

О СТАНДАРТИЗАЦИИ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕРЖНЕЙ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время стержни из волокнистых полимерных композиционных материалов, именуемые в зарубежных источниках как FRP rebar, находят в разных странах мира все более широкое применение для армирования различных бетонных конструкций взамен стальной арматуры, а также для армирования цементных и других строительных вяжущих растворов.

Основными достоинствами стержней из волокнистых полимерных композиционных материалов, обуславливающими преимущество использования их в строительных конструкциях в качестве арматуры, при сравнении со стальными стержнями аналогичного назначения являются:

- малая удельная масса (плотность);
- высокая удельная прочность;
- высокая устойчивость к воздействию различных агрессивных сред;
- высокая электрическая прочность и невосприимчивость к воздействию электромагнитных полей;
- низкая теплопроводность;
- искробезопасность при разрушении конструкций, армированных такими стержнями.

Проблемами армирования бетонных конструкций стержнями из волокнистых композиционных материалов занимаются, в частности: 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 в настоящее время в различных странах мира, разработаны и совершенствуются нормативные документы по вопросам проектирования и расчета бетонных строительных конструкций, армированных композитными стержнями. К настоящему времени за рубежом разработаны и применяются нормативные документы, регламентирующие порядок проектирования и расчета бетонных конструкций, армированных композитными стержнями, в частности:

1. Jsce (1997), Recommendation For Design And Construction Of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials, Research Committee on Continuous Fiber Reinforcing Materials, Japan Society of Civil Engineers, Tokyo;

2. Cnr-Dt 203/2006 Guide For The Design And Construction Of Concrete Structures Reinforced With Fiber-Reinforced Polymer BARS. Advisory Committee On Technical Recommendations For Construction. National Research Council. Rome — CNR June 2007;

3. ACI 440.1R-01 (2001), Guide For The Design And Construction Of Concrete Reinforced With Frp Bars, ACI Committee 440, American Concrete Institute (ACI), Farmington Hills;

4. ACI 440.1R-03 (2003), Guide For The Design And Construction Of Concrete Reinforced With Frp Bars, ACI Committee 440, American Concrete Institute (ACI);

5. ACI 440.1R-06 (2006), Guide For The Design And Construction Of Concrete Reinforced With Frp Bars, ACI Committee 440, American Concrete Institute (ACI);

6. ACI 440.3R-04, 2004, Guide Test Methods For Fiber-Reinforced Polymers (Frps) For Reinforcing Or Strengthening Concrete Structures, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA;



7. ASTM D7205, 2006, Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite Bars, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA;

8. CSA-S806-02 (2002), Design And Construction Of Building Components With Fibre-Reinforced Polymers, Canadian Standards Association, Ontario;

9. ISIS (2001), Reinforcing Concrete Structures With Fibre Reinforced Polymers, Design Manual No. 3, Canadian Network of Centres of Excellence on Intelligent Sensing for Innovative Structures, Winnipeg;

10. ISO TC 71/SC 6 N, 2005, Non-Conventional Reinforcement Of Concrete — Test Met-

hods — Part 1: Fiber Reinforced Polymer (FRP) Bars And Grids, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Проделанные зарубежными исследователями работы открыли широкие возможности для проектирования и возведения различных сооружений из бетона, армированного композиционными стержнями, а также позволили приступить к проектированию и сооружению таких ответственных объектов, как мосты.

В Советском Союзе первые крупные научно-исследовательские работы в области применения композитов начались в 50-е годы прошлого столетия. В 1963 г. в Полоцке был сдан в эксплуатацию цех по опытно-промышленному производству стеклопластиковой арматуры. Примерно в те же годы работы в этом направлении проводились в ЮжНИИ (с 1958 г.), НИИЖБ, ВНИИ стекловолокна, НИИ пластмасс, ЦНИИ Промзданий, ЦНИИС и др.

Однако в нашей стране первый этап промышленного применения стеклопластиков в строительстве оказался не совсем удачным из-за недостаточно четкой и устойчивой технологии их изготовления, что приводило в ряде случаев к относительно низкому качеству стержней и большому разбросу получаемых физико-механических характеристик композитов. По этим причинам объем практического использования стеклопластиков в отечественном строительстве не получил должного развития, хотя нельзя не отметить, что в те годы вышел ряд публикаций об успешных теоретических и экспериментальных исследованиях в рассматриваемой области [1].

Политический кризис, развившийся на территории СССР, и дальнейший экономический спад в 90-е годы 20-го столетия в России отодвинули и практически свели на нет научно-теоретические и технологические исследования в этом направлении.

С начала текущего тысячелетия в России композиционная арматура начинает всё шире использоваться в строительной отрасли в качестве гибких связей в конструкциях утепленных стен жилых и промышленных зданий. Основными производителями гибких связей в России в этот период являются ООО «Бийский завод стеклопластиков» (г. Бийск), ООО «МАТЕК» (пос. Андреевка Московской обл.) и ООО «Гален» (г. Чебоксары).

