



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2016, ТОМ 22, НОМЕР 3, 171–181

УДК 621.315.66

(16)-0351-1

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛЕП НА ТЕХНОЛОГІЮ ЇХ ЗВЕДЕННЯ

В. В. Таран¹, В. А. Сугоняко²

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, 86123.*

E-mail: ¹ taran_v_@mail.ru, ² ptopwnik@gmail.com

Отримана 10 жовтня 2016; прийнята 23 грудня 2016.

Анотація. Наведено загальні відомості щодо протяжності магістральних та міждержавних повітряних ліній електропередавання. Представлена класифікація опор ліній електропередавання. Розглянуті переваги та недоліки матеріалів, що застосовуються для опор. Найбільшу увагу в статті приділено металевим опорам ЛЕП. Описано основні конструктивні елементи опор повітряних ліній, методи з'єднання стержнів у вузлах. Викладено вимоги щодо захисту металевих елементів опор ліній електропередавання від корозії. Виконано групування факторів, що впливають на конструктивно-технологічні рішення опор ліній електропередавання. Під час реалізації проектних рішень розглядаються фактори впливу, приймаються оптимальні, що дозволяють застосовувати найкращі конструктивно-технологічні рішення з найменшими витратами праці та часу. Послідовність зведення ЛЕП включає перелік процесів та перелік взаємозв'язків між процесами.

Ключові слова: конструктивні рішення, опора ліній електропередавання, фактори, технологічний процес.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЭП НА ТЕХНОЛОГИЮ ИХ ВОЗВЕДЕНИЯ

В. В. Таран¹, В. А. Сугоняко²

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
2, ул. Державина, г. Макеевка, 86123.*

E-mail: ¹ taran_v_@mail.ru, ² ptopwnik@gmail.com

Получена 10 октября 2016; принята 23 декабря 2016.

Аннотация. Приведены общие сведения о протяженности магистральных и межгосударственных воздушных линий электропередач. Представлена классификация опор линий электропередач (ЛЭП). Рассмотрены достоинства и недостатки применяемых материалов для опор. Наибольшее внимание в статье уделено металлическим опорам ЛЭП. Описаны основные конструктивные элементы опор воздушных линий, способы соединения стержней в узлах. Изложены требования по защите металлических элементов опор линий электропередач от коррозии. Выполнена группировка факторов, оказывающих влияние на конструктивно-технологические решения опор линий электропередач. При реализации проектных решений рассматриваются факторы влияния, принимаются оптимальные, позволяющие применять наилучшие конструктивно-технологические решения с наименьшими затратами труда и времени. Последовательность возведения ЛЭП включает перечень процессов и перечень взаимосвязей между процессами.

Ключевые слова: конструктивные решения, опора линий электропередач, факторы, технологический процесс.

INFLUENCE OF DESIGN FEATURES OF POWER LINES TO THE TECHNOLOGY OF THEIR CONSTRUCTION

Valentina Taran¹, Vladislav Sugonyako²

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiyivka, 86123.*

E-mail: ¹ taran_v_@mail.ru, ² ptvpxenik@gmail.com

Received 10 October 2016; accepted 23 December 2016.

Abstract. General information of the extent of backbone and interstate overhead power lines has been given. The classification of pylons has been presented. The advantages and disadvantages of the materials used for the supports have been considered. Most attention is paid to metal power transmission line towers. Main structural elements of power transmission line towers, methods of connecting rods at the nodes have been described. The requirements for the protection of metal elements are power lines from corrosion. Grouping of factors influencing on technological solutions of power lines has been carried out. Considering The factors of influence has been considered under the realization of project decisions; it has been taken into account optimal decisions, which allow to apply the best technological solutions with the least amount of labor and time. The sequence of construction of transmission lines includes a list of processes and a list of interconnections between processes.

Keywords: constructive solutions, power transmission line towers, factors, technological process.

Введение

Название «Опоры линий передач» в настоящее время объединяет большую группу высотных сооружений, предназначенных для передачи по проводам или без них электроэнергии промышленным, общественным и коммунальным объектам, а также для связи, сигнализации, транспортирования, различных культурных и иных целей.

Развитие энергетики в XX столетии в большинстве стран было связано с созданием электроэнергетических систем с дальнейшим объединением в более крупные формирования: ОЭС (объединенные энергосистемы); ЕЭС (единая энергосистема); Межгосударственные энергетические союзы. Создание этих энергосистем было вызвано необходимостью надежной передачи электроэнергии от электростанций к нагрузочным узлам за счет обеспечения их параллельной работы, что потребовало организации проектного процесса не только для выполнения конкретных проектов отдельных электросетевых объектов (линий электропередачи и подстанций), но и для решения общих вопросов, связанных с разработкой схемы электрической сети – выбора напряжения электропередачи, конфигурации сети, поиска оптимальных режимов работы электростанций [2].

