



Применение современных конструкций и материалов ВЛ
в свете повышения эффективности
и качества строительного производства.

ОАО «ЦИУС ЕЭС»

Руководитель Управления электро-
оборудования ПС и ЛЭП Кузьмин А.В.

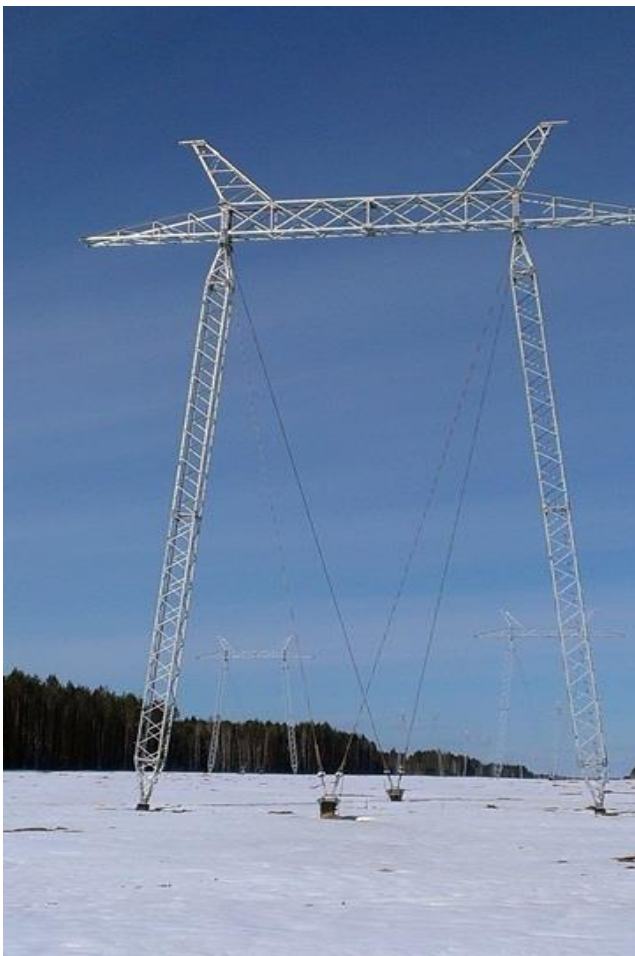
17 Июнь, 2014



Задача повышения эффективности и качества строительного производства, исходя из требований Положения о единой технической политике в электросетевом комплексе ОАО «Россети».



В соответствии с Положением ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе, основными направлениями технической политики при проектировании, строительстве и реконструкции ВЛ являются: обеспечение надёжности и эффективности, снижение стоимости строительства и эксплуатации, сокращение влияния ВЛ на экологию, а так же использование передовых, безопасных методов строительства, эксплуатации и ремонта. При этом более половины ВЛ 110 – 750 кВ находятся в эксплуатации более 25-ти лет, а более трети – более 40-ка лет. По этому, упомянутым «Положением...» как одна из основных ставится задача преодоления тенденции старения электрических сетей. Для решения этой задачи необходимо применение современных конструкций и материалов ВЛ, разработка новых технологий, повышение эффективности и качества строительного производства. Надёжность и эффективность электрической сети определяется совокупностью процессов, в которых строительство новых ВЛ и реконструкция существующих является одним из важнейших подпроцессов.



Надёжность и эффективность ВЛ во многом определяется качеством проектной проработки – правильным выбором технических решений, проработкой технологических вопросов, что обеспечивает минимизацию затрат на сооружение и эксплуатацию при заданном уровне надёжности ВЛ, сокращение сроков строительства. Прежде, чем перейти к обзору технологий, необходимо перечислить основные факторы, влияющие на эффективность и качество строительства и реконструкции:

- правильность выбора трассы ВЛ (сопоставление альтернативных вариантов, где основными критериями выбора являются минимальная длина, сведение к минимуму пересечений с природными преградами и инженерными коммуникациями, вопросы землеотвода);
- проработка вопросов землеотвода и землепользования с собственниками земельных участков (технологические и организационные решения вопросов проблемных собственников, использование имеющихся в собственности энергосетевых компаний земельных участков, проработка вопросов доставки конструкций и материалов на пикеты);
- проектная проработка технологических вопросов строительства;
- правильный выбор типа опор и фундаментов, соответствующий геологическим, топографическим, климатическим и другим существенным условиям местности, технологическим возможностям подрядных организаций.



