



ОАО «СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР»  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «СЕВЗАПЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

# 40 лет НИЛКЭС. Опыт и перспективы развития

**Качановская Любовь Игоревна, к.т.н.**

Заместитель генерального директора по науке ОАО «СевЗап НТЦ»

e-mail: [l\\_kachanovskaya@nwec.ru](mailto:l_kachanovskaya@nwec.ru), тел. (812) 449-67-63

**Конференция**

**Умные воздушные линии:  
проектирование и реконструкция**

**Санкт-Петербург  
16-20 июня 2014 года**

1974 - 2014

# Научно-исследовательская лаборатория конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС)

Создана в 1974 году по инициативе главного инженера Крюкова Кирилла Петровича.

## Научно-технические направления в работе:

- снижение материало-, трудо- и капиталоемкости электрических сетей всех классов напряжений;
- замена устаревших типов опор существующей унификации новыми, более прогрессивными;
- применение железобетонных и сталежелезобетонных опор напряжением до 1150 кВ;
- новые методы закрепления опор, в том числе с помощью винтовых и стержневых анкеров, армирования грунта, поверхностных фундаментов;
- проведение испытаний опор, фундаментов и закреплений на стендах и в полевых условиях.



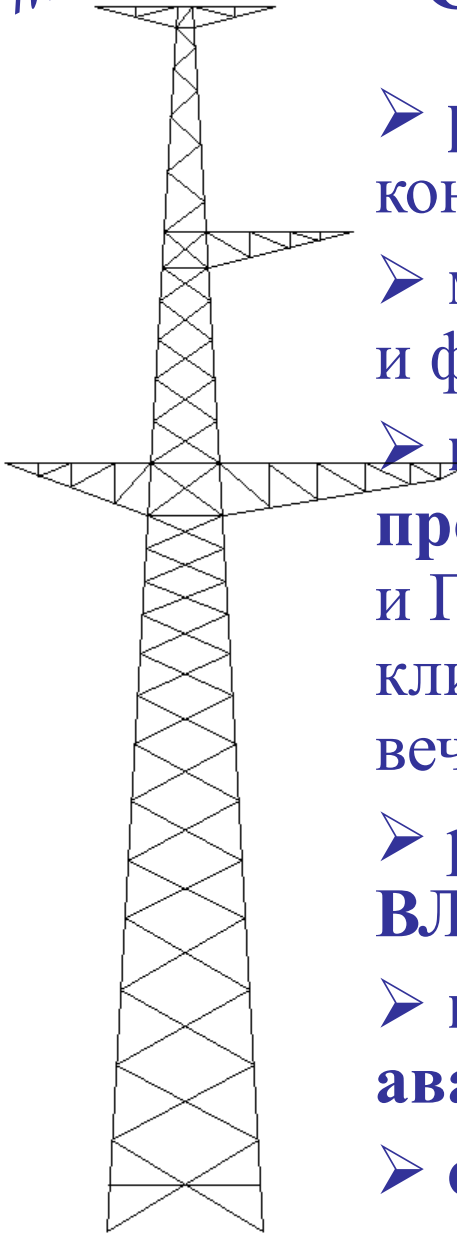
Первый руководитель –  
**Курносов**  
**Алексей Иванович**

## Ведущие специалисты НИЛКЭС

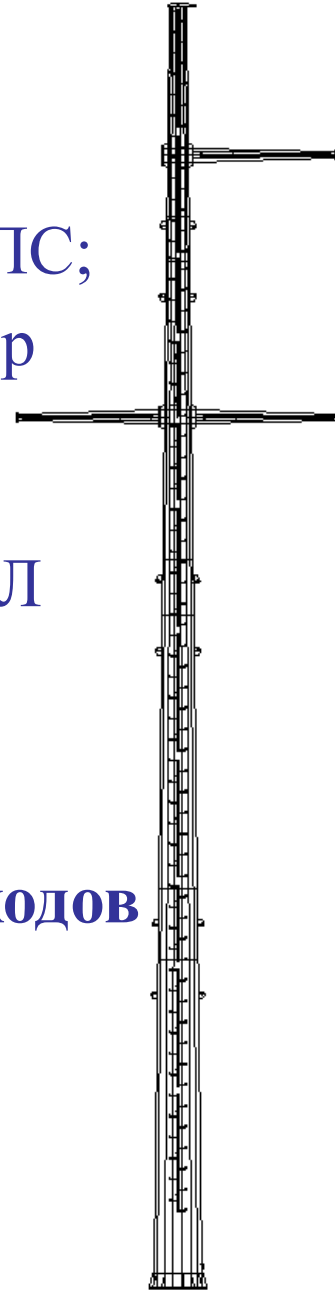
- Курносов Алексей Иванович, к.т.н., первый руководитель лаборатории
- Кириллова Людмила Вильгельмовна, заместитель заведующего лабораторией
- Новгородцев Борис Павлович, ГИП, металлоконструкции, методики расчета
- Синелобов Кирилл Петрович, начальник отдела типового проектирования
- Андреева Александра Николаевна, ГИП, опоры больших переходов
- Цейтлин Мирон Аронович, ГИП, многогранные опоры
- Штин Станислав Александрович, ГИП, решетчатые опоры
- Элькинд Виктория Давыдовна, рук. группы сектора металлоконструкций
- Соколов Александр Сергеевич, ГИП, унифицированные фундаменты
- Рошин Владимир Владимирович, к.т.н., гл. спец., методики расчета фундаментов
- Швецова Нинель Ивановна, гл. спец., методики расчета фундаментов
- Горелов Анатолий Васильевич, зав. НИЛКЭС, методики расчета жб конструкций
- Родионов Виктор Павлович, к.э.н., рук. сектора экономических расчетов
- Железков Виктор Николаевич, д.т.н., винтовые сваи
- Пинчук Борис Михайлович, ГИП, типовые железобетонные опоры
- Сафронов Владимир Михайлович, к.т.н., машины и механизмы для винтовых свай
- Ларионов Анатолий Дмитриевич, к.т.н., машины и механизмы для винтовых свай
- Зевин Анатолий Аронович, д.т.н., рук. сектора нормативных расчетов
- Гальперин Борис Михайлович, главный технолог
- Романов Петр Игоревич, к.т.н., ГИП, фундаменты, обследования, проекты реконструкций
- Константинова Елена Дмитриевна, ГИП, решетчатые и многогранные опоры

# Основные направления:

- разработка и унификация конструкций опор и фундаментов ВЛ и ПС;
- модификация унифицированных опор и фундаментов ВЛ и ПС;
- индивидуальное (конкретное) проектирование опор и фундаментов ВЛ и ПС, в том числе для сложных климатических и грунтовых условий, вечной мерзлоты;
- разработка опор и фундаментов переходов ВЛ через водные преграды;
- проекты ликвидации аварийных ситуаций на ВЛ;
- обследование технического состояния ВЛ и ПС.



Опора ПС330-5



Опора МП330-1

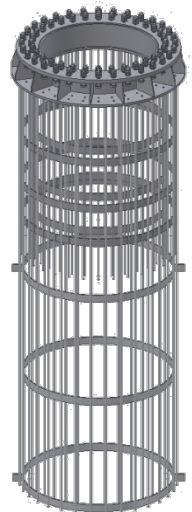
# Унификация конструкций

## ➤ 1960-1990 г. Типовые конструкции:

- решётчатые опоры
- железобетонные фундаменты



Забивные сваи



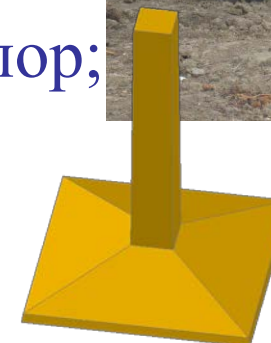
Буронабивные и винтовые сваи, сваи-оболочки

## ➤ 2006-2009 г. Базовые конструкции: Целевые программы ОАО «ФСК ЕЭС»:

- многогранные опоры ВЛ 330-500 кВ и фундаменты к ним;
- фундаменты из винтовых свай для унифицированных опор;



Грибовидные фундаменты

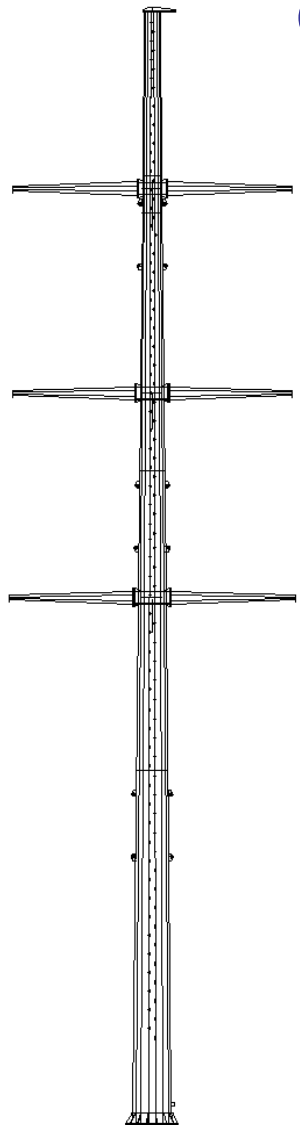


## ➤ 2015 г.

Планируется модернизация унифицированных конструкций

# Унификация многогранных опор

## Стандарты организации ОАО «ФСК ЕЭС»:



Опора МПГ 330-2т

- СТО 56947007-29.240.55.054-2010  
«Руководство по проектированию многогранных опор и фундаментов к ним для ВЛ напряжением 110-500 кВ» (введён 03.09.2010);
- СТО 56947007-29.240.55.096-2011  
«Методические указания по оценке эффективности применения стальных многогранных опор и фундаментов для ВЛ напряжением 35-500 кВ» (введён 01.07.2011);
- «Элементные сметные нормы и единичные расценки по монтажу многогранных опор для ВЛ напряжением 110-500 кВ и фундамент к ним» (на утверждении).



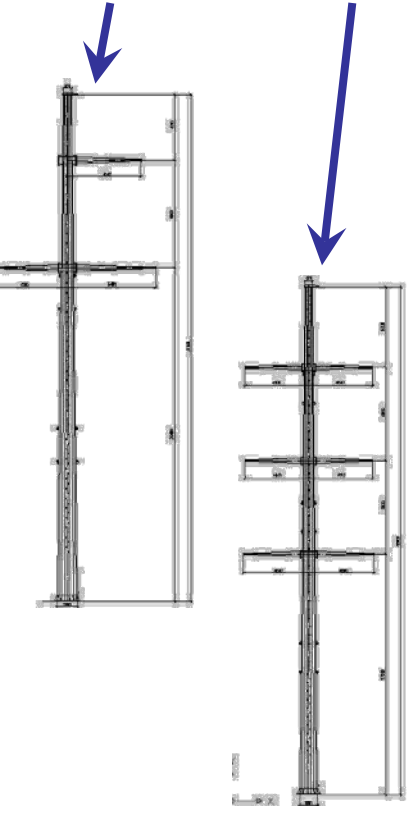
ВЛ 330 кВ  
«Восточная- Волхов- Северная»

# Базовые конструкции

## многогранных опор ВЛ 330-500 кВ

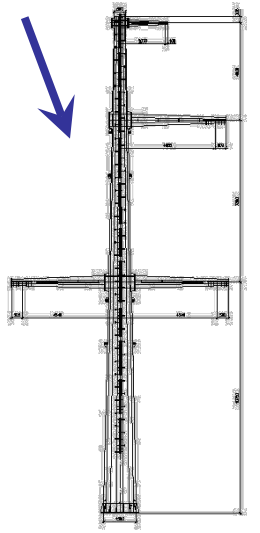
одноцепная и  
двухцепная  
одностоечные  
промежуточные  
опоры

**МП330-1 и МП330-2**

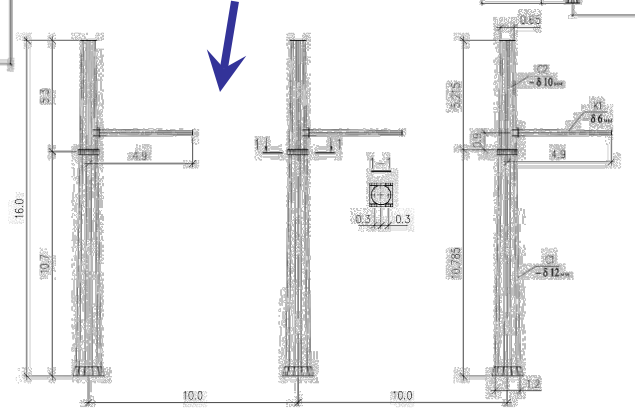
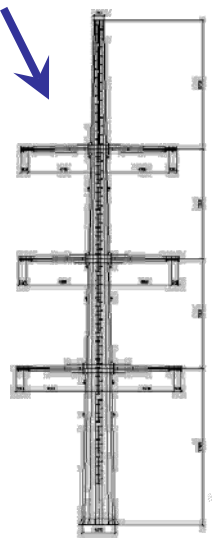


