

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПРИМЕНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

НИЛКЭС, ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Романов Константин Петрович, начальник сектора

Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» является основополагающим документом, обязательным для применения в ПАО «Россети» (далее - Общество) и обязательным для применения в деятельности дочерних и зависимых обществ ПАО «Россети».

Из основных целей и задач, указанных в Технической политике, можно выделить:

- Повышение надежности снабжения электрической энергией потребителей
- Снижение затрат строительство и эксплуатацию

Для этого:

- Оптимизация технических и технологических решений при разработке проектной документации, применения современных технологий, строительных конструкций и материалов,
- Формирование стимулов для развития на территории Российской Федерации производства современных видов оборудования, строительных конструкций, материалов, а также развития научно-технического и проектного потенциалов.

Повышение надежности и снижение расходов применительно к железобетонным конструкциям (железобетонные опоры ВЛ, железобетонные грибовидные фундаменты для опор ВЛ, сваи электротехнические, подстанционный железобетон) означает, исключая ошибки проектирования и монтажа, улучшение характеристик самих железобетонных изделий, заказываемых на объекты ПАО «Россети».

Применение железобетонных изделий, соответствующих современным требованиям по защите от коррозии, обеспечивает необходимую коррозионную стойкость изделий в процессе всего срока эксплуатации, увеличивая их долговечность - важный показатель надежности.

В настоящий момент требования, предъявляемые ПАО «Россети» к железобетонным конструкциям, отстают не только от передовых возможностей железобетонной промышленности, но и от обязательных требований нормативной документации по защите от коррозии. Необходима корректировка не только самих требований, но подхода к определению качества железобетонных изделий.

Современные требования по защите от коррозии железобетонных изделий

Современные требования по защите от железобетонных конструкций от коррозии определяются ГОСТ 31384-2017 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования» и СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии».

Документы содержат Требования по первичной и вторичной защите строительных конструкций со сроком эксплуатации 50 лет, а для железобетонных конструкций указаны и требования для срока эксплуатации до 100 лет.

Принципиальный подход к защите железобетонных конструкций от коррозии заключается в следующем (рис. 1):

1. Защита от коррозии должна в первую очередь осуществляться первичными методами (п 4.6. СП 28.13330.2017), а вторичные методы (защитные покрытия, пропитки изоляция) должны применяться в том случае, когда первичных методов недостаточно (п. 4.7. СП 28.13330.2017),

2. Степень агрессивного воздействия среды на бетон (агрессивность среды) это свойство бетона сопротивляться этому воздействию:

Агрессивные среды подразделяют по отношению к конкретному незащищенному от коррозии бетону и железобетону (п. 5.2.3. СП 28.13330.2017).

Степени агрессивного воздействия сред эксплуатации на конструкции из бетона и железобетона приведены в приложениях Б, В и Г (п. 5.2.5. СП 28.13330.2017).



Рис. 1 – Подход к защите бетона и железобетона от коррозии в соответствии с СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»

Из таблицы В.1 видно, что степень агрессивности среды сильно зависит от свойств бетона – примененного цемента и водонепроницаемости. Так при содержании в грунте сульфатов в количестве 1600 мг/кг среда будет сильноагрессивной для бетона с применением цемента, указанного в 1 строке и водонепроницаемостью W4, однако если применить цемент нормированного состава (вторая строка) при той же водонепроницаемости, то среда не будет оказывать агрессивного воздействия, с запасом по концентрации почти вдвое, еще больший запас в случае применения сульфатостойкого цемента.

Таблица В.1 – Степень агрессивного воздействия сульфатов в грунтах на бетоны марок по водонепроницаемости W4-W20

Цемент	Показатель агрессивности грунта с содержанием сульфатов в пересчете на ионы, мг/кг					Степень агрессивного воздействия грунта на бетон
	W4	W6	W8	W10-W14	W16-W20	
Портландцемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108	Менее 500	Менее 1000	Менее 1500	Менее 2000	Менее 3000	Не агрессивная
	500 - 1000	Св. 1000 - 1500	Св. 1500 - 2000	Св. 2000 - 3000	Св. 3000 - 4000	Слабоагрессивная
	1000 - 1500	Св. 1500 - 2000	Св. 2000 - 3000	Св. 3000 - 4000	Св. 4000 - 5000	Среднеагрессивная
	Св. 1500	Св. 2000	Св. 3000	Св. 4000	Св. 5000	Сильноагрессивная
Портландцемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 с содержанием в клинкере	Менее 3000	Менее 4000	Менее 5000	Менее 8000	Менее 10000	Не агрессивная
	3000 - 4000	Св. 4000 - 5000	Св. 5000 - 8000	Св. 8000 - 10000	Св. 10000 - 12000	Слабоагрессивная

