

В настоящее время на ВЛ применяются унифицированные стальные решетчатые опоры разработанные в 1960-1980-е годы. При этом разработанные в эти годы опоры делятся на несколько поколений унификации, отвечающих нормативным, технологическим, эксплуатационным требованиям соответствующих лет.

В 2005 году существующие типовые проекты были переведены в разряд «Материалов для проектирования», т.к. не соответствуют требованиям современных нормативных документов. А в связи с введением в действие в 2003 году 7-й редакции ПУЭ и изменением ряда других нормативных документов, применение этих опор не рационально и зачастую невозможно без нарушения требований действующей нормативной документации.

Использование существующих унифицированных опор возможно только при ограничении области применения либо при внесении значительных изменений в конструкцию: увеличении расстояний между траверсами, вылетов траверс, высоты тросостойки, усилении элементов и т.п.

Для приведения унифицированных опор в соответствие с требованиями действующих нормативных документов, а также для повышения эффективности применения необходимо выполнение их модернизации.

Критериями модернизации являются:

- 1) Приведение в соответствие конструкций опор требованиям действующей НТД;
- 2) Обеспечение экономической эффективности – снижение затрат на изготовление, строительство и эксплуатацию конструкций опор.

Для применения на ВЛ опор, соответствующих требованиям действующих норм, в 2016-2017 гг. выполняется НИОКР «Разработка унифицированных стальных решетчатых опор ВЛ 220-500 кВ и железобетонных фундаментов опор ВЛ 220-500 кВ по ПУЭ-7».

Исходные данные и требования, учитываемые при унификации

Разработка модернизированных опор выполняется на базе унифицированных по типовым проектам 3.407-99 и 3.407-100 на следующие климатические условия:

а) Промежуточные опоры:

Одноцепные:

- П220-3: ветровой район - II-III;
- ПС220-5: ветровой район - IV-V.

Двухцепные:

- П220-2: ветровой район - II-III;
- ПС220-6: ветровой район - IV-V.

б) Анкерно-угловые опоры:

Одноцепные и двухцепные:

- У220-1, У220-3, У220-2: ветровой район - II-V;
Гололедный район для всех типов опор – I-IV.

Опоры предусматривают подвеску проводов по ГОСТ 839-80 марки АС 300/39, 400/51, а также проводов современных типов.

При разработке унифицированных решетчатых опор учитываются следующие основные требования:

а) Требования нормативных документов.

Основными нормативными документами предъявляющими требования к разработке опор ВЛ являются:

- правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- своды правил: «Стальные конструкции», «Нагрузки и воздействия», «Защита строительных конструкций от коррозии», «Строительная климатология».

В новых редакциях нормативных документов изменились требования к нагрузкам и воздействиям, коэффициентам надежности, условий работы и т.п., материалам, соединениям, методикам расчета, защите конструкций от воздействия окружающей среды и другие.

б) Экономические требования.

Конструкции опор проектируются оптимально с точки зрения минимизации стоимости строительства ВЛ в целом.

в) Требования к конструкциям.

При разработке конструкций опор рассматривается применение различных марок конструкционных сталей.

Опоры удовлетворяют требованиям к конструкциям и изделиям, подлежащим цинкованию.

Конструкции опор предусматривают возможность подвески оптических кабелей – встроенных в грозозащитный трос, а также самонесущих неметаллических.

Конструкции опор предусматривают модификации тросостоек для возможности выполнения плавки гололеда на грозотросах.

г) Требования к изготовлению.

Конструктивное исполнение опор обеспечивает технологичность изготовления и учитывает следующие основные требования:

- минимизация количества элементов и соединений в конструкциях опоры;
- оптимальный раскрой фасонного проката (поясных уголков);
- минимальное количество фасонки в узловых соединениях;
- образование отверстий в элементах опоры пробивкой, для возможности изготовления на автоматизированных линиях;
- минимизация скосов, криволинейных резов;
- унификация сортамента основных элементов;
- минимизация количества сварных соединений.

д) Требования к монтажу.

Конструкции опор разрабатываются состоящими по возможности из минимального числа элементов, позволяющих сократить временные затраты на сборку опоры.

Конструкции опор предусматривают возможность их установки цельной конструкцией при помощи строительной техники общего назначения, а также методом наращивания.

