

DOI: 10.12737/22351

Фролов Н.В., ассистент,
Полоз М.А., аспирант,
Колесникова Е.Г., студентка

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ ОБ ИСПЫТАНИИ СТЕРЖНЕВОЙ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

frolov_pgs@mail.ru

В статье описаны особенности испытания стержневой полимеркомпозитной арматуры на осевое растяжение. Отмечается, что непосредственное закрепление образца такой арматуры в штатных захватах испытательной машины приводит к его смятию. Во избежание этого согласно ГОСТ 32492 испытания необходимо проводить с использованием специальной муфты, которая была апробирована в ходе экспериментальных исследований. Установлено совместное проскальзывание отвержденного состава и образца в стальной профильной трубке. Выявленным недостатком не обладает усовершенствованная конструкция стандартной муфты. С ее применением определены деформативно-прочностные характеристики стержней стеклопластиковой арматуры. Рассмотрены также технические решения инвентарных муфт и губок для аналогичных испытаний.

Ключевые слова: полимеркомпозитная арматура, стержень, анкерочный слой, испытательная муфта, сцепление, разрушающая нагрузка.

Введение. Современный отечественный рынок строительных материалов и изделий насыщен избытком товаров для изготовления армобетонных конструкций зданий и сооружений. К сожалению, не все такие товары, прежде чем быть задействованными на практике, в должной степени комплексно исследованы. Это в первую очередь относится к стержневой полимеркомпозитной арматуре (ПКА), которая после весьма красочной, но необоснованной рекламной кампании производителей приобретает все большую популярность в индивидуальном жилищном домостроении.

Особенно абсурдно выглядят таблицы равнопрочной замены стержней стальной арматуры класса по прочности на растяжение А400 на стержни меньшего диаметра стеклопластиковой или базальтопластиковой арматуры, где эквивалентный расчет производится по показателю временного сопротивления разрыву и намеренно не учитываются деформативные характеристики материалов. Благо, что сложившийся в профессиональном строительстве консерватизм, связанный с применением для несущих конструкций проверенного временем классического железобетона, пока позволяет избежать крупных аварий.

В работах [1–3] установлено, что основным существенным преимуществом ПКА перед стальной арматурой выступает высокая стойкость к воздействиям агрессивных сред. Коррозия арматурной стали снижает долговечность железобетона [4], поэтому использование ПКА в некоторых случаях может повысить срок службы армобетонных конструкций и расширить об-

ласти их применения, но необходимо проведение дополнительных исследований.

На сегодняшний день стержневая полимеркомпозитная арматура является довольно «сырым» продуктом строительного производства и требует всестороннего изучения и совершенствования физико-механических свойств. В экспериментальном определении деформативно-прочностных характеристик свойств на осевое растяжение имеется ряд специфических особенностей, которые усложняют испытательный процесс. Актуально эти особенности рассмотреть.

Методология. Контрольные испытания стержней стеклопластиковой арматуры на осевое растяжение выполнены соответствующим методом по ГОСТ 32492.

Основная часть. Методика испытания на растяжение стержней стальной арматуры по ГОСТ 12004 не пригодна для аналогичных испытаний стержней ПКА. При непосредственном закреплении полимеркомпозитного стержня в штатных захватах испытательной машины и последующем растяжении происходит смятие и проскальзывание концевых участков этого образца (Рис.1, а). Разрыв обычно наступает в зоне с наибольшей концентрацией напряжений – в захватах. Для стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры испытания по такой методике позволяют получать достоверные экспериментальные данные лишь до уровня нагрузки 20–30 % от разрушающей P_u .

Полную картину деформирования стержней ПКА при осевом растяжении можно получить

их испытаниями соответствующим методом по ГОСТ 32492, который был введен относительно недавно на основании ГОСТ 31938. По данному стандарту во избежание смятия полимеркомпозитного стержня в захватах испытательной машины необходимо использовать специальные муфты, конструкция которых состоит из стальной профильной трубки определенной длины наполненной после вставки стержня составом холодного отверждения и закупоренной пробками. В ходе апробации таких муфт, с учетом [5, 6], выявлено: состав холодного отверждения

в виде эпоксидной или полиэфирной смолы имеет хорошее сцепление с различными анкерочными слоями стержней полимеркомпозитной арматуры; применение профильной стальной трубки минимально требуемых размеров зачастую приводит к совместному проскальзыванию в ней отвержденного состава и стержня (рис. 1, б), что недопустимо; испытательный процесс имеет трудоемкий и длительный подготовительный период. Таким образом, приведенная в стандарте конструкция испытательной муфты нуждается в усовершенствовании.

