



Оценка технического состояния железобетонных опор магистральных электрических сетей

ОАО «Фирма ОРГРЭС»

Каверина Рамзия Султановна

(495) 993 – 00 – 17

8(916)114 – 58 – 81

KaverinaRS@mail.ru



Железобетонные опоры

В России первые железобетонные опоры разработаны в 50-е годы прошлого столетия и первая «П» образная промежуточная железобетонная опора для ВЛ 110 кВ «Броцены-Вентспилс» испытана в 1957 году на испытательном полигоне Фирмы ОРГРЭС.

Испытания железобетонных стоек и опор для ВЛ 0,4 – 750 кВ проводились до 1993 года и было проведено 208 испытаний, которые возобновились через 18 лет в 2011 году.

Протяженность ВЛ 35 – 500 кВ составляет около 500 тыс. км, из них на опорах:

- металлических – 25%;
- **железобетонных – 57% (≈289 тыс. км);**
- деревянных – 18%.



Железобетонные опоры

Класс напряжения кВ	Всего по трассе тыс. км	Одноцепные ВЛ на опорах			Двухцепные ВЛ на опорах		
		Металлических	Железобетонных	Деревянных	Металлических	Железобетонных	Деревянных
500	30,0	26,0	4,0	-	-	-	-
330	9,0	3,5	4,7	-	0,7	0,1	-
220	74,0	26,2	29,6	2,8	13,8	1,6	-
110	203,0	16,3	89,3	36,5	24,4	36,5	-
35	184,0	5,6	111,2	51,2	3,7	11,0	-
Всего	500,0	77,6	239,8	90,8	42,6	49,2	-



Железобетонные опоры

Из опыта эксплуатации ВЛ следует, что распределение отказов в зависимости от вида опор выглядит таким образом:

Причина отказов	Распределение отказов в зависимости от вида опор, %		
	Металлические (25%)	Железобетонные (57%)	Деревянные (18%)
1. Воздействие сверх расчетных ветровых и гололедных нагрузок	47,0	46,5	57,2
2. Качество изготовления, строительства и монтажа	9,2	35,5	1,5
3. Качество эксплуатации	26,9	18,0	41,0
4. Разбор конструкций посторонними лицами (вандализм)	16,9	-	0,3



Железобетонные опоры

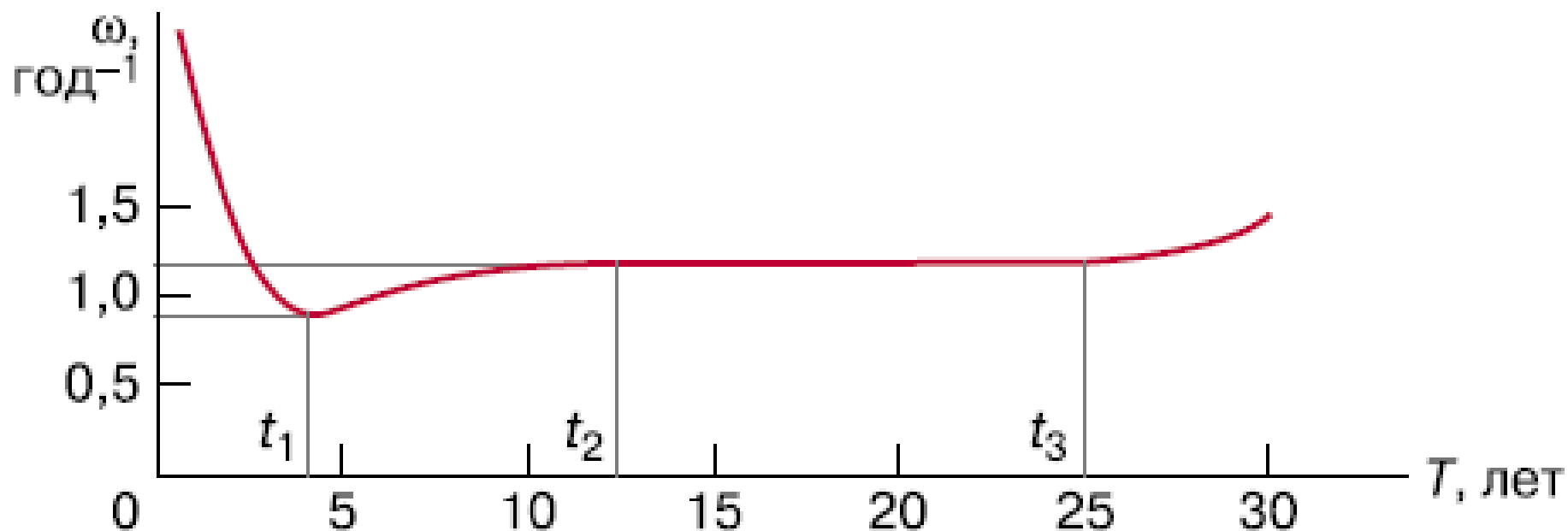
Из таблицы видно, что число отказов у железобетонных опор выше, чем у металлических в следующих случаях:

- Воздействие сверхрасчетных ветровых и гололедных нагрузок, за счет того, что несущая способность последних сильно зависит от качества заделки их в грунте. Часто железобетонные опоры под действием внешних нагрузок приобретают крен при котором из-за большого веса изгибающий момент увеличивается почти в 2 раза. **В настоящее время, используя фланцевые соединения и новую буровую технику, позволяющую пробурить бурку до 8 м и более появилась возможность создать прочную заделку железобетонных опор, т.е. заглубить фундаменты больше, чем на 3300 мм, как было у существующих ж/б опор.**

- Скрытые дефекты. К таким дефектам, в первую очередь, следует отнести обрывы арматуры, отклонения от проектного армирования, несоответствие классов бетона и стали расчетным, пустоты и раковины в теле бетона, которые выявляются в течение 5 лет эксплуатации. **Устранение этих причин отказов достигается повышенным контролем качества изготовления железобетонных опор на заводе-изготовителе.**



Железобетонные опоры

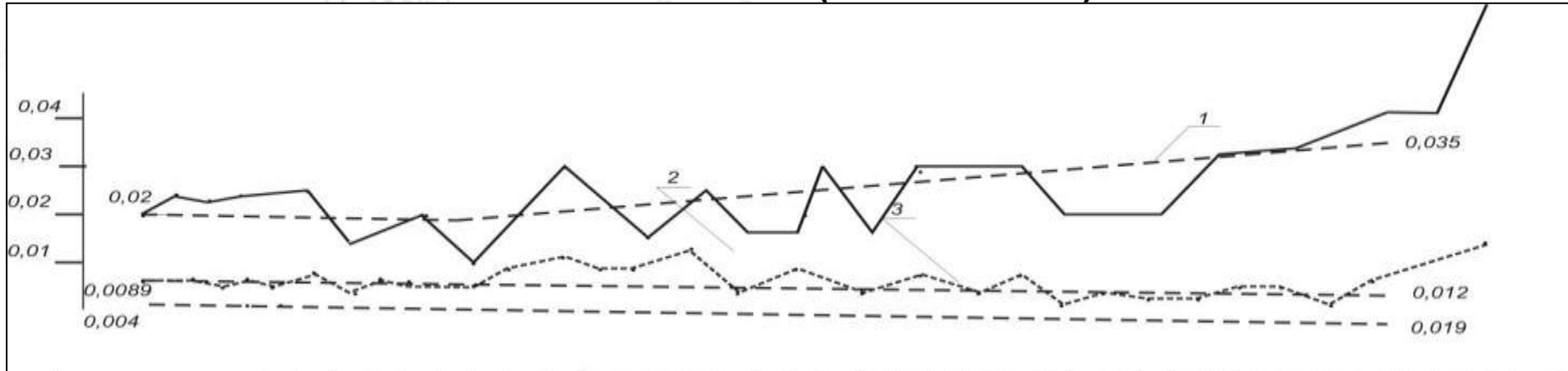


Изменение потока отказов во времени для элементов ВЛ



Железобетонные опоры

Надежность опор в зависимости от материала, из которого они изготовлены (1958-1989 г.г.)



