

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЕ БЕТОННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ, АРМИРОВАННЫЕ
СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ И МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВОЙ
АРМАТУРОЙ**

ПОЛИТОВА В. И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Исследования, проведенные в Институте строительства и архитектуры Госстроя БССР в 50–70-е годы прошлого столетия, убедительно показали, что применение СПА в несущих конструкциях возможно только при создании предварительного напряжения, так как модуль деформации стеклопластиковой арматуры в несколько раз меньше (в 4–6 раз), чем металлической.

Анализ результатов изготовления и испытания предварительно напряженных ребристых плит, балок, колонн, армированных СПА, показал, что СПА обладает высокой неоднородностью по деформативности и временному сопротивлению. Это зависит от технологии изготовления арматуры, количества стеклянных волокон, их качества и связующей эпоксидной смолы [1].

Опыты показали, что максимальная степень предварительного напряжения в СПА может быть в пределах 0,4–0,5 временного сопротивления, что незначительно сказывается на микротрещинообразовании в эпоксидном связующем.

СПА была изготовлена на лабораторной установке в ИСиА Госстроя БССР диаметром 4–10 мм. Более глубокое изучение потерь предварительного напряжения СПА в то время не было проведено. Однако исследования Ю.В. Кондратьевой показали, что кислотная среда pH значительно снижает физико-механические характеристики СПА. Стеклопластиковые стержни содержались в различных агрессивных средах на срок до 700 дней, через определенный промежуток времени определялась потеря прочности образцов. Агрессивной являлась среда твердеющего цемента. На 501 день потеря составила 25%, на 100 день – 35%, на 200 день – 40% и на 700 день – до 45% [6].

И.В. Подмостко [5] провел ряд опытов, по результатам которых предложил оценивать потери от релаксации в СПА зависимостью:

$$\sigma_{\text{ред}} = \sigma_0 \cdot 0,0075 \cdot t^{0,17}, \text{ МПа.}$$

В известной литературе отсутствуют данные по релаксации напряжений в СПА в зависимости от диаметра, процентного содержания стеклянных волокон в сечении и степени создания предварительного напряжения.

Особо сложным вопросом для создания предварительного напряжения с СПА является устройство анкеров, и, хотя, сегодня разработано достаточно много вариантов, наиболее эффективным является сцепление с помощью бетона. Таким образом, определение потерь предварительного напряжения в бетонных конструкциях, армированных СПА, требует более глубокого анализа, и напряжения равные 0,4–0,5 временного сопротивления могут быть понижены за счет потерь, особенно при эксплуатации в кислотной среде рН.

В опытах, которые были проведены совместно с БрГТУ и БНТУ с созданием предварительного напряжения конструкций с применением самоупрочающегося бетона, армированных СПА, была показана эффективность этой технологии. В-первую очередь, это объясняется тем, что при бетонировании конструкции с применением самоупрочающегося бетона отпадает необходимость устраивать специальные анкера на концах стержней, так как самоупрочение обеспечивает необходимое сцепление арматуры с бетоном [2].

Опыты показали [2,3], что применение СПА в предварительном напряжении бетонных конструкций возможно только в варианте смешанного армирования, т. е. наличие в рабочем сечении металлической арматуры. В этом случае в изгибаемых элементах удастся избежать концентрации напряжений только в одном сечении и добиться более равномерного распределения трещин по длине изгибаемых элементов [2].

Структурный недостаток СПА может быть компенсирован путем введения в сечение СПА металлической проволоки с различным временным сопротивлением.

Опыты, проведенные В.В. Талецким [4] при испытании шпал, показали, что металлопластиковая (МПА) может быть использована в несущих конструкциях без создания предварительного напряжения с применением определенного класса бетона. В этом случае

модуль упругости арматуры повышается почти в 2 раза и составляет 100×10^3 МПа. Обычное, без предварительного натяжения, армирование приводит к равномерному образованию трещин в растянутой зоне сечения. Расчетами было установлено, что ширина раскрытия трещин в растянутой зоне сечения под рельсовой площадкой и сечения в середине шпалы под нагрузкой не превысит 0,4 мм. После снятия действующей нагрузки трещины закроются.

Наши опыты, проведенные с МПа диаметром 6,4 мм с введением в сечение проволоки диаметром 0,7 мм, временное сопротивление которой 240 МПа, показали, что до достижения относительных деформаций, равных 0,2%, т. е. до начала текучести проволоки, модуль упругости МПа повышается в 2 раза. Однако после достижения этой величины модель упругости возвращается к значению, равному обычной СПА. Это говорит о том, что учитывая недостатки СПА и возможности предварительного напряжения, равные 0,4–0,5 от временного сопротивления, при введении в сечение металлической проволоки удастся на этом этапе обеспечить работу арматуры со значительным снижением потерь предварительного напряжения. Не исключено, что влияние потерь от кислотной среды рН будет уменьшено.

Проведенный анализ показал, что для внедрения металлопластиковой арматуры в строительстве необходимо выполнить дополнительные исследования, включающие:

- 1) контроль потерь предварительного напряжения на всех этапах изготовления конструкции, обратив особое внимание на потери в кислотной среде рН, потерь от релаксации напряжений в зависимости от физико-механических характеристик СПА;

- 2) исследовать процентное соотношение в сечении арматуры с металлической проволокой и стеклянных волокон, качества связующего;

- 3) изучить область эффективного применения МПа в различных типах несущих ненапрягаемых бетонных и с созданием предварительного напряжения конструкциях.

Для разработки методики расчета прочности и трещиностойкости сечения до разрушения необходимо провести серию испытаний изгибаемых конструкций с переменным процентом армирования, различными классами бетона и технологиями изготовления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов, Н. П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластобетонные конструкции / Н. П. Фролов – М. : Стройиздат, 1980.
2. Рекомендации по проектированию конструкций из напрягающего бетона с композитной арматурой : утв. М-вом архитектуры и строительства Респ. Беларусь 28.11.2014. – Минск : ГП «Института жилища – НИИПТИС им. Атаева С.С.», 2014.
3. Семенюк, О. С. Собственные деформации и самонапряжения элементов из напрягающего бетона при его расширении в условиях осевого ограничения: дис ... канд. техн. наук: 2017 / О. С. Семенюк. – Брест, 2017.
4. Талецкий, В.В. Увеличение модуля упругости стеклопластиковой арматуры / В. В. Талецкий // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства: сборник научно-технических статей (материалы научно-технического семинара), 22-23 мая 2013 г. В 2 ч. Ч. 1 / ред. колл.: В.Ф. Зверев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 130-136.

УДК 624.046.02

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОМПОЗИТОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ПОЧЕБЫТ А. А.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь

Вопросами армирования бетонных конструкций стержнями из композитной арматуры занимаются исследовательские центры по всему миру: Институт бетона Америки (The American Concrete Institute), Японское сообщество гражданских инженеров (Japan Society for Civil Engineers) и другие исследовательские группы, например, в Канаде, Италии и др. На основании комплексных исследований, проведенных к настоящему времени, разработаны и совершенствуются нормативные документы по вопросам проектирования