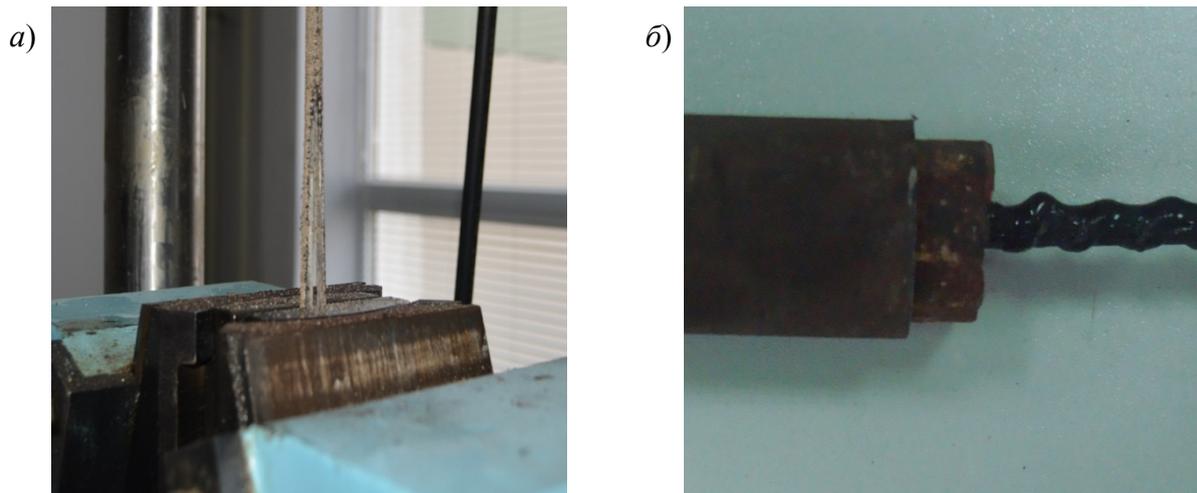


Рис. 1. Смятие и проскальзывание конечного участка полимеркомпозитного стержня в захвате испытательной машины (а) и совместное проскальзывание отвержденного состава и образца арматуры в стальной трубке (б)

Исходя из того, что сжимающую силу захватов испытательной машины воспринимает только стальная трубка испытательной муфты, а усадочные напряжения состава холодного отверждения ничтожно малы, то для корректного испытания стержня ПКА на осевое растяжение до разрыва должно одновременно выполняться следующее:

$$\tau_B \leq \begin{cases} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \\ \tau_4 \end{cases}, \quad (1)$$

где условно обозначено:

τ_B – максимальные касательные напряжения, которые возникают на поверхностях раздела фаз внутренней конструкции испытательной муфты при разрушающей нагрузке; τ_1 – предел прочности сцепления анкерочного слоя с силовым стержнем, величину которого при испытании готового образца изменить нельзя. Анкерочный слой устраивается во время отверждения полимерной матрицы композита путем намотки на силовую стержень непрерывного волокна ли-

бо напыления песка. При недостаточном сцеплении, как показывают исследования [7, 8], возможна срезка анкерочного слоя. Поэтому целесообразнее для создания выступов и неровностей профилировать сам силовую стержень; τ_2 – предел прочности сцепления анкерочного слоя с отвержденным составом испытательной муфты. Обеспечивается силами механического и адгезионного сцепления; τ_3 – предел прочности сцепления отвержденного состава с внутренней поверхностью трубки испытательной муфты. Также обеспечивается силами механического и адгезионного сцепления; τ_4 – характеристика сопротивления отвержденного состава испытательной муфты срезу.

Показатели правой части выражения (1) зависят от выбранного состава холодного отверждения и вида анкерочного слоя полимеркомпозитного стержня.

Касательные напряжения τ_B определяются согласно выражению:

$$\tau_B = \frac{P_u}{\pi \cdot d \cdot l_f} = \frac{\sigma_B \cdot d}{4 \cdot l_f}, \quad (2)$$

где: d – номинальный диаметр стержня; l_f – длина заделки стержня в испытательной муфте; σ_B – предел прочности на осевое растяжение.