Годы		1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	A	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	Б	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	В	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Г
Общее число отказов		0,02	0,025	0,022	0,024	0,024	0,02	0,014	0,017	0,02	0,021	0,01	0,02	0,03	0,02	0,013	0,022	0,015	0,019	0,017	0,029	0,017	0,03	0,03	0,03	0,02	0,024	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04	0,07	0,035	
Число	От расчетных нагрузок	0,008	0,01	0,009	0,010	0,006	0,012	0,006	0,011	0,009	0,01	0,003	0,012	0,016	0,0074	0,0075	0,0137	0,0057	0,0094	0,0082	0,0165	0,007	0,017	0,03	0,0085	0,03	0,011	0,006	0,006	0,014	0,013	0,004	0,016	0,0195	0,024	0,0129	
	От дефекта монтажа, изготовления	0,009	0,01	0,009	0,009	0,004	0,006	0,006	0,004	0,007	0,004	0,001	0,0024	0,0034	0,0042	0,0021	0,0022	0,0043	0,0025	0,0038	0,0035	0,001	0,006	0,013	0,0027	0,0122	0,0036	0,0021	0,024	0,006	0,014	0,001	0,0036	0,0022	0,014	0,0045	0,0035
	От прочих причин	0,003	0,005	0,006	0,005	0,004	0,006	0,002	0,002	0,002	0,004	0,007	0,006	0,0066	0,0104	0,0084	0,0028	0,0061	0,005	0,0065	0,0005	0,009	0,009	0,007	0,007	0,014	0,012	0,006	0,008	0,021	0,01	0,016	0,012	0,022	0,014	0,041	0,019

Рисунок 5 Изменение удельного числа отказов металлических опор с 1958 по 1989 г.

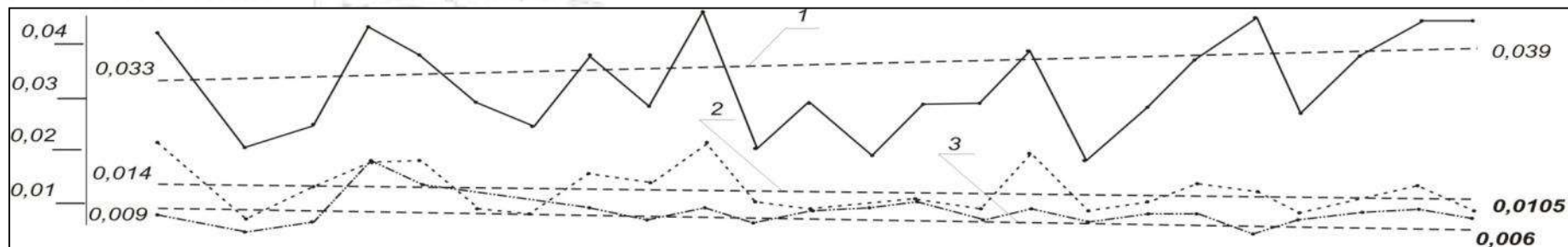
1 - Общее число отказов;
 2 - число от расчетных нагрузок;
 3 - число от дефектов изготовления и монтажа (прочие причины отказов: недостатки эксплуатации, изменение свойств материала, наезды транспорта, ледоход, наводнения, оползни);
 А, Б, В и Г - средние значения показателей соответственно на 1958- 1965, 1966 - 1973 и 1974 - 1981 и 1982 - 1989 г.г.

Изменение удельного числа отказов металлических опор ВЛ (1958-1989 г.г.)



Железобетонные опоры

Надежность опор в зависимости от материала, из которого они изготовлены (1966-1989 г.г.)



Годы		1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	A	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	Б	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	В
Общее число отказов		0,042	0,02	0,025	0,047	0,039	0,029	0,026	0,039	0,033	0,029	0,05	0,0203	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,031	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,039
Число	От расчетных нагрузок	0,0207	0,006	0,015	0,0178	0,018	0,0083	0,005	0,018	0,014	0,015	0,023	0,0164	0,0076	0,0088	0,0112	0,0098	0,021	0,012	0,0058	0,0085	0,0148	0,0124	0,0094	0,0102	0,0145	0,0085	0,0105
	От дефекта монтажа, изготовления	0,0079	0,002	0,003	0,0179	0,0118	0,0113	0,01	0,0088	0,009	0,0038	0,0063	0,0033	0,0076	0,0095	0,0105	0,0053	0,0138	0,006	0,0035	0,0068	0,006	0,0018	0,0059	0,0071	0,0098	0,0049	0,006
	От прочих причин	0,0134	0,012	0,007	0,0113	0,0092	0,0094	0,0053	0,0122	0,01	0,0102	0,0207	0,0066	0,0148	0,0105	0,0083	0,0149	0,0138	0,013	0,0063	0,0147	0,0192	0,035	0,0147	0,0227	0,0257	0,0365	0,022

Рисунок 4 Изменение удельного числа отказов железобетонных опор с 1966 по 1989 г.

