

РАЗРАБОТКА И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОПОР ДЛЯ ВЛ 35-220 кВ ПРИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Зевин А.А., Гунгер Ю.Р., Лавров Ю.А., Лукин А.С., Симонов И.В.

Рассматриваются узкобазовые конструкции опор для одноцепных и двухцепных ВЛ 35, 110 и 220 кВ, разработанные в ЗАО «ВНПО ЭЛСИ». Приведены основные технические параметры опор и сравнительные технико-экономические показатели при строительстве ВЛ с применением опор традиционных конструкций и опор нового поколения.

Постановка задачи.

В группе компаний ЭЛСИ на протяжении 15 лет ведутся работы по разработке и внедрению в отечественное электросетевое строительство опор из гнутого стального профиля для ВЛ 35-110 кВ. Конструкции этих опор максимально совмещают в себе преимущества опор традиционного исполнения (опор башенного типа) и многогранных узкобазовых опор (типа «puls»). В первом случае во внимание было принято использование поясов, во втором – фундаментное решение на одной стойки (вместо четырех опорных стоек). По существу опоры из гнутого стального профиля конструкции ЭЛСИ представляют собой многогранные металлические *облегченные* опоры по сравнению с опорами многогранного типа, что дает определенные преимущества при монтаже опор для ВЛ, трассы которых проходят в сложных геолого-климатических условиях.

В ЗАО «ВНПО ЭЛСИ» в 2007/8 гг. наряду существующими конструкциями опор были разработаны и после успешных приемочных испытаний в Центре испытаний воздушных линий (ЦИВЛ) Филиала ОАО «Инженерный центр ЕЭС»-«Фирма ОРГРЭС» приняты к производству новые конструкции опор для одноцепных и двухцепных ВЛ 35, 110 и 220 кВ. В частности, начат выпуск следующих типов промежуточных опор:

- ПО35/110 – опора на оттяжках для одноцепной ВЛ 35 и 110 кВ, трассы которых проходят в районах вечной мерзлоты;
- 2ПС35/110 – опора с повышенной несущей способностью (изгибающим моментом до 70 тс·м) для двухцепных ВЛ 35 и 110 кВ;
- ПС220П – промежуточная пора для одноцепной ВЛ 220 кВ.
- 2ПС220П- в настоящее время по этой опоре для двухцепной ВЛ 220 кВ ведутся проектные разработки (промышленный выпуск опоры планируется в конце 2008 г.).

В докладе кратко рассматриваются технико-экономические показатели новых конструкций опор для ВЛ 35-110-220 кВ.

Опора для одноцепных ВЛ 35 и 110 кВ.

Опора типа ПО35/110 разработана в весьма сжатые сроки по инициативе ОАО «Газпром» для строительства ВЛ 35 и 110 кВ по электроснабжению объектов Бованенковского НГКМ на полуострове Ямал. Поскольку трассы прохождения ВЛ находится в районах вечной мерзлоты, то крепление опоры предусматривается на фундамент из винтовой сваи диаметром 219 мм с толщиной стенки трубы 10 мм и длиной от 6 метров (винтовые сваи производит ООО «Завод винтовых свай», г Алапаевск, и планирует производить ООО «Новоформ-Проект», г. Новосибирск). При этом три оттяжки опоры (каждая из которых расщеплена на две составляющие) крепятся к анкерам, которые

ввинчиваются в грунт на определенную глубину в зависимости от структуры вечномёрзлого грунта. Расщепление трех оттяжек на две составляющие приняты из условия обеспечения работоспособности опоры при обрыве одной из составляющих оттяжки.

Промежуточная опора для ВЛ 35 и 110 кВ имеет конструктивные размеры одинаковые. Несмотря на разную строительную длину линейной изоляции длина траверс для ВЛ 35 кВ принята такая же, как и для ВЛ 110 кВ. Это обусловлено во-первых, необходимостью обеспечения единой технологии изготовления траверс, и во-вторых, вес траверс для ВЛ 35 кВ на 8-10% легче, по отношению к весу траверс для ВЛ 110 кВ, что в ценовом показателе не очень существенно сказывается на удорожании опоры. В этой связи промежуточная на оттяжках опора для ВЛ 35 и 110 кВ имеет обозначение одно обозначение ПО 35/110, при этом существуют ее две модификации:

- ПО 35/110-1 – промежуточная опора на оттяжках с тросостойкой, вес 1425 кг;
- ПО 35/110-2 – промежуточная опора на оттяжках без тросостойки, вес 1332 кг (рис.1).