В последние годы в России стержни из композиционных материалов начинают применяться (с учетом зарубежного опыта) и в качестве силовой арматуры, предназначенной для повышения прочности бетонов и строительных растворов (для замены стальной арматуры). В России появился ряд предприятий, производящих и предлагающих на рынке строительных материалов композиционные стержни различного исполнения, предназначенные, по версии производителей, «для армирования строительных конструкций». Число таких предприятий постоянно растет.

Рассматривая образцы армирующих стержней из волокнистых композиционных материалов, выпускаемых отечественными производителями, и нормативные документы на данную продукцию, можно сделать вывод о широте возможных конструктивных вариантов изготовления композитных стержней, предназначенных для применения в строительстве, и о факторах, тормозящих широкое применение этой продукции. К числу таких факторов следует отнести:

- отсутствие у предприятий единого подхода к оценке технических характеристик производимой ими продукции;
- отсутствие единства номенклатуры показателей, характеризующих потребительские свойства данной продукции;
- отсутствие единых методов оценки технических показателей;
- неполное соответствие номенклатуры приводимых изготовителями показателей арматурных стержней потребностям проектировщиков, занимающихся разработкой строительных конструкций и сооружений.

Устранить эти недостатки может выпуск предлагаемого ООО «Бийский завод стеклопластиков» Национального государственного стандарта, о начале обсуждения которого Росстандарт известил на своем сайте (www.gost.ru).

Объектом стандартизации в данном проекте стандарта являются общие технические требования, которым должны удовлетворять стержни из волокнистых композиционных полимерных материалов, предназначенные для армирования строительных конструкций различного назначения из обычных и предварительно напряженных бетонов. В первую очередь, это стержни, предназначенные:

- для применения в конструкциях и сооружениях, находящихся под воздействием агрессивных сред;
- для применения в конструкциях и сооружениях электротехнического назначения, находящихся под воздействием факторов электрохимической коррозии;
- для изготовления свай, фундаментов, портовых и берегоукрепительных сооружений;

- для армирования полотна автомобильных дорог;
- для армирования грунтов и горных пород при горнопроходческих работах (прокладке тоннелей и выемке котлованов);
- для изготовления сеток, применяемых при армировании каменной (кирпичной) кладки;
- для применения при ремонте конструкций зданий и сооружений;
- для изготовления полимерных болтовых соединений, стягивающих, например, элементы опалубки при строительстве гидротехнических сооружений.

Рассматриваемые стержни, как правило, состоят из силового сердечника, представляющего собой композиционный материал с осевым расположением волокнистой арматуры, склеенной между собой полимерной матрицей.

В качестве армирующего материала могут быть использованы ровинги из стеклянных, базальтовых, угольных, арамидных и других волокон, а также комбинации этих волокон, взятые в том или ином соотношении.

В качестве полимерной матрицы обычно используют компаунды на основе различных полимерных смол (эпоксидных, винилэфирных, полиэфирных и т. д.).

На поверхности силового сердечника могут быть расположены специальные слои, предназначенные для повышения прочности сцепления стержней с бетоном или строительным раствором. Состав этих слоев и технология их получения могут быть различными. Сюда относятся слои наклеенного на сердечник абразивного материала, например песка, слои в виде приклеенного к сердечнику спирального жгута из пропитанного компаундом волокнистого материала, слои нанесенного на сердечник волокнистого материала с криволинейной, волнистой формой расположения волокон, получаемой за счет деформирования в процессе формования пучка продольных волокон волокнами со спиральным расположением. Кроме того, под действие настоящего стандарта подпадают стержни со специальными анкерными уширениями, а также стержни, сформированные из нескольких стержней, склеенных между собой по спиральным линиям.

Возможны и другие конструктивные исполнения стержней.

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.114 предметами стандартизации в предлагаемом стандарте являются:

- требования назначения стержней;
- требования к обозначению стержней;
- технические требования, куда входят:
- требования к изготовлению стержней;
- основные параметры и характеристики стержней;
- требования к основным материалам (сырьевым компонентам), из которых изготавливают стержни;

- требования к комплектности;
- требования к маркировке стержней;
- требования к упаковке стержней;
- требования безопасности и охраны окружающей среды;
- правила приемки стержней;
- правила проведения типовых испытаний стержней;
- требования к методам контроля стержней;
- требования к транспортированию и хранению;
- гарантии изготовителя;
- методики испытания стержней.

Стандарт призван, не ограничивая творческих возможностей производителей стержней, обеспечить необходимое потребителям единство подходов к оценке их характеристик и соответствие производимой продукции заявляемым характеристикам. В частности, предлагаемая в стандарте единая схема обозначения стержней позволяет потребителям (проектировщикам и изготовителям строительной продукции) сразу оценить значения основных гарантируемых производителем характеристик стержней.