С ₃ S не более 65 %, С ₃ A - не более 7 %, С ₃ A + С ₄ AF - не более 22 % и шлакопортландцемент	4000 - 5000	Св. 5000 - 8000	Св. 8000 - 10000	Св. 10000 - 12000	Св. 12000 - 15000	Среднеагрессивная
	Св. 5000	Св. 8000	Св. 10000	Св. 12000	Св. 15000	Сильноагрессивная
Сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266	Менее 6000	Менее 8000	Менее 10000	Менее 12000	Менее 15000	Не агрессивная
	6000 - 8000	Св. 8000 - 10000	Св. 10000 - 12000	Св. 12000 - 15000	Св. 15000 - 20000	Слабоагрессивная
	8000 - 10000	Св. 10000 - 12000	Св. 12000 - 15000	Св. 15000 - 20000	Св. 20000 - 24000	Среднеагрессивная
	Св. 10000	Св. 12000	Св. 15000	Св. 20000	Св. 24000	Сильноагрессивная

Можно, не меняя цемент, увеличить водонепроницаемость до W10, и снова добиться не агрессивности среды по отношению к бетону.

На бетон водонепроницаемостью W16, сделанный с применением сульфатостойкого цемента воздействие будет не агрессивно вплоть до концентрации сульфатов 15000 мг/кг (15 г/кг).

Таблицы В1, В.2 и Г.1 показывают, что увеличение водонепроницаемости бетоновкратно увеличивает допустимые концентрации, при которых среда не оказывает агрессивного воздействия.

Таблица В.2 – Степень агрессивного воздействия хлоридов в грунтах на стальную арматуру железобетонных конструкций

Показатель агрессивности грунта с содержанием хлоридов, мг/кг, для бетонов марок по водонепроницаемости			Степень агрессивного воздействия грунта на стальную арматуру в бетоне
W4-W6	W8-W10	Более W10	
Менее 250	Менее 500	Менее 1000	Неагрессивная
Св. 250 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 7500	Слабоагрессивная
Св. 500 до 5000	Св. 1000 до 7500	Св. 7500 до 10000	Среднеагрессивная
Св. 5000	Св. 7500	Св. 10000	Сильноагрессивная
При наличии подземных вод толщина защитного слоя бетона и марка по водонепроницаемости принимаются по таблице Г.1			
Примечание – Показатели приведены для конструкций с защитным слоем бетона толщиной 20 мм. При толщине защитного слоя 25, 30 и 50 мм показатели умножаются на 1,5, 1,7 и 2,5.			

Таблица Г.1 – Максимально допустимая концентрация хлоридов в условиях воздействия жидких хлоридных сред на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте

Толщина защитного слоя бетона, мм	Максимальная допустимая концентрация хлоридов в жидкой среде, мг/дм, для бетона с коэффициентом диффузии, см/с (марками по водонепроницаемости)		
	Менее 5·10 до 1·10 (W6-W8)	Менее 1·10 до 5·10(W10-W14)	Менее 5·10 (W16-W20)
Зона переменного уровня воды и капиллярного подсоса в открытом водоеме или грунте с коэффициентом фильтрации 0,1 м/сут и более			
20	500	1300	4100
30	700	1850	8300
Зона переменного уровня воды и капиллярного подсоса в грунте с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут			
20	1150	3000	5000
30	1400	3700	9500

Требования к морозостойкости бетонов

Еще одним требованием, предъявляемым к бетонам, является морозостойкость. В соответствии с п 5.1.1. СП 28.13330.2017 морозостойкость бетона должна обеспечиваться мерами первичной защиты.

Зеленым в таблице Ж.1 выделены случаи, в которых могут эксплуатироваться железобетонные конструкции электросетевого комплекса.

Таблица Ж.1 – Требования по морозостойкости бетона

Условия работы конструкций		Марка бетона по морозостойкости, не ниже
Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	
1 Попеременное замораживание и оттаивание: в насыщенном состоянии при действии морской воды, минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов	Ниже -40 Ниже -20 до -40 включ. Ниже -5 до -20 включ. -5 и выше	F₂₄₅₀ F₂₃₀₀ F₂₂₀₀ F ₂₁₀₀
в насыщенном состоянии при действии пресных вод	Ниже -40 Ниже -20 до -40 включ. Ниже -5 до -20 включ. -5 и выше	F₁₄₀₀ F₁₃₀₀ F₁₂₀₀ F ₁₁₅₀
2 Одноразовое, в течение года, воздействие температуры, °С, в водонасыщенном состоянии (например, конструкции, находящиеся в грунте или под водой)	Ниже -40 Ниже -20 до -40 включ. Ниже -5 до -20 включ. -5 и выше	F ₁₂₀₀ F ₁₁₅₀ F ₁₁₀₀ F ₁₇₅
Примечание – Для конструкций, части которых находятся в различных влажностных условиях, например, опоры ЛЭП, колонны, стойки и т.п. марку бетона по морозостойкости назначают как для наиболее подверженного увлажнению и замораживанию участка конструкции.		

