

Долговечные железобетонные опоры из наномодифицированного бетона — будущее цифровых распределительных сетей

Повышение надежности и долговечности железобетонных стоек опор ВЛ — прямой путь к сокращению затрат при строительстве и эксплуатации энергетических объектов. Современные химические добавки позволяют существенно воздействовать на структуру бетона, повысить их эксплуатационные свойства: прочность, плотность, морозостойкость, водонепроницаемость и коррозионную стойкость. Идентификация и цифровая паспортизация стоек с новыми свойствами — гарантия стабильности их качества. В статье приводятся данные о результатах промышленного изготовления железобетонных стоек из наномодифицированного бетона, а также о направлениях дальнейшей работы по созданию унифицированной серии железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ и 6–10 кВ повышенной долговечности для цифровых распределительных электрических сетей.

Соловьева В.Я.,
д.т.н., профессор
кафедры «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС

Романов П.И.,
к.т.н., заместитель
заведующей НИЛКЭС
ООО «ПО «Энерго-
железобетонинвест»

Качановская Л.И.,
к.т.н., заведующая
НИЛКЭС ООО
«ПО «Энергожелезо-
бетонинвест»

Касаткин С.П.,
начальник сектора
НИЛКЭС ООО
«ПО «Энергожелезо-
бетонинвест»

Сбойчакова Т.И.,
ведущий инженер
НИЛКЭС ООО
«ПО «Энергожелезо-
бетонинвест»

В настоящее время протяженность воздушных линий напряжением до 20 кВ в России превышает 2 млн км. Основная часть этих электрических сетей традиционно выполняется на опорах из вибрированных железобетонных стоек.

Развитие техники, экономики, новых технологий и потребностей населения ведет к необходимости развития сетей данного напряжения — как увеличения их протяженности, так и наращивания функционала (рисунок 1). Для увеличения пропускной способности используются новые типы проводов, для прокладки каналов связи организуется подвеска дополнительных линий ВОЛС. Рост потребностей ведет к увеличению нагрузок на опоры и повышению требований к их несущей способности. Прокладка телекоммуникационных сетей требует применения повышенного коэффициента надежности для конструкций (в 1,5 раза только на нагрузки в гололедном режиме). Кроме того, опоры данного класса напряжения часто устанавливаются вдоль автомобильных дорог и магистралей, в результате чего в зимний период времени подвергаются агрессивному воздействию антигололедных реагентов.

Перечисленное диктует необходимость повышения таких эксплуатационных характеристик железобетонных вибрированных стоек для опор ВЛ, как несущая способность, трещиностойкость, морозостойкость, водонепроницаемость и коррозионная стойкость.

Решение поставленной задачи достигается за счет рационального использования внутренних резервов це-

ментсодержащей системы путем применения активирующих химических добавок нового типа.

На кафедре «Инженерная химия и естествознание» Петербургского государственного университета путей сообщения разработана комплексная добавка для бетонов, которая состоит из нескольких компонентов разной природы, в том числе нанодисперсий $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Присутствие последних в цементсодержащей системе способствует образованию труднорастворимых соединений, которые являются более устойчивыми по отношению к агрессивному воздействию солей и положительно влияют на коррозионную стойкость бетона. Кроме того, образование дополнительного количества гидратных соединений с игольчатым строением способно осуществлять микроармирование формирующейся структуры бетона, его уплотнение, и как следствие, повышение прочности, трещиностойкости и долговечности материала.

Установлено, что в результате эффективной химической активации наномодифицированного бетона происходит значительный разогрев твердеющей системы, что положительно влияет на протекание гидратационных процессов и позволяет существенно снизить температуру в камерах тепловлажностной обработки, а в летний период времени вообще отказаться от их прогрева.

Разработанная комплексная добавка была опробована на заводах ООО «ПО «Энергожелезобетонвест» при изготовлении железобетонных стоек СВ95-3с с проектными параметрами бетона В30 W6 F₂₀₀. В качестве контрольных образцов принимались стандартные изделия завода, полученные из бетонной смеси, содержащей только добавку на поликарбоксилатной основе. Разработанная комплексная добавка сопоставима по стоимости с добавкой, используемой на заводе. Дозировка добавок была сохранена на одном уровне. Для оценки прочности, жесткости и трещиностойкости изделий проведены испытания стоек по ГОСТ 8829-94. Контролировались такие физико-механические параметры бетона, как прочность на сжатие (после тепловлажностной обработки, в возрасте 7 и 28 суток), водонепроницаемость и морозостойкость.

Результаты испытаний железобетонных стоек показали, что изделия, изготовленные из бетонной смеси с разработанной химической добавкой, име-



Рис. 1. Опоры 10 кВ для перехода воздушной линии в кабельную

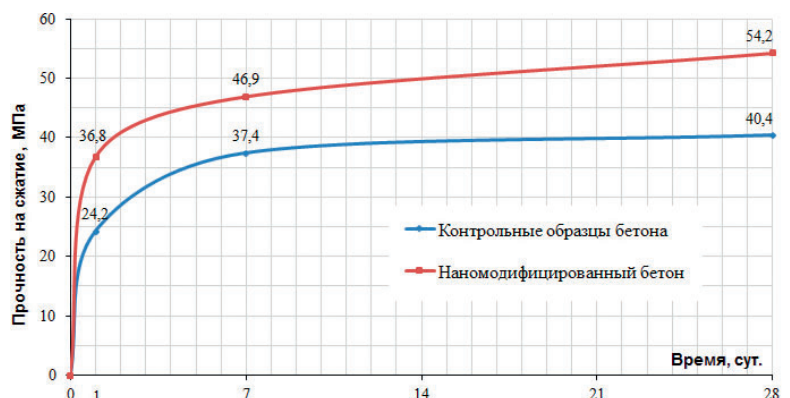


Рис. 2. Кинетика набора прочности бетонов

ли меньшие значения по таким показателям как количество и средняя ширина раскрытия трещин, а также прогиб стойки.

