных значений вследствие изменчивости нагрузок или отступлений от условий нормальной эксплуатации учитывается коэффициентом перегрузки k_{II} .

Расчетные нагрузки определяются умножением нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузки k_{Π}

Наименование нагрузки	Коэффициент
От собственного веса строительных конструкции, проводов, тросов и оборудования ВЛ	1,1 (0,9)*
От веса гололеда на проводах и тросах	2,0
От веса гололеда на конструкции опоры	1,3
Ветровая на конструкции опор: - при отсутствии гололеда на проводах и тросах - при наличии гололеда на проводах и тросах	1,2 1,0 (1,2)**
Ветровая на провода и тросы: - свободные от гололеда - покрытые гололедом	1,2 1,4
Горизонтальные нагрузки от тяжения проводов и тросов, свободных от гололеда или покрытых гололедом	1,3 (1,5)***
От веса монтеров монтажных приспособлений	1,3

* Значение, указанное в скобках, должно приниматься в случае, когда уменьшение вертикальной постоянной нагрузки ухудшает условия работы конструкции (например, при расчете анкерных болтов, фундаментов и оснований при выдергивании).

** Значение, указанное в скобках, принимается в случае учета гололедных отложений на конструкциях опор.

*** Значение, указанное в скобках, принимается для проводов с креплением на штыревых изоляторах.

Коэффициенты сочетаний, k_c

Режимы работы	Коэффициент
В режимах обрыва проводов и тросов:	
- при расчете промежуточных опор с поддерживающими гирляндами, их фундаментах и оснований	0,8
- при расчете промежуточных опор со штыревыми изоляторами, их фундаментах и оснований	1,0
- при расчете анкерных опор, их фундаментах и оснований	0,95
При воздействии сейсмических нагрузок	0,8

Основная нагрузка, воспринимаемая опорами ЛЭП – нагрузка от проводов и грозотроса.

На провода и грозозащитный трос воздушных электрических линий действуют вертикальные (собственный вес провода (троса), вес гололёда, образовавшегося на проводе (тросе)) и горизонтальные (давление ветра) нагрузки. При их учете принимают следующие допущения:

- распределение нагрузок по длине провода (троса) осуществляется равномерно,
- нагрузки на провода и тросы являются статическими.

Под действием механических нагрузок в материале провода проявляются механические напряжения на растяжение. На их значения влияют также напряжения, которые возникают в проводе при уменьшении его длины, с понижением температуры.

Согласно ПУЭ механический расчет проводов и тросов воздушной линии на прочность производится по методу допускаемых напряжений, расчет изоляторов и арматуры - по методу разрушающих нагрузок. По обоим методам принимаются нагрузки, соответствующие условиям эксплуатации линии, называемые *нормативными*. Механические нагрузки на провода (трос) принято определять в единицах силы на единицу сечения и единицу длины провода (троса). Их называют *удельными механическими нагрузками*.

Расчет опор и фундаментов производится по методу расчетных предельных состояний. По этому методу принимаются нагрузки, называемые *расчетными*, получаемые путем умножения нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузки k_{Γ} и коэффициент сочетаний, согласно таблице Приложения к главе 2.5 ПУЭ РК 2008.

Нагрузки на провод (трос)

Провода и тросы рассчитываются на нормативные нагрузки, т.е. нагрузки, соответствующие условиям нормальной эксплуатации ВЛ. При расчете учитываются следующие нагрузки:

- собственный вес провода (троса);
- ветер на провод (трос);
- вес гололедно-изморозевых отложений;
- температурные воздействия.

При расчетах используют погонную нагрузку, т.е. нагрузку, которая характеризуется перпендикулярной к направлению участка провода составляющей вектора внешней нагрузки, отнесенной к единице длины провода. Эта нагрузка называется приведенной и в соответствии с ПУЭ измеряется в [даН/м].

Единичные и удельные нагрузки

Погонные нагрузки (на 1 метр провода) называются *единичными*. Провод (трос) рассчитывается как на отдельные нагрузки, так и на их сочетания. Обычно учитывается семь видов единичных нагрузок и их сочетаний, которые обозначаются буквой P с соответствующим индексом, согласно таблице ниже. Размерность единичных нагрузок [даН/м].

