

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта»

Кафедра «Вагоны»

**КУРС**

по теме

**Электроснабжение железных дорог**

Выполнила:

студентка гр.МЭС-51

Живодрова А.В.

Проверил:

ст.преподаватель

Додолев С.Г.

Гомель, 2020

## Содержание

Введение.....	3
1.Классификация опор воздушных линий по материалу изготовления.....	4
1.1.Деревянные опоры.....	4
1.2.Металлические опоры.....	5
1.3.Железобетонные опоры.....	9

## **Введение**

Опоры ЛЭП - это конструкции, которые служат для поддержания над земной поверхностью проводов под напряжением и грозозащитных тросов. Они бывают различных форм и размеров. Опоры могут быть железобетонными, деревянными, металлическими или даже из композитных материалов. Основные элементы опоры линий электропередачи - стойки, фундаменты, траверсы (перекладины на которых держатся провода), часто используются также тросостойки и оттяжки.

# 1.Классификация опор воздушных линий

## 1.1 Деревянные опоры

Простота изготовления деревянных опор, удобство и экономичность их транспортировки, достаточно хорошие механические характеристики и высокая импульсная прочность сделали древесину наиболее распространенным материалом для сооружения опор. Стоимость линий на деревянных опорах меньше стоимости линий на металлических или железобетонных опорах, рассчитанных на такие же нагрузки. Развитие народного хозяйства предусматривает строительство большого числа воздушных линий на деревянных опорах. Для изготовления деревянных опор применяется преимущественно древесина хвойных пород: сосны, лиственницы, ели, кедры и пихты. Древесина этих пород меньше подвержена загниванию, а сами деревья имеют длинный прямой ствол.

Механическая прочность древесины зависит многих причин. Существенное значение имеет влажность, так как вода, заполняющая промежутки между волокнами, раздвигает их и уменьшает силу сцепления с соседними волокнами. Поэтому детали, подвергшиеся воздушной сушке в течение 10-20 месяцев, имеют большую механическую прочность, чем свежесрубленные. Механические испытания образцов древесины показали, что более плотная древесина обладает большей механической прочностью. Лучше всего для деталей деревянных опор использовать бревна, заготовленные из хвойных деревьев в возрасте 50-80 лет. Наиболее прочна нижняя – комлевая часть ствола. По мере подъема к вершине прочность древесины уменьшается.

Древесина для деталей опор должна выбираться в строгом соответствии с ГОСТ 468-49. Деревянные детали опор выдерживают большие изгибающие усилия, хорошо работают на растяжение и сжатие вдоль волокон. Наиболее прочны детали из лиственницы, наименее прочны – из ели и пихты.

Деревянные опоры изготавливают из круглого леса — бревен со снятой корой. Стандартная длина бревен колеблется от 5 до 13 м через 0,5 м, а диаметр в верхнем отрубе — от 12 до 26 см через 2 см. Толщину бревна в комле, то есть в нижнем, толстом конце, определяют естественной конусностью ствола дерева. Изменение диаметра бревна на каждый погонный метр его длины, называемое сбегом, принимается 0,8 см. Чем больше длина бревен для опор (чем длинномернее лес), тем выше стоимость кубического метра древесины. Древесина опор подвергается воздействию внешних условий и особенно переменной влажности в месте заделки в землю. Вследствие этого она загнивает, разрушается и, если не принять специальных мер, быстро выходит из строя.

## 1.2. Металлические опоры

Металлические опоры по сравнению с деревянными опорами имеют больший срок службы, не разрушаются грозowymi разрядами, могут сооружаться очень большой высоты и имеют лучшее архитектурное оформление.

К недостаткам металлических опор следует отнести:

- Сравнительно высокая стоимость;
- Большой расход металла;
- Необходимость периодической защиты от коррозии;
- Необходимость в выполнении более квалифицированных операций (сварка, рассверловка, клепка и т. п.);

Основным материалом для изготовления металлических опор является конструкционная углеродистая сталь марки «Ст. 3 нормальная». В последнее время для изготовления металлических опор линий напряжением 220 кВ и выше находит применение низколегированная сталь НЛ2, имеющая лучшие механические характеристики и позволяющая сократить расход металла на 1 км линии. Ниже приводятся основные механические характеристики прокатных углеродистых сталей, применяемых для сооружения металлических опор.

