09 05552

ГИДРОМОНТАЖ
ОПЫТНЫЙ ЗАВОД

# СТАЛЬНЫЕ МНОГОГРАННЫЕ ОПОРЫ

МИРЭА

# СОДЕРЖАНИЕ

Немного истории ..... 2

Задачи современного этапа ..... 4

Новые возможности ..... 5

Преимущества многогранных опор ..... 8

Монтаж и установка ..... 12

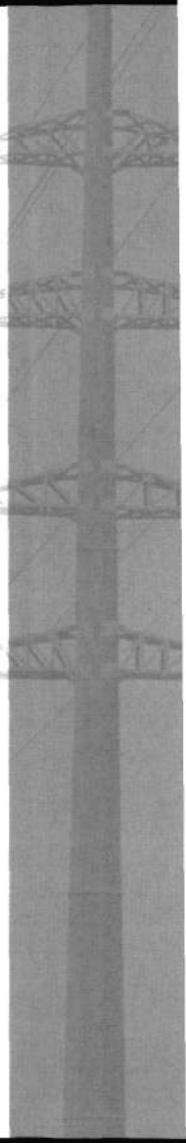
Фундаменты ..... 14

Крупные объекты строительства ВЛ, выполненные в 2006-2008 году ..... 16

Эксплуатация ..... 22

Экономика ..... 22

Прочая продукция ..... 24



## НЕМНОГО ИСТОРИИ

Строительство воздушных линий электропередачи ведется уже более 100 лет. Все эти годы конструкции опор непрерывно совершенствовались. Каждый этап развития электроэнергетики выдвигает свои требования к электросетевому строительству в целом и к конструкции опор в частности.

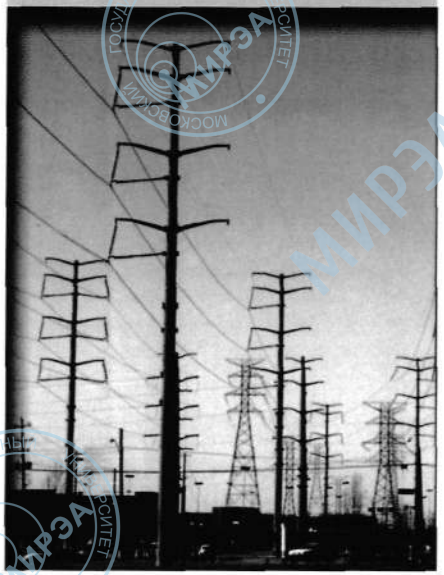
**На первом этапе** линии электропередачи строились **на деревянных опорах.** Массовое строительство ЛЭП на деревянных опорах начинается с конца XIX века. Связано это с электрификацией промышленности. Основная задача, которая решалась на этом этапе — связь электростанций с промышленными районами. Напряжения были небольшими, как правило до 35 кВ, задачи объединения в сети пока не было. В этих условиях задачи этапа решались с помощью деревянных одностоечных и П-образных опор. Доступный и дешевый материал удовлетворял требованиям этого этапа.

**На втором этапе,** по мере увеличения напряжения, утяжеления провода осуществился **переход на металлические опоры (МРО).** В России первая линия на металлических опорах появилась в 1925 году — двухцепная ВЛ 110 кВ Шатура — Москва. С этого времени начинается новый этап развития электроэнергетики. Он характеризуется строительством крупных объектов генерации (Днепрогэс, Сталинградская ГРЭС и т.д.), повышением напряжений до 154 кВ (Днепрогэс — Донбасс), 220 кВ (Нижне-Свирская ГЭС — Ленинград) и выше. Возникают объединенные энергосистемы крупных регионов, строятся межрегиональные ЛЭП сверхвысоких напряжений. Задачи этого этапа развития не могли быть решены на основе деревянных опор. Начинается массовое строительство ЛЭП на металлических решетчатых опорах. Конструкции опор непрерывно совершенствовались, ряд типовых опор расширялся, был осуществлен массовый переход на опоры с болтовым соединением. Проведенная в конце 60-х годов унификация металлических опор фактически определила множество конструкций опор применяемых до настоящего времени. Деревянные опоры в этот период так же используются, но их область ограничивается обычно напряжениями до 35 кВ.

**Третий этап** (с конца 50-х годов) связан с резким ростом объемов электросетевого строительства. Каждое пятилетие протяженность ВЛ удваивалась. Ежегодно строилось более 30 тыс. км новых ЛЭП напряжением 35 кВ и выше. Обеспечить такие темпы строительства удалось благодаря массовому использованию **железобетонных опор (ЖБО)** с предварительно напряженными стойками. За 10 лет (1961-1970 гг.) было построено 130 тыс. км линий электропередачи на железобетонных стойках. Они стали основными в одноцепных линиях 330 и 220 кВ (53% от общей протяженности), а в линиях 110 и 35 кВ (одно- и двухцепных) их доля составила 62 и 64 % соответственно.

К 70-м годам прошлого века сформировались основные типы металлических решетчатых и железобетонных опор, которые практически не менялись последние 40 лет. **Таким образом, можно утверждать, что до 2005 года все массовое сетевое строительство велось опираясь на научную и технологическую базу 60-70-х годов.**

Мировая практика сетевого строительства мало чем отличалась от отечественной до середины 60-х годов. Однако последние десятилетия (на третьем этапе)



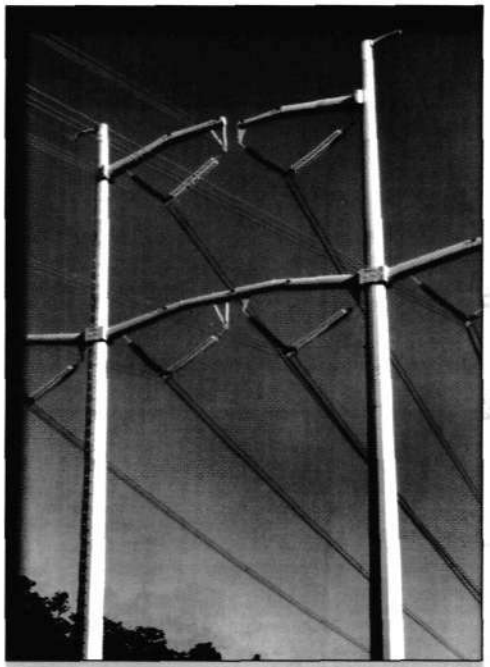
положение существенно изменилось. На западе не получил такого распространения железобетон. Там пошли по пути строительства линий на многогранных опорах, которые удачно сочетают в себе преимущества деревянных, бетонных и решетчатых конструкций.

В 1957 году в США был построен восьмикилометровый опытный участок линии электропередачи 115 кВ с применением стальных оцинкованных конических опор. Таким образом, мировой опыт использования СМО при строительстве ЛЭП насчитывает уже 50 лет!

Сразу же было проведено детальное сравнение экономической эффективности строительства ВЛ с применением деревянных, стальных решетчатых и стальных многогранных опор. Оно дало следующие результаты.

Стоимость строительства 1 км линии на многогранных опорах на 32 % меньше, чем на решетчатых опорах. Упрощается и удешевляется транспортировка, сборка и установка опор. Улучшаются эксплуатационные характеристики линии.

По сравнению с деревянными опорами первоначальная стоимость строительства 1 км линии на СМО на 68 % выше! Однако, было принято во внимание, что срок службы СМО в 2.5 раза больше, эксплуатационные расходы в 3 раза ниже, вес в 2 раза меньше и т.д. Для учета всех этих факторов было проведено сравнение по критерию эквивалентному нашему критерию интегральных дисконтированных затрат, который учитывает и разные сроки службы, и разные текущие издержки, и фактор времени. Сравнение показало, что полная стоимость затрат на 1 км у деревянных и многогранных опор практически одинакова. Были учтены и другие факторы, которые невозможно напрямую включить в критерий. Окончательный вывод мы процитируем: «…сравнение оцинкованных стальных опор с деревянными с учетом более точного соответствия расчетным данным, огнестойкости и способности не повреждаться при ударах молнии, меньшей стоимости ремонта оправдывает установку стальных оцинкованных трубчатых опор вместо пропитанных креозотом опор из южной желтой сосны». Отметим тот факт, что в США, 50 лет назад, решение о выборе варианта строительства ЛЭП принимались не по одному критерию, пусть даже такому важному как затраты на строительство, а по целой группе показателей.



Сегодня в мире основная часть электрических сетей строится именно на многогранных опорах. Они используются как в распределительных сетях, так и в сетях высокого напряжения, в качестве промежуточных и анкерных опор, а также сложных опор для переходов рек, строительства ЛЭП в городах и т.п.

# ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА

*Техническое отставание в области сетевого строительства практически не ощущалось до последнего времени.* Тому были объективные причины. **Во-первых,** состояние сетей на рубеже 90-х годов было вполне удовлетворительным. **Во-вторых,** объемы сетевого строительства в последние 15 лет находились на крайне низком уровне. **В-третьих,** сохранялись старые нормы на проектирование и строительство ЛЭП. **В-четвертых,** отсутствовали жесткие требования по землеотводам, экологическим нормам, эстетике и т.п. **В этих условиях текущие задачи легко решались на старой технической основе.**

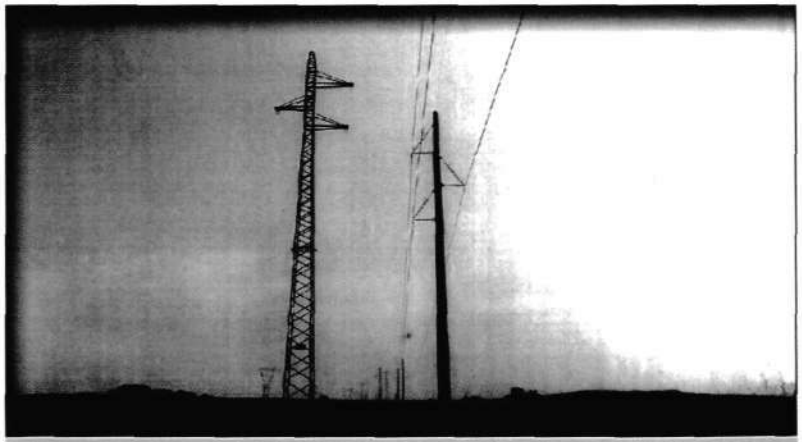
В настоящее время положение в корне изменилось по всем выше перечисленным направлениям.