Основные требования к конструкциям, материалам и технологиям, применительно к вопросам повышения эффективности строительства и реконструкции ВЛ, следующие:



Сокращение сроков строительства, применение новых материалов и конструкций, обеспечивающих минимизацию объёма земляных работ, затрат времени на сборку и установку опор и фундаментов.



Применение технологий, обеспечивающих безопасность выполнения работ, сокращение затрат времени на отключения для переустройства и пересечения инженерных сооружений, природных препятствий



Сведение к минимуму экологического ущерба, землеотвода, техническая эстетика и культура строительного производства.

Ниже предлагается обзор современных конструкций, технологий и материалов, применяемых при строительстве и реконструкции ВЛ в свете их влияние на повышение эффективности и качества строительного производства и, как следствие повышение надёжности и эффективности ВЛ электропередачи.

Стальные многогранные опоры как средство повышения эффективности строительства и реконструкции.



Рассмотрим современные конструкции и материалы – их подтвердившиеся и декларируемые преимущества с точки зрения эффективности строительства и реконструкции ВЛ. Прежде всего стальные многогранные опоры (далее – СМО), объём применения которых в последние 5 лет вырос на порядок и достиг 30 – 40% общего объёма металлоконструкций ВЛ. Прежде всего следует отметить, что не все многогранные опоры одинаково эффективны – отмечены удачные и неудачные конструкции. Примером наиболее эффективных могут быть одностоечные промежуточные СМО 110 – 220 кВ, а так же двухстоечные промежуточные опоры с ветровыми связями 2МП500-1В (3В, 5В, 7В). Конструкция последних достаточно хорошо и всесторонне проработана – имеются приспособления для безопасного перемещения по траверсе и встроенный шарнир нижней секции. Это, а так же конструктивные особенности позволяют собирать и устанавливать до 4-х опор в день. Получить такой результат применяя решетчатые конструкции не возможно.

Стальные многогранные опоры как средство повышения эффективности строительства и реконструкции.



Анкерно-угловые одноцепные опоры 220 кВ У220-1+5 УМ220-1.

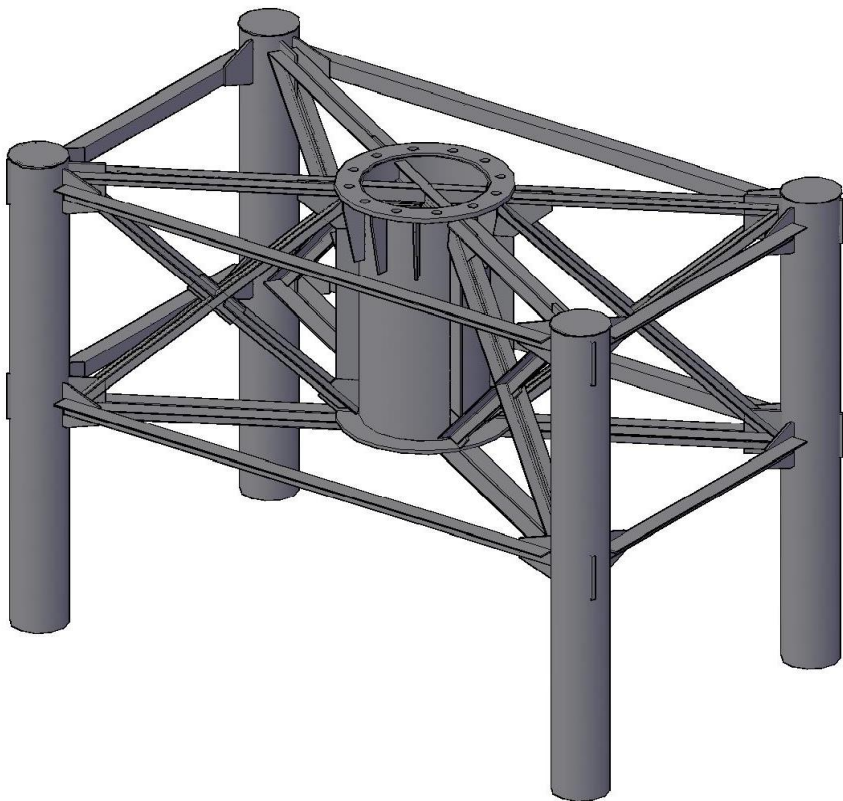
Примером неудачных конструкций, от применения которых необходимо решительно и навсегда отказаться, являются анкерные СМО, а так же опоры серии ПМГ со стойками постоянного сечения и решетчатой траверсой. Категорически не рекомендуется применение многогранных опор при наличии скальных грунтов и в условиях заболоченной местности. Так же необходимо учитывать - применение многогранных опор 330 кВ и выше как правило приводит к увеличению стоимости строительства. При этом эффективность строительного производства возрастает – многогранные опоры дают минимум времени на сборку относительно стальных опор альтернативных конструкций. Однако, учитывая возрастание общих затрат, многогранные опоры на ВЛ 330 кВ и выше не следует рассматривать, как массовые, а следует рассматривать как инструмент для решения специальных задач (необходимость «вписаться» в существующий землеотвод, повышение устойчивости к расхищению, стеснённые условия, вопросы технической эстетики).