1 - Общее число отказов;

2 - число от расчетных нагрузок;

3 - число от дефектов изготовления и монтажа (прочие причины отказов: недостатки эксплуатации, изменение свойств материала, наезды транспорта, ледоход, наводнения, оползни);

A, Б и В - средние значения показателей соответственно на 1966 - 1973, 1974 - 1981 и 1982 - 1989 г.г.

Изменение удельного числа отказов железобетонных опор ВЛ (1966-1989 г.г.)



Железобетонные опоры

Наличие трещин в стойках железобетонных опор редко сказывается на надежности, так как процесс коррозии арматуры еще не достиг критического значения. Судя по опыту применения железобетонных опор в Калининградской области (начало применения 1932 год) где влияние коррозии арматуры началось сказываться после 60 и более лет эксплуатации. Но наличие трещин снижает прочность бетона.

Указанные недостатки снижают надежность железобетонных опор по сравнению с металлическими опорами в основном в начальной стадии эксплуатации, а из-за большого их срока службы в конечном итоге увеличивает их надежность. Мнение о недостаточной надежности железобетонных опор не подтверждается статистическими данными.



Железобетонные опоры

Результаты диагностики



ВЛ 500 кВ. Растрескивание стойки из-за отсутствия стока в стакане



Железобетонные опоры

Результаты диагностики



Сколы по технологическим швам с оголением и коррозией арматуры



Железобетонные опоры



Разрушение бетона от наезда автотехники



Растрескивание в заделке из-за заполнения полости стойки водой



Железобетонные опоры

Результаты диагностики



Сколы у закладных для крепления внутренних связей



Железобетонные опоры

Результаты диагностики



Нарушение технологии приготовления бетонной смеси



Железобетонные опоры

Результаты диагностики



Коррозия арматуры



Железобетонные опоры

Результаты диагностики



ВЛ 110 кВ «ПС 830 Красногорская-ПС110 Рублево», ВЛ 330 кВ «Лиски-Валуйки», опора П330-1,
Опора ПБ 110-8, 1951 г. 1969 г.



Железобетонные опоры

Результаты диагностики



Одним из способов усиления заделки является применение ригелей. При установке ригелей без заглубления они не выполняют своих функций, а нередко и сами разрушаются от воздействия внешних факторов: при расчистке снега или обработке земли



Железобетонные опоры

Критерии оценки дефектов

Возможный дефект	Допустимые значения параметров	Метод контроля	Регламентирующий стандарт
Поперечные трещины по всей поверхности бетона стойки с арматурой из высокопрочной проволоки	Не допускаются	Визуальная фиксация. Измерение микроскопом Бринелля.	РД 34.20.504-94 РД 34.45-51.300-97
Ширина раскрытия продольных трещин в бетоне при их количестве в одном сечении более двух на длине 3 м, мм	0,3	Измерение микроскопом Бринелля.	РД 34.45-51.300-97
Коррозия арматурного каркаса $\Delta F, \%$ $\Delta F = [(F_{\text{проект}} - F_{\text{факт}}) / F_{\text{проект}}] \times 100 \leq 10^{**}$	10	Визуально	РД 34.20.504-94
Отклонения стоек опор вдоль и поперек ВЛ от вертикальной оси, мм	H/30	Измерение геодезическими приборами или лазерным сканированием	МТ 701.000.071-86 РД 34.45-51.300-97
Отклонение оси траверсы порталной опоры с оттяжками от горизонтальной оси при длине траверсы L, мм: До 15 м Более 15 м	L/150 L/250	Измерение геодезическими приборами и лазерным сканированием	РД 34.45-51.300-97
Прогибы элементов, мм: - траверсы: - стойки:	L/300 H/700	Измерение геодезическими приборами, металлической линейкой, рулеткой	РД 34.45-51.300-97
Площадь сквозного отверстия в бетоне стойки, см ²	25	Визуально и мерительным инструментом	РД 34.20.504-94 РД 34.45-51.300-97
Прочность бетона, кгс/см ²	500	Ультразвуковая дефектоскопия по ГОСТ 17624-87 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности». Прибор «Пульсар – 1.2» п. 9.2.	РД 34.20.504-94 РД 34.45-51.300-97