■ **Изменилось текущее состояние сетей.** За истекшие 15-20 лет физический износ сетей высокого напряжения существенно увеличился. Лишь 25-30 % приходится на сети со сроком службы до 15 лет. Более 30 % сетей служат более 30 лет. В распределительных сетях состояние не лучше. Положение осложняется непрерывным ростом энергопотребления и постоянными сдвигами в размещении производительных сил. Происходит и моральное старение оборудования. Многие объекты по техническому уровню соответствуют своим западным аналогам 20-30-летней давности.

■ **В ближайшие годы резко возрастет объем сетевого строительства.** Если в 2007 году будет построено около 700 км сетей напряжением 220 кВ и выше, то в *2008 — более 1500 км, а в 2009 году — более 4200 км. Общий объем инвестиций* в сетевое строительство ФСК ЕЭС возрастет с 36 млрд.руб. в 2006 году до 150 млрд. руб. в 2009 году. В распределительных сетях холдинга будет реализована еще более амбициозная программа. Инвестиции возрастут с 47 млрд.руб. в 2006 году до 160 млрд.руб. в 2009. В последующие годы объемы сетевого строительства сохраняться на столь же высоком уровне.

■ **В корне изменились внутрисистемные требования.** С введением в 2003 году 7-го издания Правил устройства электроустановок резко возросли требования к надежности сетей. Для исполнения требований нового ПУЭ приходится на 30-40 % *снижать пролетные расстояния в ЛЭП, строящихся на типовых опорах. Это влечет* соответствующее увеличение затрат и сроков строительства. В процессе разработки Концепции развития сетей высокого напряжения были сформулированы *и новые технические требования к ним. Предусматривается увеличение сроков* службы до 50 лет, сокращение сроков строительства, затрат на эксплуатацию и т.д. По целому ряду позиций опоры старого ряда не удовлетворяют новым техническим требованиям.

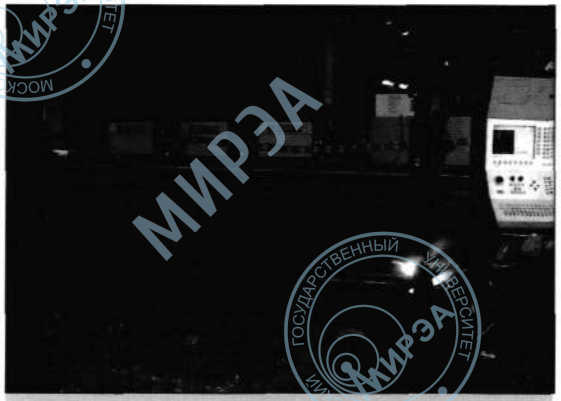
■ **Требования внешних подсистем к энергетике значительно ужесточились.** За последние несколько лет в корне изменились экологические требования к строящимся объектам, цены на временный и постоянный землеотвод возросли в разы! Практически невозможно строительство новых ЛЭП за пределами старых коридоров в крупных городах, природоохранных зонах, лесах первой категории и т.д. Не последнее место стали занимать и вопросы эстетики (в особенности при строительстве в городской черте).



# НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Современный этап можно назвать **четвертым этапом** в сетевом строительстве. Реализовать задачи этого этапа на старой технической и технологической базе очень трудно. На первый план выходят требования резкого сокращения сроков строительства ЛЭП, снижения его стоимости, повышения надежности электроснабжения и соблюдения ужесточившихся технических и технологических требований. Одним из направлений решения этих непростых задач, на наш взгляд, будет массовое строительство сетей с использованием **стальных многогранных опор (СМО).**

В 2003 году в России появились новые технологии, позволяющие производить многогранные опоры самых современных конструкций. Возникла парадоксальная ситуация когда производственные возможности позволяли изготовить многогранные опоры практически любой конфигурации, т.е. с заданными свойствами. Но эти возможности опережали подготовленность энергетиков в области конструирования опор, проектирования и строительства ЛЭП на их основе. Современных конструкций многогранных опор, учитывающих новые производственные возможности, не было. Практически отсутствовал опыт проектирования и строительства ЛЭП на многогранных опорах. Отсутствовала нормативно-техническая документация как для конструирования СМО, так и для проектирования ЛЭП на их основе. Более того, у заказчиков (энергосистемы различных уровней) сложилось ошибочное мнение о том, что применение многогранных опор значительно удорожает стоимость строительства ВЛ.



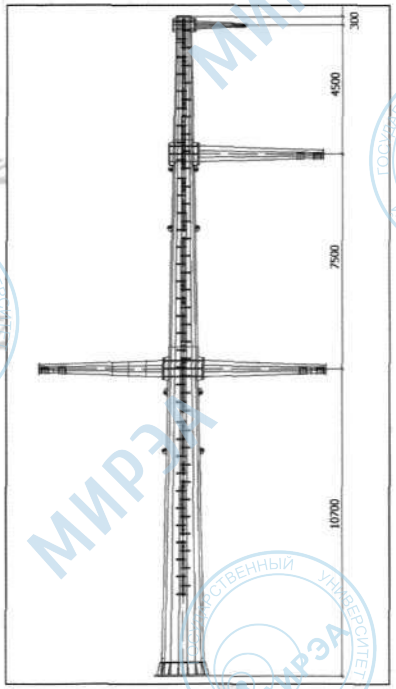
## АДАПТИВНОСТЬ

В настоящее время положение в корне изменилось. В 2006 году ОАО «ФСК ЕЭС» приступило к реализации Целевой программы «Создание и внедрение стальных многогранных опор для ВЛ 35-500 кВ». Целью программы является «...создание опор на основе стальных многогранных стоек для ВЛ 35-500 кВ с разработкой нормативной базы, конструкторской, технологической документации, проектных рекомендаций, указаний к монтажу, ремонту и эксплуатации, обеспечивающих эффективное выполнение ПУЭ-7 при строительстве, реконструкции и техническом перевооружении ВЛ, а также существенное сокращение сроков и затрат строительства и проведения аварийно-восстановительных работ».

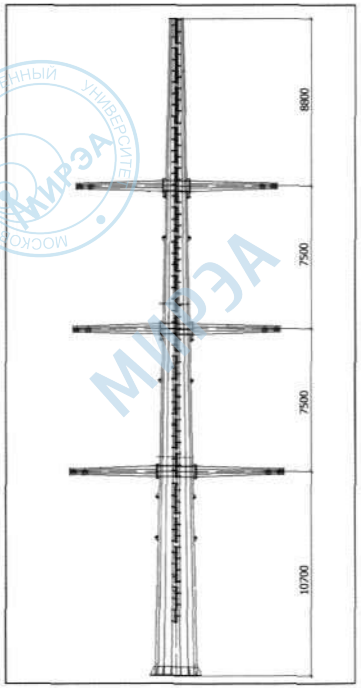
**ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»** является базовым заводом Целевой программы, участвует в разработке конструкторской документации. На базе **ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»** изготавливаются опытные образцы СМО для последующих испытаний, сертификации и запуска в серийное производство.

В настоящее время, в рамках реализации Целевой программы, разработаны конструкции, изготовлены опытные образцы, проведены испытания и сертификация опор для сетей напряжением 35-330 кВ. Типовые промежуточные, анкерные и концевые опоры разработаны для одно- и двухцепных ВЛ.

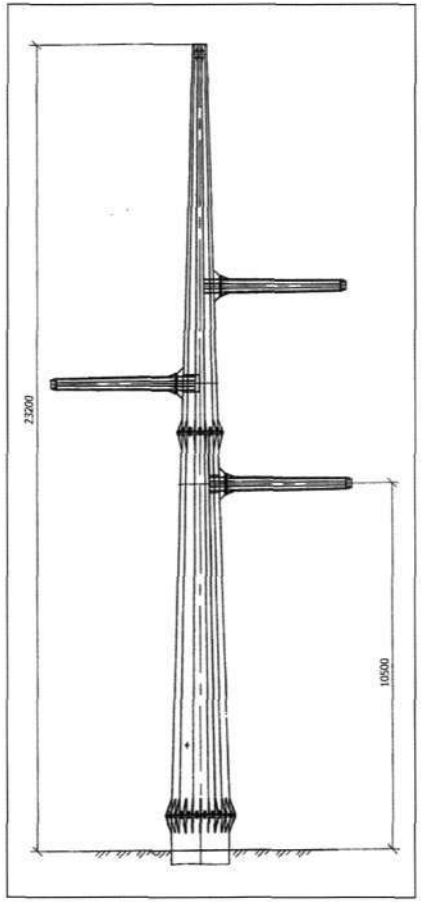
**Реализация программы позволит консолидировать научный и производственный потенциал и полностью ликвидировать возникшее отставание в проектировании и строительстве ЛЭП с использованием многогранных опор.**



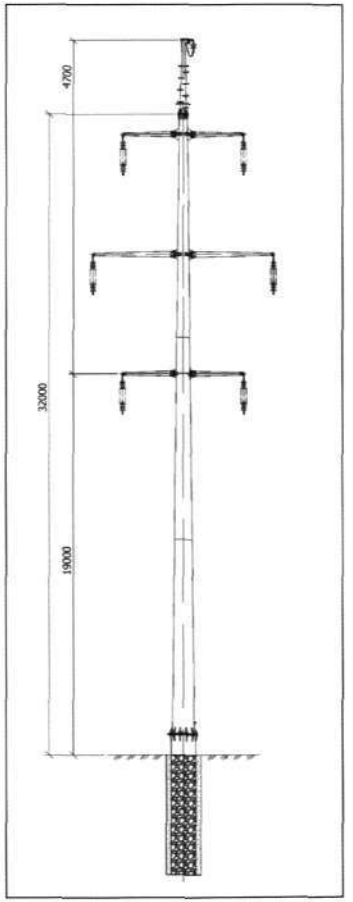

Промежуточная опора ВЛ 330-1
Разработчик ОАО «СевзапНТЦ»