По состоянию на 01.01.2008 г. на балансе НЭК «Укрэнерго» находится 22 789 км (по участкам) магистральных и межгосударственных воздушных линий (ВЛ) электропередачи, а именно [1]:

- 99 км напряжением 800 кВ;
- 4 120 км напряжением 750 кВ;
- 375 км напряжением 500 кВ;
- 339 км напряжением 400 кВ;
- 13 208 км напряжением 330 кВ;
- 4 007 км напряжением 220 кВ;
- 543 км напряжением 110 кВ;
- 98 км напряжением 35 кВ.

Рассматривая вопросы технологии и организации работ по возведению башенных сооружений, необходимо обращать внимание на факторы, влияющие на снижение трудоемкости, с учетом альтернатив принимать конструктивные и технические решения.

Целью работы являются рассмотрение и систематизация существующих ЛЭП по конструктивным особенностям, оказывающим влияние на технологию их возведения в зависимости от региона строительства.

Основной материал

Линия электропередачи (ЛЭП) — электрическая линия, выходящая за пределы электростанции,

подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние [3].

Опоры, в свою очередь, можно разделить на следующие основные группы, представленные в таблице 1.

Металлические опоры, установленные на линиях в различных энергосистемах, имеют са-

мые разнообразные решения в зависимости от геометрической схемы и конструктивного исполнения [5] (рис. 1).

Начиная с 60-х годов прошлого столетия широкое применение для сооружения линий электропередачи получил железобетон, к преимуществам которого относится то, что он не

Таблица 1. Классификация опор ЛЭП по группам

Группы	Характеристика
Применяемый материал	Металл
	Железобетон
	Дерево
	Стеклопластик
Назначение опор	Промежуточная
	Угловая
	Транспозиционная
	Переходная
Конструктивное решение стволов	Решетчатые
	Сплошные
Место установки	Населенная местность
	Горные условия
	Участки с болотными и слабыми грунтами
Напряжение линии, количество цепей	Одноцепная
	Двухцепная
	Многоцепная
Транспортировка	Стационарные
	Сборные
Соединение элементов опор	Клепка
	Сварка
	Болтовое соединение

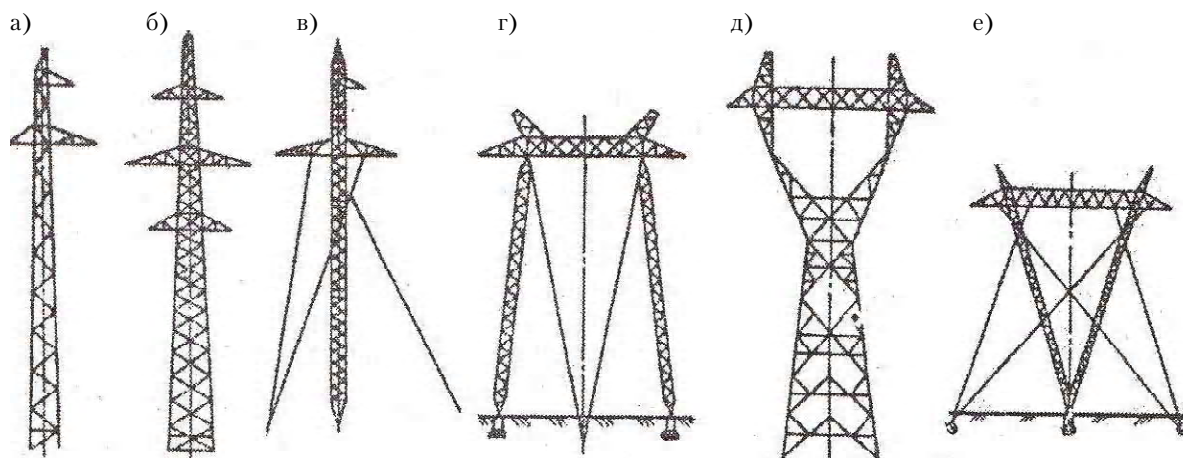


Рисунок 1. Схемы металлических опор ВЛ: а) промежуточная одноцепная башенного типа на 35–330 кВ; б) промежуточная двухцепная башенного типа на 35–330 кВ; в) промежуточная порталная на оттяжках на 110–330 кВ; г) промежуточная порталная на оттяжках на 330–500 кВ; д) промежуточная свободстоящая (типа «рюмка») на 500–750 кВ; е) промежуточная на оттяжках типа «набла» на 750 кВ.