Стальные многогранные опоры как средство повышения эффективности строительства и реконструкции.



Один из «проблемных» моментов применения СМО – перевозка. Не только очевидный экономический аспект, но и «культурный». Слева – многогранная опора, которую привезли на трассу ВЛ 220 кВ СВМ Джубгинской ТЭС через пол мира – ни царапин, ни повреждений. На правом снимке – вот так ещё недавно загружали секции многогранников для перевозки на одном из отечественных заводов.

Стальные многогранные опоры как средство повышения эффективности строительства и реконструкции.



Сложно, долго и неэффективно.

Следует избегать применения многогранных опор, когда в конкретных геологических условиях следствием их применения является необходимость сооружения сложных в изготовлении фундаментов – из многочисленных элементов, с большим объёмом земляных работ, значительным объёмом монтажной сварки. Применяя буронабивные и монолитные фундаменты следует помнить о сложностях доставки бетона на объект и бетонирования в условиях трассы.



Стальные опоры «решетчатой» конструкции по прежнему остаются основным видом опор ВЛ 110 – 750 кВ.



Одна из самых эффективных опор ВЛ 500 кВ.

Несмотря на рост объёмов применения СМО, более половины общего количества применяемых стальных опор составляют и будут составлять в будущем опоры решетчатой конструкции. Подчёркиваю необходимость реализации мероприятия, обозначенного как приоритетное ещё на прошлогодней конференции - разработка новейшей унификации стальных решетчатых опор 110 – 500 кВ. И по сей день продолжается массовое применение конструкций, разработанных в прошлом веке, которые адаптируются под возросшие требования НТД уменьшением тяжёлых, сокращением пролётов и отдельными стихийными случаями проектной адаптации (замена отдельных элементов на более прочные). Новые конструкции стальных опор должны отличаться от старых унификаций не только соответствием требованиям действующих нормативных документов, но и не в последнюю очередь, учитывать технологические вопросы сборки, установки и транспортировки – т.е., эти опоры должны стать не только более надёжными и экономичными, но и более эффективными при строительстве и реконструкции.

Стальные опоры «решетчатой» конструкции по прежнему остаются основным видом опор ВЛ 110 – 750 кВ.



Простые, несложные в изготовлении приспособления, способны существенно сократить время строительства, повысить эффективность и качество работ. На фото – типовая переходная опора типа ПП500-1/52 с изменённым опорным узлом.



Переходная опора ПП500-1/52 со «встроенным» шарниром.

Стальные опоры «решетчатой» конструкции по прежнему остаются основным видом опор ВЛ 110 – 750 кВ.



Набла – наиболее экономичная опора ВЛ 750 кВ. Но далеко не самая эффективная.