Наименование нагрузки	Формула для подсчета
Нагрузка от собственного веса	$P_1 = q_{\text{СВ}}^{\text{H}}$
Нагрузка от веса гололеда	$P_2 = q_{\text{Г}}^{\text{H}}$
Нагрузка от массы провода (троса) с гололедом	$P_3 = P_1 + P_2$
Ветровая нагрузка на провод (трос) без гололеда то же, если ветер направлен под углом к оси ВЛ	$P_4 = q_{\perp}^{\text{H}}$ $P_4 = q_{\varphi}^{\text{H}}$
Ветровая нагрузка на провод (трос) с гололедом, где при определении q_{\perp}^{H} или q_{φ}^{H} учитывается гололед	$P_5 = q_{\perp}^{\text{H}}$ $P_5 = q_{\varphi}^{\text{H}}$
Геометрическая сумма нагрузок от ветра на провод (трос) и веса провода (троса)	$P_6 = \sqrt{P_2^2 + P_4^2}$
Геометрическая сумма нагрузок от ветра на провод (трос) и веса провода (троса) с гололедом	$P_7 = \sqrt{P_3^2 + P_5^2}$

Удельные нагрузки - это единичные нагрузки, отнесенные к площади поперечного сечения провода (троса), выраженной в мм²

$$\gamma_i = \frac{P_i}{F}, \quad i = \{1, \dots, 7\}, \quad \left[\frac{\text{даН}}{\text{м} \cdot \text{мм}^2} \right].$$

В процессе эксплуатации ВЛ возможны различные сочетания внешних воздействий - ветра, гололеда, температуры. Нагрузки и их сочетания, на которые рассчитываются провода и тросы ВЛ, называются режимами работы проводов (тросов). Сочетание нескольких воздействий максимальных величин маловероятно, поэтому если в каком-либо режиме сочетаются два или три воздействия, некоторые из них принимаются по величине меньше нормативных.

Согласно ПУЭ и СНиП различают три режима, которые могут быть в процессе монтажа и эксплуатации линий: *нормальный*, *аварийный* и *монтажный*. Рассмотрим эти режимы и особенности сочетания нагрузок в них.

Нормальным режимом называется работа линии при необорванных проводах и тросах. При работе в этом режиме на опоры и их основания действуют *постоянные нагрузки* от собственного веса опор, изоляторов, проводов и тросов без гололеда. К постоянным нагрузкам относятся также нагрузки от тяжений проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда, передаваемые на опоры некоторых типов (угловые и концевые).

При работе линии в нормальном режиме опоры подвергаются периодически воздействию *кратковременных нагрузок* от давления ветра на провода, тросы и опоры, а также от веса гололеда на проводах и тросах. К кратковременным относятся также нагрузки от тяжения проводов и тросов сверх их значения при среднегодовой температуре. Работа линий в нормальном режиме происходит в течение большей части времени их эксплуатации, поэтому принимаемые в нормальном режиме сочетания нагрузок называются *основными сочетаниями*.

В расчетах всех опор по нормальному режиму принимаются расчетные нагрузки без каких либо понижающих коэффициентов.

Расчет воздушных линий электропередач по нормальному режиму работы необходимо производить для сочетаний климатических условий