двухцепные  
одностоечные анкерно-  
угловые опоры  
**МУ330-2, МУ330-4,  
МУ330-6**

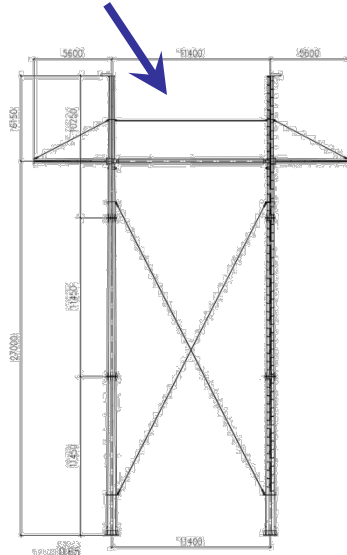
одноцепные  
одностоечные  
анкерно-угловые  
опоры **МУ330-1,  
МУ330-3, МУ330-5**



одноцепные  
трёхстоечные  
анкерно-угловые  
опоры  
**ЗМУ330-1,  
ЗМУ330-1+5,  
ЗМУ500-1,  
ЗМУ500-1+5**



одноцепная двухстоечная  
промежуточная опора с  
внутренними связями  
**2МП330-1В, 2МП500-1В**



# Унификация фундаментов

## Стандарты организации ОАО «ФСК ЕЭС»:

- СТО 56947007-29.120.95-050-2010  
«Нормы проектирования фундаментов из винтовых свай»  
(введён 18.06.2010);
- СТО 56947007-29.120.95-051-2010  
«Нормы проектирования фундаментов из стальных свай-оболочек и буронабивных свай большого диаметра»  
(введён 18.06.2010);



Фундамент из вибропогружаемой свай-оболочки под опору МПГ330-1



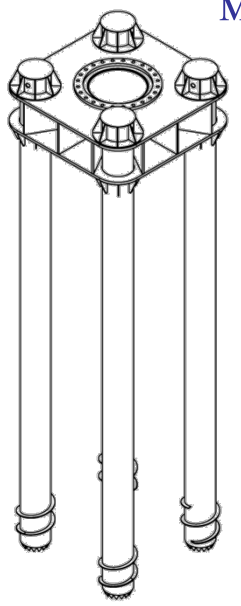
Фундамент из винтовых свай с железобетонным ростверком под опору МПГ330-2 в сложных геологических условиях

- «Рекомендации по выбору способа изготовления набивных свай»
- «Технические требования к машинам и механизмам для сооружения свайных фундаментов»
- «Технические требования к образцам специальной техники для вибропогружения свай и свай-оболочек»

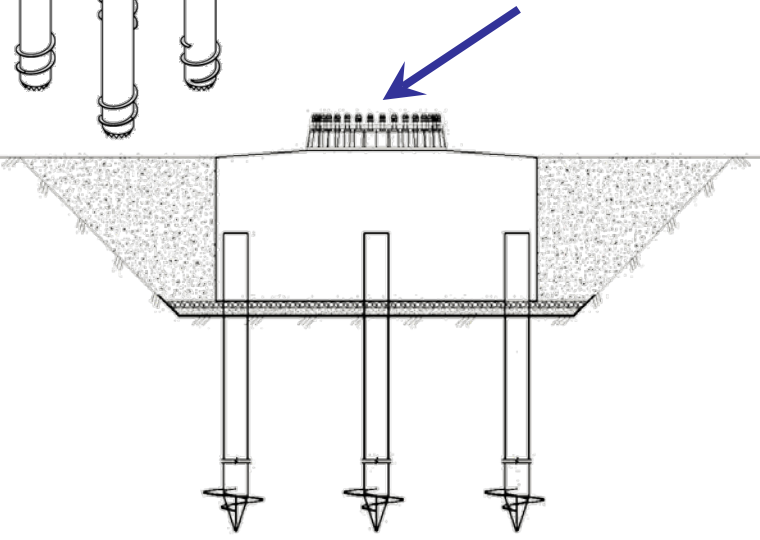


# Базовые конструкции фундаментов для многогранных опор ВЛ 110-500 кВ

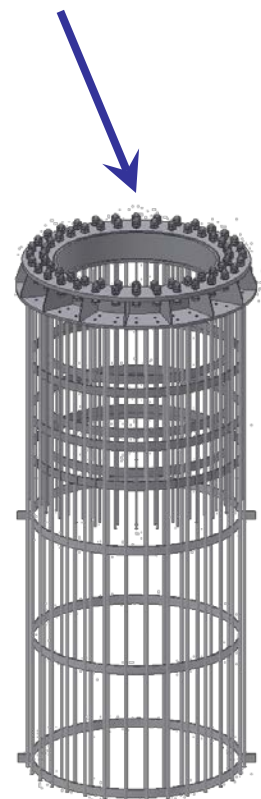
фундаменты из винтовых свай с металлическим ростверком



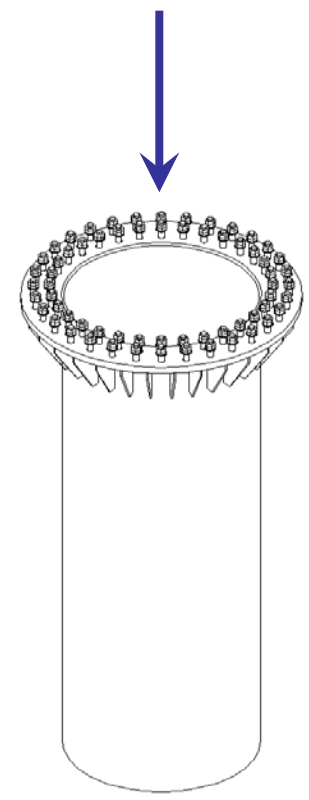
фундаменты из винтовых свай с железобетонным ростверком