Основные этапы унификации

Для учета современных требований при разработке стальных решетчатых опор их унификация выполняется по следующим основным этапам:

- а) **Оптимизация** – поиск наилучших решений;
- б) **Адаптация** – использование существующих решений;
- в) **Соответствие** действующей научно-технической документации (НТД);
- г) **Расширение** области применения.

Оптимизация опор

Экономическая эффективность разрабатываемых опор достигается путем проведения оптимизации конструкций опор. Критерием оптимальности является минимальная стоимость владения ВЛ.

Оптимизация опор выполняется с учетом следующих конструктивных параметров:

- высота до нижней траверсы (при этом, связанным параметром является: компоновка верха опоры (расстояния между траверсами, вылеты траверс), высота тросостойки);

- ширина базы опоры, форма базы: квадратная, прямоугольная (связанный параметр: нагрузки на фундамент и соответствующий им тип (размеры) фундамента);
- ширина верхней части ствола;
- форма ствола (с параллельными или наклонными поясами верхней секции) и соответствующая ширина средней части ствола;
- количество панелей решетки (а также тип решетки ствола).

Результатом оптимизации является схема опоры с определенными основными конструктивными параметрами и назначенными сечениями элементов.

На рисунках 1-6 представлены схемы разработанных модернизированных опор ВЛ 220 кВ.

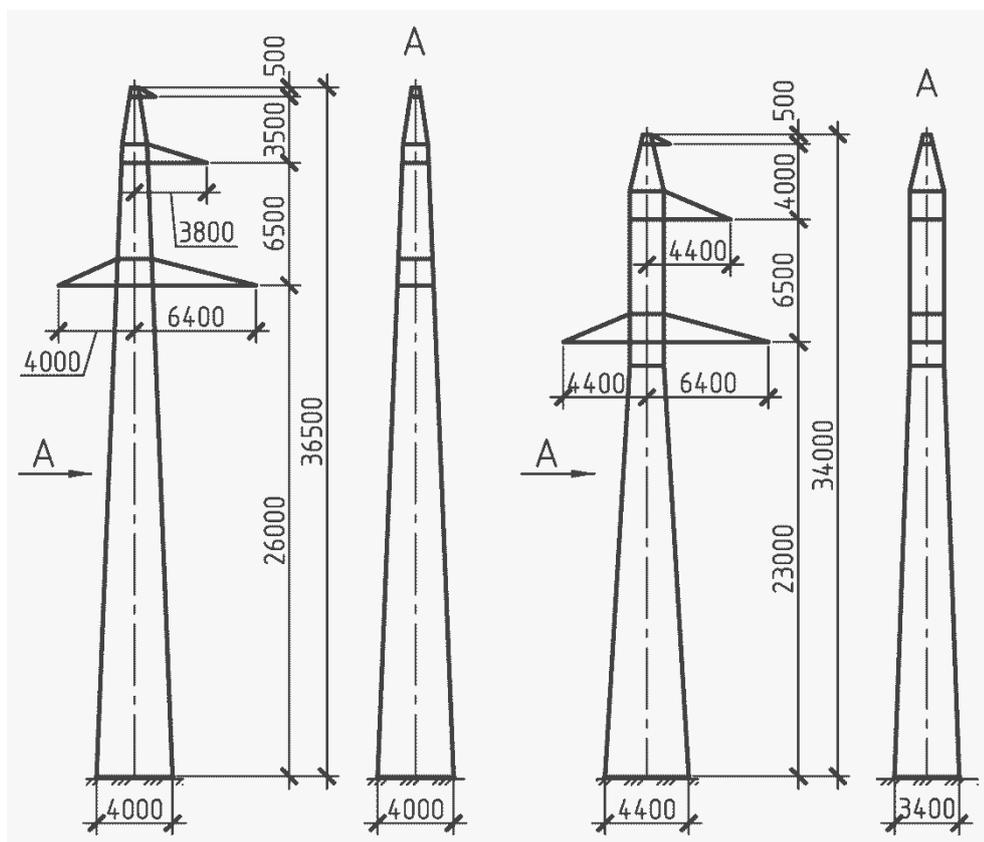


Рис. 1

Рис. 2

Схемы промежуточных одноцепных модернизированных опор П220-3м (Рис. 1) и ПС220-5м (Рис. 2)