Для металлических опор используется в основном профильная сталь, однако в некоторых энергосистемах РФ и за рубежом применяются стальные и дюралюминиевые трубы. Согласно нормам минимальное сечение уголков профильной стали для сварных конструкций принимается равным 35X35X5 мм, а для клепаных конструкций 40 X 40 X 5мм.

Металлическая опора состоит из следующих элементов: основных колонн или ствола опоры, траверс, тросостоек, фундамента. Основная колонна (ствол опоры) по конструкции представляет собой легкую решетчатую пространственную ферму прямоугольного или квадратного сечения, состоящую из одной или нескольких секций.

Каждая секция состоит из следующих элементов:

а) четырех основных стержней, называемых поясами; пояса работают на изгиб и растяжение (сжатие);

б) системы вспомогательных стержней или решетки, связывающей между собой пояса; стержни решетки обычно работают на кручение;

в) нескольких горизонтальных связей, называемых диафрагмами; они необходимы для обеспечения пространственной неизменяемости формы поперечного сечения колонны.

У широкобазных опор ствол опоры у земли (нижняя секция) представляет собой две или четыре ноги, соединенные решеткой и диафрагмами.

Места соединения стержней решетки с поясом или между собой называются узлами. Центром узла называют точку пересечения продольных осей стержней. Часть пояса, расположенная между двумя соседними узлами, называется панелью, а расстояние между центрами этих узлов - длиной панели а.

Траверсы у большинства опор выполняются в виде консольных конструкций треугольной формы из уголков. У опор линий 220-500 кВ, а также у различных типов специальных опор траверсы выполняются в виде Пространственных ферм квадратного или прямоугольного сечения. В некоторых конструкциях опор траверсы делаются из швеллеров. Тросостойки выполняются в виде легких конструкций из уголков или швеллеров. Оттяжки крепятся к верхней части опоры и к специальным железобетонным плитам, зарытым в землю. Для оттяжек используются высокопрочные стальные тросы или круглая сталь. В качестве оснований под металлические опоры используются монолитные железобетонные фундаменты, сборные железобетонные фундаменты, свайные железобетонные фундаменты, а также металлические подножки. В ряде стран (Швеция, Финляндия и др.) фундаменты под опоры выполняются из деревянных пропитанных шпал, соединенных, стальными накладками.

Стальные стержни в узлах опоры соединяются посредством клепки, сварки или на болтах.

Способ соединения выбирается в проекте опоры, и его надо строго выполнять. Если принято решение заменить один способ соединения другим, следует произвести проверочный расчет механической прочности узла при новом способе крепления стержней.

Заклепочные соединения, бывшие ранее одним из основных методов соединения элементов металлических опор, в настоящее время почти полностью вытеснены сварными и болтовыми как в заводских условиях, так и на монтаже. Сварка является одним из наиболее распространенных способов соединения стержней при изготовлении металлических опор.

Небольшая стоимость сварного соединения в заводских условиях, относительное снижение веса сварных конструкций и их высокая надежность обусловили широкое применение этого способа соединения стержней перед другими. Обычно на заводах сварными изготавливаются отдельные секции металлических опор, соединяемые на пикетах при помощи болтов. Использование болтовых соединений в монтажных узлах позволяет отказаться от производства сварочных работ на пикетах, упростить процесс монтажа опор, который может производиться без применения специальных инструментов и механизмов.

Недостатками болтовых соединений являются снижение надежности за счет неравномерного распределения усилий между болтами, а также значительная затрата метизов (болтов, гаек и шайб).

В ряде стран и в РФ сооружены линии напряжением 220-380 кВ, металлические опоры которых выполнены полностью на болтовых соединениях. Такое решение повалило повысить транспортабельность этих опор, что имеет существенное значение при строительстве линии в горных или малонаселенных районах. В этом случае опоры полностью собираются на пикетах из отдельных элементов профильной стали, собранных при транспортировке в пакеты.

Ствол опоры крепится к основанию с помощью анкерных болтов, приваренных к арматуре и заделанных в железобетон. Если основанием служит металлический подножник, применяются съемные анкерные болты.