Опора ПО 35/110 предназначена для эксплуатации в районах с суровыми геолого-климатическими условиями и рассчитана на следующие исходные данные:

- провод АС120/19-АС150/24 (для ВЛ 35 кВ);
- провод АС240/32 (для ВЛ 110 кВ);
- региональные коэффициенты для ветровой и гололедной нагрузок – средние: 1,15 по ветровой нагрузке и 1,25 для гололедной нагрузки;
- район по ветру – IV-V, район по гололеду – III-IV

Расчетные габаритные пролеты составляют для ВЛ 35 кВ 180-200 м (провод АС120/19 - АС150/24) и для ВЛ 110 кВ 220-320 м (провод АС 240/32).

Опора собирается на земле, затем с помощью автокрана монтируется на винтовую сваю к фланцевому соединению. Устойчивость опоры на фундаментной винтовой свае обеспечивается за счет трех оттяжек, расщепленных на две составляющие (рис.2). Верхние концы оттяжек крепятся к двум консолям, расположенным по оси ВЛ. Консоли крепятся к стойке опоры под нижними траверсами. Такое расположение оттяжек повышает эксплуатационную надежность опоры, поскольку обрыв одной оттяжки не приводит к падению опоры, по сравнению с расположением оттяжек у типовых одностоечных опор (рис.3), у которых расщепленные оттяжки крепятся верхними концами к траверсам, а третья одиночная оттяжка к стойке под нижней траверсой.

В качестве оттяжек для опоры в соответствии со СНиП П-23-81* (часть II, глава 23) применяется оцинкованный стальной канат диаметром 15 мм типа 15-Г-Ж-1770 по ГОСТ 3063-80. Оттяжки могут крепиться к винтовым сваям, а также к специально разработанным анкерам (например, производства ООО «Новоформ-Проект»). В зависимости от структуры грунта по трассе ВЛ выбирается оптимальный (с экономической и технической точки зрения) вариант закрепления оттяжек.

Винтовая свая (согласно данным ООО «Завод винтовых свай») имеет следующие эксплуатационные параметры: вертикальная нагрузка до 40 т, выдергивающая нагрузка до 35 т, изгибающий момент при толщине фундаментной трубы 12 мм составляет 10 тс·м (для 09Г2С) и 9 тс·м (для Ст20). Аналогичные по техническим параметрам сваи собирается выпускать и ООО «Новоформ-Проект».

Опора для двухцепной ВЛ 35 и 110 кВ.

В качестве примера конструкция опоры для двухцепной ВЛ 110 кВ приведена на рис.4,а ($H_1=0,5$ м, $H_3=14,3$ м, $H_5=24,2$ м, расстояния фаз от оси опоры: на верхней траверсе – 3,1 м, на нижней траверсе – 2,1 и 5,2 м). Опора рассчитана на нагрузки в соответствии с ПУЭ седьмого издания и имеет эксплуатационные параметры, приведенные в табл.1. В качестве свайного фундамента применяется стальная труба диаметром 720 мм длиной 4...5 м в зависимости от физико-механических свойств грунта.

Эксплуатационные параметры опоры 2ПС35/110ПУ

Параметр	Значения
сечение провода типа АС, мм ²	120-240
район нормативного давления ветра	II-IV
район по толщине стенки гололеда	I-III
региональный коэффициент по ветру	1,15
региональный коэффициент по гололеду	1,25
расчетный габаритный пролет, м	180-250
вес опоры, кг	1830