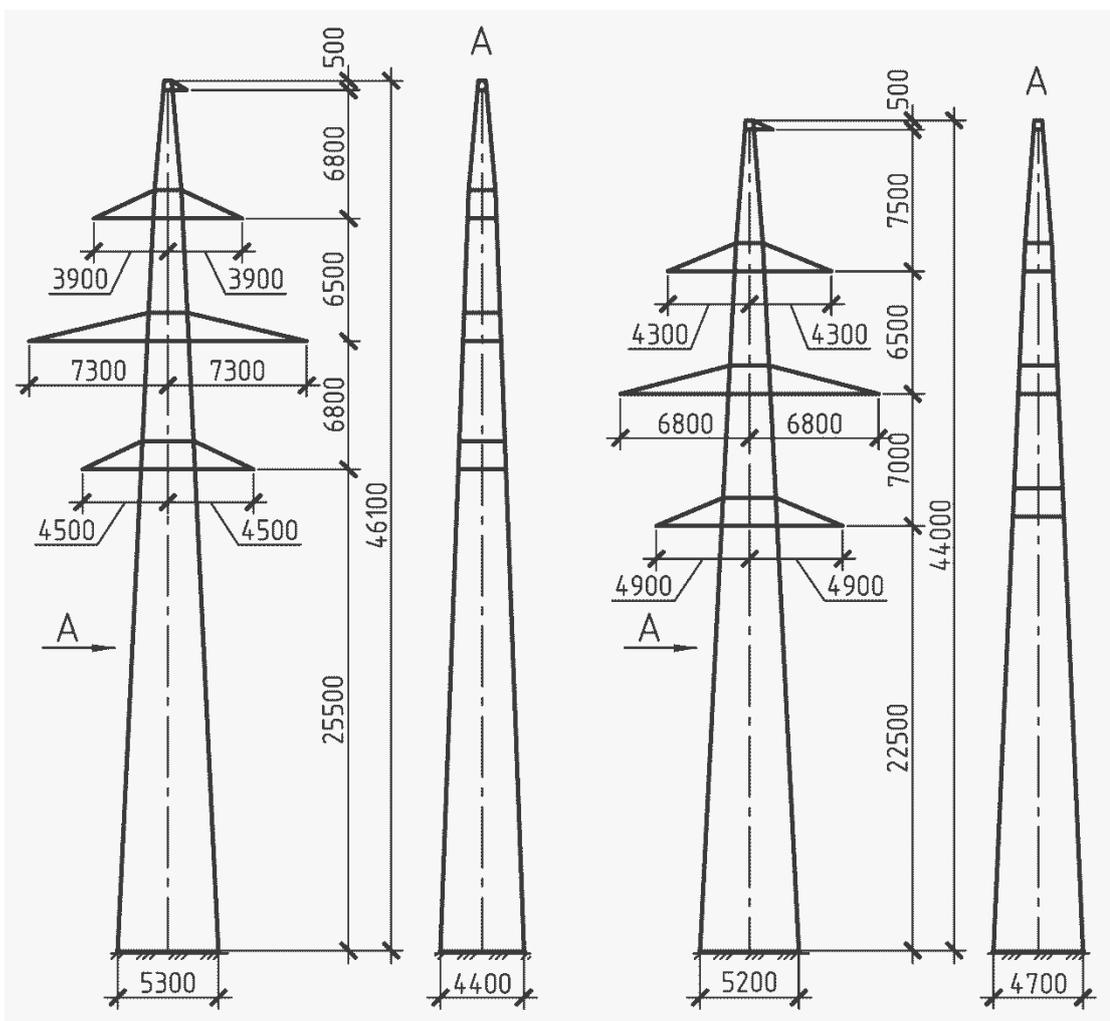


Рис. 3

Рис. 4

Схемы промежуточных двухцепных модернизированных опор П220-2м (Рис. 3) и ПС220-6м (Рис. 4)