подвергается коррозии и гниению в отличие от металла и древесины [5] (рис. 2).

На территориях, богатых лесными ресурсами, широкое применение нашли деревянные опоры ВЛ, которые имеют небольшую стоимость, достаточно высокую механическую прочность, а также природный круглый сортимент, что обеспечивает простоту конструкций при изготовлении и их наименьшее сопротивление ветровым нагрузкам. Однако к их основным недостаткам относится сравнительно легкая возгораемость и небольшой срок службы из-за загнивания и разрушения насекомыми-вредителями, что требует дополнительных мероприятий по пропитке и обработке древесины специальными составами (антисептированию) [5] (рис. 3).

В настоящее время предпочтение отдают стальным опорам линий электропередач. Следует учитывать, что материал изготовления опоры и организационно-технологические решения их возведения зависят от многих факторов (табл. 2).

Стальные опоры занимают ведущее место в энергосистеме стран мира и обладают рядом преимуществ:

- по сравнению с деревянными опорами металлические имеют больший срок службы, не разрушаются грозowymi разрядами;
- возможность создания конструкций на весьма большие механические нагрузки, большое число проводов и большие высоты;
- высокая прочность при малой массе по сравнению с железобетонными;

- возможность в течение всего периода эксплуатации повторного использования;
- относительно малая масса;
- стальные опоры, обладая высокой прочностью, рассчитаны на более серьезные механические нагрузки;
- возможность применения при различных уровнях напряжения, включая 750, 500, 330, 220, 110 и 35 кВ;
- простота заводского изготовления и технологичность сборки на трассах.

Эти преимущества позволяют использовать их для ВЛ всех напряжений, проходящих в тяжелых климатических и географических условиях, а также применять в качестве анкерных и угловых опор на ВЛ от 110 до 500 кВ с железобетонными промежуточными опорами.

Любая конструкция состоит из объединенных в одну «сеть» элементов (рис. 4). Не представляется возможным работа каждого отдельного элемента самостоятельно. Все они объединены в одну сеть, каждая из которых по своей работе дополняет другую. Для того чтобы понять работу системы в целом, нужно подробно разбирать работу каждой ее составляющей. Выделим основные элементы, на которых основывается вся работа как отдельных составляющих, так и опоры ВЛ в целом.

Стол (стойка) – представляет собой сплошностенчатую конструкцию или решетчатую пространственную трех- или четырехгранную ферму, состоящую из одной или нескольких секций. Четырехгранные стойки бывают прямоугольного или квадратного сечения [5].

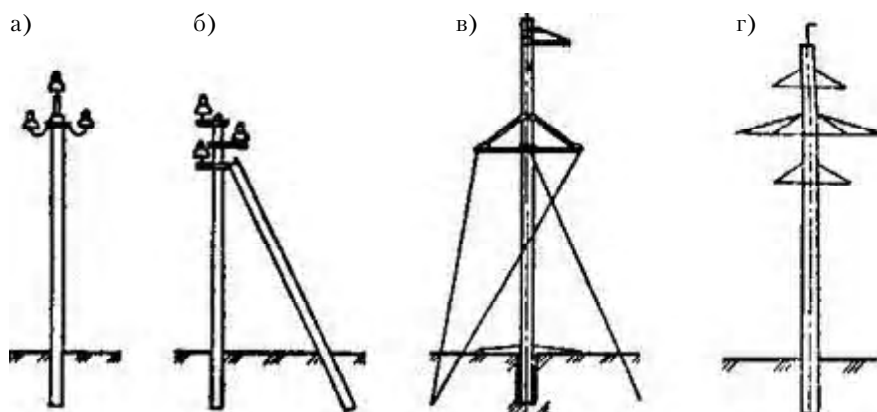


Рисунок 2. Схемы железобетонных опор ВЛ: а) промежуточная 6–10 кВ; б) угловая промежуточная 6–35 кВ; в) анкерно-угловая одноцепная на оттяжках 35–220 кВ; г) промежуточная двухцепная 110–220 кВ.

Стойка является неотъемлемой частью конструкции опоры, в то время как другие элементы могут отсутствовать. Вид решетки ствола опоры может быть треугольным, перекрестным, раскосным и шпренгельным.