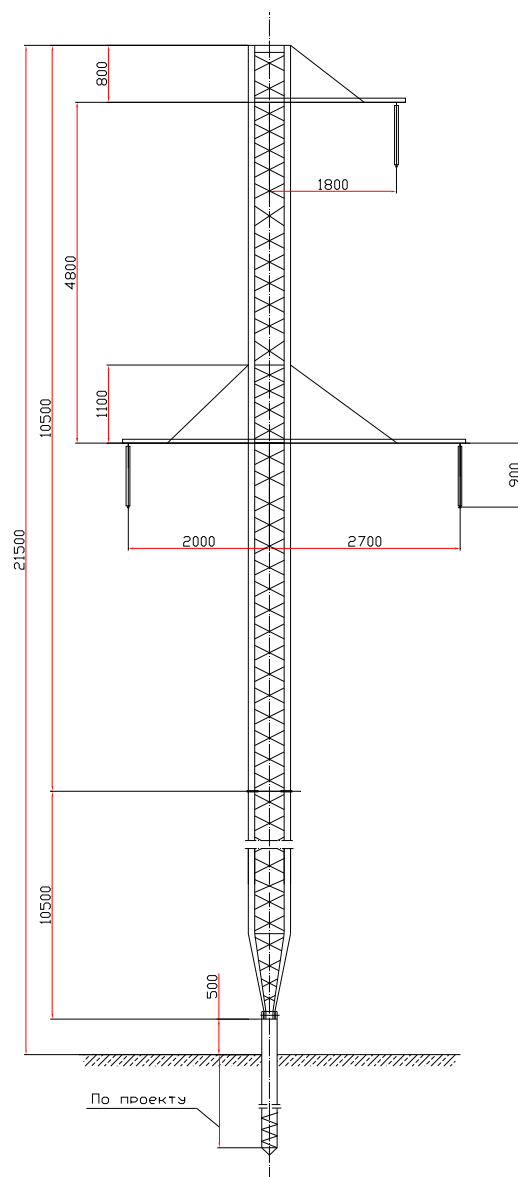


Рис.1 Эскиз опоры ПО35/110-2 на оттяжках (три расщепленные оттяжки условно не показаны)