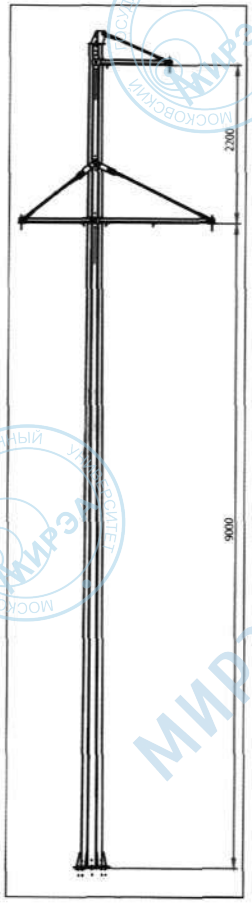

Анкерно-угловая опора ВЛ 330-2
Разработчик ОАО «СевзапНТЦ»



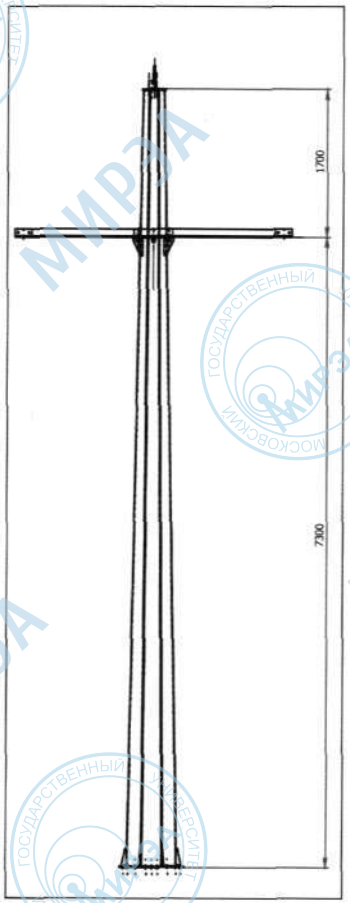

Анкерно-угловая опора ВЛ 220-1
Разработчик ОАО «НТЦ электроэнергетики»



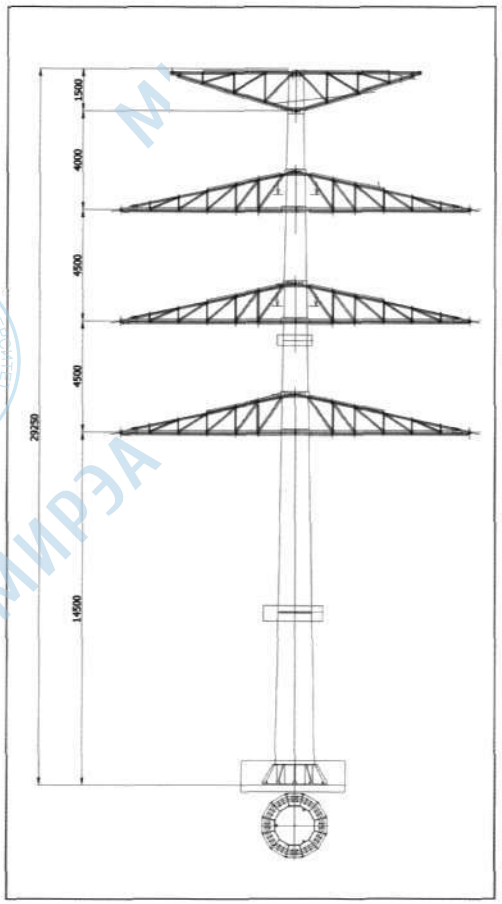

Промежуточная опора ВЛ 220-2
Разработчик ОАО «НТЦ электроэнергетики»



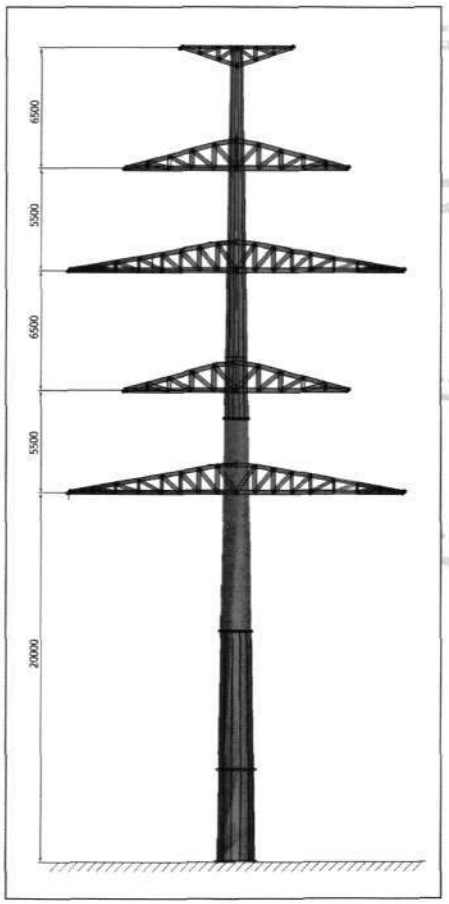

Промежуточная опора ВЛ 10кВ. Разработчик ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»




Анкерно-угловая опора ВЛ 10кВ
Разработчик ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»




Анкерно-угловая опора ВЛ 110-4
Разработчик ЗАО «ПРОМИК»




Анкерно-угловая опора ВЛ 220-4
Разработчик ЗАО «ПРОМИК»

# ПРЕИМУЩЕСТВА МНОГОГРАННЫХ ОПОР

Широкое распространение многогранных опор в строительстве ЛЭП ( в последнее десятилетие) было бы невозможно без существования объективных причин. И действительно, есть несколько явных преимуществ СМО перед решетчатыми, железобетонными и деревянными опорами. Мы перечислим эти преимущества в порядке, который чаще всего встречается в работах западных специалистов, но подробно остановимся на двух из них — **сроках строительства и стоимости строительства.** Эти два фактора определяют успешность реализации программ по модернизации распределительных сетей и сетей высокого напряжения.

## АДАПТИВНОСТЬ

В развитых странах уже давно отказались от массового применения типовых проектов. Каждая линия должна строиться с учетом всех нюансов рельефа, климата, социальной значимости и т.п.

Адаптивность СМО заложена как в конструкции опоры (стойки), так и технологии их производства.

Проектирование конструкций опоры автоматизировано. Полный расчет базового варианта конструкции опоры занимает 2-3 недели. Этот вариант опоры изготавливается и испытывается. Расчет его модификаций по толщине листа, высоте и т.д. занимает от нескольких часов до 2-3 дней. Модифицированные варианты не нуждаются в испытаниях. Неоднократные испытания показали, что расчетные параметры конструкций многогранных опор совпадают с фактическими с точностью до 1-2 %.

Производство СМО так же полностью автоматизировано. Для того, чтобы увеличить (уменьшить) высоту стойки на несколько метров или сантиметров достаточно поменять программу на станке плазменного раскроя, увеличить (уменьшить) толщину стенки опоры вносятся минимальные изменения в программы резки заготовки и формирования стойки. Процесс корректировки программ занимает от нескольких минут до нескольких часов. Тоже относится и к изменениям в марках стали, количеству граней опоры, диаметру, конусности.

Таким образом, имея базовую (испытанную и сертифицированную) опору, завод изготовитель может в течение нескольких дней организовать производство опор такой модификации, которая является оптимальной с точки зрения проектировщика конкретной линии электропередачи. Следовательно, уже на стадии проектирования, можно рассматривать большое количество альтернативных вариантов строительства и закладывать в окончательный проект оптимальные решения. Подчеркнем, что именно на стадии проектирования закладываются основные экономические результаты. На стадии строительства они могут быть улучшены, но не в решающей степени.

Приведем несколько примеров такой адаптации в уже построенных объектах:

- для строительства 5 км ВЛ 10 кВ в труднодоступном районе Кемеровской области многогранная стойка весом 250 кг и длиной 10 м была разделена на 3 телескопические секции весом до 100 кг каждая;
- для прокладки двухцепной ВЛ 110 по поселку (Московская область) были использованы не типовые опоры, а повышенные, с высотой до нижней траверсы 19 метров вместо 14;
- для переходов через Можайское шоссе использовались трехстоечные анкерные опоры, повышенные на 6 метров;

■ при строительстве ВЛ 110 кВ на севере Красноярского края, толщина стенки анкерных опор для различных углов поворота менялась от 6 до 10 мм.

**Во всех случаях бралась типовая опора и в течении нескольких дней проводилась ее модификация в соответствии с пожеланиями заказчика.**

## НАДЕЖНОСТЬ

Под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (ГОСТ 20.002.89.). Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения включает безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость (или часть этих показателей). Нетрудно заметить, что надежность линии электропередачи характеризуется всем комплексом этих показателей.

**Безотказность.** По данным американских специалистов, повреждения ЛЭП, связанные с полным или частичным выходом из строя СМО наблюдаются значительно реже, чем у традиционных опор. Более того, отмечается, что на линиях построенных с использованием СМО отсутствуют катастрофические разрушения, которые типичны для железобетонных опор (эффект домино) и металлических решетчатых (скручивание).

**Долговечность.** Средняя долговечность деревянных опор долгое время принималась за 20 лет. В последние годы этот срок вырос до 30 лет. Срок службы бетонных опор по данным ОРГРЭС составляет около 30 лет.