Траверса – обеспечивает крепление проводов линии электропередачи на определенном (допустимом) расстоянии от опоры и друг от друга. У большинства опор траверсы выполняются в виде консольной конструкции

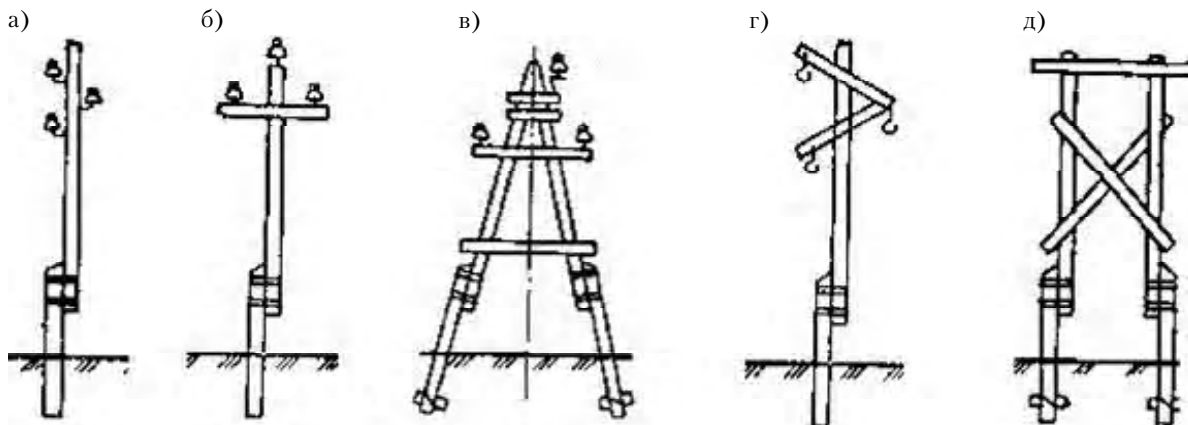


Рисунок 3. Схемы деревянных опор ВЛ: а) промежуточная 0,38–10,00 кВ; б) промежуточная 0,38–25,00 кВ; в) угловая промежуточная 6–35 кВ; г) промежуточная 35 кВ; д) промежуточная свободностоящая 35–220 кВ.

Таблица 2. Факторы, оказывающие влияние на параметры процессов устройства опор ЛЭП

Классификация факторов		
1	2	3
	Группы	Подгруппы
Факторы влияния, Ф	Ф ₁ – конструктивные параметры сооружения	Ф _{1.1} – пролёт между опорами
		Ф _{1.2} – высота опоры
		Ф _{1.3} – нагрузка, действующая на опору
		Ф _{1.4} – материал опоры
		Ф _{1.5} – способ крепления элементов
		Ф _{1.6} – вес элементов
		Ф _{1.7} – количество элементов (блоков)
		Ф _{1.8} – геометрические параметры элементов (блоков)
		Ф _{1.9} – напряжение линии
		Ф _{1.10} – тип фундамента
		Ф _{1.11} – база опоры
	Ф ₂ – организационно-технологические параметры возведения сооружения	Ф _{2.1} – соединение элементов
		Ф _{2.2} – метод возведения
		Ф _{2.3} – такелажное и монтажное оборудование
		Ф _{2.4} – способ подъема
		Ф _{2.5} – сложность сборки
		Ф _{2.6} – отдаленность доставки конструкций
		Ф _{2.7} – сроки возведения
	Ф ₃ – климатические условия	Ф _{3.1} – температура наружного воздуха
		Ф _{3.2} – скорость ветра
Ф _{3.3} – регион возведения		
Ф ₄ – горно-геологические условия	Ф _{4.1} – характеристика грунта	
	Ф _{4.2} – тип местности, вид рельефа	
	Ф _{4.3} – параметр стесненности	
Ф ₅ – производственные условия	Ф _{5.1} – серийность изготовления элементов	
	Ф _{5.2} – унификация	

треугольной формы. Основными конструктивными элементами траверсы выступают пояса, тяги и элементы решетки – раскосы, стойки, распорки.

Тросостойка – применяется для изолированного крепления грозозащитного троса при плавке гололеда и для высокочастотной связи по тросам. Конструкция представляет собой острые трапециевидные «шпили» на самой верхушке опоры.

Раскосы – представляют собой наклонные элементы опоры, связывающие между собой пояса, стойку с траверсой, две стойки опоры и т. д. Предназначены для усиления конструкции.

Стальные стержни в узлах опоры соединяются посредством клепки, сварки или на болтах. Ранее одними из основных методов соединения элементов металлических опор были заклепочные соединения. Однако в настоящее время сварные и болтовые соединения как в за-

водских условиях, так и на монтаже практически полностью вытеснили заклепочные соединения. Способ соединения выбирается при проектировании опоры и требует строгого соблюдения при возведении опор.

Следует отметить, что способ крепления металлических элементов существенно влияет на технологический процесс, сроки выполнения монтажных работ, а так же стоимость. Так, например, основным недостатком болтовых опор является увеличение в 1,5–2,0 раза трудозатрат на сборку опор на трассе линии и в 2,5–3,0 раза расхода болтов.