Из всего многообразия опор, следует выделить по конструктивным особенностям, а также по особенностям монтажа и эксплуатации четыре основных вида: узкобазые, широкобазые, порталные и опоры с оттяжками.

Опоры с узкой базой имеют отношение ширины базы к высоте опоры около

1: 12 \ 1: 14. Благодаря небольшому расстоянию между поясами решетка у таких опор получается простой. Опора занимает мало места и находит широкое применение при сооружении линий в промышленных районах и горной местности. Основанием под такие опоры служат монолитные железобетонные фундаменты, металлические или железобетонные подножники, а также свайные фундаменты. Опоры с узкой базой транспортабельны. Вследствие простоты конструкции возможно удлинение ствола опоры на 60-100% за счет добавления дополнительных секций.

Опоры с широкой базой имеют отношение ширины базы к высоте опоры около 1: 4 1:5 и ширину в попе речнике нижней секции более 2,7 М. Благодаря широкой базе пояса опоры значительно облегчаются, но решетка опоры получается сложной и тяжелой, что увеличивает вес опор этого типа по сравнению с узкобазыми. Для транспортировки опоры требуется больше транспортных средств. Преимуществом этого типа опор является возможность применения относительно легких сборных железобетонных подножников, обеспечивающих достаточную устойчивость при расчетных нагрузках. Фундаменты широкобазых опор работают или на сжатие, или на вырывание грунта.

Опоры порталного типа состоят из пространственных ферм, соединенных у вершины траверсой. Опоры этого типа применяются на линиях 220-500 кВ, где имеют место большие расстояния между проводами и большие внешние нагрузки. Выполнение поперечных граней прямоугольной формы и небольшой ширины (0,5-0,8 м.)значительно упрощает изготовление решетки.

Угловые порталные опоры имеют дополнительно один или несколько подкосов в виде легкой пространственной фермы квадратного или прямоугольного сечения, которые связывают опоры с фундаментом противоположной колонны или опираются на отдельные фундаменты.

Опоры с оттяжками применяются при строительстве линий электропередачи в Советском Союзе с 1924 г., когда на ЛЭП 110 кв Шатура Москва были установлены опоры конструкции инж. Красина. Основное. преимущество такого типа опор экономия металла, а следовательно, и снижение стоимости линии. Недостатком этого типа опор являются большая площадь, занимаемая опорой, и некоторое усложнение эксплуатации.

Кроме перечисленных типов опор, на особом месте находятся специальные опоры самой разнообразной конструкции, устанавливаемые на переходах через большие водоемы, ущелья и различные инженерные сооружения.

### 1.3 Железобетонные опоры

Железобетоном называют составной материал из бетона и стали, которые при воздействии внешних сил или других факторов, вызывающих внутренние напряжения, работают совместно, как одно целое. Будучи искусственным камнем, бетон хорошо сопротивляется сжатию и много хуже (в 8-20 раз) растяжению. Это значительно ограничивает область применения неармированного. На рис. 4 изображена нагруженная железобетонная балка, работающая на изгиб. В этой балке при отсутствии арматуры ниже нейтральной оси действуют растягивающие напряжения, а выше нейтральной оси сжимающие напряжения. С увеличением нагрузки растягивающие напряжения быстро превышают предел прочности бетона, в растянутой зоне появляются трещины, и балка разрушается, хотя прочность материала в сжатой зоне балки еще далеко не использована.

Поэтому неармированный бетон избегают применять в тех конструкциях или их элементах, которые работают на растяжение или изгиб, так как размеры таких элементов были бы непомерно большими. Для того, чтобы избежать таких нерациональных конструкций, в растянутой зоне бетонного элемента помещают стальные стержни (арматуру), которые и воспринимают растягивающие усилия. Сжимающие усилия обычно воспринимаются бетоном. Армирование во многих случаях может оказаться выгодным и в сжатых элементах. Совместная работа таких различных по своим механическим и физическим свойствам материалов, как сталь и бетон, возможна по следующим причинам:

При затвердении бетон прочно сцепляется с арматурой, в результате чего образуется монолитный железобетонный элемент, в котором при работе смежные волокна бетона и стали получают одинаковые деформации.