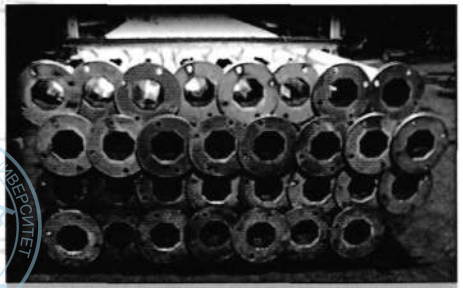
Металлические решетчатые опоры в оцинкованном исполнении служат 40 лет, неоцинкованные — меньше. Срок службы СМО во всем мире принимается не менее 50 лет. Причина увеличения срока по сравнению с решетчатыми опорами в технологии производства и сборки опор. Если взять стандартную оцинкованную широкобазную опору 110 кВ, то ее сборка предусматривает около тысячи болтовых соединений. На каждом из них возможно нарушение цинкового покрытия в процессе сборки. Сварные решетчатые опоры (узкобазные) имеют огромное количество сварных швов. Например, на 10 метрах опоры таких швов более 300. Проконтролировать качество сварки и провести зачистку перед цинкованием такого количества сварных соединений практически невозможно. Все это факторы риска, которые снижают срок службы решетчатых опор. СМО имеют один или два сварных шва, выполненных автоматом (при необходимости под флюсом или в среде инертных газов). Сварной шов имеет 100 % контроль. При обнаружении дефектов производится их устранение. Перед цинкованием швы зачищаются, что обеспечивает качественное нанесение цинкового покры-

тия. Именно этим обусловлена большая долговечность СМО.

**Ремонтопригодность.** Ремонтопригодность деревянных и железобетонных опор ограничена. У решетчатых опор она выше, но требует значительных затрат. СМО практически не нуждаются в ремонте. Если же такая потребность возникает, то ремонт осуществляется в кратчайшие сроки. Кроме того, следует отметить вандалоустойчивость СМО, что является уязвимым местом у МРО.

**Сохраняемость.** Это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, способности объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения, транспортирования и погрузочно-разгрузочных работ. По этому показателю есть явный аутсайдер — бетонные опоры. Остальные можно считать одинаковыми.

Таким образом, по комплексному показателю надежности все опоры можно ранжировать в следующем порядке (по возрастанию): бетонные, деревянные, металлические решетчатые и многогранные.



## ТРАНСПОРТАБЕЛЬНОСТЬ

По удобству и стоимости транспортировки СМО существенно выигрывают по сравнению с бетонными и решетчатыми опорами.

Бетонные опоры требуют применения специального и дорогостоящего транспорта — опоровозы и сцепы платформ. При этом нормы загрузки очень маленькие. На один опоровоз грузится 2-3 опоры, на один сцеп из двух платформ — не более 16 опор.

Транспорт металлических конструкций решетчатых опор достаточно прост и экономичен. Однако, если сборка решетчатых опор будет производится непосредственно на пикете, это приведет к потерям времени и средств на этапе монтажа опор. Если же предполагается предварительная укрупнительная сборка и транспортировка на пикет укрупненных секций, то затраты резко возрастают так как загрузка автотранспорта в этом случае резко падает. Но главные транспортные затраты у решетчатых опор связаны со строительством фундаментов. Транспортировка грибовидных подножников, опорных плит, песчанно-гравийной смеси может составлять до 20 % от стоимости готовой опоры. Обычная норма загрузки подножников составляет 2 шт/авт. И 8-9 на ж/д платформу.

Многогранные опоры отличает низкая стоимость транспортировки. Длина секций, как правило, не превышает 12 метров. Это позволяет использовать для автомобильных перевозок стандартные трейлеры, а для железнодорожных — полувагоны. Загрузка транспортных средств достаточно высокая. Многие конструкции опор позволяют использовать такие способы транспортировки, когда верхние секции размещаютсч внутри нижних, что еще более снижает затраты на транспорт. Транспортировка фундаментов, выполненных из труб, так же не представляет труда.

Первый же опыт строительства подтвердил эти положения. При строительстве ВЛ110 кВ в Костромской области расстояние от завода изготовителя до места строительства составляло около 700 км. Доставка, в основном, осуществлялась автотранспортом. Для транспортировки 10 комплектных опор (с фундаментом) необходимо 3 автомашины общего назначения. Срок доставки — 1 день. Стоимость — 7.5 тыс.руб. за одну опору, что составило 2 % стоимости опор и менее

1 % в общей стоимости строительства.

Опыт дальних поставок СМО (Тында) показал, что затраты на железнодорожный транспорт составляют около 8 % от стоимости опор и 4 % от стоимости строительства.

Таким образом можно утверждать, что затраты на транспорт не оказывают существенного влияния на стоимость строительства ЛЭП на многогранных опорах и кратно ниже транспортных затрат при строительстве ВЛ на железобетонных или решетчатых опорах: транспорт решетчатых опор дороже в 1.5-2 раза, а железобетонных — в 3-4 раза. Чем сложнее транспортная схема тем эффективнее многогранные опоры.

## ЗЕМЛЕОТВОД

Этот показатель в последние годы приобретает все большее значение по причине постоянного роста цен на землю. При применении многогранных опор затраты на постоянный землеотвод снижаются примерно в 2 раза. По сравнению с железобетонными опорами выигрыш обеспечивается за счет меньшего количества опор при равном отводе на одну опору, а по сравнению с решетчатыми, наоборот — за счет меньшего отвода под одну опору при примерно равном количестве опор.

**Величины землеотводов для ВЛ 110-2**

| Тип опор | Пролет (м) | Количество опор на 1 км (шт) | Землеотвод на 1 опору ($м^2$) | Землеотвод на 1 км ($м^2$) | В %% к СМО (%%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Стальные многогранные | 250 | 4,0 | 20 | 80 | 100 |
| Железобетонные | 130 | 7,7 | 20 | 154 | 192 |
| Металлические решетчатые | 290 | 3,4 | 50 | 172 | 216 |

Сокращаются затраты и на временный землеотвод.

Кроме перечисленных, отмечают следующие положительные качества многогранных опор, как правило слабо поддающиеся количественной оценке:

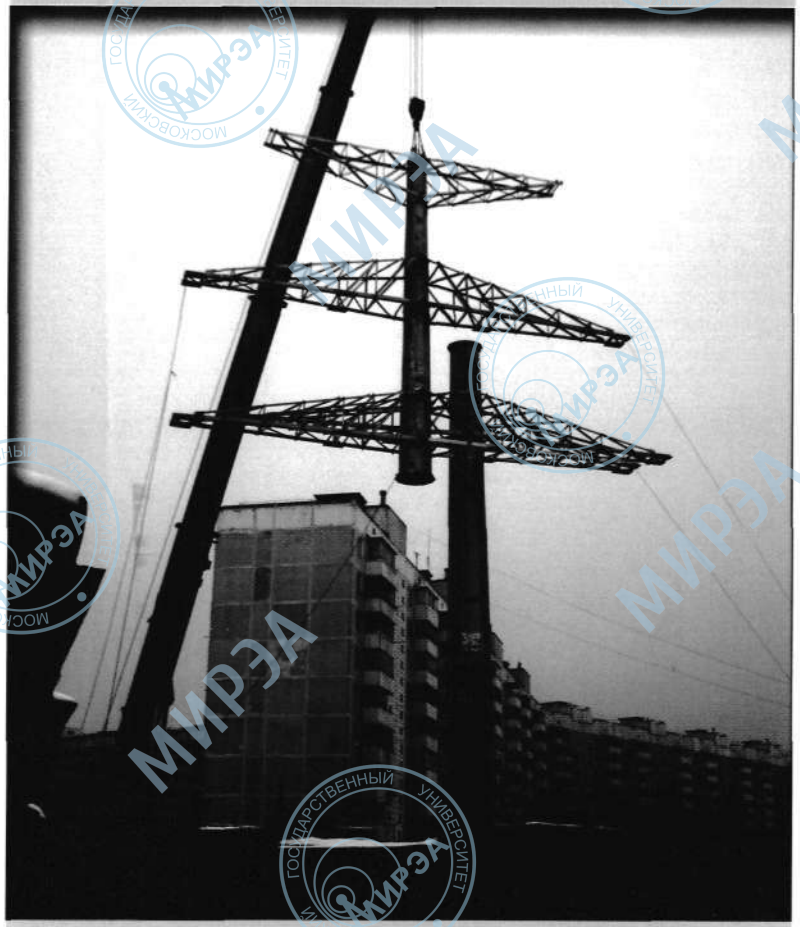
- **эстетичность;**
- **вандалоустойивость;**
- **качественная однородность;**
- **простота демонтажа и утилизации при ликвидации объекта.**

# МОНТАЖ И УСТАНОВКА

Монтаж и установка многогранных опор чрезвычайно проста на всех этапах. **Выкладка** опоры облегчена малым количеством элементов. Так, промежуточная опора для ВЛ 330-2 состоит из 3-х многогранных секций стойки опоры и 6-ти многогранных траверс, т.е. всего 10 элементов. Опора для ВЛ 110-1 включает 2 секции стойки, 3 многогранные траверсы и тросостойку — 6 элементов. Сборка опоры так же исключительно проста. Сначала, с помощью лебедок, стыкуются секции стойки – нижняя со второй, вторая с третьей и т.д. Обычно, бригада из 7-8 человек тратит на это около 1 часа. Затем к стойке крепятся траверсы, каждая с помощью 4-9 болтов (для 110 кВ и 330 кВ). На это уходит менее часа. Как известно, для сборки решетчатых опор требуется более тысячи пар крепежа, а, следовательно, трудозатраты возрастают в десятки раз. Установка опоры на фундамент производится обычным краном так как опоры компактны и имеют небольшой вес — опора для ВЛ 330 весит 10 тонн, опора ВЛ 110-1 — 2 тонны. Крепится к фундаменту опора 330 кВ с помощью 32 болтов, опора 110 кВ — 24 болтов.