Подходы к оптимизации бетонной смеси

Способы, позволяющие повысить качество железобетонных изделий и сократить расходы цемента, известны:

- тщательный подбор состава бетона, выбор цемента,
- подбор заполнителей, стойких в среде эксплуатации, морозостойких, полифракционных, мытье заполнителей,
- снижение водоцементного соотношения для повышения водонепроницаемости, морозостойкости, прочности, в т. ч. применение пластифицирующих - водоредуцирующих добавок,
- применение воздухововлекающих добавок для повышения морозостойкости,
- применение, повышающих качество бетона, в том числе добавок-активаторов цемента, увеличивающих долю гидратирующего цемента, повышающих прочность, коррозионную стойкость бетона,
- соблюдение дозировки и технологического процесса.

Повышение прочности, водонепроницаемости и морозостойкости – взаимосвязанные однонаправленные процессы.

Необходимые, согласно СП 28.13330.2017, требования уже сейчас могут быть обеспечены всеми добросовестными производителями.

В этом случае нет необходимости применять вторичную защиту, дополнительные обмазки, при более высоком качестве, коррозионной стойкости и прочности продукции.

Необходимость ужесточения требований ПАО «Россети» к железобетонным конструкциям

Тем не менее, требования ПАО «Россети» к железобетонным конструкциям зачастую не соответствуют требованиям по защите от коррозии, предъявляемым СП 28.13330.2017. Так, в частности, требования СТО 56947007-29.120.95.089-2011 «Типовые технические требования к железобетонным фундаментам опор 35-750 кВ» в редакции от 18.11.2019 не соответствуют минимальным требованиям СП 28.13330.2017 (рис. 2).

Требования СТО 56947007-29.120.95.089-2011		Требования современных НТД	
Наименование параметра	Значение	Значение	Примечание
2.1.2.2 Класс прочности бетона на сжатие, не ниже: - для подпятников, плит, ригелей, подножников со штырем, свай квадратного сечения; - для подножников, свай круглого сечения	B22,5 B25 B30	Не ниже B30	Рекомендации ГОСТ 31384-2017 Таблица Д.1
2.1.2.3 Марка бетона по морозостойкости, не ниже	F150	F1300- F2450	Таблица Ж.1 СП28.13330.2017
2.1.2.4 Марка бетона по водонепроницаемости, не ниже - для изделий, не подвергающихся в грунте воздействию средне и сильноагрессивной среды; - для изделий, подвергающихся в грунте воздействию средне и сильноагрессивной среды	W4 W6	Для свай не ниже W6	5.6.18 СП28.13330.2017
2.1.5.1 Портландцемент	Качество должно соответствовать ГОСТ 10178	Разрешены только отдельные виды цемента	Таблица Д.1 СП28.13330.2017
2.1.6 Требования к антикоррозионной защите 2.1.6.1 Применить в зависимости от агрессивности грунта	лакокрасочные, лакокрасочные толстослойные (мастичные), оклеечные покрытия - гидрофобизация	Применение первичной защиты. Подбор защиты в соответствии со средой эксплуатации	СП28.13330.2017

Рис. 2 – Действующие требования к железобетонным изделиям

Такие низкие требования пришли из проектов, разработанных в прошлом веке, и отражают уровень развития бетонной промышленности на тот момент. Необходимо изменить требования к железобетонным конструкциям для электросетевого строительства. Привести их в соответствие с требованиями СП 28.13330.2017.

Заключение

Для повышения надежности электроснабжения и сокращения затрат при эксплуатации необходимо:

- поднять минимальные требования к бетону различных конструкций в стандартах ПАО «Россети» до уровня не ниже требований нормативных документов,
- изготавливать изделия по старым проектам в соответствии с современными требованиями по защите от коррозии (применение соответствующего бетона),
- закладывать в проекты строящихся объектов требования к характеристикам бетона (даже, если заказываются « типовые » конструкции).

Научно-исследовательская лаборатория конструкций
электросетевого строительства (НИЛКЭС)
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Санкт-Петербург, Невский пр. 111/3
8 (812) 309-39-61, info@nilkes.ru, www.nilkes.ru