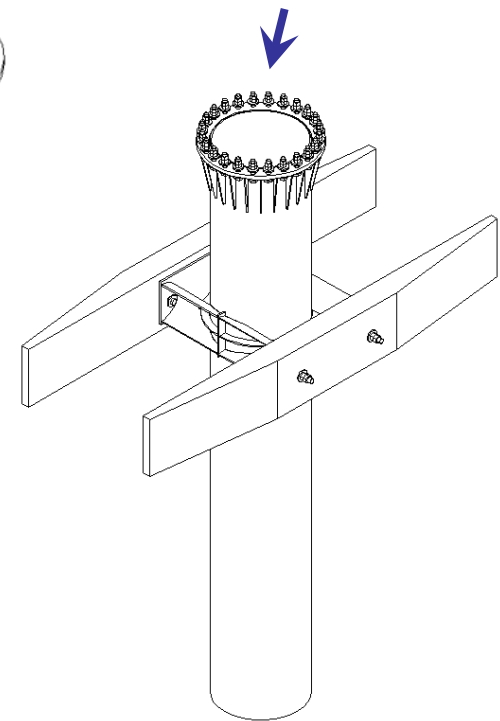
фундаменты из буронабивных свай



фундаменты из вибропогружаемых свай-оболочек

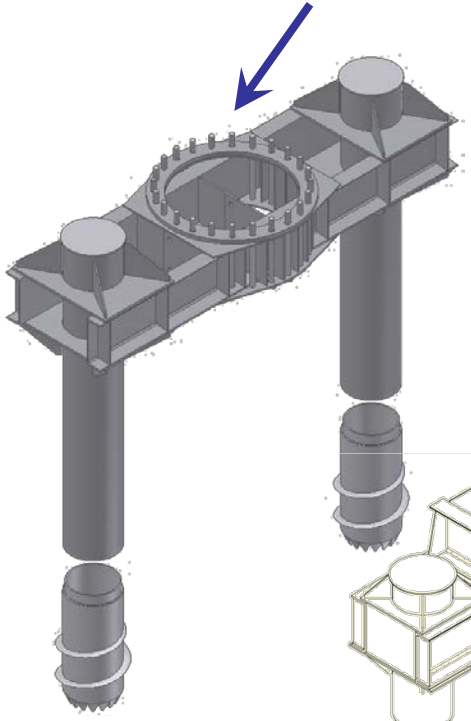


фундаменты из свай-оболочек, погружаемых в пробуренный котлован

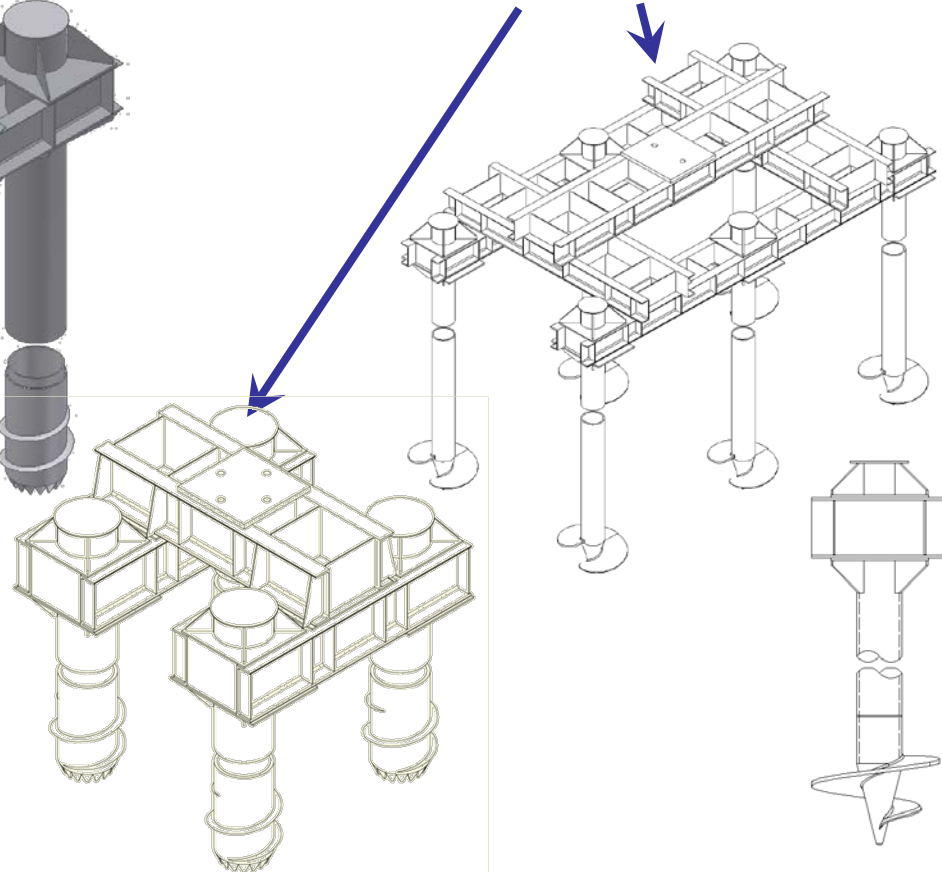


# Базовые фундаменты из винтовых свай для унифицированных опор

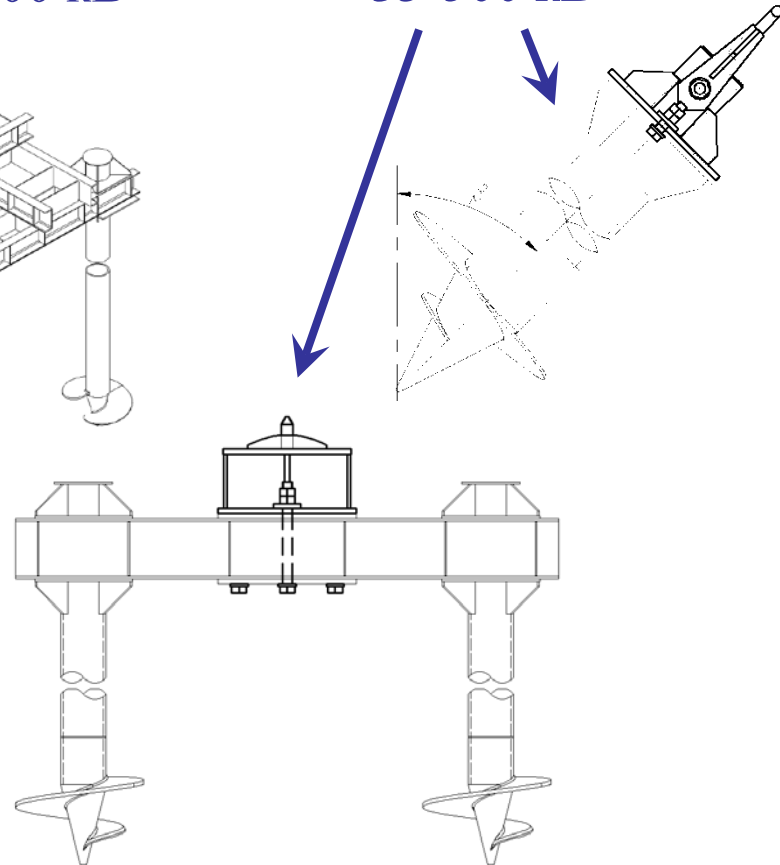
для многогранных опор 110 кВ



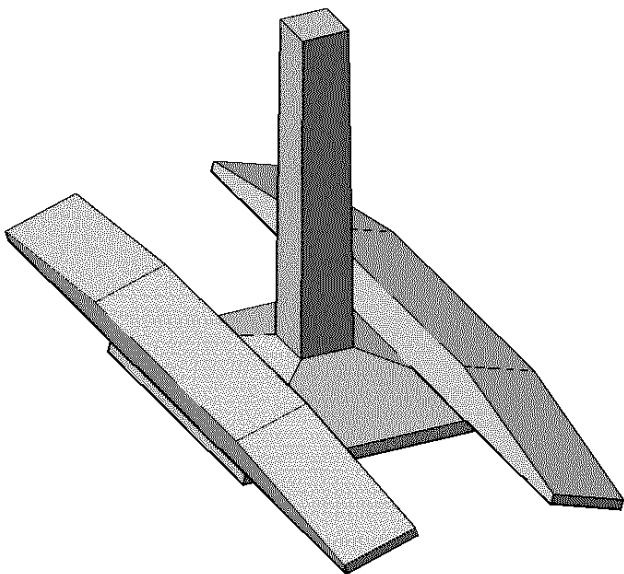
для промежуточных и анкерно-угловых опор башенного типа ВЛ 35-500 кВ



для промежуточных опор на оттяжках ВЛ 35-500 кВ



# Новые анкерные конструкции под оттяжки опор ВЛ 35-500 кВ



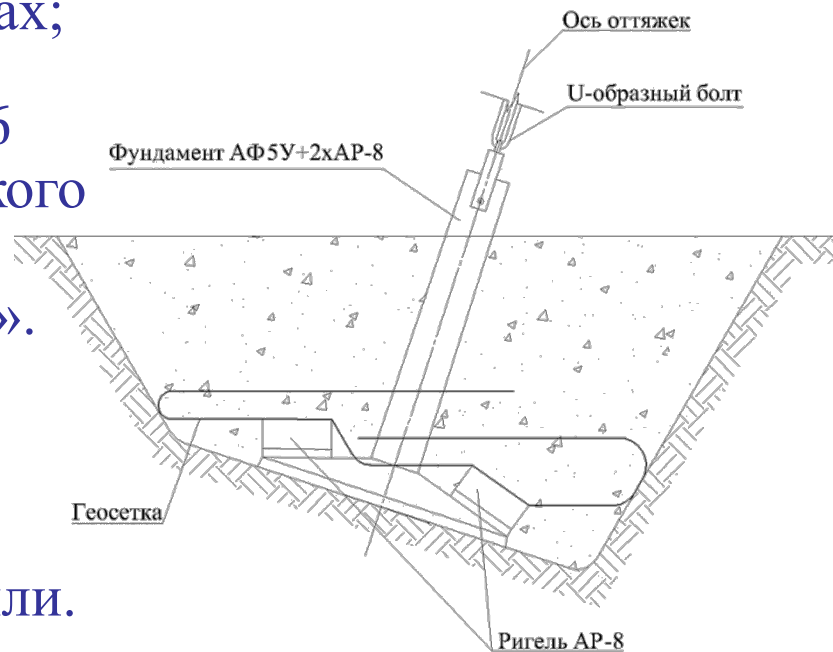
## Применение железобетонных анкерных плит:

- коррозионное разрушение узла крепления оттяжек к анкерным плитам, находящимся на глубине 2.5–3.0 м;
- необходимость большого объёма земляных работ для проверки состояния фундаментов на потенциально опасных с точки зрения коррозии участках;

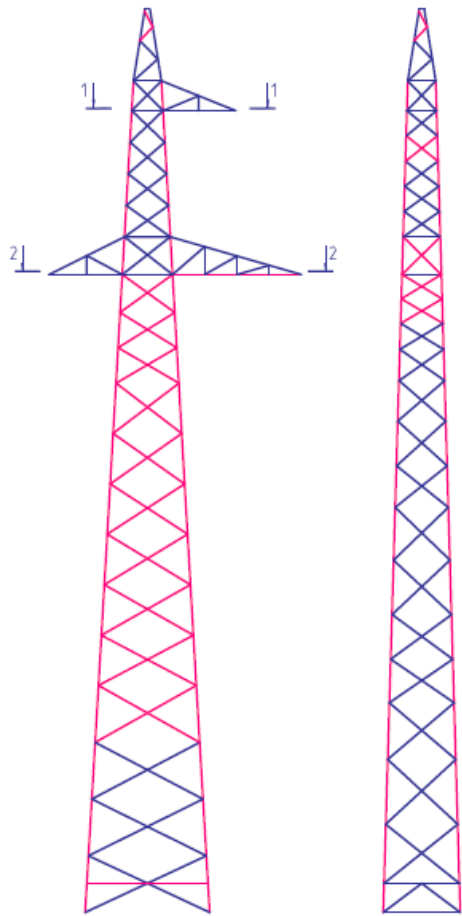
■ не соответствует СО 153-34.20.121-2006 ОАО «ФСК ЕЭС» «Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ».

## Техническое решение:

- новые анкерные конструкции с вынесением узла крепления U-образного болта над поверхностью земли.



# Модификация конструкций с целью уменьшения стоимости строительства ВЛ



2-2



Опора П220-3

- **2006-2009 г. Базовые конструкции:**
  - модификация многогранных опор для условий конкретной ВЛ;
  - модификация фундаментов для условий конкретной ВЛ.
- **1960-1990 г. Типовые конструкции:**
  - модификация опор (решётчатых башенных и на оттяжках) под требования ПУЭ-7;
  - модификация фундаментов (серия 3.407-115) под требования СНиП 52-01-2003.

# Строительство ВЛ 110 кВ Мантурово- Кроностар: устройство фундаментов и монтаж опор ПМ110-1ф

Погружение сваи-оболочки  
в пробуренный котлован



Подъём опоры  
с помощью крана



Две одноцепных ВЛ 110 кВ



Установка  
опоры на  
фланец  
фундаментной  
секции



Стыковка  
секций,  
монтаж  
траверс и  
тросостойки



Узел крепления опоры к фундаменту



### Исходные данные:

➤ трасса проходит по берегу озера Имандра (опоры должны стоять на узкой полосе между озером и линией железной дороги):

- экологические требования;
- минимальная площадь землеотвода под опору;
- стеснённые условия для сооружения опор и фундаментов.

### Технические решения:

- специальные анкерно-угловые одноцепные многогранные опоры ВЛ напряжением 110 кВ с креплением фаз провода к стволу опоры;
- монолитные фундаменты с металлической закладной деталью (трубой), устанавливаемые на скальные грунты.



# НМЛКЭС Строительство ВЛ 110 кВ Кольская АЭС – Полярные Зори



Монтаж фундамента



Многогранные опоры ВЛ 110 кВ  
на берегу озера Имандра

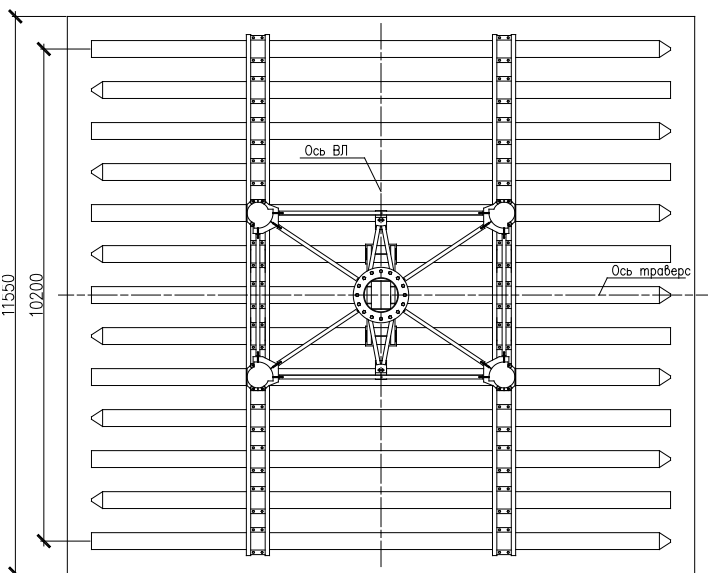
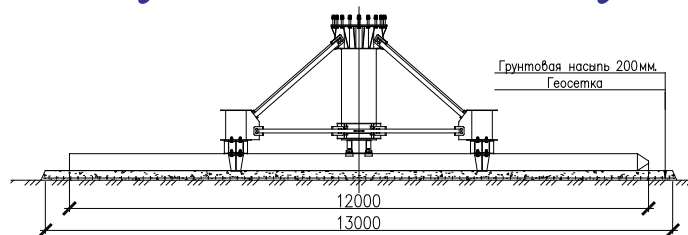


Отсыпка банкетки фундамента

## ВЛ 220 кВ Печорская ГРЭС - Ухта-Микунь, 2010 г.

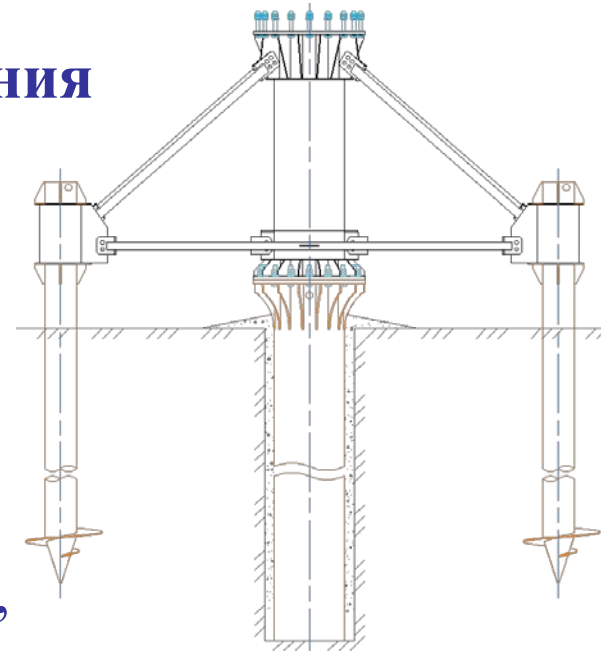
### Исходные данные:

- трасса длиной 545 км, в том числе переход через р. Печора;
- сложные инженерно-геологические условия: текучепластичные суглинки, болота большой мощности.



### Технические решения фундаментов для многогранных опор ПМ220-1м:

- двухригельные и безригельные из свай-оболочек;
- из свай-оболочки, усиленной винтовыми сваями;
- поверхностные с использованием железобетонных свай.