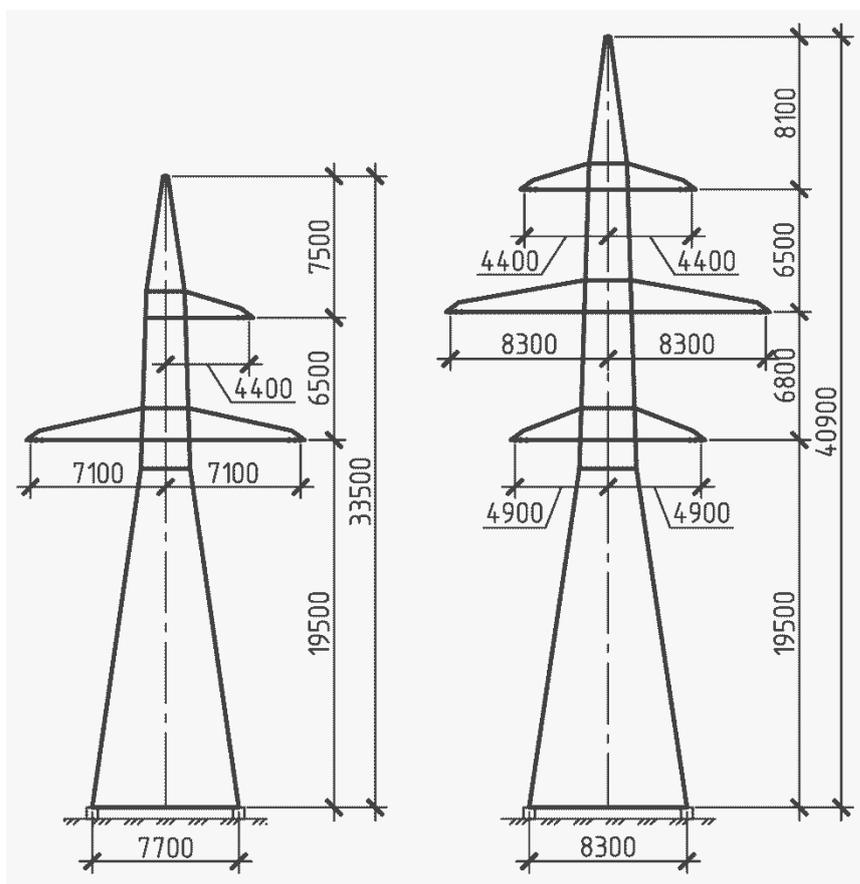


Рис. 5

Рис. 6

Схемы анкерно-угловых модернизированных опор У220-1м(+9) (Рис. 5) и У220-2м(+9) (Рис. 6)

Технико-экономическое сравнение унифицированных и модернизированных опор выполняется на примере их использования в равных условиях. Для сравнения принимаются одинаковые климатические условия, марка провода, грозотроса и т.п. Для промежуточных опор оценивается стоимость владения участком ВЛ длиной 5 км, а для анкерно-угловых опор – стоимость одной опоры (полная стоимость: материалы по опоре и фундаментам, СМР).

Количество промежуточных опор на участок ВЛ определяется по минимальным расчетным пролетам. Расчетные пролеты для существующих унифицированных промежуточных опор определяются следующим образом:

- габаритный пролет: В соответствии со значениями допускаемых напряжений в проводе и грозотросе согласно данным типового проекта выполняется систематический расчет провода. Климатические параметры принимаются соответствующими модернизированным опорам. Пролет определяется по условию обеспечения габарита до земли, условию обеспечения допустимого расстояния между

проводами, а также между проводами и грозотросом (по схлестыванию и пляске);

- ветровой и весовой пролеты: Исходя из значений горизонтальной и вертикальной нагрузок (на провода и тросы, а также на конструкцию опоры), указанных в расчетных листах типовых проектов, выполняется пересчет пролетов на климатические условия соответствующие модернизированным опорам.

Основные технико-экономические показатели унифицированных и модернизированных опор представлены в таблице 1-3.

Таблица 1

Тип опоры	П220-3	П220-3м	ПС220-5	ПС220-5м
Марка провода	АС 400/51	АС 400/51	АС 400/51	АС 400/51
Высота до нижней траверсы [м]	25,5	26,0	22,5	23,0
Пролёт [м]	365	495	290	345
Стоимость 1 опоры [млн. р.]:	0,100	0,104	0,114	0,113
Стоимость ВЛ [млн. р.]:	8,130	7,626	8,962	8,459

