

Основные тенденции в развитии технологии изготовления железобетонных конструкций для электросетевого строительства и требования к качеству применяемых материалов

VIII Международная научно-практическая конференция
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ УМНЫХ СЕТЕЙ:
ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
6–8 июля 2021 г., Санкт-Петербург

Романов Константин Петрович

Начальник сектора НИЛКЭС

email: k.p.romanov@nilkes.ru

**Цели и задачи, установленные
Положением ПАО «Россети»
«О единой технической
политике в электросетевом комплексе»**

- **Повышение надежности функционирования электросетевого комплекса**
- **Оптимизация затрат**

Применительно к железобетонным конструкциям

- **Применение конструкций, соответствующих возникающим нагрузкам и воздействиям**
- **Повышение надежности и долговечности**
- **Обеспечение безотказной службы в течении всего срока эксплуатации**
- **Снижение затрат на достижение этого результата**

Обеспечение безотказной службы

- **Исключение применения дефектных изделий (деформированных, со сколами, поврежденных при транспортировке и монтаже)**

- **Применение изделий с высокими показателями**
 - по прочности
 - по коррозионной стойкости (морозостойкости, стойкости в агрессивных средах)

Обеспечение коррозионной стойкости железобетонных изделий

СП 28.13330.2017 «Стальные конструкции»

4.6 Первичная защита строительных конструкций от коррозии должна осуществляться в процессе проектирования и изготовления конструкций и включать в себя выбор конструктивных решений, снижающих агрессивное воздействие, и **выбор материалов, стойких в среде эксплуатации.**

4.7 Вторичная защита строительных конструкций включает в себя мероприятия, обеспечивающие защиту от коррозии **в случаях, когда меры первичной защиты недостаточны.** Меры вторичной защиты включают в себя применение защитных покрытий, пропиток и другие способы изоляции конструкций от агрессивного воздействия среды.

Подход к защите бетона и железобетона от коррозии

СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»

Основной метод

ПЕРВИЧНАЯ ЗАЩИТА

п. 4.6. Первичная защита должна включать в себя выбор материалов, стойких в среде эксплуатации.



Требования СП:

Показывают, как добиться стойкости бетона в заданной среде эксплуатации (неагрессивного воздействия среды).

Агрессивность среды, это характеристика бетона



Бетон и железобетон, стойкий в среде эксплуатации, не требующий дополнительной защиты

Допускается

ВТОРИЧНАЯ ЗАЩИТА

в случае недостаточности первичной защиты



п.4.7. Вторичная защита включает в себя мероприятия, обеспечивающие защиту от коррозии в случаях, когда меры первичной защиты недостаточны.



Указывается, какие требуется выполнить требования, в том числе по толщине защитного слоя, если не удалось добиться коррозионной стойкости бетона (воздействие среды осталось агрессивным)

Бетон и агрессивность среды

5.2.3 Агрессивные среды подразделяют по отношению к конкретному незащищенному от коррозии бетону и железобетону.

5.2.5 Классификации степени агрессивного воздействия сред эксплуатации на конструкции из бетона и железобетона в зависимости от вида и концентрации агрессивного вещества приведены в приложениях Б, В и Г:

**Степень агрессивного воздействия среды на бетон
(агрессивность среды)**

**– это свойство бетона противостоять среде
(а не свойство среды)**

Степень агрессивности среды, это характеристика бетона

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 SO_4^{2-} , 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 C_3S не более 65 %, C_3A - не более 7 %, $C_3A + C_4AF$ - не более 22 % и шлакопортландцемент	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
	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

Степень агрессивности среды, это характеристика бетона

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
<p>При наличии подземных вод толщина защитного слоя бетона и марка по водонепроницаемости принимаются по таблице Г.1</p> <p>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.</p>			

Степень агрессивности среды, это характеристика бетона

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

Таблица Ж.1 - Требования к морозостойкости бетона конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур

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	F ₂ 450
	Ниже -20 до -40 включ.	F ₂ 300
	Ниже -5 до -20 включ.	F ₂ 200
	-5 и выше	F ₂ 100
в насыщенном состоянии при действии пресных вод	Ниже -40	F ₁ 400
	Ниже -20 до -40 включ.	F ₁ 300
	Ниже -5 до -20 включ.	F ₁ 200
	-5 и выше	F ₁ 150
2 Одноразовое, в течение года, воздействие температуры, °С, в водонасыщенном состоянии (например, конструкции, находящиеся в грунте или под водой)	Ниже -40	F ₁ 200
	Ниже -20 до -40 включ.	F ₁ 150
	Ниже -5 до -20 включ.	F ₁ 100
	-5 и выше	F ₁ 75
Примечания		
2. 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.		