Железобетонные опоры

Наименование ВЛ	Напряжение, кВ	Год ввода	Тип опор	Характер дефектов	% стоек с дефектами
«ПС Новоотрадная» -«ПС Подбельская» - «ПС Михайловская»	110	1958	ПБ-110-6	Трещины по технологическим швам со сколами по всей высоте, вода в стойках, сниженная прочность бетона	90
«Целинная-Восточная»	220	1974/86	ПБ 220 ПБ220-1	Продольные и поперечные трещ., отклонения в заделках	90
«Кинель-Уральская»	220	1965	ПБ-15	Растрескивание в опорном узле из-за заиливания стойки	50
«Балашовская 500 – Хопер»	220	1966	П-220	Продольные трещины и сколы, отслоение бетона, коррозия арматуры	25
«Мценск-Орловская Районная»	220	1964	ПБ-15	Прогибы стоек, сколы по технологическим швам, трещины и отслоение бетона, сквозные отверстия	100
«Узловая – Железногорск»	220	1970	ПБ220-1	Недостаточный защитный слой, трещины по технологическим швам	36 (25% стоек имеют неустраняемые дефекты)
«Литейная-Брянская»	220	До 1972	ПБ220-3	Сколы по технологическим швам, трещины и отслоение бетона, скопление воды в полостях	57
«Ямская-Рязанская ГРЭС»	220	1973	ПБ220-1	Сколы по технологическим швам с оголением арматуры до сквозных отверстий, отклонения от оси	95 (30% стоек имеют неустраняемые дефекты)



Железобетонные опоры

Наименование ВЛ	Напряжени е, кВ	Год ввода	Тип опор	Характер дефектов	% стоек с дефектами
«ПС Новоотрадная» -«ПС Подбельская» - «ПС Михайловская»	110	1958	ПБ-110-6	Трещины по технологическим швам со сколами по всей высоте, вода в стойках, сниженная прочность бетона	90
«Целинная- Восточная»	220	1974/86	ПБ 220 ПБ220-1	Продольные и поперечные трещ., отклонения в заделках	90
«Кинель- Уральская»	220	1965	ПБ-15	Растрескивание в опорном узле из-за заиливания стойки	50
«Балашовская 500 – Хопер»	220	1966	П-220	Продольные трещины и сколы, отслоение бетона, коррозия арматуры	25
«Мценск-Орловская Районная»	220	1964	ПБ-15	Прогибы стоек, сколы по технологическим швам, трещины и отслоение бетона, сквозные отверстия	100
«Узловая – Железногорск»	220	1970	ПСБ220-1	Недостаточный защитный слой, трещины по технологическим швам	36 (25% стоек имеют неустраняемые дефекты)
«Литейная- Брянская»	220	До 1972	ПБ220-3	Сколы по технологическим швам, трещины и отслоение бетона, скопление воды в полостях	57
«Ямская-Рязанская ГРЭС»	220	1973	ПБ220-1	Сколы по технологическим швам с оголением арматуры до сквозных отверстий, отклонения от оси	95 (30% стоек имеют неустраняемые дефекты)



Железобетонные опоры

Наименование ВЛ	Напряжение, кВ	Год ввода	Тип опор	Характер дефектов	% стоек с дефектами
«Черепеть-Литейная»	220	1959/6 6/72	ПБ220 -3	Глубокие и протяженные трещины и сколы с обрывами витков спирали, сквозные отверстия, скопление воды в полостях, отклонения от вертикали	66
«Черепеть-Электрон»	220	1962/7 6	ПБ220 -1	Низкая прочность бетона. Сколы по технологическим швам, трещины и отслоение бетона с коррозией арматуры.	43 (50% стоек имеют неустраняемые дефекты)
«Электрон - Дорогобужская»	220	1962/7 6	ПБ220 -1	Сколы по технологическим швам, трещины и отслоение бетона с коррозией арматуры. Скопление воды в полостях	67
«Тамбовская-2»	220	1970/7 2	П-220	Наклоны из-за отсутствия ригелей, трещины по технологическим швам. Низкая прочность бетона	100 (30% стоек имеют неустраняемые дефекты)
«Костромская ГРЭС – Кострома 2»	220	1964/7 6	ПБД22 0-1	Отклонения от вертикали, трещины по технологическим швам	78
«Костромская ГРЭС – Мотордеталь 2»	220	1976	ПБД22 0-1	Трещины и сколы с оголением арматуры по технологическим швам	85



Железобетонные фундаменты



ВЛ 500 кВ «ПС 500 кВ Пахра – ТЭЦ-26», 1977-1987 г.г.