Соединение всех элементов и секций опор должно быть выполнено болтами нормальной точности, соответствующими ДСТУ ISO 4014-2001 [10]. Для вспомогательных связей допускается применение косынок. Все соединения должны обеспечивать простой, быстрый и лёгкий монтаж.

Болты на опорах линий электропередачи должны работать в основном на срез. Не допускается применение болтов, работающих на растяжение, за исключением специально предусмотренных.

В зависимости от вышеописанных групп факторов (табл. 2) в процессе монтажа и эксплуатации устраивают дополнительные элементы например такие как подножник и оттяжки.

Оттяжки предназначены для повышения устойчивости опор, они воспринимают на себя усилия от тяжения провода. Верхняя часть оттяжки крепится к стойке или траверсе опоры, а нижняя часть – к якорю или железобетонной плите. Кроме того, в конструкцию оттяжки может входить натяжная муфта – талреп (рис. 5).

Особое внимание уделяется местам соприкосновения металлоконструкций и оттяжек, т. к. возможно перетиранье последних. Слабое закрепление троса снижает устойчивость опоры при обрыве оттяжки.

Подножник (подпятник) – часть опоры, которым стойка опирается на фундамент (рис. 6).

Несмотря на широкое распространение, стальные опоры имеют ряд недостатков:

- сравнительно высокая стоимость применяемого материала;
- необходимость периодической защиты от коррозии;

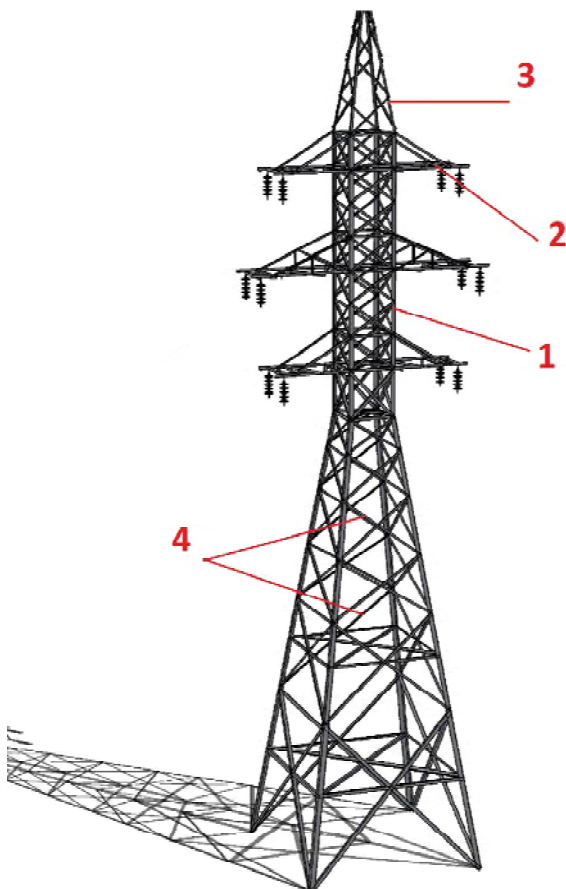


Рисунок 4. Основные конструктивные элементы опоры ВЛ: 1 – ствол (стойка); 2 – траверса; 3 – тросостойка; 4 – раскосы.

- необходимость в выполнении более квалифицированных операций (сварка, рассверловка, клепка и т. п.);
- трудоёмкость выполнения работ.

Разрабатываются новые технологии по защите металлических элементов опор линий электропередач от коррозии, которые постепенно ведут к более эффективному снижению стоимости проводимых работ, увеличению срока эксплуатации опор.

Решетчатые и многогранные опоры ЛЭП 220 кВ и выше, металлические конструкции фундаментов, конструкции порталов ОРУ должны защищаться от коррозии на весь расчетный срок службы путем нанесения в заводских условиях горячего цинкового покрытия по ГОСТ 9.307-89 [6] толщиной 60–100 мкм, или термомодифицированного цинкового покрытия по ГОСТ Р 9.316-2006 [7] толщиной 40–50 мкм, или газотермического цинкового покрытия по ГОСТ 9.304-87 [8] толщиной 200 мкм без восстановления защитных покрытий в процессе эксплуатации опор.