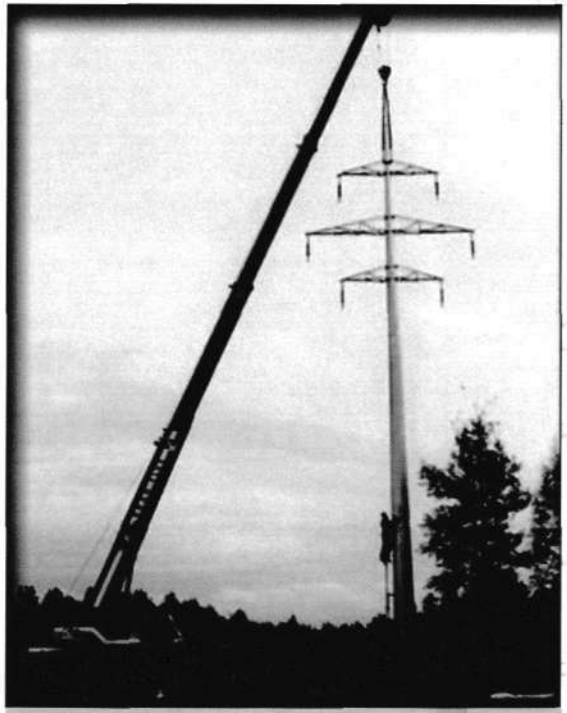
Этим обусловлена высокая **скорость монтажа** многогранных опор. По этому показателю СМО значительно превосходят все типы опор. Сравнение удельных трудозатрат на опору в соответствии с нормами ГЭСН 33-01-2001 и технологическими картами для трех промежуточных опор ВЛ 110-1 кВ (железобетонная ПБ 110-15, решетчатая П 110-3 и многогранная ПМ 110-1Ф) показало, что трудозатраты на монтаж и установку (без подвески провода и троса) многогранной и железобетонной опор приблизительно одинаковы. Решетчатые опоры проигрывают первым двум в шесть раз. С учетом подвески это отставание «сокращается» до четырехкратного.

Сравнение трудозатрат на строительство 1 км ВЛ меняет картину. Наименьшие трудозатраты у многогранных опор. По железобетонным они выше в 2 раза, по решетчатым — в 4 раза. Двукратное ухудшение затрат по бетонным опорам обусловлено следующими факторами. Во-первых, пролетные расстояния у многогранных и решетчатых обор приблизительно одинаковы и для одноцепных линий составляют 250-300 метров. Для железобетонных опор оно в 1.5-2 раза меньше. Соответственно увеличивается количество опор и снижается производительность труда в расчете на 1 км ЛЭП. Во-вторых, в многогранных линиях в качестве анкерных опор используются одно-, двух- или трехстоечные многогранные опоры. Время на их установку не многим больше чем на установку промежуточных многогранных опор. В линиях на базе железобетонных опорах в качестве анкеров используются металлические решетчатые опоры на сооружение которых требуется в несколько раз больше времени. Это значительно ухудшает показатели производительности и скорости монтажа по железобетонным вариантам строительства ЛЭП.



Таким образом **по одному из главных факторов — скорости строительства многогранные опоры имеют двух- четырехкратное преимущество.**

Как показал опыт строительства первых линий на многогранных опорах, обычная производительность одной бригады из 7-10 человек — установка 6-8 опор в смену, что эквивалентно 1.5-2 км ВЛ 110 кВ.



МИРЭА

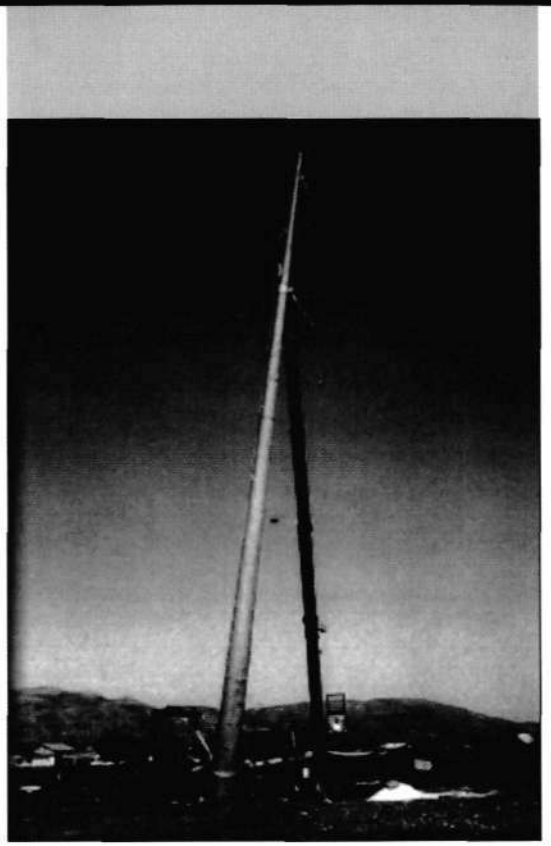
# ФУНДАМЕНТЫ

Закрепление многогранных опор в грунте возможно различными способами:

- непосредственно в пробуренный котлован;
- на винтовые сваи;
- на трубы;
- на сборный железобетонный фундамент;
- на монолитный фундамент;

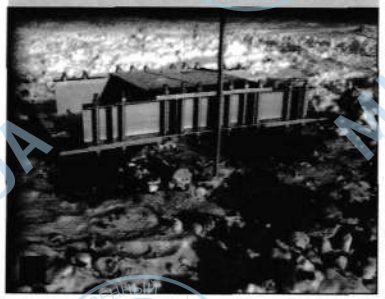
**Установка СМО в пробуренный котлован** — самый простой способ закрепления. Он полностью идентичен установке железобетонных опор. Основным недостатком этого варианта закрепления является то, что при его применении снижается высота до нижней траверсы (на глубину заделки), существенно сокращаются пролетные расстояния и ухудшаются экономические показатели строительства ВЛ.

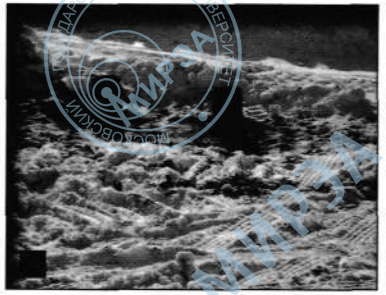
***Установка на сборный железобетон.*** При реализации данного вида закрепления сначала устанавливаются грибовидные подножники как и в случае с решетчатыми опорами. Затем они связываются с помощью металлического или бетонного ростверка с ответным фланцем, на который и устанавливается многогранная опора. Этот вид закрепления сложен и достаточно дорог.



Область эффективного применения готовых железобетонных фундаментов ограничевается сетями низкого напряжения, осветительными опорами и т.п., где фундаменты просты в изготовлении и установке.

**Установка на монолитный фундамент.** Этот вид закрепления наиболее распространен в западных странах. *Обусловлено это* тремя факторами — хорошей транспортной доступностью, экономичностью и высокой адаптивностью данного варианта закрепления. В России этот вид установки многогранных опор так же достаточно распространен. Он является основным при строительстве телекоммуникационных башен, при строительстве сложных, не типовых опор, в особенности в условиях плотной городской застройки. Такой тип фундаментов использовался, в частности, при строительстве четырехцепной ВЛ 110 кВ в Солнечногорске, четырехцепной ВЛ 220 кВ в Москве. Для





этих фундаментов характерен очень незначительный землеотвод. Так, площадь фундамента для четырехцепной опоры 220 кВ составляет всего 6 м$^2$. При этом момент на уровне земли равен 2000 т*м.

**Установка на винтовые сваи.** Данный вариант установки многогранных опор является основным при сооружении объектов в районах с вечной мерзлотой и на слабых грунтах. Для сооружения такого фундамента бурится скважина-лидер, а затем Установка возможна как на одиночную винтовую сваю, так и на несколько свай объединенных ростверком.

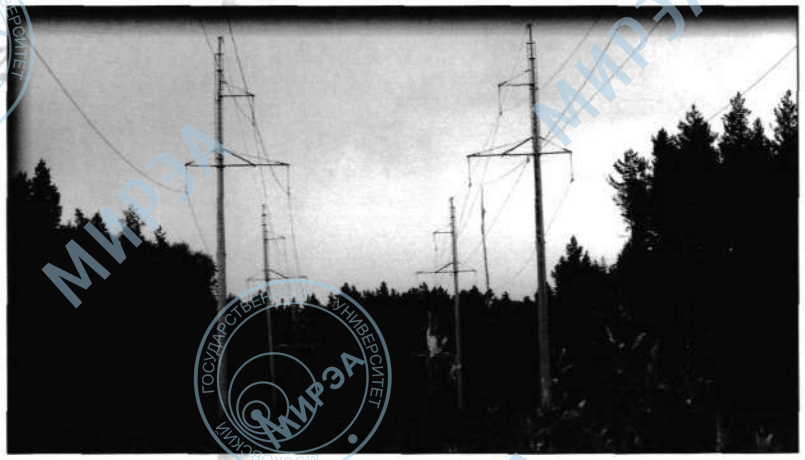
**Установка на трубы.** Этот вид закрепления считается наиболее эффективным для сетей напряжением до 330 кВ. Для каждого класса напряжений известны наиболее вероятные опрокидывающие моменты на уровне земли. В соответствии с ними для каждого класса напряжений подобраны диаметры и длины труб соответствующие этим моментам. Так, промежуточные опоры в сетях 6-10 кВ, как правило, устанавливаются на трубы диаметром 219-325 мм, в сетях 35 кВ — на трубы 426-530 мм, в сетях 110 кВ — на трубы 720 мм и т.д. Разумеется, для каждого конкретного проекта уточняется диаметр трубы, толщина стенки, длина трубы.

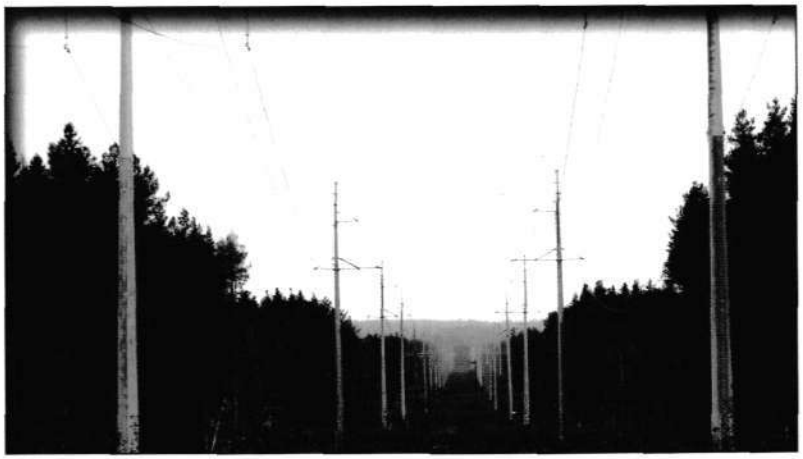
# КРУПНЫЕ ОБЪЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЛ, ВЫПОЛНЕННЫЕ В 2006-2007

## КОСТРОМА, 40 КМ ВЛ 110–1

Первая ВЛ, построенная на стальных многогранных опорах.