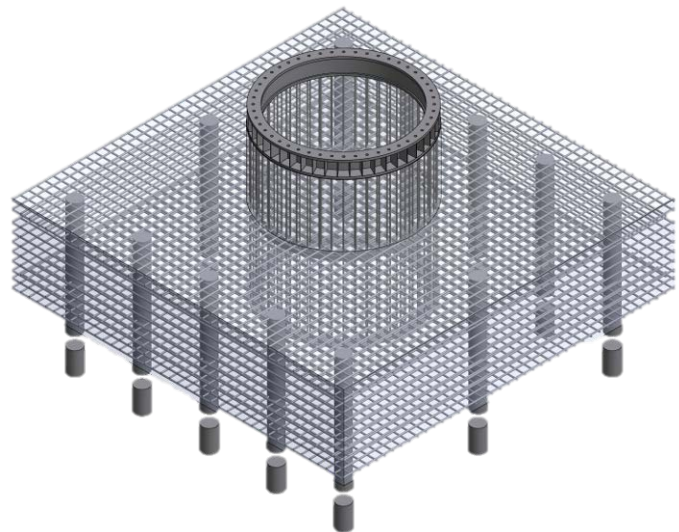
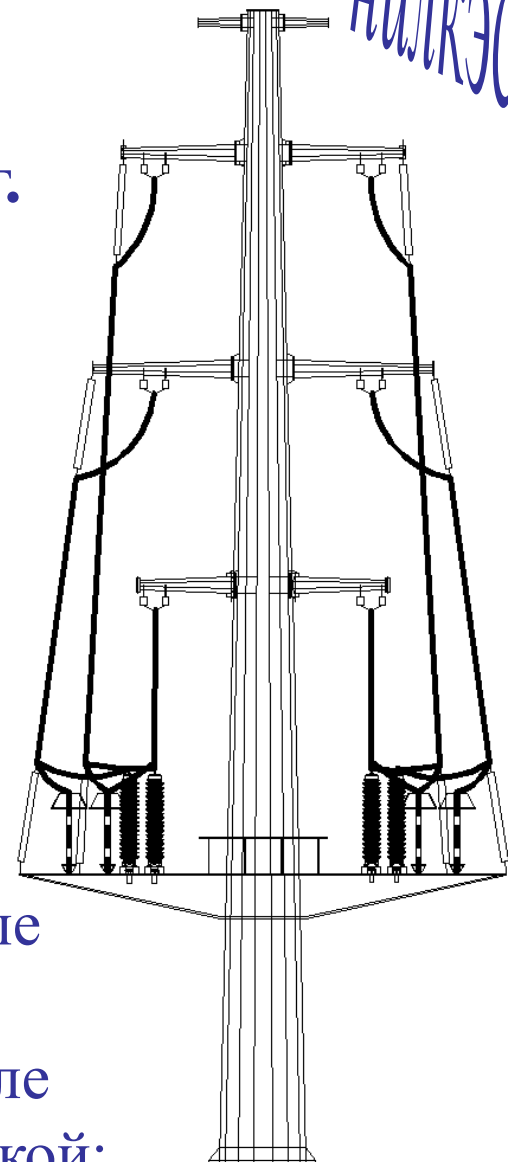
## ВЛ 220 кВ Зелёный Угол – Русская, 2010 г.

### Исходные данные:

- переход ВЛ в кабельную линию;
- сложные климатические условия:  
V район по ветру, IV район по гололёду,  
7 район по сейсмике;
- грунтовые условия: коренные скальные  
грунты, песчаники различной прочности.

### Технические решения:

- концевые многогранные опоры перехода ВЛ в КЛ с расположенной на стволе технологической площадкой;
- фундаменты из буринъекционных свай с монолитным ростверком.



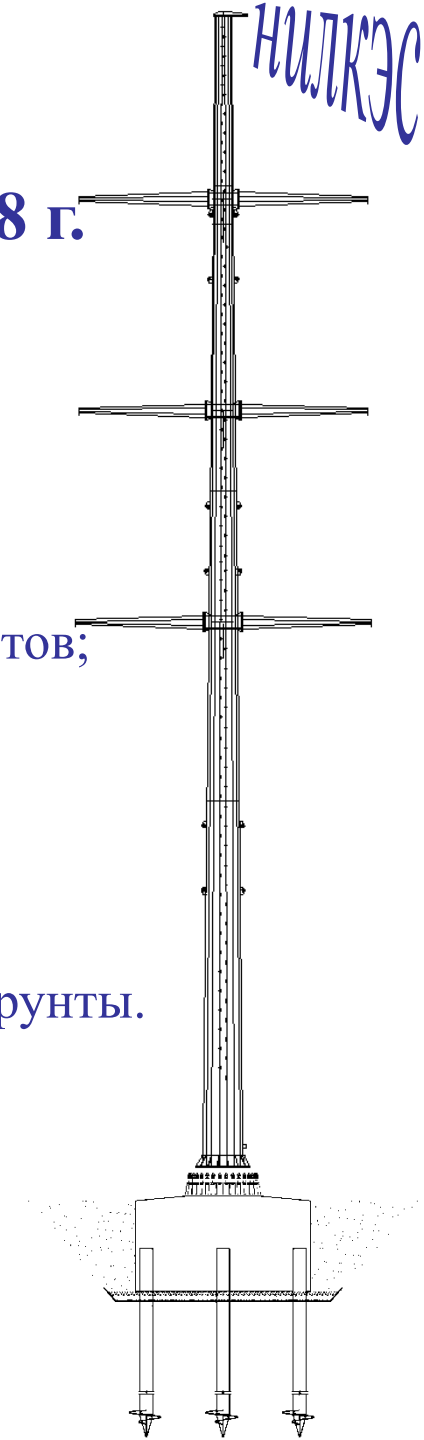
# ВЛ 330 кВ Восточная- Волхов- Северная, 2008 г.

## Исходные данные:

- трасса проходит в черте г. Санкт-Петербурга:
  - экологические и эстетические требования;
  - увеличенный габарит подвески нижнего провода;
  - стеснённые условия для сооружения опор и фундаментов;
  - минимальная площадь землеотвода;
- сложные инженерно- геологические условия (тиксотропные и плавунные свойства грунтов):
  - применение щадящих технологий строительства: сведение к минимуму динамических воздействий на грунты.

## Технические решения:

- специальные промежуточные двухцепные многогранные опоры ВЛ напряжением 330 кВ;
- фундаменты из винтовых свай с монолитными железобетонными ростверками.



# Строительство ВЛ 330 кВ Восточная- Волхов- Северная: устройство фундаментов и монтаж опор МПГ330-2т



Погружение винтовых свай



Монтаж секций опоры



Узел крепления опоры к фундаменту



Монтаж секций опоры



ВЛ 330 кВ

НШКЭС

## ВЛ 330 кВ на Калининской АЭС, 2009 г.



ВЛ 330 кВ

### Исходные данные:

- трасса проходит по берегу озера Удомля.

### Технические решения:

- специальные промежуточные и анкерно-угловые одноцепные многогранные опоры ВЛ напряжением 330 кВ;
- фундаменты на забивных железобетонных сваях с монолитными железобетонными ростверками.



## ВЛ 330 кВ для выдачи мощности от второго блока Калининградской ТЭЦ-2, 2009 г.

### Исходные данные:

- две ВЛ общей протяжённостью 50 км;
- сложные инженерно-геологические условия: большая протяжённость заболоченных участков (торф до 7 м), в долине р. Преголя суглинистые и супесчаные тиксотропные илы (до 14 м).

### Технические решения:

- модифицированные конструкции опор:
  - решётчатые на базе У330-1 и У330-3 с подставками;
  - многогранные на базе МП330-1;
- базовые фундаменты для многогранных опор из свай-оболочек;
- модифицированные конструкции фундаментов на базе фундаментов из винтовых свай с металлическими и железобетонными ростверками.



НИЛКЭС

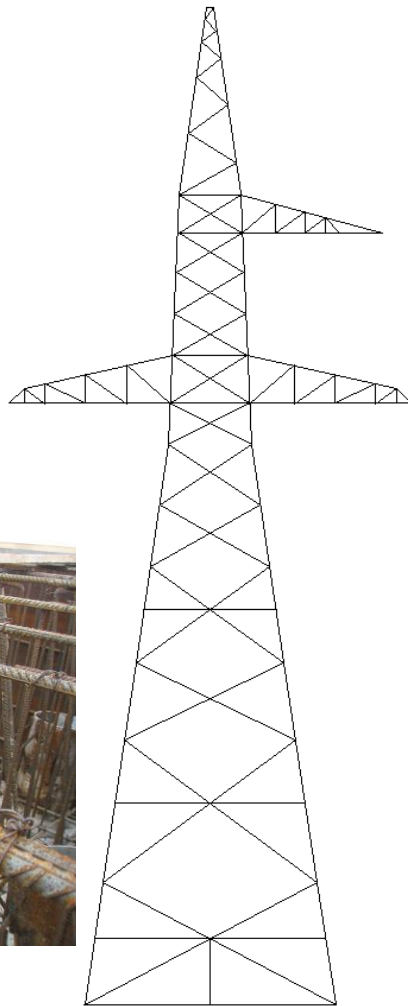
# Строительство ВЛ 330 кВ для выдачи мощности от второго блока Калининградской ТЭЦ-2



Фундамент из винтовых свай для многогранной опоры



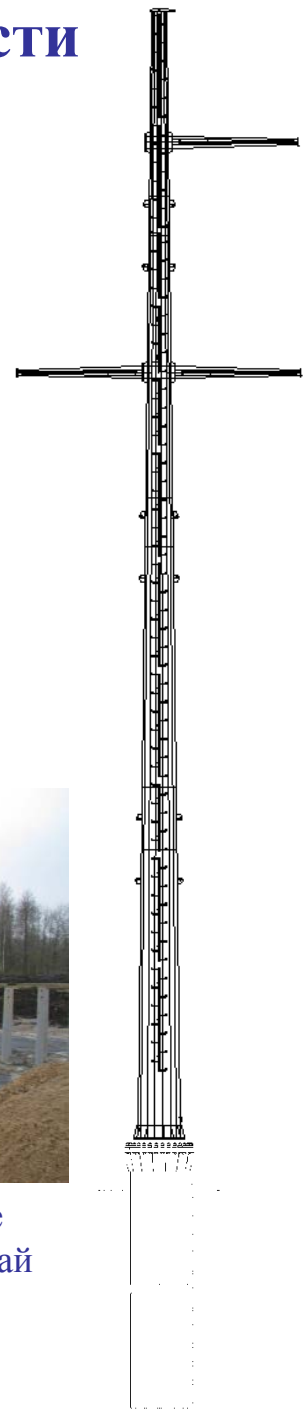
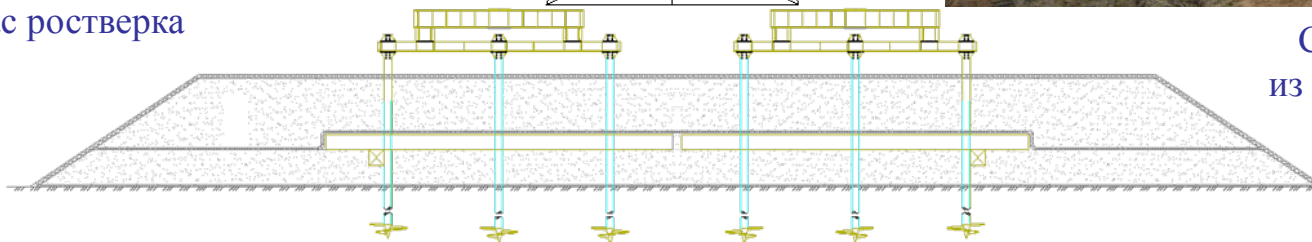
Арматурный каркас ростверка