№	Сочетание климатических условий	Удельная нагрузка	Условие прочности
H1	Высшая температура ($t_{max} = +40^{\circ}\text{C}$), ветер и гололед отсутствуют	γ_1	
H2	Низшая температура ($t = -40^{\circ}\text{C}$), ветер и гололед отсутствуют	γ_1	$\sigma \leq [\sigma]$
H3	Среднегодовая температура ($t_3 = 0^{\circ}\text{C}$), ветер и гололед отсутствуют	γ_1	$\sigma \leq [\sigma]_3$
H4	Провода и тросы покрыты гололедом, $t = -5^{\circ}\text{C}$, ветер отсутствует ($q_0 = 0$)	γ_3	
H5	Максимальный нормативный скоростной напор ветра ($q_{max} = q_0$), $t = -5^{\circ}\text{C}$, гололед отсутствует	γ_6	$\sigma \leq [\sigma]$
H6	Провода и тросы покрыты гололедом, $t = -5^{\circ}\text{C}$, скоростной напор ветра $0,25 \cdot q_{max}$ (скорость ветра $0,5v_{max}$). В районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более скоростной напор ветра при гололеде должен быть не менее 14 даН/м ² (скорость ветра - не менее 15 м/с).	γ_7	$\sigma \leq [\sigma]$
H7	Фактические сочетания скоростных напоров ветра и размеров отложений гололеда на проводах и тросах, при $t = -5^{\circ}\text{C}$ в режимах: H7.1 Максимальное отложение гололеда на проводах и тросах и скоростной напор ветра при этом отложении. H7.2 Максимальный скоростной напор ветра и отложения гололеда на проводах и тросах при этом скоростном напоре.		
H8*	$t = +15^{\circ}\text{C}$, ветер и гололед отсутствуют	γ_1	

Аварийным режимом называется работа линии при обрыве проводов и тросов. Обрывы проводов и тросов должны быть устранены в возможно кратчайшие сроки для восстановления нормального режима работы линии. Продолжительность воздействия нагрузок аварийного режима сравнительно невелика, на некоторых линиях обрывы проводов и тросов не наблюдаются за все время их эксплуатации. Поэтому в расчетах по аварийному режиму расчётные нагрузки от веса гололеда и от тяжения проводов и тросов умножаются на понижающие коэффициенты сочетаний:

- для промежуточных опор и их фундаментов - 0,8;
- для анкерных опор и их фундаментов - 0,9.

Расчет воздушных линий электропередач по аварийному режиму работы необходимо производить для сочетаний климатических условий:

№ режима	Сочетание климатических условий	Удельная нагрузка	Условие прочности
A1=H3	Среднегодовая температура t_3 , ветер и гололед отсутствуют	γ_1	$\sigma \leq [\sigma]_3$
A2=H2	Низшая температура t , ветер и гололед отсутствуют	γ_1	$\sigma \leq [\sigma]$
A3=H4	Провода и тросы покрыты гололедом, $t = -5^\circ\text{C}$, ветер отсутствует ($q_0 = 0$)	γ_3	
A4	Провода и тросы покрыты гололедом, температура $t = -5^\circ\text{C}$, скоростной напор ветра $0,25 \cdot q_{max}$ (скорость ветра $0,5v_{max}$)		

Монтажным режимом называется работа конструкций в условиях монтажа опор, проводов и тросов. Сочетания этих нагрузок относятся к числу основных. Следует отметить, что в монтажном режиме конструкции могут рассчитываться с учетом временного усиления отдельных элементов или конструкции в целом.

Значения коэффициентов перегрузки, принимаемые в расчетах опор и фундаментов линий, приведены ранее.

При проверке опор ВЛ по условиям монтажа необходимо принимать следующие сочетания климатических условий:

№ режима	Сочетание климатических условий	Удельная нагрузка	Условие прочности
M1	Скоростной напор ветра на высоте до 15 м от земли $6,25 \text{ даН/м}^2$, $t = -5^\circ\text{C}$, гололед отсутствует	-	-

Все опоры линий электропередачи рассчитываются на нагрузки нормальных и аварийных режимов работы линии, в соответствии с режимами и их нагрузками, указанными выше.