Образцы наномодифицированного бетона с комплексной добавкой отличались высокими показателями по прочности. Кинетика набора прочности бетонов, подвергнутых тепловлажностной обработке при (пониженной относительно обычных значений) температуре 60°C, представлена на рисунке 2.

Прочность наномодифицированного бетона на сжатие в возрасте 28 суток превысила контрольные значения на 34% и соответствует классу В40.

Образцы наномодифицированного бетона отличались повышенной в 2 раза водонепроницаемостью, соответствующей марке W12. Морозостойкость при этом увеличилась в 2,5 раза до марки F₁500.

Получить наномодифицированный бетон с проектным классом В30 возможно при снижении расхода цемента на 30%, при этом водонепроницаемость повысится на 3 ступени до марки W10, а морозостойкость увеличится в 2 раза до марки F₁400.

Полученные результаты говорят об эффективности использования комплексной добавки для изготовления таких железобетонных изделий как стойки, сваи и грибовидные фундаменты.

Уже в настоящее время применение наномодифицированного бетона на заводах Производственного объединения «Энергожелезобетонинвест» позволяет изготавливать типовые конструкции повышенной долговечности при сохранении существующей стоимости.

Существенной экономии уже на стадии строительства объектов можно добиться, разработав новые конструкции опор, свай, сборных фундаментов, в которых будут использованы как современные высокопрочные и долговечные бетоны, так и арматура повышенной прочности. В перечень тем, рекомендованных к реализации в рамках НИОКР ПАО «Россети», уже включена «Разработка унифицированной серии железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ и 6–10 кВ повышенной долговечности с использованием наномодифицированного бетона и элементов электронной паспортизации». Разработка железобетонных стоек с повышенными значениями несущей способности позволит увеличить длину пролетов ВЛ на 20–25% и получить экономический эффект за счет сокращения количества промежуточных опор и затрат на их строительство и обслуживание. Применение наномодифицированного бетона поможет обеспечить срок службы железобетонных стоек свыше 50 лет, а в ряде случаев довести его до 100 лет. Это значительно уменьшит затраты на проведение ремонтных работ.

Новые стойки будут оснащены радиочастотными метками (микрочипами), содержащими уникальный идентификационный номер, по которому предоставляется доступ к электронному паспорту, то есть к информации жизненного цикла опоры, в частности, комплекту технической документации с подробной информацией о выпущенном изделии и его характеристиках. Электронная паспортизация железобетонных стоек даст возможность дифференцированно

изготавливать и поставлять на объекты изделия с индивидуальными требованиями по защите от коррозии. Идентификация изделий позволит заинтересованному в качестве заказчику выбирать конструкции, основываясь на объективных показателях их свойств, повысит ответственность производителя и поставщика, гарантирует стабильность качества применяемых на объектах изделий, исключит поставку изделий, не соответствующих заявляемым характеристикам, что обеспечит отсутствие проблем при эксплуатации. Информация о каждом изделии с привязкой к конкретным опорам пополнит электронный паспорт ВЛ.

ВЫВОДЫ

1. Разработана комплексная химическая добавка для бетонов, включающая дисперсии наноразмера, позволяющая получать наномодифицированный бетон, обладающий высокой прочностью, плотностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью и коррозионной стойкостью, и тем самым обеспечивать повышенную надежность и долговечность строительных конструкций.
2. Стоимость железобетонных изделий, изготовленных из бетона повышенной долговечности, не отличается от стоимости обычных типовых конструкций. При этом использование долговечных конструкций позволяет отказаться от проведения ремонтных работ на протяжении всего срока службы. Этот факт приобретает наибольшее значение для фундаментных конструкций — свай и грибовидных фундаментов, работающих в сложных грунтовых условиях, к которым нет доступа в процессе эксплуатации.
3. Заказ существующих типовых конструкций с применением наномодифицированного бетона уже сейчас может значительно снизить эксплуатационные расходы в будущем.
4. Разработка новой унифицированной серии железобетонных опор ВЛ 0,4 кВ и 6–10 кВ повышенной надежности и долговечности позволит дополнительно снизить стоимость ВЛ при строительстве за счет сокращения опор на каждый километр трассы линии и при эксплуатации за счет отсутствия необходимости проведения ремонтных работ. А наличие цифрового электронного паспорта позволит передавать всю информацию об изделии в учетную IT-систему электрической сети для решения задач производственно-технического управления, мониторинга и диагностики состояния оборудования. **Р**

НИЛКЭС

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
+7 (911) 285-94-61, +7 (812) 309-39-61
t.i.sboychakova@nilkes.ru
www.nilkes.ru