Вибропогружаемая свая-оболочка



Свайное поле из винтовых свай



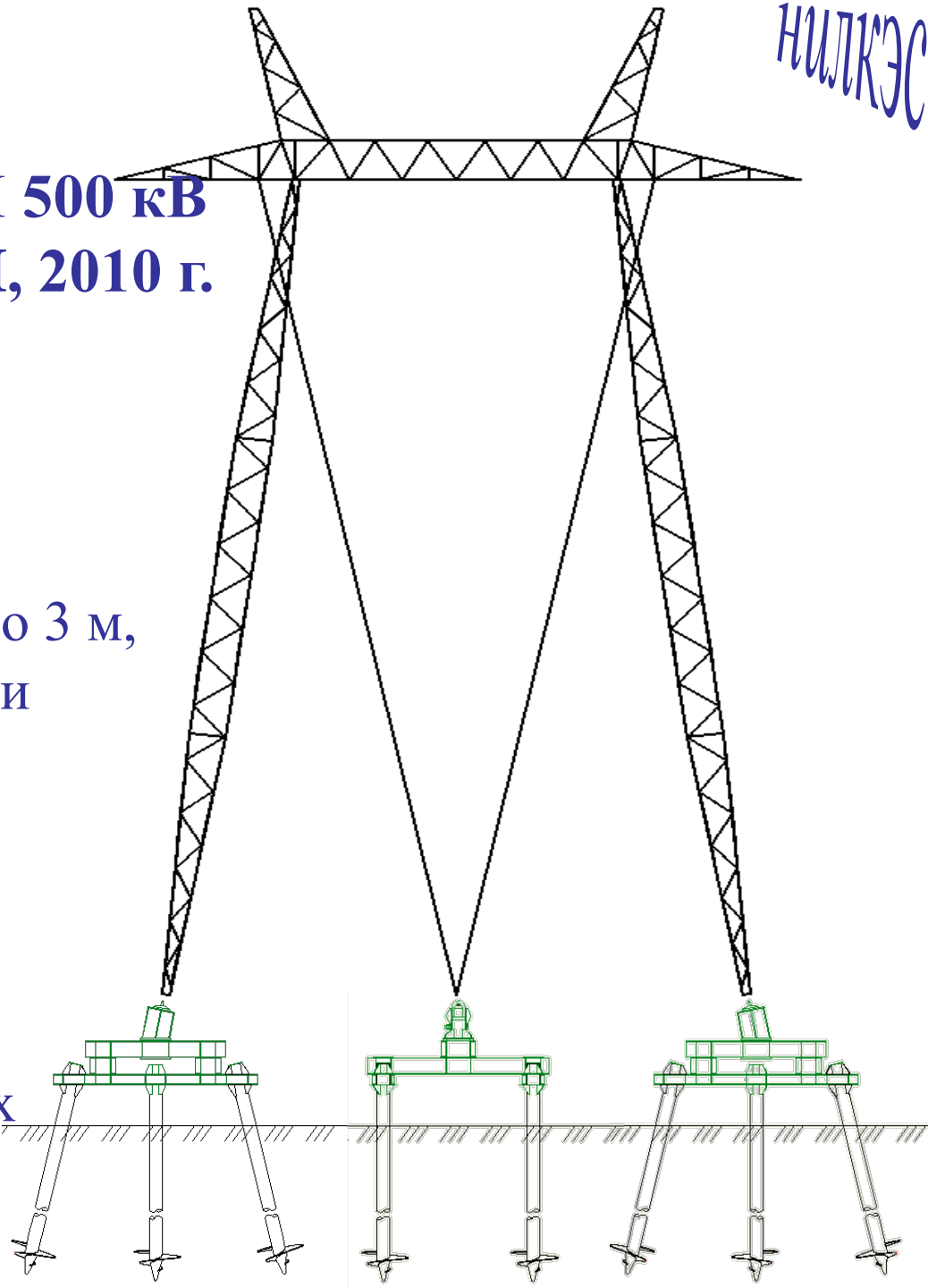
## Фундаменты для опор ВЛ 500 кВ ПС Ангара – ПС Камала I, 2010 г.

### Исходные данные:

- трасса проходит по болотистой местности: мощность залегания торфа до 3 м, текучепластичные суглинки и массивы сажистого угля;
- промежуточные опоры на оттяжках и анкерно-угловые башенного типа.

### Технические решения:

- фундаменты из наклонных винтовых свай с металлическим ростверком.



# Строительство фундаментов ВЛ 500 кВ ПС Ангара – ПС Камала-I

Погруженные винтовые сваи



Монтаж фундаментов опоры на оттяжках



Широколопастные винтовые сваи



Фундамент из винтовых свай





## ВЛ 500 кВ Красноармейская - Газовая, 2010 г.

### Исходные данные:

- протяжённость трассы 390 км;
- 9 климатических зон:
  - район по ветру: II ( $W=500$  Па);
  - район по гололёду:  
от II ( $bэ=15$  мм) до V ( $bэ=30$  мм);
  - ветер при гололёде:  
 $W_r$  от 200 до 320 Па;
  - марка провода: 3хАС300/66;
  - марка троса: 11-МЗ-В-ОЖ-Н-Р.

### Технические решения:

- модифицированные конструкции опор на базе 2МП500-1В:
  - 2МП500-5В для 1-6 климатических зон (II и III районы по гололёду);
  - 2МП500-7В для 7-9 климатических зон (IV и V районы по гололёду).



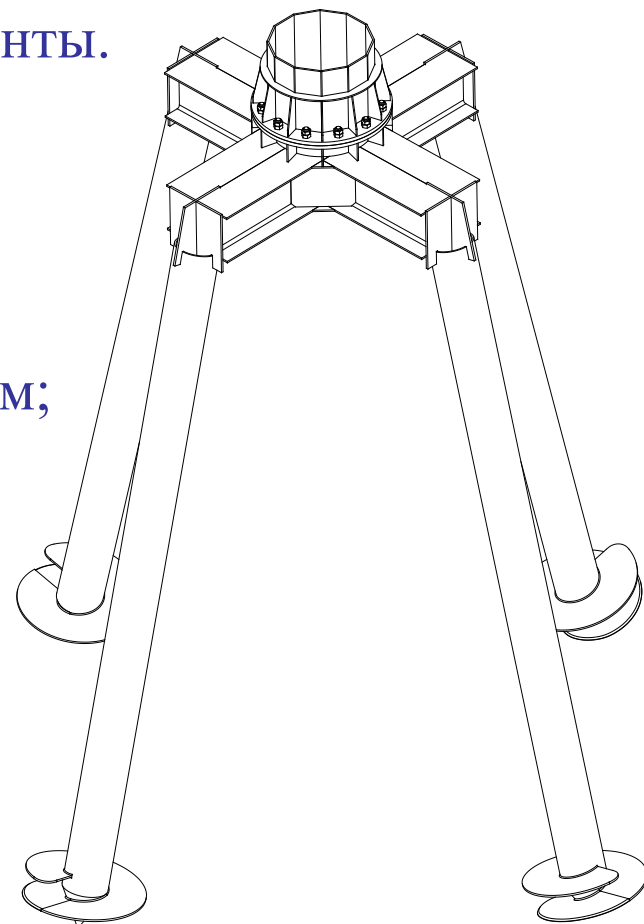
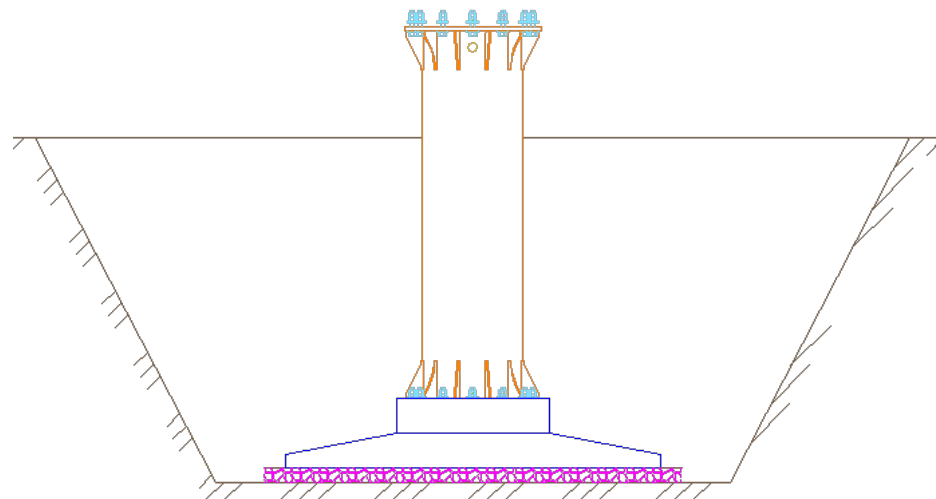
## ВЛ 500 кВ Курган-Ишим, 2010 г.

### Исходные данные:

- на трассе применены опоры 2МП500-1В;
- сложные инженерно-геологические условия: текучепластичные и текучие глины и суглинки, заторфованные грунты.

### Технические решения фундаментов:

- из сваи-оболочки, погружаемой в пробуренный котлован;
- из вибропогружаемой сваи-оболочки;
- из винтовых свай с металлическим ростверком;
- мелкого заложения с железобетонной плитой.



## ВЛ 500 кВ Восход-Витязь, 2011 г.

### Преимущества нового типа фундамента:

- погружение вдавливанием и завинчиванием без нарушения структуры грунта;
- отсутствие земляных работ;
- быстрый монтаж фундаментных конструкций;
- минимальное количество операций при погружении свай (монтаж производится одной машиной;
- небольшое число обслуживающего персонала;
- возможность проведения работ вне зависимости от времени года.



# Фундаменты высотных опор

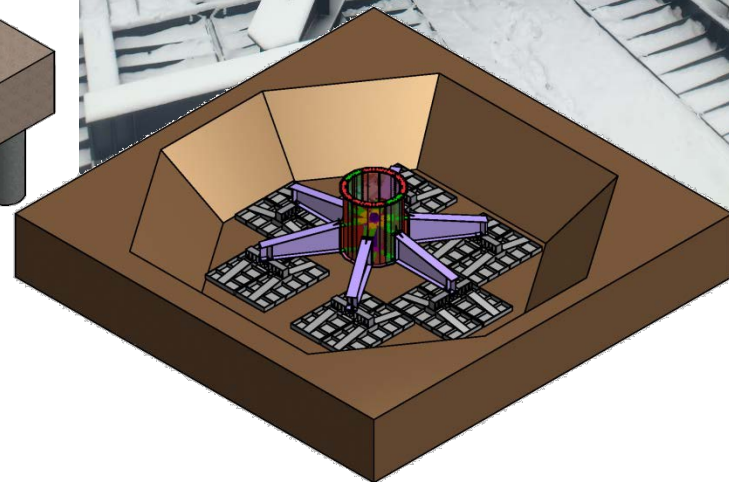
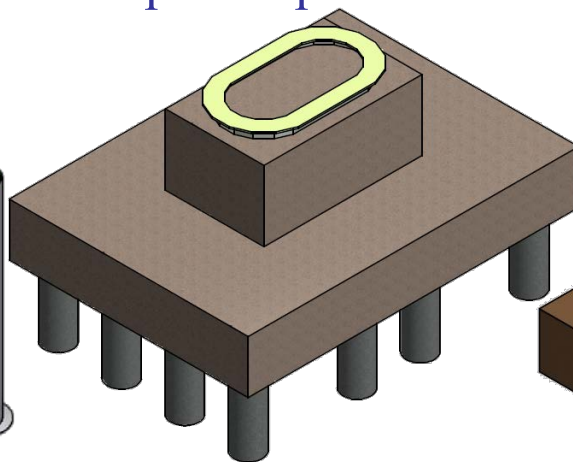
ВЛ 220 кВ Черепеть-Орбита-Спутник-Калужская, 2012 г.

## Исходные данные:

- промежуточные и анкерные многогранные опоры высотой до 50м, изгибающий момент до 2500тс·м;
- грунтовые условия: дисперсные и скальные.

## Технические решения фундаментов:

- из свай-оболочек с винтовой лопастью;
- из ортотропных опорных плит;
- из буронабивных свай с монолитным ростверком.



## Специальные переходы ВЛ через водные преграды

- переход ВЛ 500 кВ ПС Южная - ПС Трубная через р. Волга с применением опор типа «Рюмка» высотой 110м; заказчик ОАО МЭС Волги, 1985г.;
- переход ВЛ 500 кВ Приморская ГРЭС-ПС Хабаровская через реку Амур и Амурскую протоку протяжённостью более 4 км с установкой 9 опор высотой до 200м;



Переход через р. Амур



фундаменты:  
буронабивные сваи длиной 40м  
с монолитным ростверком из  
заполненных бетоном стальных труб;  
заказчик ОАО МЭС Востока, 2002г.;

Фундамент опоры перехода через р. Амур

# Специальные переходы ВЛ через водные преграды

➤ переход ВЛ 500 кВ через Амударью протяженностью более 2 километров с применением плоскошарнирных опор высотой 120 метров; фундаменты: монолитные железобетонные индивидуального изготовления; заказчик ОАО Туркменэнерго, 1990г.;