При разработке новой серии в приоритетном порядке должны быть продуманы технологические вопросы. Надеюсь, что это всё таки будут не просто несколько видоизменённые, фрагментарно усиленные, разработки прошлых лет. Современные условия строительства и землепользования не оставляют места для применения массовых опор, сложных для транспортировки, требующих более 3-х дней на сборку и установку (кроме, разумеется, переходных и специальных опор). Необходимо учесть и вопросы защиты от расхищений металлоконструкций. Сейчас это, в основном, приварка гаек к стержню болтов, что хотя и эффективно но не технологично и не приветствуется надзорными органами. Считаю, что в рамках разработки новой унификации должен быть так же разработан эффективный антивандальный крепёж.



Справа налево: центрифугированные, решетчатые, многогранные.

Отдельно необходимо сказать о центрифугированных железобетонных стойках. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе до настоящего времени накладывает ограничение на применение центрифугированного железобетона. Согласно п. 2.4.3 опоры ВЛ 220 – 750 кВ должны быть стальными. Это ограничение действует с 2006-го года и было обосновано сравнительно низким, как утверждалось в отдельных обзорах и аналитических записках, сроком службы железобетонных опор – порядка 30-ти лет. Между тем, как срок службы стальных решетчатых опор принято оценивать в 50 лет, а СМО – в 70. Однако, такие оценки не имеют под собой никакой серьезной основы – ни научной ни практической.



Производство и применение центрифугированных стоек на железобетонных заводах не прекращалось. Заводы готовы наладить выпуск современных секционированных стоек. Автоматизация производства, налаженная система контроля качества на всех стадиях изготовления – основные факторы обеспечения надёжности и долговечности новых опор.

Промежуточные опоры ВЛ 110 – 500 кВ на основе центрифугированных стоек и по сей день не имеют аналогов по эффективности. Разумеется, любые конструкции имеют свои слабые стороны. Проблемы применения линейного центрифугированного железобетона известны. Это, прежде всего, трудности транспортировки стоек, длиной более 20-ти метров, проблемы заделки в пробуренный котлован, что приводит к наклонам относительно вертикальной оси. Все эти и другие проблемы возможно преодолеть применением секционированных центрифугированных стоек нового поколения. Разработка этих стоек в рамках соответствующей целевой программы – одна из приоритетных задач.



Применение новых конструкций опор не даст полноценного эффекта без применения современных фундаментов. И если применительно к секционированным центрифугированным железобетонным стойкам вопрос решается достаточно просто и эффективно, то применение многогранных опор приводит к необходимости сложных фундаментных решений. Разумеется, здесь, прежде всего, необходимо учитывать результаты геологических изысканий. Наиболее распространённые фундаменты СМО – сваи оболочки. Наиболее эффективный и технологичный метод – вибропогружение. Как для свай-оболочек, так и для винтовых свай скальные грунты, а равно и включения валунов, являются существенным ограничением для применения. Технология способна обеспечить сохранение ненарушенной структуры грунта, высокую точность и вертикальность погружения.



Винтовые сваи – эффективный способ сокращения объёмов земляных работ и сроков сооружения фундаментов. При этом не следует пытаться применять винтовые сваи (и сваи оболочки) в скальных грунтах. Тем не менее, такие попытки имели место (ПС Кызыльская и ПС Чадан). Результат - существенное удорожание и увеличение сроков строительства. Винтовые сваи должны иметь полную заводскую готовность, внутреннее заполнение (пенополиуретаном специального состава), маркировку, маркеры длины и эффективное, прочное к истиранию антикоррозийное покрытие.

На фотографии – результат применения винтовых свай в горной местности, в скальном грунте. Современная техника позволяет это выполнить. Но гораздо эффективнее применять анкерные сваи.



В последнее время ведутся интенсивные исследования возможностей применения композитных материалов в электроэнергетике. Разработаны промежуточные опоры 110, 220 и 330 кВ. Достигнут определённый технологический уровень, позволяющий получить композитные модульные стойки, устойчивые в известной мере к механическим нагрузкам, низовому пожару и ультрафиолету. И всё же здесь сложно пока говорить о продукте, совершенно готовом к массовому применению. Прежде необходимо разработать специальные ТУ, общие технические требования, требования к допускам и отклонениям при приёмке. Необходимо продолжить исследования и разработки.