Заказчик ОАО «Костромаэнерго»





МИРЭА Государственный университет Московский

## ТЫНДА, 40 КМ ВЛ 35-1 В ГАБАРИТАХ ВЛ 110-1

Заказчик ОАО «Питер Хамбро Майнинг»

## ИГАРКА, 190 КМ ВЛ 110-1

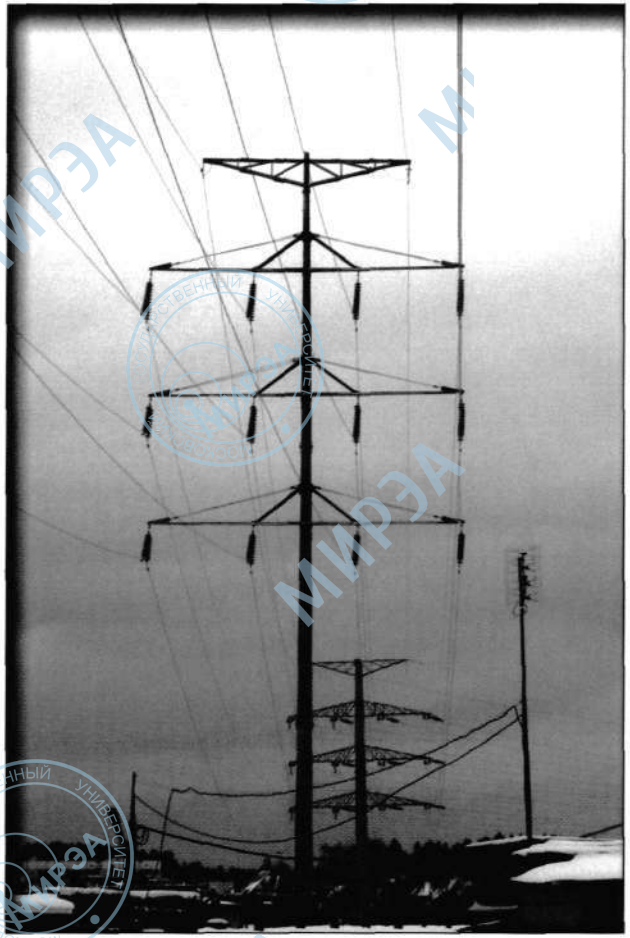
Линия построена на вечной мерзлоте с использованием фундаментов на винтовых сваях.

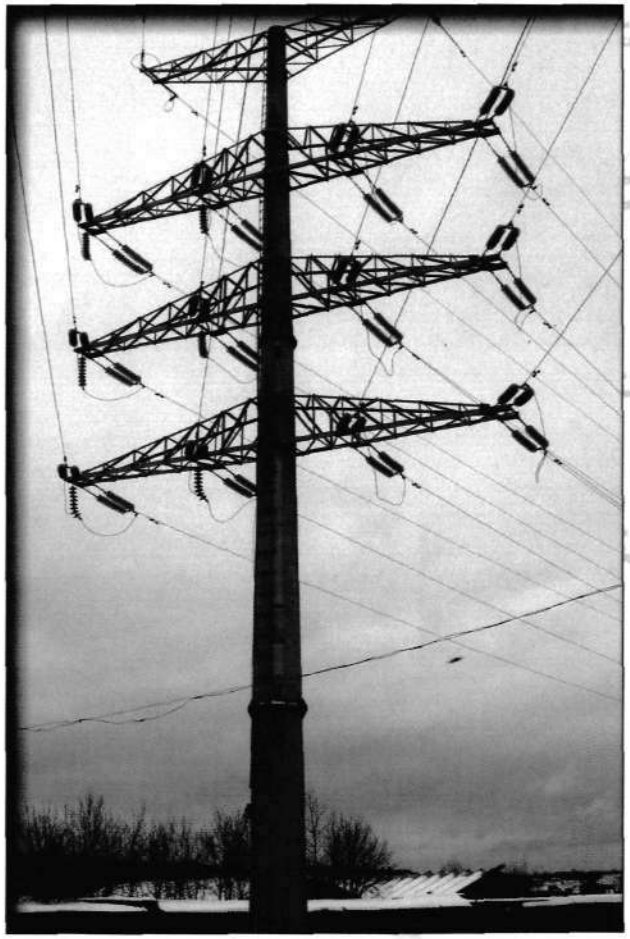
Заказчик НК «Роснефть»

МИРЭА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОСКОВСКИЙ

## МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, Г. СОЛНЕЧНОГОРСК

Четырехцепная ВЛ 110кВ построена в условиях плотной городской застройки. Анкерные опоры рассчитаны на момент на уровне земли 8000 кН*м.



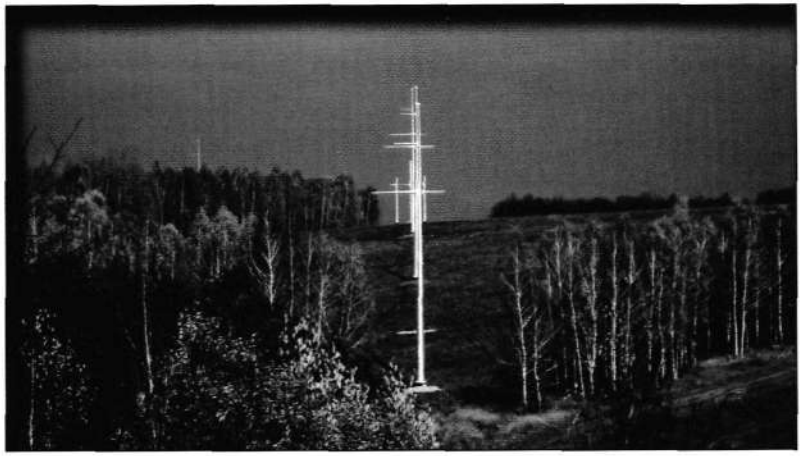


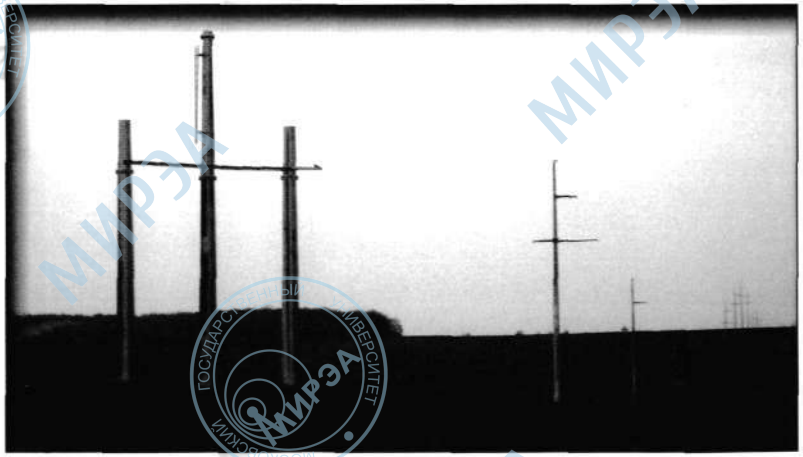
МИРЭА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОСКОВСКИЙ

## БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, 25 КМ ВЛ 110-1

Первая линия с использованием многогранных траверс.

Заказчик ОАО «Белгородэнерго»

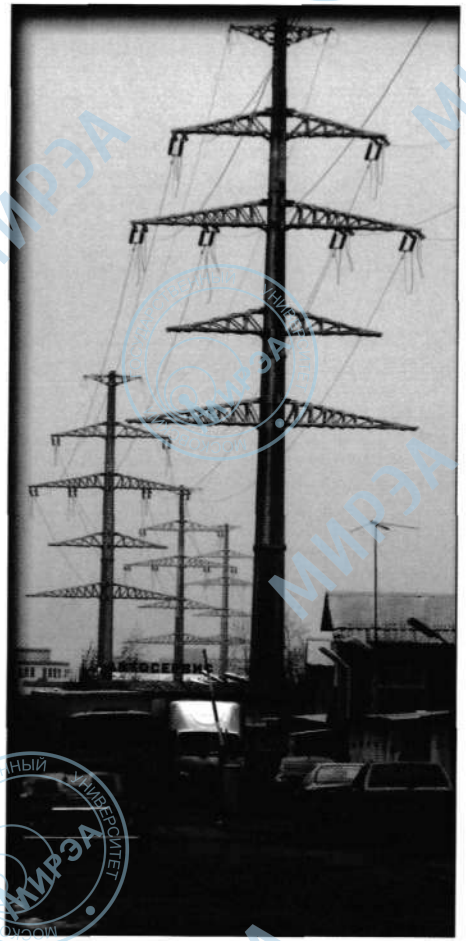




МИРЭА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОСКОВСКИЙ

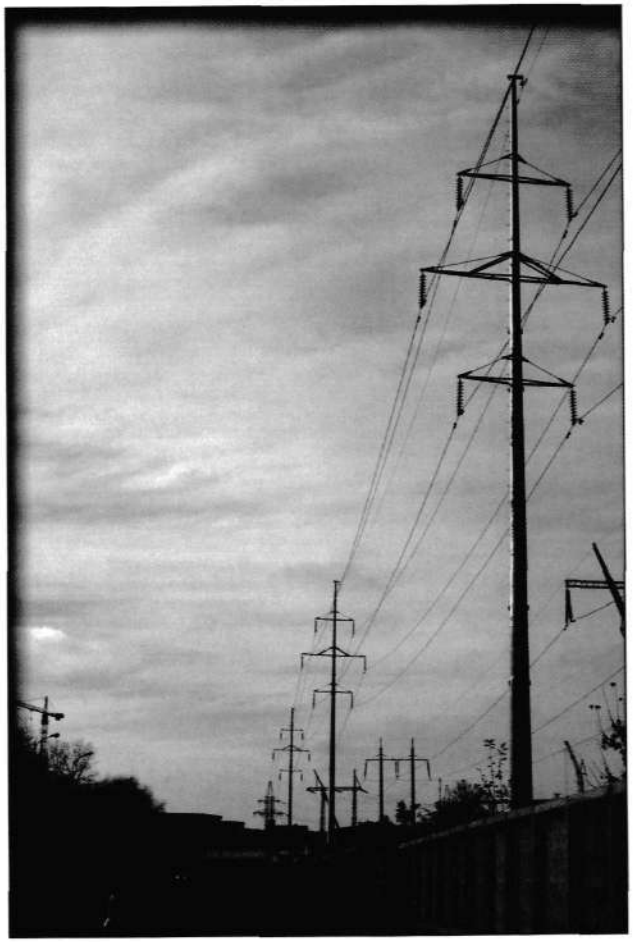
## МОСКВА

Комбинированная линия, две цепи 220 кВ, две цепи 110 кВ в условиях плотной городской застройки. Анкерные опоры рассчитаны на момент на уровне земли 20000 кН*м.