Среды эксплуатации жб конструкций электросетевого строительства

ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования
 СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии

Приложение А. Классификация сред эксплуатации
 Таблица А.1 - Среды эксплуатации (выдержки)

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
2 Коррозия арматуры вследствие карбонизации		
XC2	Влажная и кратковременно сухая	Поверхности бетона, длительно смачиваемые водой. <u>Фундаменты</u>
XC4	Переменное увлажнение и высушивание	Наружные конструкции, подвергающиеся действию дождя
5 Повреждение бетона, вызванное переменным замораживанием и оттаиванием		
XF3	Сильное водонасыщение без антиобледенителей	Сооружение при действии дождей и мороза

Требования прочности бетонов

индекс среды эксплуатации	XC2	XC4	XF3
Минимальный класс бетона по прочности В	25	30	35

(Из таблицы Д.1 ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования)

Способы достижения необходимых характеристик бетона

Тщательный подбор состава бетона:

- **Выбор цемента,**
- **Выбор заполнителей, стойких в среде эксплуатации, морозостойких**
- **Применение полифракционных заполнителей, мойка заполнителей**
- **Снижение водоцементного соотношения (Повышает водонепроницаемость, морозостойкость, прочность)**
 - Применение пластифицирующих-водоредуцирующих добавок в бетон
 - Мойка заполнителей
- **Применение воздухововлекающих добавок (Повышает морозостойкость)**
- **Применение добавок, повышающих количество гидратирующего цемента и снижающих химическую активность бетонного камня (При прочих равных достигается В40->В50)**
- **Применение других добавок, повышающих качество бетона**
- **Соблюдение дозировки и технологического процесса**

**Повышение прочности, водонепроницаемости и морозостойкости –
взаимосвязанные однонаправленные процессы**

Действующие требования к железобетонным изделиям

**Эти подходы оптимизации приготовления бетонной смеси применяются в той или иной степени всеми серьезными производителями
Позволяют повысить качество железобетонных изделий
и сократить расходы**

**НЕОБХОДИМЫЕ, согласно СП 28.13330.2017, требования
уже сейчас обеспечиваются или могут быть обеспечены всеми производителями**

Нет необходимости применять дополнительные покраски и обмазки, при более высоком качестве, коррозионной стойкости и прочности продукции

Действующие требования к железобетонным изделиям

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.120.95.089-2011

Типовые технические требования к железобетонным
фундаментам опор 35-750 кВ

Стандарт организации

Дата введения 11.05.2011
Дата введения изменений: 18.11.2019

ОАО «ФСК ЕЭС»
2011

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	ГОСТ 26633; Требование ПАО «ФСК ЕЭС»
2.1.2.3 Марка бетона по морозостойкости, не ниже	F150	СП 63.13330.2012; Требование ПАО «ФСК ЕЭС»
2.1.2.4 Марка бетона по водонепроницаемости, не ниже - для изделий, не подвергающихся в грунте воздействию средне и сильноагрессивной среды;	W4	СП 63.13330.2012; Требование ПАО «ФСК ЕЭС»
воздействию средне и сильноагрессивной среды	W6	
2.1.6.1 Применить в зависимости от агрессивности грунта	- лакокрасочные покрытия; - лакокрасочные толстослойные (мастичные) покрытия - оклеечные покрытия - гидрофобизация	СП 28.13330.2012

Действующие требования к железобетонным изделиям

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «РОССИЙСКИЕ СЕТИ»	
	СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ПАО «РОССЕТИ»
СТО 34.01-2.2-020-2017	
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОПОРЫ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 110-500 кВ. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	
Стандарт организации	
Дата введения: 16.02.2017	

1.1.2.6. Требования к бетону по морозостойкости	Марка бетона по морозостойкости (при расчетной температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки по СП 131.13330.2012): – ниже минус 40°С - F200; – минус 40°С и выше - F150.	ГОСТ 22687.0-85 СП 131.13330.2012
1.1.2.7. Требования к бетону по водонепроницаемости	Марка бетона по водонепроницаемости (при расчетной температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки по СП 131.13330.2012): – ниже минус 40°С - W8; – минус 40°С и выше - W6.	ГОСТ 22687.0-85 СП 131.13330.2012

Действующие требования к железобетонным изделиям

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РОССИЙСКИЕ СЕТИ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ПАО «РОССЕТИ»

СТО 34.01-2.2-035-2018

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ВИБРИРОВАННЫЕ СТОЙКИ ДЛЯ
ОПОР ВЛ 0,4-35 КВ

Общие технические требования

Стандарт организации

Дата введения: 03.05.2018

ПАО «Россети»

4	Характеристики бетона для железобетонных вибрированных стоек:	
4.3	марка бетона по морозостойкости (не менее) – на засоленных грунтах (не менее)	F ₁ 200 F ₂ 300
	– для районов с расчетной зимней температурой наружного воздуха ниже минус 40	F ₁ 400
4.4	марка бетона по водонепроницаемости (не менее)	W8
9	Области применения железобетонных вибрированных стоек	
9.1	При расчетной температуре наружного воздуха и при попеременном замораживании и оттаивании в водонасыщенном состоянии и в условиях эпизодического водонасыщения, °С	до -55 включительно
9.2	В условиях агрессивной среды	Соответствие
11	Требования к защите от коррозии	
11.2.	Для применения в средне- и сильноагрессивных средах на стойки должно наноситься лакокрасочное толстослойное (мастичное), либо битумно-полимерное защитное покрытие в комлевой части на длине 3 м, выполненное на заводе изготовителя	Соответствие

Необходимо изменить требования к железобетонным конструкциям для электросетевого строительства

Привести их в соответствие с требованиями СП 28.13330.2017

- **Поднять минимальные требования к бетону различных конструкций**
- **Закладывать в проект требования к характеристикам бетона (даже, если заказываются «типовые» конструкции)**