Возможно, именно на основе композитных материалов удастся получить эффективные опоры для реконструкции и временного выноса ВЛ. На сегодняшний день для композитных опор на основе импортных стоек имеем, прежде всего, неудовлетворительные стоимостные показатели. Применительно к отечественным необходимо завершить исследования и определить нишу для применения. Вряд ли это будет массовая опора ВЛ 220 кВ и выше. По всей видимости это 6 – 35, возможно 110 кВ. Если удастся получить удовлетворительные стоимостные показатели.

До начала массового применения необходимо

Разработать
технические
требования,
специальные ТУ.

Разработать
технологические
карты на сборку и
установку.

Решить вопрос
стойкости к
низовым пожарам.

Разработать
эффективные
решения по
закреплению в
грунте



Вопросы применения новых проводов и грозозащитных тросов неразрывно связаны с вопросами конструктивного исполнения опор. В настоящее время на внутреннем рынке представлены многочисленные конструкции новых проводов – компактных (с z-образными и трапециевидальными внешними повивами), высокотемпературных, с композитным сердечником, специальной конструкции. Такие провода позволяют увеличить пропускную способность без увеличения нагрузки на опору, повысить механическую прочность и увеличить пролёты между опорами, снизить нагрузки на опоры, потери электроэнергии. Иногда (при правильном подборе характеристик) удаётся получить несколько эффектов одновременно (удачный пример - ВЛ 220 кВ Афипская – Крымская).

ВЛ 220 кВ Афипская – Крымская. Сохранены существующие опоры без усиления, но при этом:

- увеличена пропускная способность на 25%;
- уменьшен диаметр провода на 2 мм (существенное снижение нагрузки на опоры);
- снижена масса провода (на 90 кг/км);
- прочность провода возросла на 10%.



Обобщая десятилетний опыт можно сказать, что задача повышения пропускной способности ВЛ 220 кВ и выше в России стоит крайне редко. По крайней мере, до настоящего времени. Получить существенное снижение потерь, позволяющее компенсировать затраты на увеличение стоимости материалов, то же пока не получается. Пожалуй, единственная ниша применения новых проводов, заслуживающая пристального внимания, - экономия затрат на конструкциях опор и фундаментов, вследствие увеличения пролётов и на больших переходах. Здесь не все возможности использованы. До настоящего времени никак не учитывается уменьшение гололёдообразования и сопротивления ветру. Очевидно, что новые провода дают этот эффект, но для его учёта в проектной практике необходимо экспериментальное обоснование (задача заводов – изготовителей) и внесение изменений в НТД. Прежде всего – в ПУЭ.



Вопросы устройства просеки не смотря на кажущуюся простоту так же заслуживают пристального внимания. Несмотря на достаточно широкое распространение современных валочных комплексов и мульчеров, основными средствами производства по прежнему продолжают оставаться топор и пила. Неэффективная, нетехнологичная работа по устройству просеки во многих случаях являлась одним из факторов, существенно препятствующих темпам и эффективности строительства (наиболее яркие примеры – ВЛ 750 кВ Калининская АЭС – Грибово и ВЛ 330 кВ Гатчинская – Лужская). Применение современных технологий, современной техники при устройстве просеки станет обязательным требованием закупочной документации и важным критерием выбора подрядной организации.

Вот так может выглядеть просека при неудовлетворительной организации работ по её устройству. В современных условиях строить нужно быстро. Ждать устранения последствий неэффективной вырубki нет времени.



Но просека может выглядеть и вот так при использовании современных технических средств.





Винтовые сваи в заполярье – хорошее решение! Но только в том случае, если оптимальный способ погружения не придётся находить на трассе методом проб и ошибок. Чем и как бурить, какой должна быть лидерная скважина... Эти и многие другие вопросы должны быть проработаны в Проекте.