Промежуточные опоры башенного типа рассчитываются на следующие условия:

Нормальный режим (рис.а):

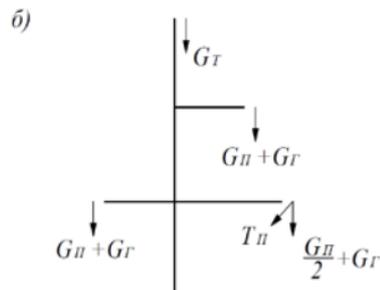
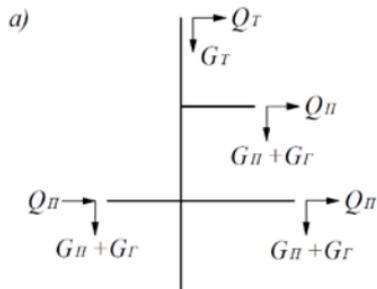
(Режим I) Провода и тросы не оборваны, свободны от гололеда, ветер максимальный. Для стальных опор следует рассмотреть два направления ветра - перпендикулярно оси ВЛ и под углом 45° , так как в последнем случае ветер на конструкцию опоры больше и в отдельных ее элементах усилия могут возрасти. *Схема является расчетной для поясов ствола опоры.*

(Режим II) Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом. Скоростной напор принимается $q = P = \alpha K_l C_x q F \sin^2 \varphi$. Этот же напор принимается при определении давления ветра на конструкцию опоры. *Схема является расчетной для тяг траверс.*

Аварийный режим для опоры с подвесными изоляторами:

(Режим III) Оборван провод (или провода) одной фазы, гололеда нет, трос не оборван. В расчете следует считать оборванным тот провод, обрыв которого вызывает наибольшие усилия в рассматриваемых элементах (рис.б). *Схема является расчетной для раскосов, распорок, диафрагм, поясов и раскосов траверс.*

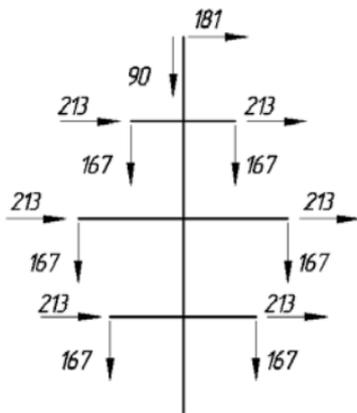
(Режим IV) Оборван один трос при тяжении, равном половине максимального. Гололеда и ветра нет. *Схема является расчетной для элементов тросостойки.*



Рассмотрим пример использования ПК SCAD Office для расчета опор воздушных линий электропередач. В качестве рассматриваемого примера возьмем промежуточную опору П110-2, рассматриваемую нами для строительства новой подстанции «Темурмалик» 110/10кВ и ЛЭП от существующей подстанции.

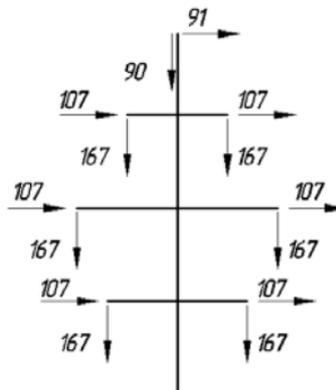
Согласно климатическим условиям ($V=30\text{м/с}$, $B=20\text{мм}$), выбранным проводам и пролетам воздушной линии электропередач ($L_{\text{вес}}=L_{\text{ветер}}=225\text{м}$) опора испытывает следующие нагрузки:

Режим I. Максимальный ветер перпендикулярно оси ВЛ



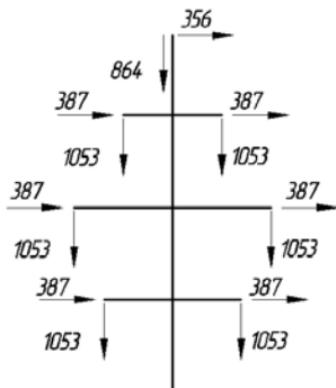
Ветровое давление на тело опоры на высоте до 15м
 Статическое 56кг/м²
 Динамическое 28 кг/м²
 Суммарное 84кг/м²

Режим Ia. Максимальный ветер под углом 45° к оси ВЛ



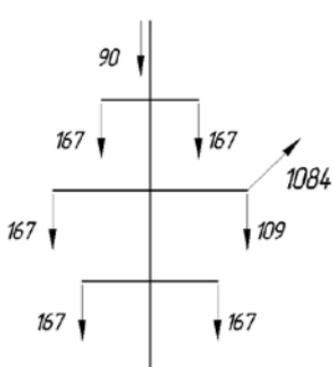
Ветровое давление на тело опоры на высоте до 15м
 Статическое 56кг/м²
 Динамическое 28 кг/м²
 Суммарное 84кг/м²