**МОСКВА, ПС «ТУШИНО», ВЛ 110-2**

Реконструкция

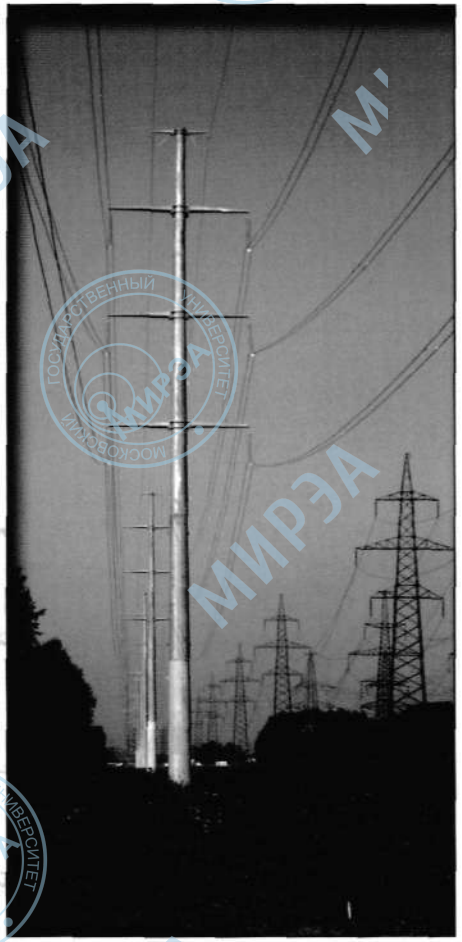


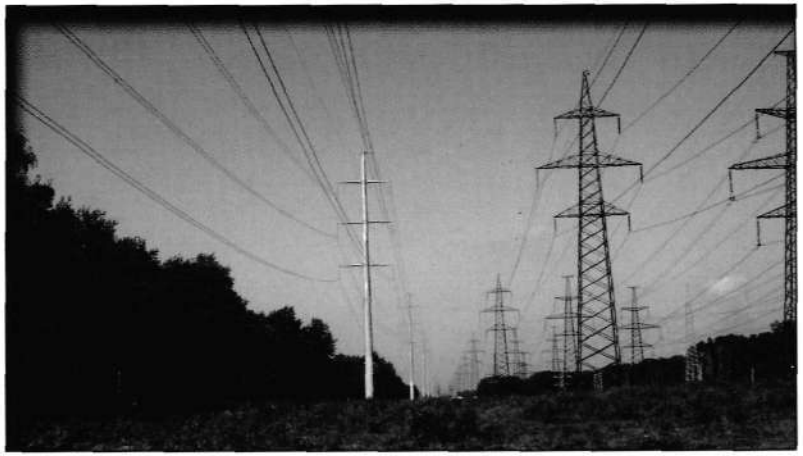
МИРЭА

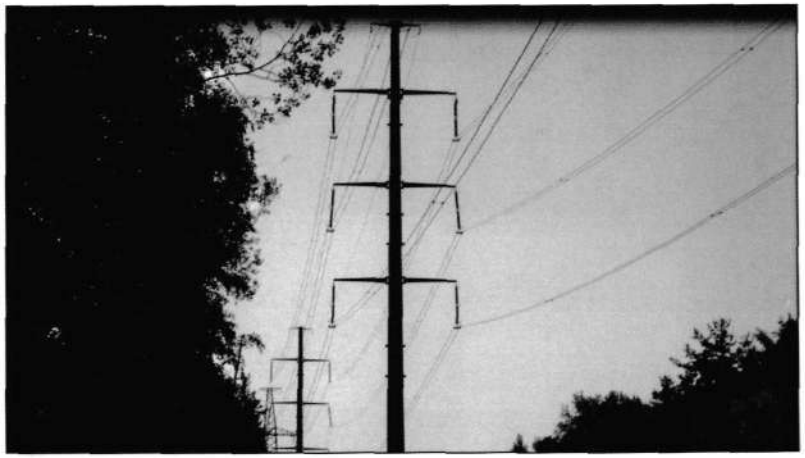
**КРАСНОДАР,**
**60 КМ ВЛ 220-2**

5/5 гололедно-ветровой район.

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 16 КМ**
**ВЛ 330-2**





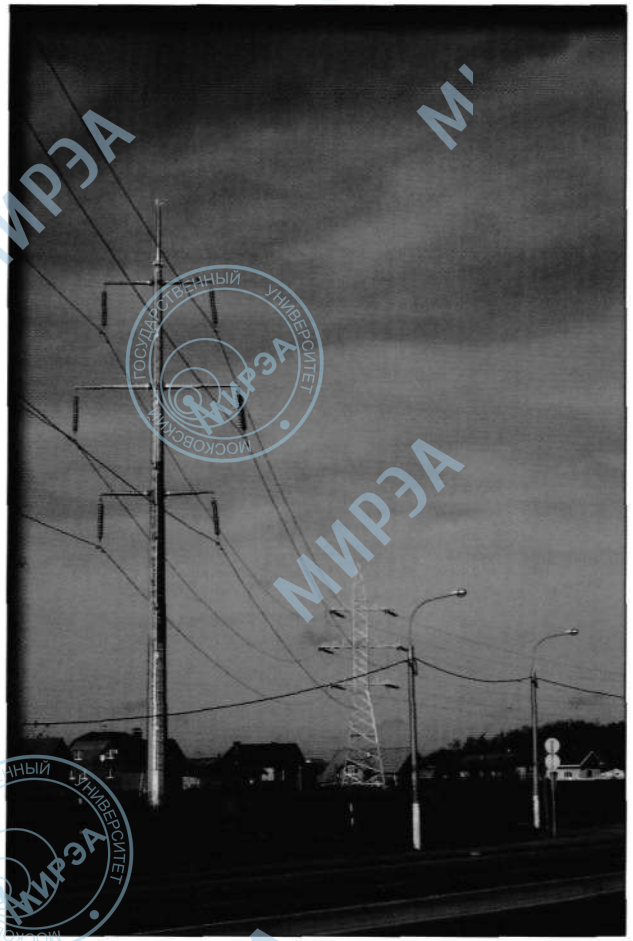


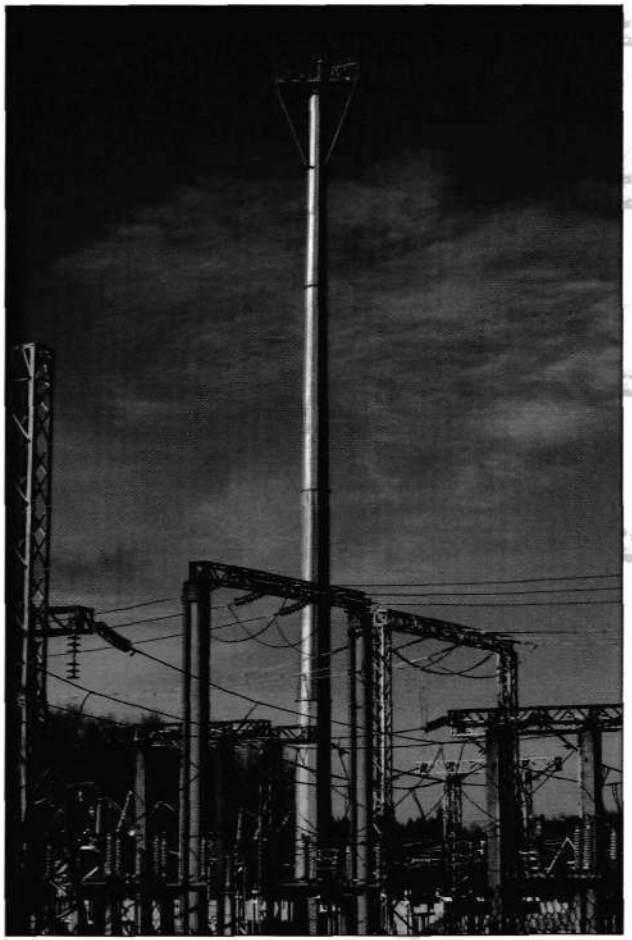
МИРЭА

**МОСКВА, ОСТАШКОВСКОЕ ШОССЕ, ВЛ 220 КВ**

Реконструкция.

В целом, за период с 2006 по 2008 годы, построено более 2000 км воздушных линий электропередачи напряжением 10–330 кВ с применением стальных многогранных опор.





## ЭКСПЛУАТАЦИЯ

В России пока не накоплено большого опыта эксплуатации сетей на многогранных опорах. Однако мониторинг уже построенных объектов показывает, что за первые годы эксплуатации не возникло каких либо проблем в принципе.