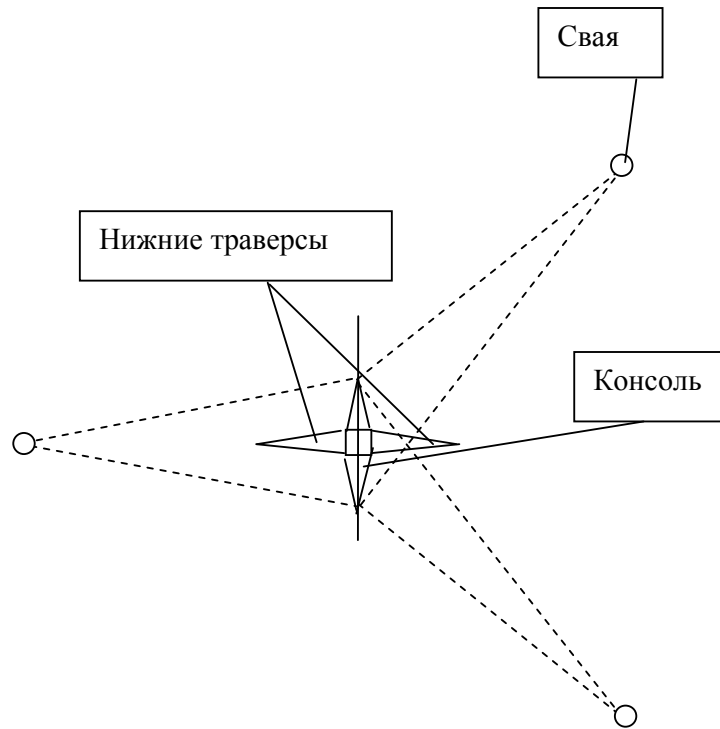


Рис.2. Расположение оттяжек на опоре ПО 35/110

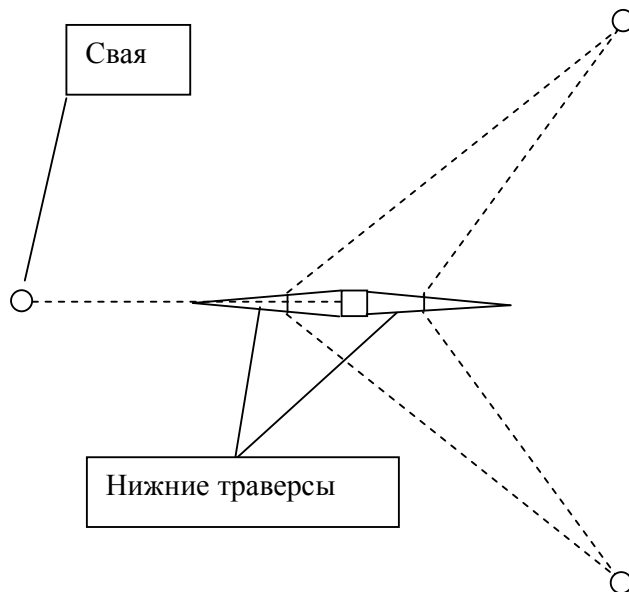


Рис.3 Расположение оттяжек у типовых одностоечных опор с оттяжками

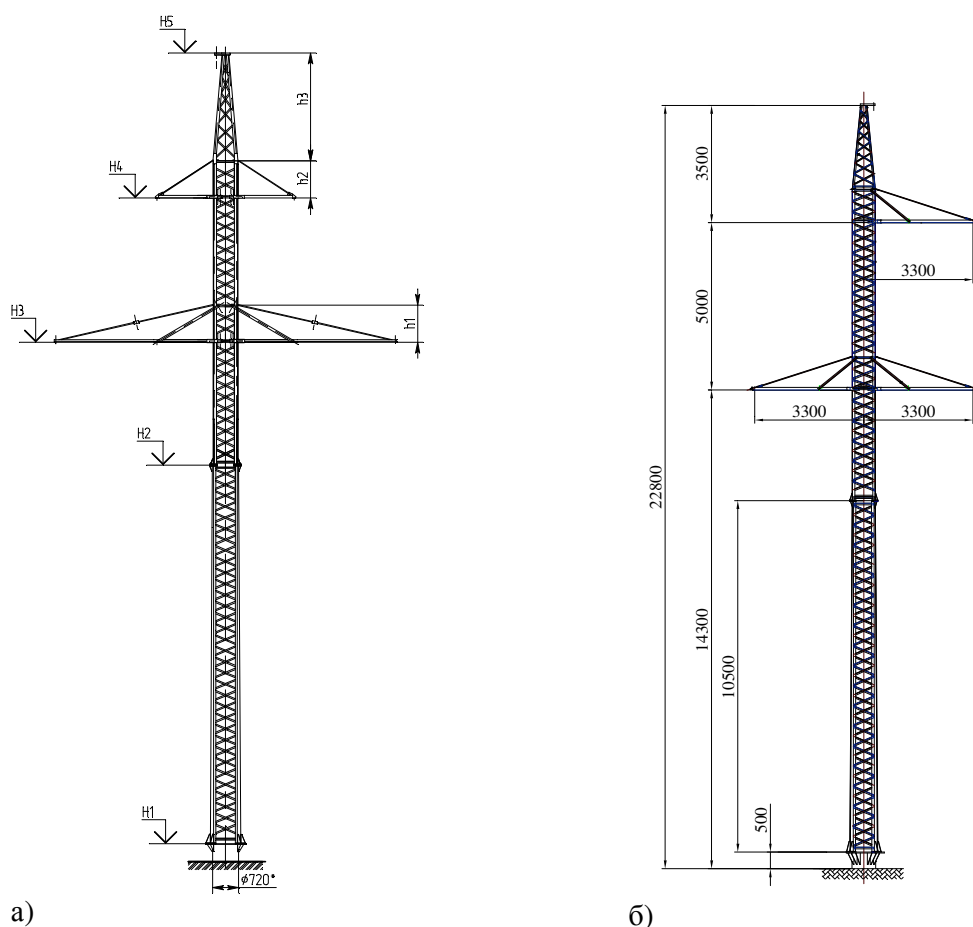


Рис.4 Эскизы опор для двухцепной ВЛ 110 кВ (а) и одноцепной ВЛ 220 кВ (б)

Опора для одноцепной ВЛ 220 кВ.