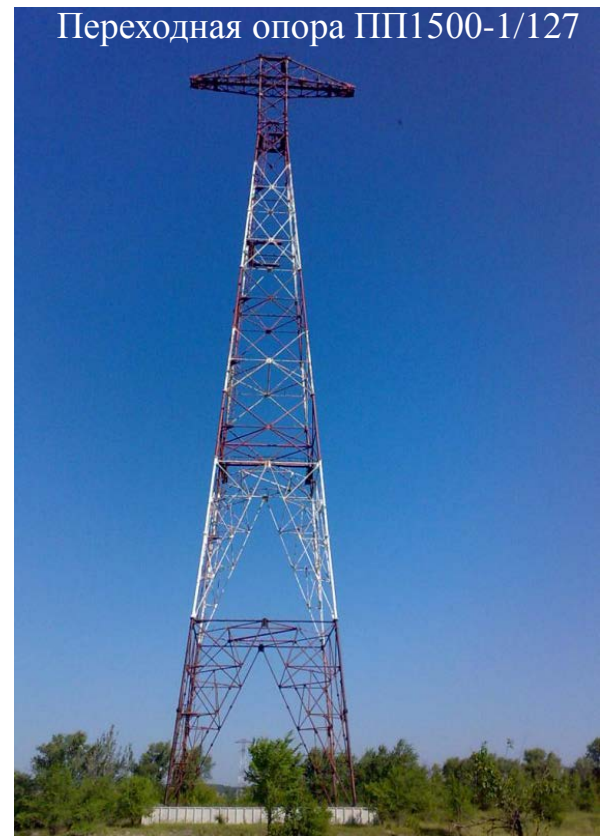
➤ реконструкция специального перехода ВЛ 1500 кВ Экибастуз – Центр через реку Волга для использования при строительстве ВЛ 500 кВ Балаковская АЭС – ПС Курдюм; фундаменты: сборные железобетонные индивидуального изготовления с металлическим

ригелем;  
заказчик ОАО  
МЭС Волги, 2005г.;

➤ переходы ВЛ 110 кВ, 220 кВ через северные реки на А-образных «качающихся» опорах; фундаменты: монолитные железобетонные индивидуального изготовления;



Концевая опора К1500-1

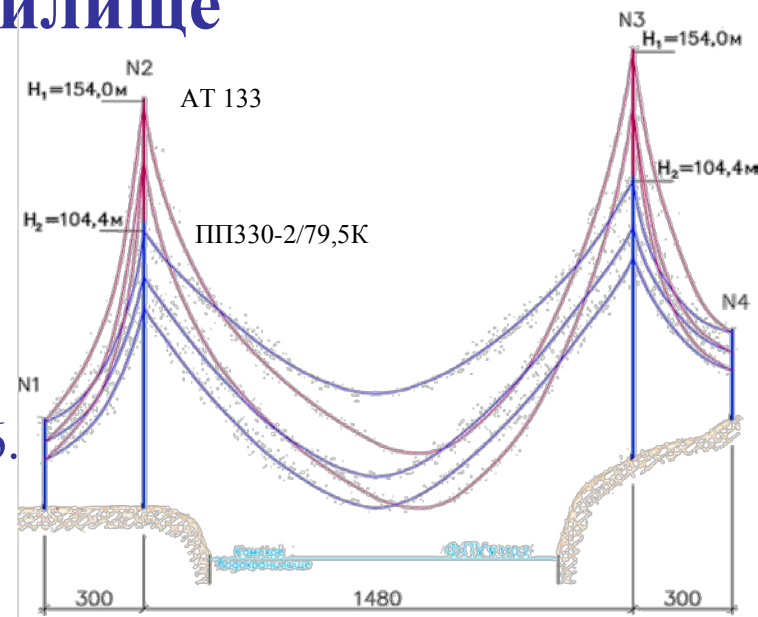


Переходная опора ПП1500-1/127

# Двухцепный переход ВЛ 220 кВ через Камское водохранилище

Переход ВЛ 220 кВ Пермская ГРЭС-Соболи-1,2 через Камское водохранилище с применением высокотемпературного провода ACS 521-A20SA, что позволило уменьшить высоту переходной опоры на 50м и сократить сметную стоимость строительства на 17% по сравнению с АС500/336.

**Фундаменты:** монолитные железобетонные индивидуального изготовления.

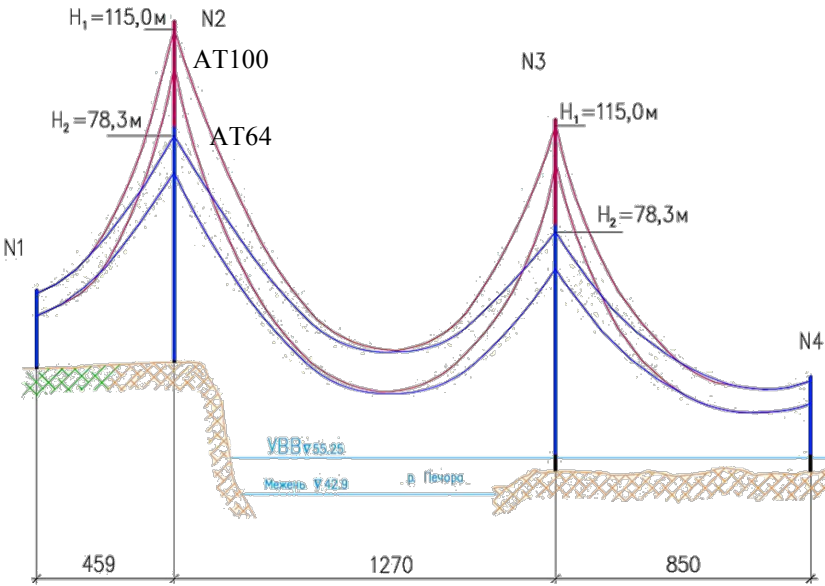


Заказчик  
ОАО Кузбассэнерго,  
2009г.;



Переходная  
опора

# Переход ВЛ 220 кВ через р. Печора



Переход ВЛ 220 кВ Печорская ГРЭС-Ухта - Микунь через р. Печора с применением высокотемпературного провода ACS 548-A20SA, что позволило уменьшить высоту переходной опоры на 37м и сократить сметную стоимость строительства на 15% по сравнению с применением провода АС500/336.

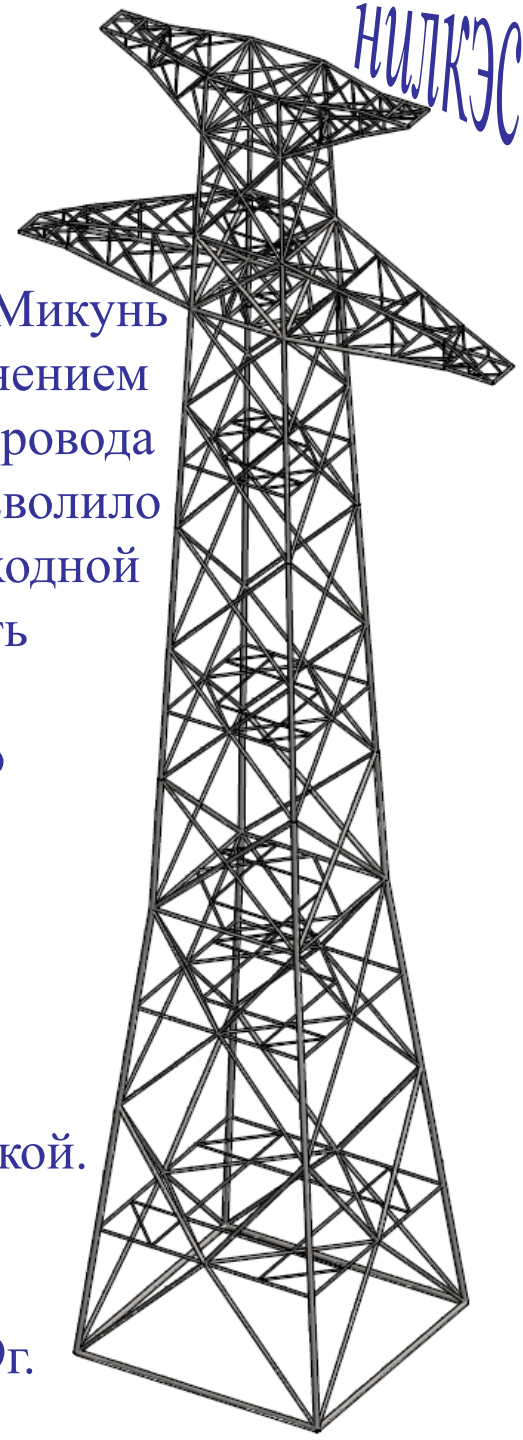
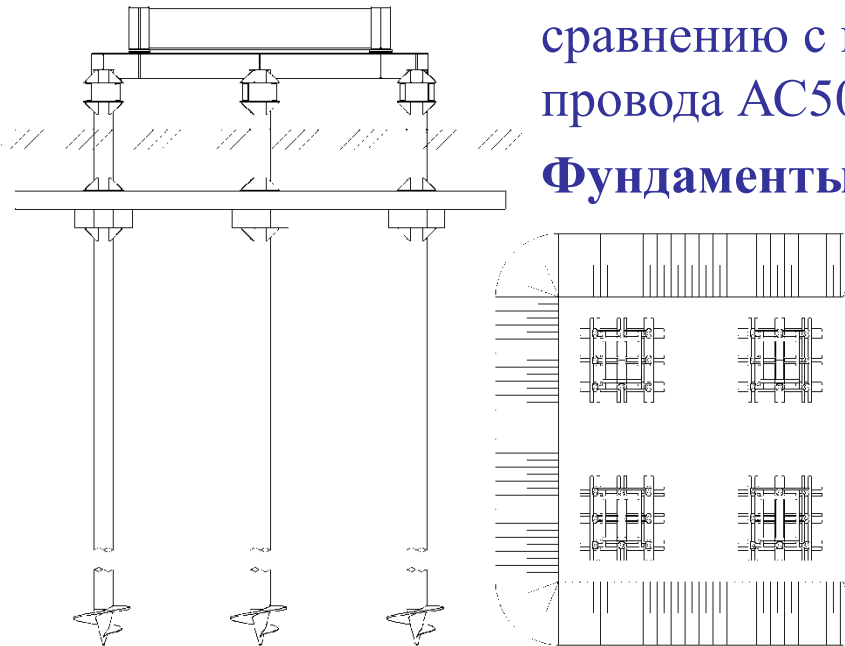
**Фундаменты:** из винтовых свай с

металлическими ростверками и насыпной банкеткой.

Заказчик:

ОАО ЦИУС

Северо-Запада, 2009г.



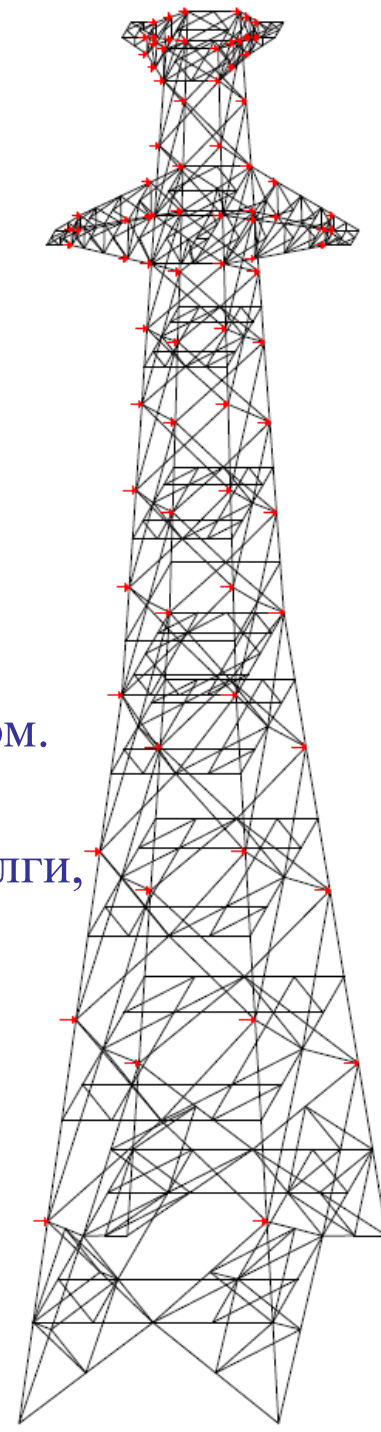
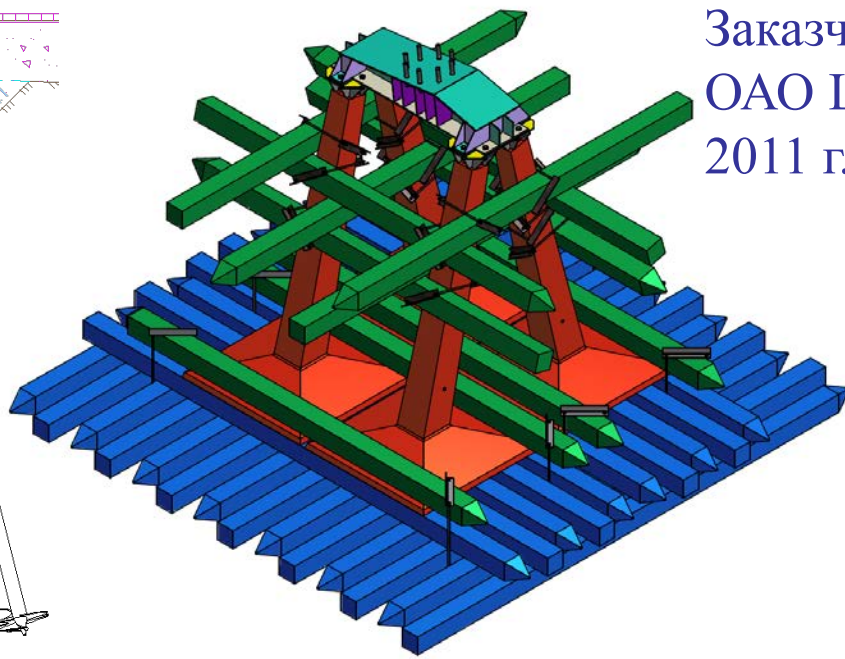
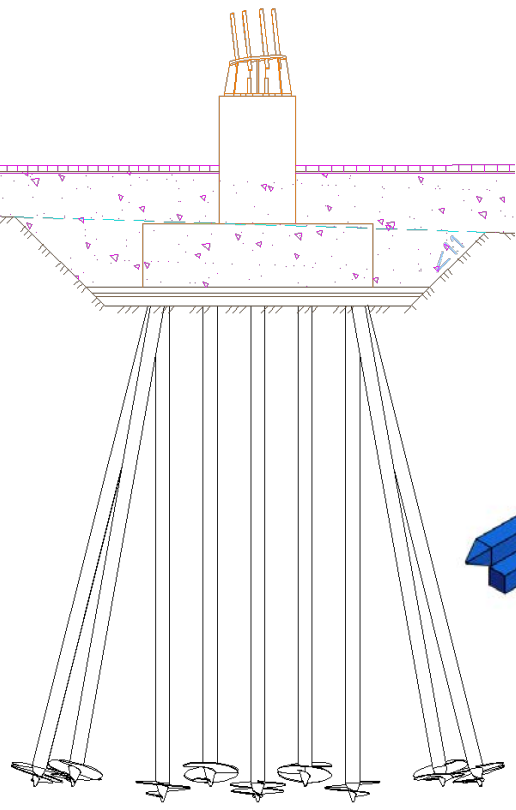