Фундаменты



ВЛ 500 кВ «Барнальская -Рубцовская», ВЛ 220 кВ «Давыдовская-Тамбовская, 1983 г. 1977 г.



Фундаменты



ВЛ 500 кВ «БАЭС-Ключики», 1986 г.



ВЛ 220 кВ «Заря», опора П220-1, Архэнерго. (авария 2008 г.)



Ремонт ж/б опор и фундаментов

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ
СОСТАВЫ**

**СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ
ИСКУССТВЕННЫХ СМОЛ**

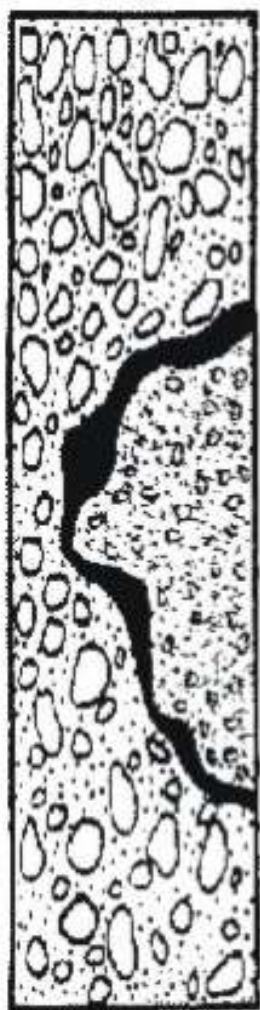
**ЦЕМЕНТОПОЛИМЕРНЫЕ
СОСТАВЫ**

**БЕЗУСАДОЧНЫЕ СОСТАВЫ
НА ЦЕМЕНТНОЙ ОСНОВЕ**

ВЫСОКАЯ МОРОЗОСТОЙКОСТЬ И ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ
(более F300, W12)



Ремонт ж/б опор и фундаментов



БЕТОН
←
неполная
заливка

**ОБЫЧНЫЙ
ЖЕСТКИЙ
РАСТВОР**



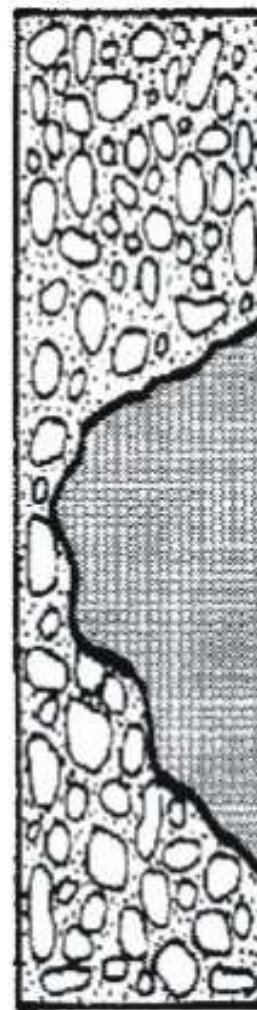
а)



БЕТОН
←
усадка

**ОБЫЧНЫЙ
ЖИДКИЙ
РАСТВОР**

б)



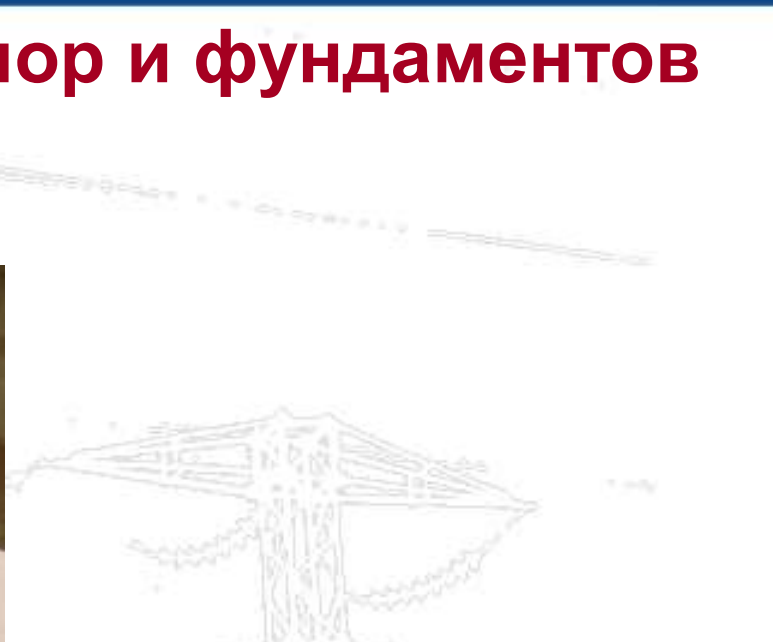
БЕТОН
←

**Специальный
состав**

в)