Технологические операции при возведении опор ЛЭП

Прежде чем приступить к выполнению строительного-монтажных работ, на ВЛ необходимо

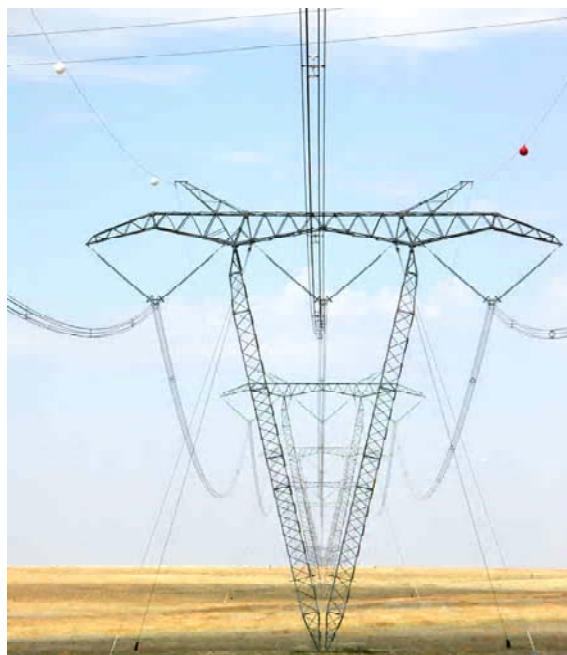


Рисунок 5. Опора, закрепленная с помощью оттяжек.

осуществить комплекс подготовительных мероприятий. При изучении рабочего проекта необходимо обращать внимание на выбор трассы ВЛ, технические решения по сооружению переходов через водные преграды, электрифицированные железные дороги, гидротехнические сооружения и т. д. В процессе приемки производственного пикетажа на месте проверяются все осевые знаки по трассе, их соответствие журналу расстановки опор и правильность выполнения на них надписей.

В зависимости от типа опоры и конструктивных особенностей принимается наиболее оптимальный метод монтажа сооружения в целом. Выбор метода монтажа и способа подъема и установки конструкций в проектное положение приведен в табл. 3.

Рассмотрим основные технологические процессы, возникающие на стадии монтажа опор ВЛ.

Подготовительные работы:

- расчистка трассы от леса, кустарников и т. п.;
- сооружение временных дорог, переправ через реки;
- снос строений, находящихся на линии трассы и в непосредственной близости от нее;
- сооружение временного жилья, если это предусмотрено проектом, баз хранения материалов, оборудования, баз механизации и автобаз;
- создание полигонов для укрупнительной сборки опор;
- при необходимости – переустройство пересекаемых ВЛ, радио- и телефонных линий;
- разбивка котлованов под фундаменты;
- устройство подъезда;
- очистка и планировка площадки для установки механизмов;



Рисунок 6. Подножник опоры ВЛ.

Таблица 3. Оптимальная область применения методов монтажа стальных опор ВЛ [9]

Метод	Тип опоры	Напряжение ВЛ, кВ	Способ подъема
Поворота	Анкерно-угловая, свободностоящая	35–70	Вокруг шарнира падающей А-образной стрелой с подтягиванием тракторами
	Промежуточная, свободностоящая	220–500	-//-
	Анкерно-угловая, свободностоящая	35–110	Вокруг шарнира краном с дотягиванием тракторами
	Промежуточная, свободностоящая	35–330	-//-
	Анкерно-угловая, трехстоечная на оттяжках	500	Краном с подтягиванием на саях трактором
	Промежуточная, одностоечная на оттяжках	220–330	-//-
	Анкерно-угловая и промежуточная, свободностоящая	220–500	Вокруг шарнира краном-установщиком с подтягиванием тракторами
	Свободностоящая для больших переходов	35–750	Вокруг шарнира падающей А-образной стрелой или двумя неподвижными мачтами с подтягиванием тракторами
	Промежуточная порталная на оттяжках	330–500	Вокруг шарнира двумя кранами или одной неподвижной мачтой с подтягиванием тракторами
	Анкерно-угловая, трехстоечная, свободностоящая	500	Вокруг шарнира с использованием установленной стойки опоры и подтягиванием тракторами
Одностоечная на оттяжках для больших переходов	110–500	Вокруг шарнира неподвижной мачтой с подтягиванием тракторами	
Свободного монтажа	Анкерно-угловая и промежуточная, свободностоящая	35–110	Стреловым краном
Наращивания	Свободностоящая для больших переходов	220–500	Подвесным самоподъемным краном; приставным башенным краном
	Анкерно-угловая, промежуточная, свободностоящая	110–500	Качающимися или приставными самоподъемными мачтами
Комбинированного монтажа	Свободностоящие для больших переходов	220–500	В два этапа: 1 этап – вокруг шарнира падающей А-образной стрелой с подтягиванием тракторами; 2 этап – наращивание подвесным самоподъемным краном

- доставка на пикет элементов фундамента и опоры;
- складирование элементов.