# Спецпереход ВЛ 220 кВ через р. Волга в г. Балаково

Спецпереход ВЛ 220 кВ Балаково 1,2 через р. Волга  
(четыре одноцепных и один двухцепный) с применением  
высокотемпературного провода ACS 521-A20SA на опорах  
АТ-105 (125м), АТ-96, АТ-87, что позволило уменьшить высоту  
переходных опор до 40м и сократить сметную стоимость  
строительства на 14% по сравнению с применением АС500/336.

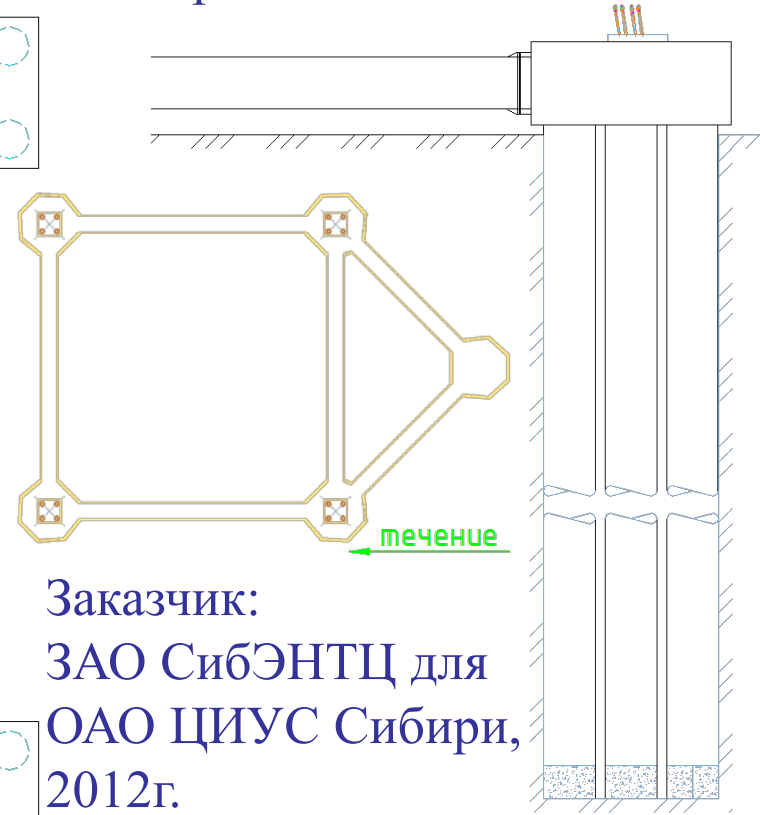
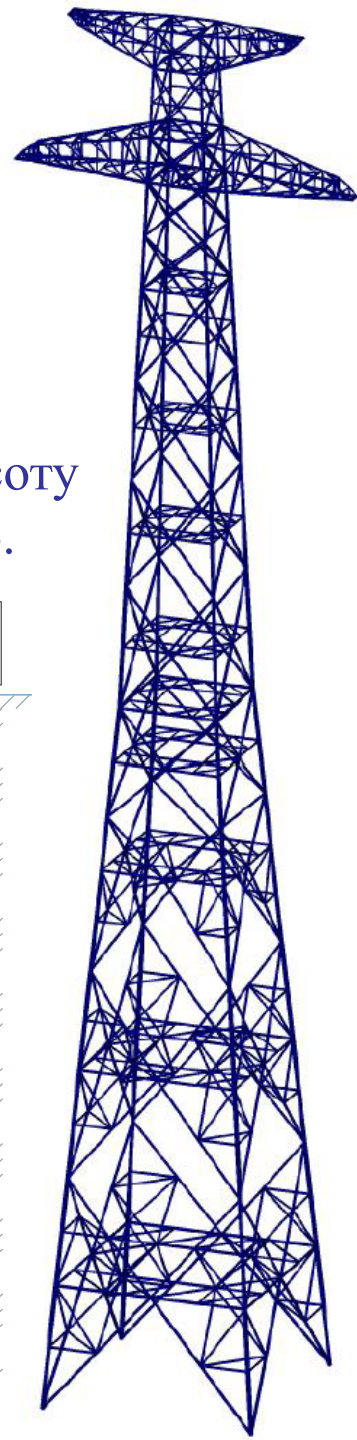
**Фундаменты:** сборные железобетонные и  
из винтовых свай с монолитным ростверком.

Заказчик:  
ОАО ЦИУС Волги,  
2011 г.



# Переходы ВЛ 500 кВ через реки Обь и Васюган

Переходы ВЛ 500 кВ Советско-Соснинская-Парабель через реки Обь и Васюган с применением высокотемпературного провода ТАСР/АС 146-TAL/519-A20SA на опорах индивидуального изготовления из труб АТ-160 (180м), что позволило уменьшить высоту переходной опоры до 40м по сравнению с применением АС500/336.



← мечение

## Обследование технического состояния ВЛ и ПС

Определение остаточной прочности бетона фундамента на сжатие методом упругого отскока с использованием склерометра ОМШ-1

ОРУ 500 кВ СШП

Портал №6 стойка П1, П4, П6, П8

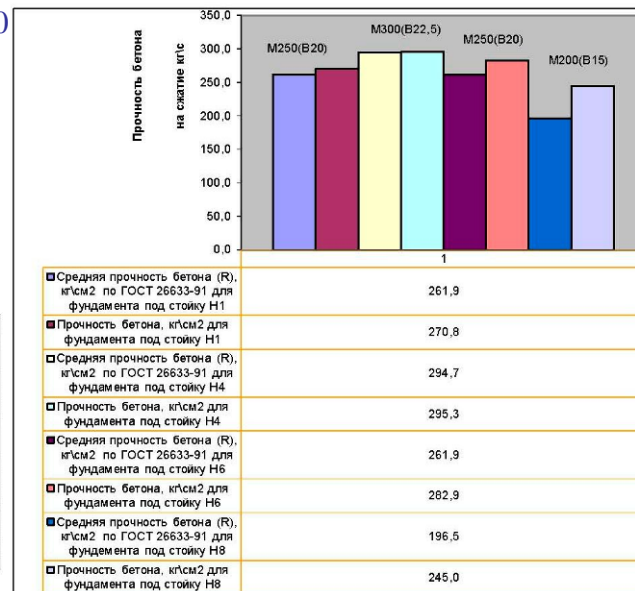
Данные измерений, полученные с помощью прибора ОМШ-1

№ ф-та	Кол-во измерений	Величина отскока, Н											
		41	39	40	40	41	38	40	41	38	39	38	
Н1	11	41	39	40	40	41	38	40	41	38	39	38	
Н4	13	41	41	43	40	42	40	42	42	40	43	42	
		41	42										
Н6	13	42	41	40	41	42	41	40	38	39	40		
		40	41										
Н8	15	38	38	37	36	38	39	37	36	37	37	38	
		38	35	36	38								

Результат обработки данных измерений

Наименование	П1	П4	П6	П8
Средняя величина отскока (Нср)	39,5	41,5	40,5	37,2
Прочность бетона по тарировочной кривой прибора ОМШ-1; (МПа)	33,2	36,2	34,7	30,0
Прочность бетона с учётом возрастного коэффициента бетона - 0,8	МПа	26,6	29,0	27,7
	кг/см2	270,8	295,3	282,9

Диаграмма сравнения остаточной прочности бетона фундамента со средней прочностью бетона (R), кг/см2 по ГОСТ 26633-91

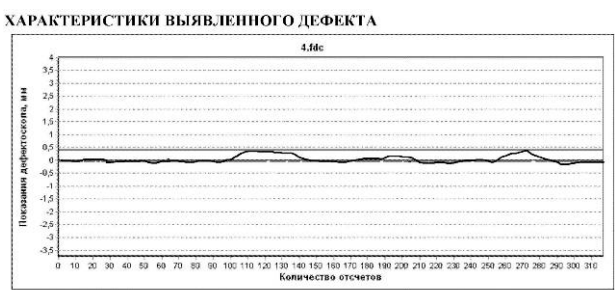


- инструментальное и визуальное обследование:
  - инструментальное измерение коррозионных потерь стальных элементов решётчатых опор;
  - инструментальное измерение остаточной прочности бетона;
- прогнозирование остаточного ресурса;
- выдача рекомендаций по устранению дефектов и повреждений;
- оценка надёжности ВЛ.



Склерометр ОМШ-1, толщиномер А1209, дефектоскоп вихретоковый ВД-70

Линейный портал ПР4, ячейка 5				
Стойка 3 (по схеме 2)				
№ участка измерений*	№1	№2	№3	№4
Прямые измерения, снятые с прибора А1209, (мм). Скорость УЗ = 5926 м/с для стали В Ст3сп5 по ГОСТ 380-71*	9,01	9,01	9,00	8,93
	9,02	9,00	9,00	8,95
	9,00	8,99	8,99	8,94
	9,00	9,02	8,97	8,96
	9,01	8,99	9,00	8,94
Средняя толщина стенки трубы участка, мм	9,01	9,00	8,99	8,94
Проектная** толщина стенки трубы (мм), с учетом предельных отклонений по толщине проката (+ 0,3; -0,8 мм) по ГОСТ 19903-74	9	9	9	9
	(+) 9,3	(+) 9,3	(+) 9,3	(+) 9,3
	(-) 8,2	(-) 8,2	(-) 8,2	(-) 8,2
Заключение	Толщина стенки трубы на участках измерений стойки соответствует проектной с учетом допусков на прокат			
Схема 2	Портал ПР4			
	Стойка 1	Стойка 2	Стойка 3	Стойка 4
	Ячейка 5			
* - все измерения проводились на высоте в среднем 2,2 - 2,5м от дневной поверхности земли				
** - проектная толщина стенки трубы по чертежу №14537 КМ-16				



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАТОРА  
Трещины в металле сварного шва глубиной до 0,5 мм

## Обследование технического состояния

- опор воздушных переходов на ВЛ 500 кВ на Саяно-Шушенской ГЭС; заказчик ОАО Ленгидропроект для РусГидро, 2011г.;
- конструкций ОРУ 500 кВ Саяно-Шушенской ГЭС и ОРУ 220 кВ и ОРУ 500 кВ Зейской ГЭС с дальнейшим выполнением расчётов порталов ОРУ 220 и 500 кВ по результатам лазерного сканирования; заказчик ОАО Ленгидропроект для РусГидро, 2011-2012г.;

Опора перехода ВЛ 500 кВ на Саяно-Шушенской ГЭС



- ПС 500/220/35 кВ Куйбышевская; заказчик ОАО ЦИУС Центра, 2012г.;
- ВЛ 220 кВ Рысаево-Саракташ-Тяга; ВЛ 220 кВ Балаково 1,2; заходов ВЛ 750 кВ Калининская-Грибово на Калининскую АЭС; ВЛ 330 кВ Кингисепп-Гатчина на ПС 330 кВ Лужская; ВЛ 220 кВ на ПС 500 кВ Череповецкая; ВЛ 330 кВ на ПС 330 кВ Чудово и др., 2009-2011г.