Режим II. Ветер при гололеде перпендикулярно оси ВЛ

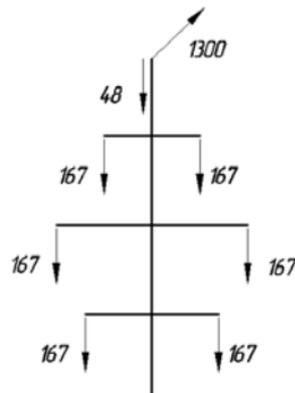


Ветровое давление на тело опоры на высоте до 15м
 Статическое 19кг/м²
 Динамическое 10 кг/м²
 Суммарное 29кг/м²
 Гололедные отложения на конструкцию опоры не учитывать

Режим III. Аварийный режим. Обрыв провода Ветра и гололеда нет

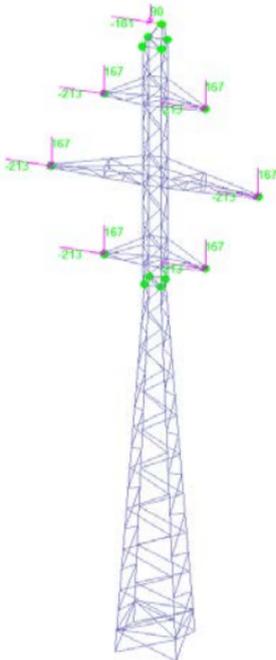


Режим IV. Аварийный режим. Обрыв троса Ветра и гололеда нет



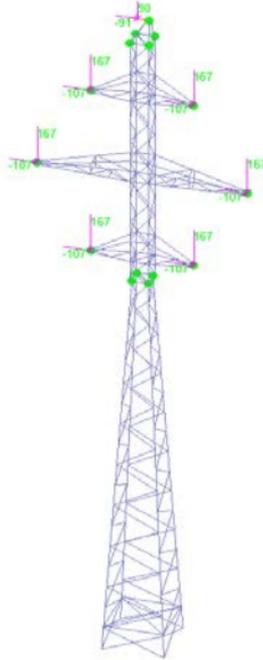
Режим I

Нормальный. Максимальный ветер перпендикулярно оси ВЛ, гололёда нет.



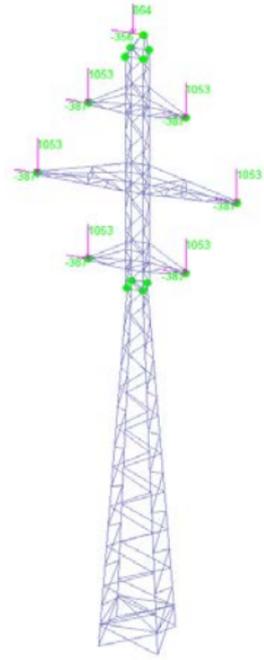
Режим Ia

Нормальный. Максимальный ветер под углом 45° к оси ВЛ, гололёда нет.



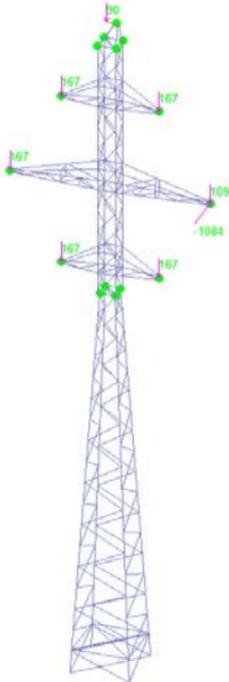
Режим II

Нормальный. Максимальный ветер при гололёде перпендикулярно оси ВЛ.