Таблица 2

Тип опоры	П220-2	П220-2м	ПС220-6	ПС220-6м
Марка провода	АС 400/51	АС 400/51	АС 400/51	АС 400/51
Высота до нижней траверсы [м]	22,5	25,5	22,5	22,5
Пролёт [м]	320	460	230	310
Стоимость 1 опоры [млн. р.]:	0,137	0,165	0,172	0,183
Стоимость ВЛ [млн. р.]:	12,950	12,365	15,106	13,962

Таблица 3

Тип опоры	У220-1 (+9)	У220-1м (+9)	У220-2 (+9)	У220-2м (+9)
Марка провода	АС 400/51	АС 400/51	АС 400/51	АС 400/51
Высота до нижней траверсы [м]	19,5	19,5	19,5	19,5
Стоимость опоры: [млн.р.]:	0,287	0,268	0,520	0,509

Результаты технико-экономического сравнения показывают эффективность применения модернизированных промежуточных опор с проводом марки АС 400/51 по отношению к унифицированным опорам.

Так общая стоимость владения участком ВЛ снижается в среднем на 5÷10%, при этом металлоемкость промежуточных модернизированных опор на участок ВЛ ниже в среднем на 10÷25% по сравнению с унифицированными опорами.

Расширение области применения опор

Существующие конструкции унифицированных опор разработаны таким образом, что являются наиболее оптимальными для определенных базовых, довольно ограниченных внешних условий (климат, марка провода и т.п.). Для условий отличных от базовых, конструкции опор являются менее эффективными.

Разработка модернизированных стальных решетчатых опор (опор новейшей унификации) выполняется с расширенной областью применения.

Расширение области применения дает гибкость использования унифицированных опор, позволяет приблизиться к конструкциям индивидуальной разработки, а значит, в большей степени учесть индивидуальные особенности объекта строительства.

Расширение области применения реализуется следующим образом. Оптимизация опор выполняется на базовые внешние условия. На основе базовой оптимизированной схемы опоры разрабатываются модификации учитывающие изменения различных внешних условий:

- климатических условий: районов по ветру/гололеду;
- различных марок проводов/грозотросов;
- подвески ОКСН и др.

При этом для эффективного использования габаритного и расчетных пролетов (сохранения их номинальных значений) модификации отличаются от базовой опоры только соответствующим сортаментом элементов. Общая геометрическая схема и конструктивные решения основных узлов сохраняются. Индивидуальные условия применения, такие как: необходимость в повышенных опорах, подвеска двух грозотросов, плавка гололеда, - решаются применением соответствующих подставок и типов тросостоек.

Возможность применения модификаций опор обеспечивается типовыми проектами наряду с базовой унифицированной опорой.

Модернизированные опоры разработаны таким образом, что в пределах каждой модификации имеется возможность применения наряду с типовым проводом марки АС по ГОСТ 839-80, проводов современных конструкций соответствующей площадью сечения алюминиевой части. Так, например, вместо проводов АС 400/51 могут быть применены провода АСк2у 400/51, АСВП 403/61, а также другие типы.

При этом современные типы проводов применяются без ограничения максимально допустимых напряжений, т.е. с максимально возможными габаритными и, соответственно, ветровыми и весовыми пролетами.

Результаты сравнения вариантов применения модернизированных опор с современными типами проводов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Тип опоры	П220-3	П220-3м	П220-3м	П220-3м
Марка провода	АС 400/51	АС 400/51	АСк2у 400/51	АСВП 403/61
Высота до нижней траверсы [м]	25,5	26,0	26,0	26,0
Пролёт [м]	365	495	560	575
Стоимость 1 опоры [млн. р.]:	0,100	0,104	0,104	0,104
Стоимость ВЛ [млн. р.]:	8,130	7,626	7,435	7,381
Снижение стоимости ВЛ [%]:	0	-7%	-9%	-10%

Применение проводов современных конструкций увеличивает разницу в стоимости владения ВЛ с применением модернизированных опор, повышая их эффективность.

Выводы

Результаты выполненной работы в части опор ВЛ 220 кВ показывают эффективность модернизированных решетчатых опор в различных областях применения.

Разрабатываемые модернизированные опоры в значительной степени отличаются от своих прототипов по области применения, конструктивному исполнению, технико-экономическим показателям. Поэтому, после прохождения всех регламентированных процедур, модернизированные опоры следует считать опорами новейшей унификации и использовать в проектировании при новом строительстве, а также переустройстве и техническом перевооружении существующих ВЛ.