Ремонт ж/б опор и фундаментов



Ремонт составами ЭМАКО



Ремонт ж/б опор и фундаментов



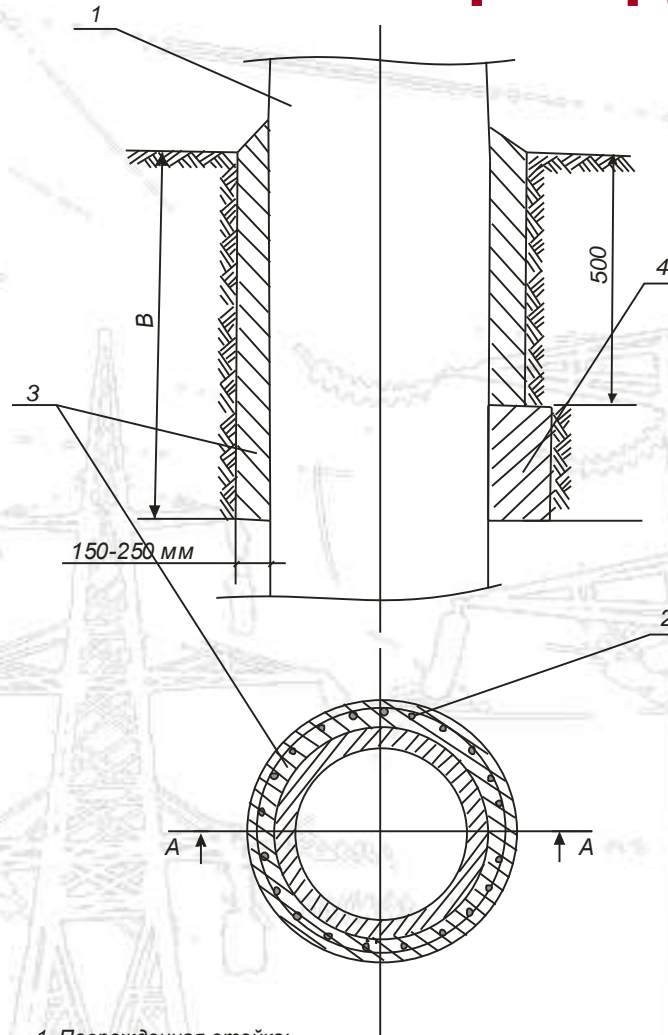
Ремонт составами СТРИМ:

- Силокор грунт
- Ремстри 50
- Стримсесь

(ВЛ 500 кВ Михайлов-Чагино)



Ремонт ж/б опор и фундаментов



1. Поврежденная стойка;
2. Арматурный каркас: продольные стержни периодического профиля диаметром 16 мм (20 стержней через 100мм), поперечная арматура - катанка диаметром 5 мм, шаг 150 мм;
3. Бетон марки 400-500;
4. Ригель

Ремонт железобетонных стоек бандажом



Ремонт ж/б опор и фундаментов



Усиление прочности
железобетонных стоек
более 40%



ВЫВОДЫ

1. Долговечность железобетонных опор в первую очередь зависит от качества их изготовления. Обычно их срок службы составляет не менее 50 - 70 лет, но можно достичь и 90 лет. Мнение о недостаточной надежности железобетонных опор не подтверждается статистическими данными.
2. Перечень основных дефектов железобетонных опор и фундаментов – это продольные и поперечные трещины по стойке, прогибы стоек, сколы по технологическим швам, отслоение бетона, сквозные отверстия.
3. Железобетонные опоры с дефектами, приведенными выше, составляют от 20 до 100% от общего их количества.
4. Процесс коррозии арматуры не достиг критического значения, при котором железобетонные стойки подлежат замене. В настоящее время существуют современные высокоэффективные материалы и технологии ремонта и повышения несущей способности железобетонных опор.
5. **Разработка методики (способов) реабилитации железобетонных опор и фундаментов на действующих ВЛ в настоящее время является первоочередной задачей.**