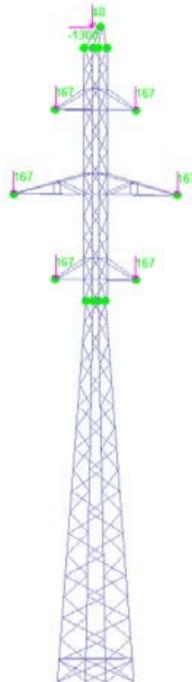
Режим III

Аварийный. Оборван один провод, дающий наибольший крутящий момент. Ветра и гололёда нет.



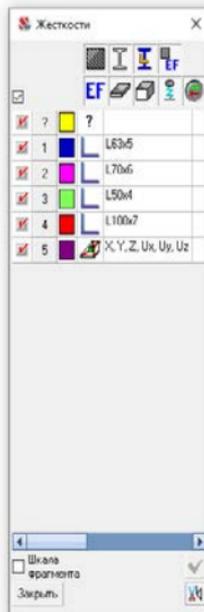
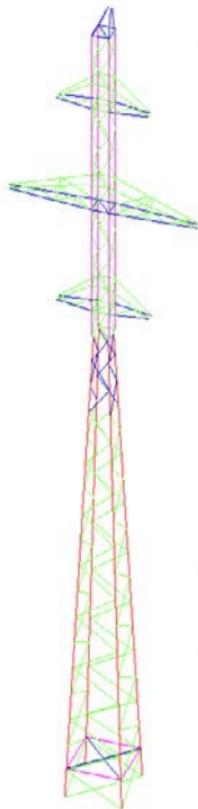
Режим IV

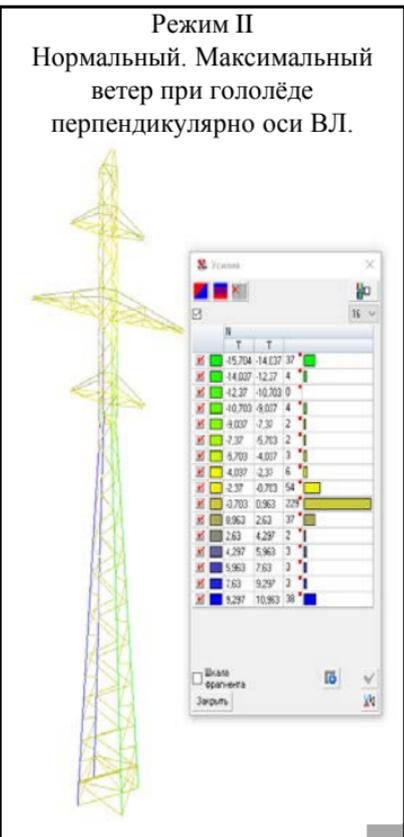
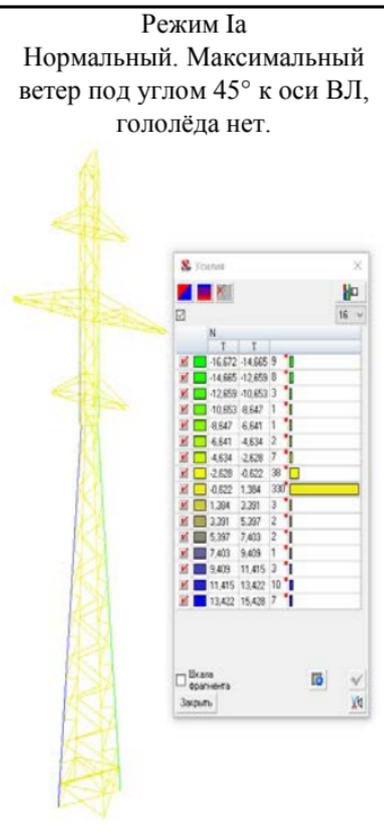
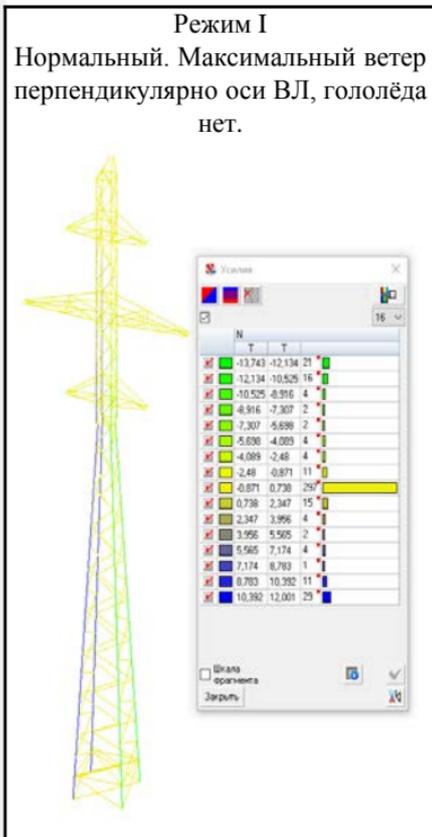
Аварийный. Оборван трос. Ветра и гололёда нет.