Рассматривая образцы армирующих стержней, представленных на отечественном рынке, видно, какие многообразные формы могут иметь стержни, особенно по наружной боковой поверхности. Очевидна необходимость при всем разнообразии форм обеспечить единый подход к оценке таких параметров поперечного сечения стержней, как радиус инерции, площадь поперечного сечения, момент сопротивления и момент инерции поперечного сечения, которые используются в прочностных расчетах изделий.

В проекте стандарта для этих целей вводится понятие эффективного диаметра, трактовка которого строится на анализе механического поведения стержней. Для этого параметра приводится соответствующая методика его определения, основанная на физических понятиях о механических характеристиках полимерных композиционных материалов [2, 3].

В число основных параметров, входящих в обозначение стержня, включено понятие «предельная температура эксплуатации». Матрица композиционных стержней наиболее эффективно обеспечивает совместное восприятие нагрузок армирующими волокнами до тех пор, пока она находится в стеклообразном состоянии. При нагревании стержней матрица постепенно (в относительно узком диапазоне температур) начинает переходить из стеклообразного состояния в эластичное. При этом существенно ухудшается ее способность обеспечивать совместную работу волокон. Соответственно, существенно снижаются механические характеристики композита. По этой причине в проекте

стандарта за предельную температуру эксплуатации стержней принята температура начала перехода полимерной матрицы из стеклообразного состояния в эластичное. В стандарте приведена методика определения этого параметра, которая основана на термомеханических испытаниях образцов и анализе термомеханических диаграмм, получаемых в процессе испытаний.

Стержни, требования к которым регламентируются стандартом, предназначены, прежде всего, для армирования изделий из бетонов. При разработке стержней их разработчики для этих целей наносят на стержни специальные слои или увеличивают рельефность поверхности, деформируя ее. В стандарте к одной из основных характеристик стержней отнесена их сцепляемость с бетоном. В нем приведена методика контроля этого показателя. При разработке этой методики был принят во внимание ряд обстоятельств.

1. Особенность условий эксплуатации стержней. Она состоит в том, что стержни длительное время (весь срок эксплуатации) подвергаются воздействию щелочной среды бетона. Эта среда может быть наиболее агрессивной, если изделия эксплуатируются в условиях неконтролируемой влажности. При этом может нарушиться адгезион-



ная связь между силовой частью стержня и слоем, предназначенным для повышения прочности сцепления стержня с бетоном. В этом случае поверхностный слой теряет свою функцию. Для учета этого фактора в проекте стандарта предложено: прежде чем определять прочность сцепления стержней с бетоном, производить ускоренное старение их в модельной щелочной среде.

2. Чтобы результаты оценки сцепляемости стержней с бетоном не зависели от прочностных свойств самого бетона, предложено бетон в испытываемом образце армировать по наружной поверхности трубой из стали или иного прочного материала.

3. При испытаниях на выдергивание стержня из бетона внешнюю нагрузку воспринимает передняя (обращенная к

выдергивающей силе) часть образца (в стержнях периодического профиля это 3–4 витка). Установлено, что при увеличении глубины заделки стержней в бетон прочность сцепления закономерно снижается. Это связано с указанным выше обстоятельством. Поэтому в образце для испытаний на выдергивание глубину заделки стержня в бетон предложено ограничить размером в 4 витка (периода).

Другие предметы стандартизации очевидны. Конкретные формулировки требований по ним не нуждаются в специальных пояснениях и могут быть урегулированы в процессе публичного обсуждения стандарта с заинтересованными специалистами.

А. Н. ЛУГОВОЙ, к. т. н., В. Ф. САВИН, к. т. н.

Литература.

1. Рекомендации по расчету конструкций со стеклопластиковой арматурой. — НИИЖБ, БелНИИС, Москва, 1978 г.

2. Луговой А. Н. «Исследование механических характеристик однонаправленно армированного стеклопластика методом продольного изгиба». Дисс. к. т. н. — Барнаул, 2005 г.

3. Тихонов В. Б. «Устройства и метод определения долговечности анизотропных стеклопластиковых стержней». Дисс. к. т. н. — Барнаул, 2011 г.

 **БЕЛГОРОДСКАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА**
 **БЕЛЭКСПОЦЕНТР**

**10-12
августа
2011**

**VII БЕЛГОРОДСКИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ**

**Межрегиональная
специализированная выставка**

СОВРЕМЕННЫЙ ГОРОД

Стройиндустрия

**Ярмарка
недвижимости**

Энергетика.

Ресурсосбережение.

Экология.

Т./ф.: (4722) 58-29-51, 58-29-66, 58-29-40, 58-29-65, 58-29-41
E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru;
г. Белгород, ул. Победы, 147-а

11 - 13 октября 2011

**Строительный комплекс
Большого Урала**

На специализированном выставочном с международным участием.
Современное строительство. Оборудование, материалы, технологии, услуги.





Новое
место проведения:
МВЦ
«Екатеринбург-ЭКСПО»



 **УРАЛЬСКИЕ ВЫСТАВКИ**
Тел. +7 (343) 316.03.30
www.ural-fair.ru