Многолетний мировой опыт эксплуатации многогранных опор показывает, что многогранные опоры наиболее экономичны в эксплуатации.

На всех типовых опорах устанавливаются лестницы между траверсами. При необходимости устанавливаются лестницы или степ-болты для подъема на опору.

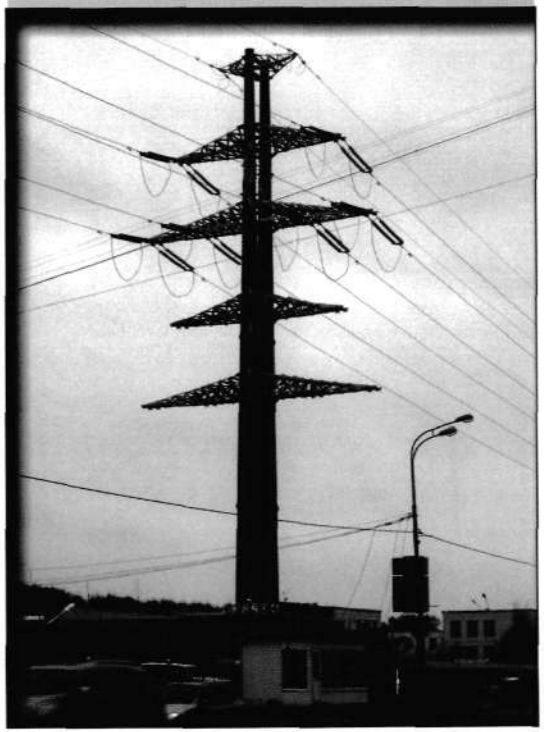
## ЭКОНОМИКА

В настоящее время величина капитальных затрат на строительство ЛЭП является главным критерием выбора варианта строительства. Поэтому, необходимо было провести масштабное исследование капиталоемкости строительства линий на базе многогранных опор.

На эффективность применения того или иного типа опор в каждом конкретном случае влияет множество факторов: технические задания на строительство объекта; районо-климатические условия; транспортная доступность; близость производства того или иного типа опор и др.

При таком многообразии условий строительства один из типов опор не может быть лучшим во всех случаях. Поэтому, очень важно уже на первом этапе внедрения многогранных опор хотя бы приблизительно очертить область их наиболее эффективного применения. Это позволит избежать необоснованных затрат на стадии проектирования и ускорит получение эффекта от реализации конкретных проектов.

К настоящему времени выполнено более 20 сравнений стоимости строительства конкретных ЛЭП на бетонных, решетчатых и многогранных опорах. Результаты сравнительных расчетов показывают, что максимальный эффект использование СМО приносит при сооружении линий напряжением 35-220 кВ, реже — 330 кВ. Характерно, что для различных районо-климатических условий, различных напряжений, количества цепей и т.д. величина экономии составляла достаточно устойчивую величину: 8-12 % по сравнению с бетонными вариантами и 35-45 % по сравнению с решетчатыми. В данной работе мы приведем результаты последнего сравнения по рассмотренной выше 10-километровой ВЛ 110-2. Затраты по многогранному варианту — 21.7 млн. руб., по железобетонному — 23.0 млн.руб. и по решетчатому — 33.0 млн.руб. В сумму прямых затрат включались затраты только по трем статьям: приобретение оборудования и материалов; строительно-монтажные работы; внешний транспорт материалов.



Ясно, что по мере совершенствования конструкций многогранных опор зона их эффективного применения будет расширяться. Однако, уже сейчас можно разбить все опоры, разрабатываемые в рамках целевой программы на два класса (хотя и достаточно условно).

**1. Опоры для ВЛ 35-220 кВ.** Для сетей этого класса преимущества многогранных опор проявляются в наибольшей степени.

По сравнению с ЛЭП на центрифугированных бетонных опорах линии на ММО дешевле на 5-15 %. Основным фактором, обеспечивающим преимущество многогранных опор, является увеличение пролетных расстояний в 1.5-2 раза. В результате, несмотря на то, что бетонные опоры значительно дешевле многогранных, общие затраты на приобретение опор, изоляторов и т.д. оказываются всего на 20-25 % ниже. Одновременно, при использовании бетонных опор затраты на строительно-монтажные работы выше на 40-70 %, затраты на транспорт — в 2.5-3 раза. Заметим, что преимущества СМО возрастают при строительстве ЛЭП в северных и отдаленных районах.

Сравнение стоимости строительства ЛЭП на многогранных и решетчатых опорах показало, что практически по всем составляющим затрат СМО значительно выгоднее. В результате, стоимость 1 км линий данного класса на решетчатых опорах оказывается на 35-40 % выше. Особо следует отметить, что при использовании СМО кратно сокращается время строительства.

**2. Опоры для ВЛ 330-500 кВ.** Для сетей этого класса характерно то, что резко падает эффективность бетонных опор. Для линий 500 кВ их использование вообще не рекомендуется. Это связано с тем, что с введение ПУЭ седьмого издания пролетные расстояния сократились до 50-60 метров.

Сравнение СМО и МРО показало, что для одноцепных линий СМО дают экономию 5-10 %, для двухцепных ВЛ 330 кВ оба типа опор равноэффективны, а для ВЛ 500 кВ решетчатые опоры чуть лучше. Возможно, эти соотношения несколько изменятся с появлением более рациональных конструкций многогранных опор, но принципиальный вывод о равноэффективности скорее всего сохраниться, что подтверждается и мировым опытом.

Для сетей этого класса сохраняется преимущество СМО в скорости строительства. На наш взгляд многогранные опоры будут предпочтительнее в городских условиях, где существуют серьезные ограничения по землеотводам, а также в горных и северных районах.

Таковы основные выводы по эффективности СМО при использовании критерия «минимум капитальных вложений». Если же использовать более правильные критерии, например, рекомендованный отраслевыми и государственными нормативными документами критерий дисконтированного денежного дохода, преимущества многогранных опор возрастают.

Сравнения по этому критерию проводились по заданию ФСК рабочей группой специалистов ведущих отраслевых институтов. Результаты расчетов показывают, что при использовании более совершенного критерия преимущества ЛЭП на многогранных опорах становиться еще более ощутимым. Это обусловлено более низкими затратами на эксплуатацию, более длительным сроком службы, низкими затратами на ликвидацию и утилизацию. Все эти статьи расходов не учтены в критерии «минимум инвестиций».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Первый опыт строительства линий электропередачи с использованием стальных многогранных опора позволяет сделать следующие выводы:**

**1. Использование СМО при строительстве ЛЭП обеспечивает существенное сокращение затрат на строительство.**

**2. Сроки строительства воздушных линий сокращаются кратно.**

**3. Наибольшую экономию СМО дают на труднодоступных и отдаленных объектах, а также в районах с плотной городской и промышленной застройкой.**

**4. Кроме экономических преимуществ СМО превосходят традиционные типы опор по надежности, долговечности, транспортабельности и целому ряду других показателей.**

# ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж» также предлагает к поставке следующую продукцию:

**1. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ БАШНИ.** Высотой до 42 м. Оборудование может размещаться в контейнере рядом с башней, так и внутри нее. Для эксплуатационных нужд предусмотрены внутренние лестницы. По желанию заказчика параметры башни (высота, несущая способность, антикоррозийная защита и др.) могут быть модифицированы.

**2. БАШНИ ИЗ ГНУТОГО ПРОФИЛЯ.** Высотой до 70 м.

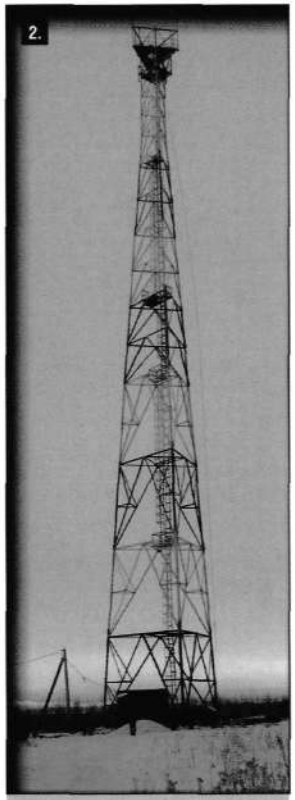
**3. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ОПОРЫ.** Высота опор от 3 до 40 метров. Толщина стенки от 3 до 12 мм.

Применяется как для уличного освещения, так и для освещения автомагистралей, освещения больших площадей и др. Успешно применены при освещении города Казани, Киевского шоссе в Московской области и т.д.

**4. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГОФРИРОВАННЫЕ КОНСТРУКЦИИ.** Для строительства водопропускных, защитных, инженерных сооружений, а так же промышленных и транспортных объектов.

Всех типов и сечений, диаметром от 0,8 м до 15 м.

**5. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ.** Для предотвращения размытия берегов, в качестве откосных крыльев лобовых и устойных стен мостов, для шпунтовки стен и предотвращения размывов дамб, дорожных насыпей, защиты от оползней, строительства погрузочных платформ, пандусов и др.



ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»

143345, Московская область, Наро-Фоминский район, поселок Селятино
Тел./факс (495) 720-49-64, 720-49-72
e-mail: info@ozgm.ru | www.ozgm.ru | www.gofrostal.ru

ГУ РосНИИИТ и АП Ассоциация МВТК

Федеральный информационный фонд отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию

**Каталог был представлен на выставке**

# «ТЭК России в XX1 веке - 2009»

**( У11 Всероссийский энергетический форум )**

## Каталог включен в базу данных «Федерального информационного фонда отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию»

---

**Россия,105679, Москва, Измайловское шоссе, 44,**
**Тел./факс (095)366-5200, 366-7008, 365-5445. e-*mail*:; fkatalog@mail.ru,**
**www.ffpk.ru**

Электронная копия издания изготовлена с целью её включения в базы данных Федерального информационного фонда отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию, которые формируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 24 июля 1997 г. № 950 и Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 1999 г. № 2172-р и зарегистрированы Комитетом по политике информатизации при Президенте РФ под №№ 39-50.

**2009 год**