Подставка условно не показана.

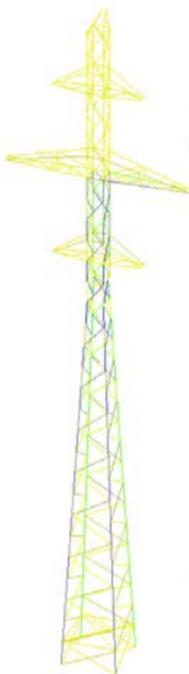
Для режимов I- II нагрузка от ветра на конструкцию опоры условно не показана.





Режим III

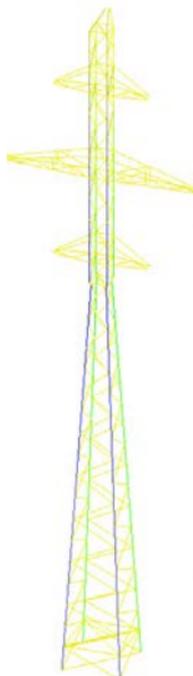
Аварийный. Оборван один провод, дающий наибольший крутящий момент. Ветра и гололёда нет.



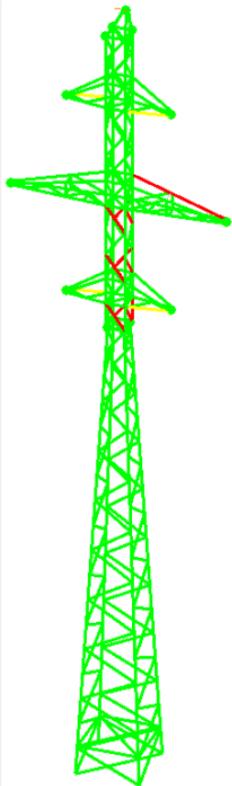
N		T	T	
✓	9.161	8.092	3	
✓	-8.092	-7.024	3	
✓	-7.024	5.956	16	
✓	-5.956	-4.007	23	
✓	-4.887	-3.819	12	
✓	-3.819	2.751	12	
✓	-2.751	1.683	11	
✓	-1.683	0.614	30	
✓	0.614	0.454	191	
✓	0.454	1.522	42	
✓	1.522	2.591	14	
✓	2.591	3.659	24	
✓	3.659	4.727	18	
✓	4.727	5.796	18	
✓	5.796	6.864	6	
✓	6.864	7.932	3	

Режим IV

Аварийный. Оборван трос. Ветра и гололёда нет.



N		T	T	
✓	-13.181	-11.62	9	
✓	-11.62	-10.059	14	
✓	-10.059	-8.497	24	
✓	-8.497	-6.936	4	
✓	-6.936	-5.375	3	
✓	-5.375	-3.814	3	
✓	-3.814	-2.253	4	
✓	-2.253	-0.691	22	
✓	-0.691	0.87	267	
✓	0.87	2.431	17	
✓	2.431	3.992	4	
✓	3.992	5.553	3	
✓	5.553	7.115	4	
✓	7.115	8.676	24	
✓	8.676	10.237	15	
✓	10.237	11.798	10	