Металлическая многогранная облегченная опора собирается из трех секций с помощью болтовых соединений и имеет небольшой вес. Быстромонтируемая узкобазовая опора крепится к фундаменту с помощью фланцевого соединения. Фундамент опоры, состоящий из стальной трубы диаметром 720 мм, вставляется в пробуренный котлован, глубина которого определяется физико-механическими характеристиками грунта (обычно глубина составляет 4-5 метров). Толщина стенки трубы 10-11 мм. Опора ПС220П выполнена на расчетные нагрузки по ПУЭ седьмого издания для районов с умеренной пляской проводов и имеет эксплуатационные характеристики, представленные в табл.2. Конструктивные параметры опоры ПС220П приведены на рис.4,б.

Таблица 2

Эксплуатационные параметры опоры ПС220П

Параметр	Значения
сечение провода типа АС, мм ²	300 - 400
район нормативного давления ветра	III-IV
район по толщине стенки гололеда	I-III
региональный коэффициент по ветру	1,15
региональный коэффициент по гололеду	1,25
расчетный габаритный пролет, м	210-260
вес опоры, кг	1950

Опора для двухцепной ВЛ 220 кВ.

В настоящее время в ЗАО «ВНПО ЭЛСИ» разрабатывается опора для двухцепной ВЛ 220 кВ. Предполагается начать ее промышленный выпуск в конце 2008 г. после проведения соответствующих приемочных и сертификационных испытаний и при необходимости доработки конструкции. Отличительной особенностью этой опоры от предшествующих типов опор является переход на двухстоечную конструкцию. Это обусловлено ограниченными возможностями несущей способности одиночного свайного фундамента. Например, при использовании провода сечением до 400 мм² опрокидывающий момент на свайный фундамент в зависимости от района по ветровой и гололедной нагрузкам может превышать 90-110 тс·м. При таких нагрузках конструктивное выполнение фундамента усложняется и при строительстве ВЛ в северных районах России это потребует значительных затрат. Поэтому было принято решение разнести результирующую нагрузку на фундамент на две составляющие. На рис.5 показан эскиз проектируемой опоры, а в табл.3 приведены предполагаемые эксплуатационные характеристики.