Устройство фундаментов. Конфигурация, глубина заложения и тип фундамента напрямую зависят от факторов группы Φ_4 и Φ_1 (табл. 2).

Согласно расчетно-конструктивным параметрам принимают фундаменты типов: монолитные, сборные железобетонные, свайные и в некоторых случаях – металлические фундаменты.

Монтаж опоры. Оптимальное решение по монтажу ЛЭП принимается с учетом факторов группы Φ_2 и метода монтажа опор (табл. 3) и включает в себя следующие основные операции:

- выкладка основных элементов конструкции;
- сборка опоры;

- установка конструкции в проектное положение;
- выверка и закрепление.

Вывод

При рассмотрении конструктивных особенностей ЛЭП были определены факторы, влияющие на технологию их возведения. Классификация факторов по группам и подгруппам позволяет выбрать наиболее технологичный метод возведения сооружения.

Литература

1. Эффективность энергетического строительства и эксплуатации в Украине [Текст] / Е. В. Горохов [и др.]; ред. Е. В. Горохов, Г. И. Гримуд; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – Макеевка: ДонНАСА, 2008. – 172 с. – ISBN 978-966-7477-85-1.
2. Гармашов, Ю. К. Вклад института «УКРЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» в создание ОЭС Украины [Текст] / Ю. К. Гармашов, Е. Н. Линник, В. Н. Яровой // Электрические сети и системы. 2007. Спецвыпуск № 1. С. 25–31.
3. ГОСТ 19431-84. Энергетика и электрификация. Термины и определения [Текст]. – Взамен ГОСТ 19431-74; введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 12 с.
4. Андриевский, В. Н. Эксплуатация металлических и железобетонных опор линий электропередачи [Текст] / В. Н. Андриевский. – М.; Л.: Государственное энергетическое издательство, 1963. – 88 с. – (Библиотека электромонтера; вып. 92).
5. Ветровые и гололедные воздействия на воздушные линии электропередачи [Текст]: Монография / [Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. В. Турбин, Я. В. Назим]; под ред. Е. В. Горохова. – Донецк: [б. и.], 2005. – 348 с.
6. ГОСТ 9.307-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля [Текст]. – Взамен ГОСТ 9.307-85; введ. 01.07.90. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 7 с.
7. ГОСТ Р 9.316-2006. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 51163-98; введ. 2007-07-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
8. ГОСТ 9.304-87. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия газотермические.

References

1. Gorokhov, Ye. V. (Ed.); Grimud, G. I. (Ed.); Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Efficiency of energetic building industry and operations in Ukraine. Makeevka: DonNASEA, 2008. 172 p. ISBN 978-966-7477-85-1. (in Russian)
2. Garmashov, Yu. K.; Linnik, E. N.; Yarovoy, V. N. Contribution of «Ukrenergoproekt» institute to creation of Power Station of Ukraine. In: *Electric networks and systems*, 2007, No. 1, pp. 25–31. (in Russian)
3. GOST 19431-84. Power and electrification. Terms and definition. Moscow: Publishing house of standards, 1984. 12 p. (in Russian)
4. Andrievskiy, V.N. Operation of metal and reinforced concrete support of power lines. Moscow; Lenigrad: State power publishing house, 1963. 88 p. (in Russian)
5. Gorokhov, Ye. V.; Kazakevich, M. I.; Turbin, S. V.; Nazim, Ya. V. Edited by Gorokhov, Ye. V. Wind and ice-forming influence on overhead transmission lines. Monograph. Donetsk, 2005. 348 p. (in Russian)
6. GOST 9.307-89. United system of corrosion and ageing protection. Hot dip zinc coating. General requirement and methods of checking. Moscow: Publishing house of standards, 1989. 7 p. (in Russian)
7. GOST R 9.316-2006. Unified system of corrosion and ageing protection. Thermo diffusion zinc coatings. General requirements and control methods. Moscow: Standard in form, 2006. 8 p. (in Russian)
8. GOST 9.304-87. Unified system of corrosion and ageing protection. Thermal sprayed coatings. General requirements and methods of control. Moscow: IPK Publishing house of standards, 2001. 10 p. (in Russian)
9. Gologorskiy, E. G.; Uzelkov, B. M.; Kravtsov, A. N.; Edited by Gologorskiy, E. G. Reference book on construction and reconstruction of power lines by tension 0.4–750 kV. Moscow: ENAS, 2007. 556 p. ISBN 978-5-93196-733-2. (in Russian)