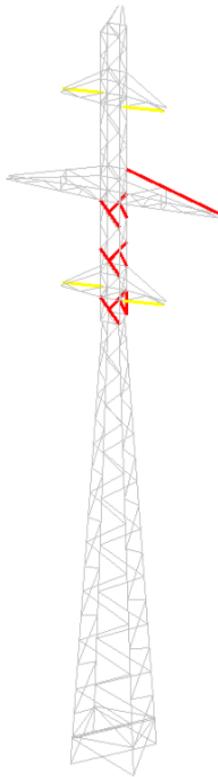
Результаты экспертизы

Критический фактор Кмах

<input checked="" type="checkbox"/>	0,026	0,99	408	
<input checked="" type="checkbox"/>	0,99	1,01	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	1,01	1,233	14	

Шкала фрагмента

Закреть



Результаты экспертизы

Критический фактор Кмах

<input checked="" type="checkbox"/>	0,026	0,99	408	
<input checked="" type="checkbox"/>	0,99	1,01	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	1,01	1,233	14	

Шкала фрагмента

Закреть

Наименование элемента	Ссылка на НТД	Фактор	Коэффициент использования
Пояс нижней (верхней) траверсы	пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости ХОУ	1,008
Тяга средней траверсы	пп.6.15,6.16	Предельная гибкость в плоскости ХОУ	1,071
Нижний раскос верхней секции	п.5.3	Устойчивость при сжатии уголка относительно главных осей	1,233
Раскос выше нижней траверсы	п.5.3	Устойчивость при сжатии уголка относительно главных осей	1,17
Пояс верхней секции со стороны действия усилия, возникающего при обрыве провода	п.5.3	Устойчивость при сжатии уголка относительно главных осей	1,036
Раскос ниже средней траверсы	п.5.3	Устойчивость при сжатии уголка относительно главных осей	1,151

Для исключения образовавшихся несоответствий выполнены для указанных выше элементов следующие замены:

Наименование элемента	Было	Стало
Пояс нижней (верхней) траверсы	L63x5	L70x6
Тяга средней траверсы	L50x4	L63x5
Нижний раскос верхней секции	L50x4	L63x5
Раскос выше нижней траверсы	L50x4	L50x5
Пояс верхней секции со стороны действия усилия, возникающего при обрыве провода	L70x6 Сталь С245	L70x6 Сталь С345
Раскос ниже средней траверсы	L50x4	L50x5

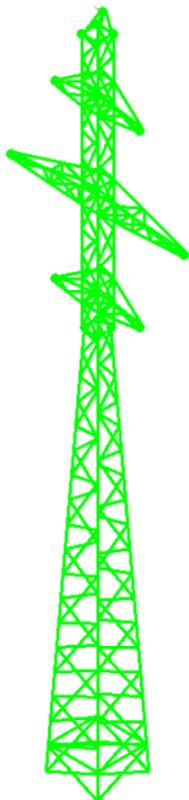
Для элементов, коэффициент использования которых меньше 1, выполнены следующие замены:

Наименование элемента	Было	Стало
Пояс нижней секции	L100x7	L90x6
Пояс средней секции	L100x7	L90x6

В результате замен масса опоры изменилась:

Профиль	Уменьшилось	Увеличилось	Итого
L50x4 C245	84		-84
L50x5 C245		33	+33
L63x5 C245	64	89	+25
L70x6 C245	612	92	-520
L70x6 C345		612	+612
L90x6 C245		610	+610
L100x7 C245	796		-796
Всего:	-	-	-120

Таким образом, возможная экономия материалов: 120 кг



Результаты экспертизы

Критический фактор К_{max}

<input checked="" type="checkbox"/>	0.026	0.98	427	<input checked="" type="checkbox"/>
-------------------------------------	-------	------	-----	-------------------------------------

Шкала фрагмента

Закреть

Докладчики

Главный конструктор ТОО «ТК Метакон»
группа компаний ТОО «АСПМК-519»

Шишов Дмитрий Валерьевич

shishov_dima@mail.ru



Руководитель новосибирского центра технической поддержки
SCAD Office

Виктор Сергеевич Михайлов

mvs@scadsoft.ru

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!