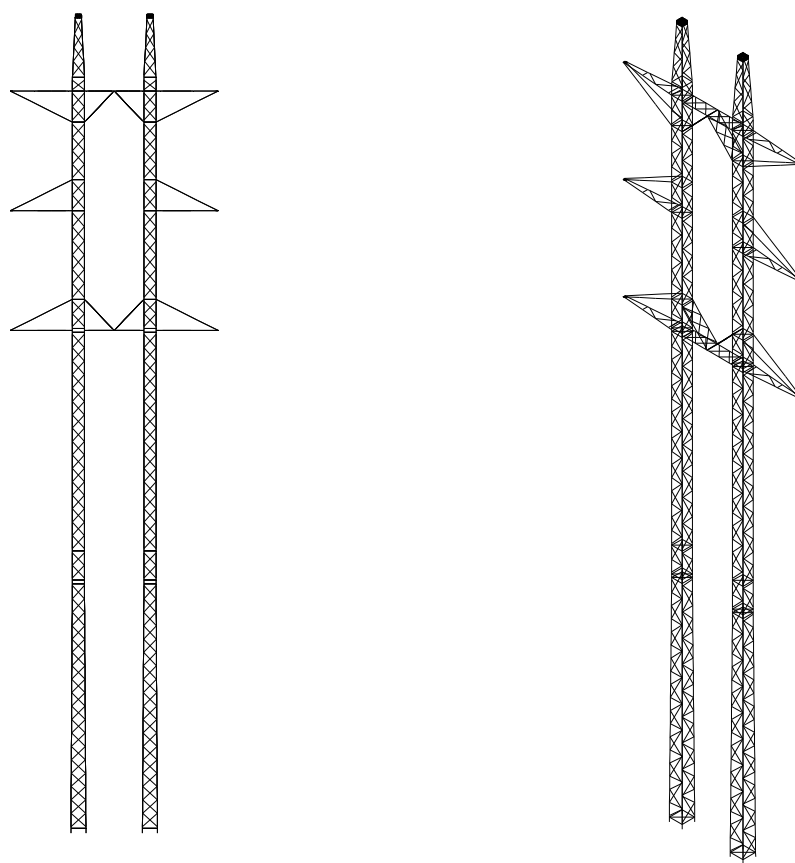


Рис. 5 Эскиз опоры для двухцепной ВЛ 220 кВ

Таблица 3

Технические характеристики опоры 2ПС220П

Параметр	Значения
сечение провода, мм ²	300-400
грозозащитный трос	С70
район нормативного давления ветра	I – IV
район по толщине стенки гололеда	I – IV
Расчетный ветровой пролет	400 – 320 м
Масса опоры	4000 кг

Технико-экономические показатели.

В качестве примера в табл.4 приведены исходные данные для технико-экономического сравнения стоимости строительства 1 км ВЛ 220 кВ при применении опор различного конструктивного исполнения (район по ветровому давлению III, район по гололеду III). Из данных таблицы видно, что стоимость комплектующих на 1 км ВЛ для опор конструкции ЭЛСИ превышает на 3 и 12%, соответственно для опор одноцепного и двухцепного исполнения. Однако если взять в расчет объем земляных работ для выполнения фундамента, время на монтаж самой опоры и другие показатели, то как показывает практика сооружение ВЛ на опорах конструкции ЭЛСИ приводит не только к существенному сокращению сроков строительства, но и к снижению себестоимости на 10-20% в зависимости от региона строительства ВЛ. При этом, с «утяжелением» геолого-климатических условий прохождения трассы сооружаемой ВЛ применение опор серии ПС становится более выгодным.

Таблица 4

№	Параметр	Одноцепная опора		Двухцепная опора	
		П220-3	ПС220П	П220-2	2ПС220П
1	Вес опоры, кг	4700	1950	6450	≈ 4000*
2	Габаритный пролет, м	435	250	390	320
3	Количество опор на 1 км ВЛ	2,3	4,0	2,6	3,3
4	Стоимость** опоры	258,5	208,3	354,7	427,5
5	Стоимость опор на 1 км ВЛ	594,6	833,2	922,2	1409,1
6	Стоимость фундамента:	159,4	---	---	---
	- фундамент типа Ф5-2 (4 шт.)	---	---	164,48	---
	- фундамент типа Ф5-4 (4 шт.)	---	---	---	---
	- стальная труба (720x10 мм, 09Г2С) длиной 4,5 м	---	35,5	---	---
	- стальная труба (530x10 мм, 09Г2С) длиной 4,5 м	---	---	---	51,9
7	Стоимость фундамента на 1 км ВЛ	366,6	142,0	427,6	160,9
8	Стоимость изоляторов (на три фазы) ЛК120/220	12,74	12,74	25,48	25,48
9	Стоимость изоляторов на 1 км ВЛ	29,30	50,96	66,25	79,0
10	Стоимость провода АС400/51 (на три фазы) на 1 км ВЛ	263,73	263,73	527,46	527,46
11	Стоимость грозотроса типа С70 на 1 км ВЛ	22,43	22,43	22,43	44,86
12	Стоимость сцепной арматуры (на три фазы)	3,29	3,29	6,59	6,59
13	Стоимость сцепной арматуры на 1 км ВЛ	7,56	13,16	17,13	20,43
14	Итого стоимость комплектующих на 1 км ВЛ (п.5+п.7+п.9+п.10.+п.11+п.13) в %	1284,22 100%	1325,48 103%	1983,07 100%	2142,7 112%
Примечание: - * вес опоры примерный, поскольку опора находится в стадии разработки - ** стоимость с НДС (тыс.руб.)					

Опыт эксплуатации

За время деятельности группы компаний ЭЛСИ на опорах типа ПС построено свыше 5000 км ВЛ 35 и 110 кВ. Нарботанный опыт строительного-монтажных работ и эксплуатации узкобазовых быстромонтируемых опор показал на удобство и сокращенные сроки монтажа таких опор, а также их высокую эксплуатационную надежность. До настоящего времени в адрес ЭЛСИ ни одной рекламации со стороны эксплуатирующей организации не поступало на предмет выхода из строя ВЛ из-за потери механической (несущей) способности опоры.