- Общие требования и методы контроля [Текст]. – Взамен ГОСТ 9.304-84 ; введ. 01.01.89. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
9. Гологорский, Е. Г. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–750 кВ [Текст] / Е. Г. Гологорский, Б. М. Узелков, А. Н. Кравцов ; ред. Е. Г. Гологорский. – Москва : ЭНАС, 2007. – 556 с. – ISBN 978-5-93196-733-2.
 10. DSTU ISO 4014-2001. Болти з шестигранною головою. Класи точності А і В. Технічні умови [Текст]. – Введено вперше ; чинний від 2003–01–01. – Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 14 с.
 11. Основные направления обеспечения надежного и безопасного функционирования объединенной энергетической системы Украины [Текст] / А. Баталов, В. Лучников, А. Кириленко [и др.] // Энергетическая политика Украины. 2006. № 3–4(67–68). С. 112–117.
 12. Расчет и проектирование пространственных металлических конструкций [Текст] : учеб. пособие для студ. строит. профиля, магистрантов, аспирантов, а также послевуз. подготов. и переподготов. / Е. В. Горохов, В. Ф. Мушанов, Я. В. Назим, И. В. Роменский ; под общ. ред. Е. В. Горохова ; Донбас. нац. акад. строительства и архитектуры. – Макеевка : [ДонНАСА], 2012. – 561 с.
 13. Виноградов, Д. Е. Строительство линий электропередачи 35–500 кВ с тяжелыми трассами [Текст] / Д. Е. Виноградов. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 216 с.
 14. Правила устройства электроустановок [Текст] / Минэнерго СССР. – 4-е изд. – М. : Энергоатомиздат, 1965. – 464 с. – (Нормативный документ Минэнерго СССР).
 15. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчет линий электропередач [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – Л. : Энергия, Ленинградское отделение, 1979. – 312 с.
 16. Krischke, Werner. Raising 110 kV power line towers Without downtime [Текст] / Werner Krischke // ABB Review. 1995. 4. P. 60–68.
 17. Amarh, F. Electric Transmission Line Flashover Prediction System [Текст] : Ph.D. Thesis / F. Amarh, Arizona State University. – Arizona USA, 2001. – 165 p.
 18. Mamis, M. S. Remark on the lumped parameter modeling of transmission lines [Текст] / M. S. Mamis, M. Koksal // Electric Machines and Power Systems. 2000. Vol. 28, No. 6. P. 565–575.
 10. DSTU ISO 4014-2001. Hexagon head bolts. Product grades A and B. Technical conditions. Kyiv: The state committee of Ukraine concerning technical regulation and consumer policy, 2002. 14 p. (in Ukrainian)
 11. Batalov, A.; Luchnikov, V.; Kirilenko, A.; Stognii, B.; Shidlovskii, A. Main directions of ensuring reliable and safe functioning of the integrated power system of Ukraine. In: *Power policy of Ukraine*, 2006, No. 3–4(67–68), pp. 112–117. (in Russian)
 12. Gorokhov, Ye. V.; Mushchanov, V. E.; Nazim, Ya. V.; Romenskiy, I. V.; Edited by Gorokhov, Ye. V. Analysis and design of space metal structures. Makeevka: DonNACEA, 2012. 561 p. (in Russian)
 13. Vinogradov, D. E. Construction of overhead transmission line of 35–500 kV with advanced profiles. Leningrad: Energoatomizdat, 1983. 216 p. (in Russian)
 14. Ministry of Energy of the USSR. Rules for electrical installation. 4th Edition. Moscow: Energoatomizdat, 1965. 464 p. (in Russian)
 15. Kriukov, K.; Novgorodtsev, B. Structures and mechanical analysis of power transmission lines. Leningrad: Energy, Leningrad Department, 1979. 312 p. (in Russian)
 16. Krischke, Werner. Raising 110 kV power line towers Without downtime. In: *ABB Review*, 1995, 4, pp. 60–68.
 17. Amarh, F. Electric Transmission Line Flashover Prediction System: Ph.D. Thesis. Arizona USA, 2001. 165 p.
 18. Mamis, M. S.; Koksal, M. Remark on the lumped parameter modeling of transmission lines. In: *Electric Machines and Power Systems*, 2000, Vol. 28, No. 6, pp. 565–575.

Таран Валентина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

Сугоняко Владислав Андрійович – магістрант Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: конструктивно-технологічні рішення при зведенні і реконструкції висотних стержневих споруд.

Таран Валентина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

Сугоняко Владислав Андреевич – магистрант Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: конструктивно-технологические решения при возведении и реконструкции высотных стержневых сооружений.

Taran Valentina – Ph.D. (Engineering), Associate Professor; Technology and Organization of Building Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

Sugonyako Vladislav – Master's Degree Student; Technology and Organization of Building Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: constructive-technological decisions in the construction and renovation of high-rise rod structures.