Бетон и сталь обладают почти одинаковыми коэффициентами температурного удлинения, вследствие чего колебания температуры не нарушают монолитности железобетона.

Бетон, обволакивающий стальную арматуру, в обычных условиях является хорошей и надежной защитой стали от коррозии.

Однако низкая прочность бетона на растяжение и малая растяжимость его до разрыва являются крупными недостатками этого материала, значительно снижающими строительные качества железобетона. Наиболее полного использования несущей способности высокопрочных материалов можно достичь лишь созданием железобетонных конструкций предварительного сжатия бетона в растянутой зоне до приложения основных нагрузок. Такие конструкции называются предварительно напряженными.

При применении предварительно напряженного железобетона можно рационально использовать высоко прочные стали и бетоны, что дает большой экономический эффект за счет уменьшения веса и

размеров железобетонных элементов. Предварительные напряжения в бетоне достигаются следующим образом: перед бетонированием конструкции арматуру специальными натяжными приспособлениями растягивают и закрепляют на упорах или формах, затем бетонируют конструкцию. Арматуру удерживают в натянутом состоянии до тех пор, пока бетон не приобретает достаточную прочность (обычно 70% полной требуемой прочности). После того как бетон достигнет достаточной прочности, арматуру освобождают от упоров, и она, стремясь укоротиться, сжимает бетон. Передача усилий от арматуры бетону происходит вследствие сцепления между арматурой и бетоном, а также, если этого сцепления недостаточно, при помощи специальных анкерных устройств.

Железобетон как строительный материал обладает рядом ценных свойств. Прочность бетона в железобетонных конструкциях с течением времени не только не уменьшается, но даже увеличивается. Железобетон обладает значительной упругостью и хорошо сопротивляется динамическим нагрузкам. Он является одним из наиболее огнестойких материалов. В случае пожара сравнительно небольшой защитный слой бетона предохраняет арматуру от быстрого нагрева до опасной температуры и коррозии. К недостаткам железобетонных конструкций следует отнести их большой собственный вес и малую трещиностойчивость в растянутой зоне. Наличие трещин в железобетоне может привести к коррозии арматуры и разрушению конструкции.

По способу выполнения железобетонные сооружения разделяются на монолитные, сборные и сборно-монолитные.

При сооружении монолитных железобетонных конструкций на месте работ возводится деревянная опалубка, в нее помещается стальной арматурный каркас и затем производится бетонирование. Сооружения из монолитного бетона просты по конструкции, но им свойственны такие недостатки, как большая трудоемкость работ, сложность изготовления в зимнее время, большой расход лесоматериалов и необходимость длительного выдерживания бетона в опалубке. Все это снижает темпы строительства и удорожает его. В настоящее время монолитными выполняются лишь сооружения, трудно поддающиеся расчленению, или сооружения с большим числом нестандартных элементов. К ним относятся железобетонные фундаменты под специальные опоры, а также защитные сооружения для линий электропередачи в горных районах. При возведении сооружений из сборного железобетона на рабочих площадках производится сборка конструкций из элементов, изготовленных на специальных заводах или полигонах.

Основным преимуществом сборных конструкций является возможность высокой механизации и индустриализации изготовления элементов и монтажа всей конструкции. Массовое механизированное производство сборных элементов дает возможность применять более совершенную технологию их изготовления (вибропрессование, вакуумирование, центрифугирование, предварительное напряжение арматуры и т. п.).

При монтаже элементов опор линий электропередачи из сборного железобетона стали возможными такие наиболее прогрессивные методы строительства, как строительство ЛЭП специализированными колоннами и др. Кроме того, при сборном железобетоне отпадает надобность в опалубке, упрощается производство работ в зимнее время. Особенно эффективен сборный железобетон при возможности сооружения типовых конструкций из отдельных многократно повторяющихся элементов. В настоящее время значительная часть оснований опор линий электропередачи, а также значительная часть опор выполняются из сборного железобетона.

Сборномонолитные сооружения, где сборные железобетонные конструкции выполняют роль опалубки или отдельных несущих элементов, применяются при строительстве гидротехнических сооружений или на уникальных переходах ВЛ через большие реки.