Всё же необходимо отметить, что в проектной практике последних лет достаточно подробно и глубоко прорабатываются вопросы выбора и обоснования современных конструкций и материалов ВЛ. Но при этом незаслуженно мало уделяется внимания технологическим вопросам. Как правило, соответствующие разделы проектной документации содержат ссылки на типовые технологические карты и требования разработать и утвердить ППР перед началом работ. Между тем, совершенно необходимо на стадии проектирования детально прорабатывать не только вопросы конструктивного исполнения но и технологические вопросы.

Совершенно необходимо разработать альбом типовых решений фундаментов в скальных грунтах с применением анкерных заделок.



Работы по замене фундаментов ВЛ без снятия напряжения.

Возможно, разработки эффективных, новых технологий работы без снятия напряжения, пересечения без отключения и вывода из работы пересекаемых объектов, работы в стеснённых условиях, в условиях наведённого напряжения должны стать предметом НИОКР. Очевидно, что мы стоим на пороге массовой реконструкции ВЛ 110 – 750 кВ, построенных в 50-70-е года прошлого века. Учитывая нарастающие сложности землеотвода, всё сложнее и сложнее будет применить самую простую технологию реконструкции – строительство новой ВЛ по параллельной трассе, с последующим демонтажем действующей ВЛ. Совершенно необходимо уже сейчас начать разработку технологий реконструкции строительством новой ВЛ по трассе старой, в рамках существующего землеотвода, с минимальным временем на отключение действующей линии.



В заключении необходимо сказать несколько слов о порядке допуска новых конструкций и материалов ВЛ к применению. Действующий Порядок проведения аттестации оборудования, материалов и систем в электросетевом комплексе предусматривает необходимость аттестации конструкций и материалов ВЛ. В том числе – опор и фундаментов. Применительно к опорам и фундаментам новых конструкций на этот процесс накладывается разработка конструкторской, технологической, сметной документации. Механические испытания проводятся в процессе аттестации. Действительность диктует необходимость перехода к системе, при которой процесс разработки и допуска конструкций к применению и процесс аттестации будут разделены.

Допуск конструкции,
разработанной впервые,
для применения.

1. Принятие решения о необходимости разработки, обоснование.
2. Разработка и утверждение ТЗ.
3. Разработка и согласование конструкторской документации.
4. Разработка программы испытаний.
5. Механические испытания.
6. Разработка технологической документации.
7. Утверждение конструкторской документации.

Аттестация производства на право
изготовления и поставки
оборудования, конструкция и
материалов

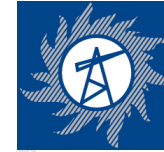
1. Оснащение современным оборудованием, производственные возможности.
2. Квалифицированные кадры.
3. Система входного контроля качества материалов и комплектующих.
4. Система производственного контроля и контроля качества готовой продукции.

Установление наличия необходимых условий для обеспечения соответствия выпускаемой продукции установленным требованиям.

В проекте следует применять электросетевые конструкции, разработанные в полном объёме и допущенные к применению.



Опоры 500 кВ с вертикальной подвеской проводов - эффективное решение для стеснённых условий.



В проекте следует, как правило, применять конструкции, прошедшие регламентированную процедуру допуска к применению в полном объёме (завершена разработка конструкторской документации, технологических карт, программы испытаний, механические испытания, утверждение документации КМ). Неприемлема ситуация, когда проектом предусмотрено применение конструкций, которые проработаны только в виде эскизов, и которые на стадии рабочей документации ещё только следует разработать и испытать. В современных условиях на это нет времени. Как правило, новые конструкции должны разрабатываться и допускаться к применению в рамках соответствующих целевых программ. В виде исключения – в процессе разработки ПСД. Но и в том, и в другом случае к моменту начала конкурсных процедур по выбору подрядной организации конструкторские разработки должны быть завершены, конструкторская и технологическая документация разработана в полном объёме, соответствующие конструкции допущены к применению. Конструкторская документация с момента утверждения переходит в собственность заказчика, который бесплатно передаёт её заводу, выбранному в качестве поставщика в рамках регламентированных конкурсных процедур.

Спасибо за внимание!



ЦИУС



ЕЭС