## Проекты ликвидации аварийных ситуаций на ВЛ

- ВЛ 220 кВ Медгора-Онда, разрушение фундаментов опор на оттяжках, перестановка опор на новые фундаменты без отключения линии: фундамент из винтовых свай подведён под опору, 1997г.;
- ВЛ 330 кВ Эстонская ГРЭС-Кингисепп, отключение линии из-за обрыва оттяжки и её подхлётки на крайнюю фазу, перевод крепления оттяжек на винтовые сваи: погружение свай со льда тросовым кабестаном, 2003г.;



Оттяжка на винтовой свае



Новый фундамент из винтовых свай

- ВЛ 330 кВ Чудово-Окуловка, перестановка стойки опоры на новый фундамент из винтовых свай без проведения сварных работ на пикете с отключением ВЛ только на момент перестановки на новый фундамент, 2005г.;

# Проекты ликвидации аварийных ситуаций на ВЛ



Новый  
поверхностный  
фундамент

- ВЛ 220 кВ Уренгой-Тарко-Сале, перестановка стоек и оттяжек опор на новые поверхностные фундаменты, 2009г.;
- переход ВЛ 220 кВ Балаково-2 через Волгу, обрыв провода крайней фазы при плановом



Деформации  
элементов  
опоры

ремонте проводов привёл к динамическому удару: голова опоры типа «Рюмка» повернулась на  $10^\circ$  от вертикальной оси, выполнен проект ремонта: сварка трещин и дефектных сварных швов, установка дополнительных распорок и диафрагм, новых раскосов решётки, 2010г.



Переходная опора ПС-90 № 23 после динамического удара

# Конструкции железобетонных опор для ВЛ 35-500 кВ из секционированных стоек

## Преимущества новых опор:

- стоимость железобетонных опор в **2,8** раза ниже стоимости стальных конструкций;
- стоимость строительства ВЛ на ж/б опорах на **30%** ниже, чем на стальных;
- соответствие **ПУЭ-7**, большая несущая способность, пролёты соизмеримы с пролётами металлических опор;
- долговечность – **70 лет**;
- простота монтажа и вандалоустойчивость конструкций;
- удобство транспортировки – длина секции до **11,3 м**;
- возможность установки опоры на место существующей при реконструкции ВЛ, – не требуется дополнительного землеотвода.



НИИТКЭС

# Протокол совещания по разработке и внедрению железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек на объектах ОАО «Россети», 14.03.2014

### УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Генерального директора по технической политике ОАО «Россети»

и в 2014

 Р.Н. Бе

### ПРОТОКОЛ

технического совещания по координации работ по разработке и внедрению железобетонных опор из центрифугированных стоек на объектах ОАО «Россети»

Москва

### ЦЕЛЬ СОВЕЩАНИЯ:

Об организации работ по внедрению железобетонных опор секционированных стоек.

### ПРИСУТСТВОВАЛИ:

- ОАО «Россети»:
  - Софья Владимир – Директор Департамента технологического инноваций;
  - Лаустин Дмитрий – Заместитель начальника Управления - отдела Департамента технологического инноваций;
  - Горохович Б.А. – Начальник отдела Департамента технологического инноваций.
- ОАО «ШУС ЕЭС»:
  - Сузьмин А.В. – Эксперт – заместитель руководителя У
- ОАО «Ленэнерго»:
  - Магдеев Н.Н. – Заместитель главного инженера по тех

- Рабочука Я.В. – заместитель начальника Департамента технологического развития и инноваций;
- ОАО «СевЗен НПП»:
  - Качановская Л.И. – Заместитель Генерального дир
  - Ермошина М.С. – Начальник НИИТКЭС ПЦ Секция к.ф.м-н.
- ОАО «Фирма «ОРГЭС»:
  - Каверина Р.С. – Начальник ЦГЭВЛ
- ОАО «Энергожелезобетонинвест»:
  - Кустов В.Ю. – Директор по развитию.
- ОАО «Новая инженерная компания»:
  - Иванов А.Н. – Заместитель Генерального дир
- ОГ ГК «Юнако»:
  - Ломатидзе И.В. – Коммерческий директор ООО «Юнако»

### ОТМЕТИЛИ:

- Преимущества железобетонных опор по сравнению со стоимостью изготовления и монтажа опор из стоек в **2,8 раза** ниже стоимости решетчатых опор восприятие тех же нагрузок.
  - стоимость строительства ВЛ с применением в среднем на **30% ниже** стоимости строительства стальных решетчатых и многогранных опор.
- Опыт эксплуатации железобетонных опор показывает, что при соблюдении технологии производства монтаж стоек, долговечность железобетонных конструкций достигает более 70 лет и сопоставима с долгие многогранных опор.
- Недостатки существующих железобетонных стоек:
  - Фиксированная длина жб стоек (22,6 и 26 м);
  - необходимость применения специальных транспортных опор и получения разрешения на их строительство;
  - сокращение долговечности конструкций за счёт полученных при неправильной транспортировке и складировании трещин;
  - необходимость установки ригелей для закрепления опор в слабых грунтах (увеличение объема работ и стоимости монтажа), обусловленная невозможностью увеличения глубины заделки опор ниже 3 м без нарушения габаритных расстояний;

3.2. Несоответствие стоек и опор ВЛ, на их основе, требованиям действующих нормативных документов, в том числе ПУЭ-7 (по трещиностойкости, толщине защитного слоя, устойчивости заглубленной в грунт части стоек и воздействию горизонтальных сил и изгибающего момента), что приводит к необходимости резкого сокращения пролётов опор, увеличению количества опор, линейной арматуры и гидравлической нагрузки на каждый километр трассы ВЛ.

4. Указанных недостатков будут лишены новые железобетонные секционированные стоек:

- длина секций 11,3 + 13 метров;
- масса секций от 3,2 до 5,7 тонн;
- фланцевые соединения секций;
- разработаны по ПУЭ-7.

5. На сегодняшний день выполнены необходимые мероприятия по подготовке массового внедрения железобетонных опор нового поколения:

- разработана технология изготовления, выпущены и испытаны железобетонные центрифугированные секционированные стойки связи;
- изготовлены опытные образцы железобетонных секционированных стоек;
- проведены испытания опытных образцов стоек;
- проведен сравнительный анализ стоимости строительства железобетонных опор из центрифугированных стоек;
- произведены мощности современных предприятий по изготовлению секционированных стоек;

6. В части «инноваций» внедрения новых жб стоек «Ленэнерго»:

- разработаны комплекты рабочей и конструкторской документации на железобетонные опоры ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек;
- изготовлены опытные образцы опор ВЛ и испытаны;
- разработаны комплекты рабочих чертежей фундаментов для железобетонных опор ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек;
- разработка каталога железобетонных опор ВЛ центрифугированных секционированных стоек;

– формирование интеллектуального портфеля и передача прав на патентование в России и за рубежом ОАО «Ленэнерго» путём патентования в России и за рубежом результатов разработок.
6.2. Проведен сравнительный анализ стоимости строительства секционированных стоек нового поколения на базе центрифугированных стоек нового поколения.
7. Целевая программа по внедрению железобетонных секционированных стоек (ЦП ЖБО) на объектах ОАО «Россети».

7.1. Для общего руководства работами по созданию ЦП ЖБО необходимо организовать рабочую группу (РГ).
7.2. В результате выполнения ЦП ЖБО должны быть разработаны:

- Технический проект базовой серии жб опор из секционированных стоек для ВЛ 110-500 кВ;
- Технический проект (типовые решения) закрепления в опор из секционированных стоек для ВЛ 110-500 кВ;
- изготовлены опытные образцы жб опор из секционированных стоек для ВЛ 110-500 кВ и фундаменты для закрепления в грунте серии опор;
- проведены приемо-испытания жб опор из секционированных стоек и представлены протоколы испытаний;
- разработаны Технологические карты документации на изготовление секционированных стоек базовой серии и на их закрепление;
- разработаны Технологические инструкции по монтажу секционированных стоек для ВЛ 110-500 кВ;
- разработана Инструкция по эксплуатации жб секционированных стоек;
- разработаны Технологические карты и типовые решения монтажных и ремонтных работ на ВЛ 110-500 кВ, выходящих за пределы секционированных стоек.

7.3. ЦП ЖБО должна предусматривать возможность реализации проекта по внедрению жб опор для ВЛ 110 кВ, 220 кВ, 330-500 кВ.
7.4. Целесообразно сделать ТЭО по расширению ЦП ЖБО на классы напряжений 10-35 кВ.

### ЕШЛИ:

- Признать перспективной работу по созданию унифицированных железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 110-500 кВ.
- Признать целесообразным подготовку Целевой программы по внедрению жб опор из секционированных стоек (далее - ЦП ЖБО) на объектах ОАО «Россети», в том числе и в ОАО «Ленэнерго».

- Для подготовки ЦП ЖБО создать рабочую группу, в соответствии с Приложением 1.
- ОАО «Россети» (Горохович Б.А.) проработать вопрос с ОАО «МРСК Северо-Запада», ОАО «МРСК Юга», ОАО «МРСК Урала», ОАО «Гомельэнерго», ОАО «ФСК ЕЭС» о включении их представителей в РГ.
- Срок: Следующее заседание РГ.
- Рабочей группе (Качановская Л.И.):
  - Подготовить структуру целевой программы на разработку ЦП ЖБО, включающую описание следующих разделов:
    - разработка нормативной документации;
    - разработка конструкторской документации;
    - испытания и аттестация разработанных опор;
    - сравнительное ТЭО применения жб опор нового поколения на примере строительства новой ВЛ;
    - определение потребности в жб опорах с разбивкой по классам напряжений ВЛ;
    - план пилотного внедрения на объектах нового строительства и технического перевооружения;
    - план широкомасштабного тиражирования и внедрения жб опор (опор/топ);
    - этапность выполнения ЦП ЖБО по классам напряжений опор для ВЛ 110 кВ, 220 кВ, 330-500 кВ.
- Срок: Следующее заседание РГ.

5.2. Выполнить ТЭО сравнения вариантов строительства ВЛ 10-35 кВ на жб опорах с применением вращиваемых стоек и центрифугированных стоек.

Срок: июнь 2014.

6. ОАО «Ленэнерго» (Магдеев Н.Н.) продолжить работы по выполнению НИОКР «Применение железобетонных стоек в электрических сетях ОАО «Ленэнерго» как составной части ЦП ЖБО. Осуществлять ТЗ на выполнение указанной работы, в соответствии со структурой целевой программы, разрабатываемой по п. 5.1., в части внесения в него соответствующих пунктов, касающихся разработки ЖБО для ВЛ 110 кВ.

7. Провести следующее заседание РГ во 2-й декаде апреля 2014 года. Форму проведения совещания (очное или ВКС) согласовать дополнительно.

Приложение: указанное в 1 экз. на 1 листе.

Директор Департамента технологического развития и инноваций



V.V. Софья

## Решили:

# Признать перспективной работу по созданию унифицированных железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек для ВЛ 110-500 кВ



# Участие в работе СИГРЭ



- С 2011 года ОАО «СевЗап НТЦ» является коллективным членом Российского национального комитета Международного совета по большим энергетическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ).
- Сотрудники НИЛКЭС являются членами рабочих групп по конструкциям ВЛ исследовательского комитета В2 «Overhead Lines» (Воздушные линии):
  - WG B2.23  
«Geotechnical and structural design of the foundations of HV&UHV Lines, application to the refurbishment and upgrading guide»  
(«Геотехнические и прочностные расчёты фундаментов опор ВЛ, руководство по восстановлению и модернизации»);
  - WG B2.22  
«Qualification of OHL supports under static and dynamic loads»  
(«Влияние статических и динамических нагрузок на конструкции опор ВЛ»).