Экспериментально установлено, что условие $\tau_B \leq \tau_3$ из выражения (1) хорошо выполняется при использовании усовершенствованной конструкции испытательной муфты по ГОСТ 32492 (рис. 2). На внутренней поверхности стальной профильной трубки электродуговым сварочным аппаратом созданы шероховатости, увеличивающие механическое сцепление отвердевшего состава со стенками. В дополнение, конец трубки ближний к рабочему участку стерж-

ня сплюснен для создания при растяжении клинового эффекта, который не приводит к передеформированию и разрушению стержня в зоне анкеровки. При испытании стержней большего номинального диаметра нужно увеличивать размеры стальной трубки. В качестве состава холодного отверждения применена полиэфирная смола марки NOVOL Plus 720.

Были проведены контрольные испытания на осевое растяжение серии стержней стеклопластиковой арматуры с песчаным покрытием ROCKBAR (ООО «Гален») номинальным диаметром 6 мм. Количество образцов в серии составляло 12 штук.

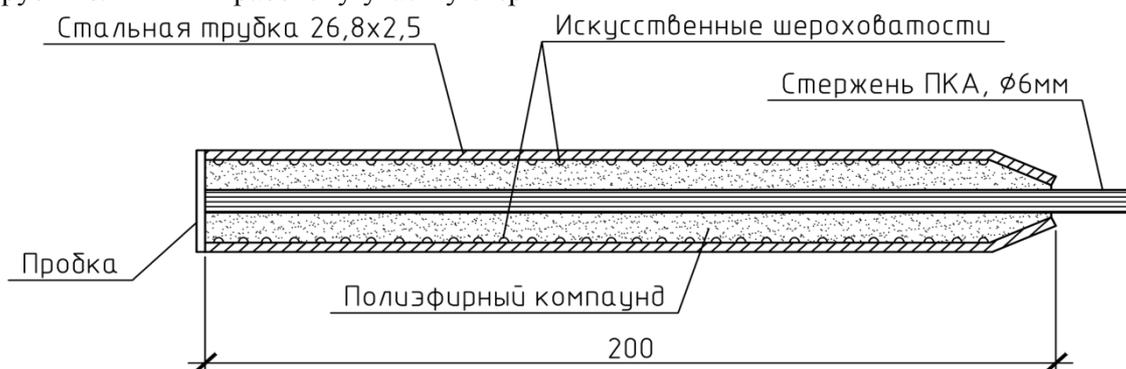


Рис. 2. Схема усовершенствованной конструкции испытательной муфты по ГОСТ 32492

Испытания осуществлены в специализированной лаборатории кафедры Строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова при помощи гидравлической разрывной машины WEW600D (рис. 3, а). Скорость приращения нагрузки составляла 0,06 кН/с. Величина относительного удлинения образцов определялась экстензометром марки YU-10/50.

Разрушение всех образцов стеклопластиковой арматуры хрупкое, с разрывом и продольным расслоением волокон в пределах рабочего участка (рис. 3, б). Между напряжениями и деформациями наблюдается линейная зависимость вплоть до разрыва. Результаты испытаний после статистической обработки представлены в табл. 1.

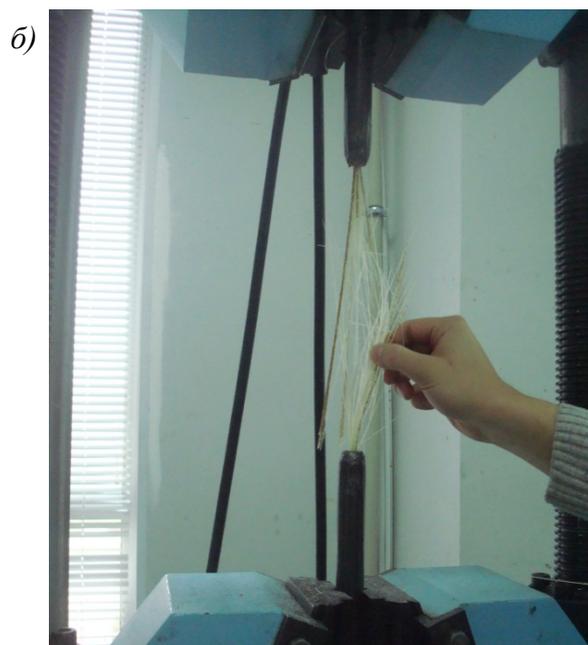
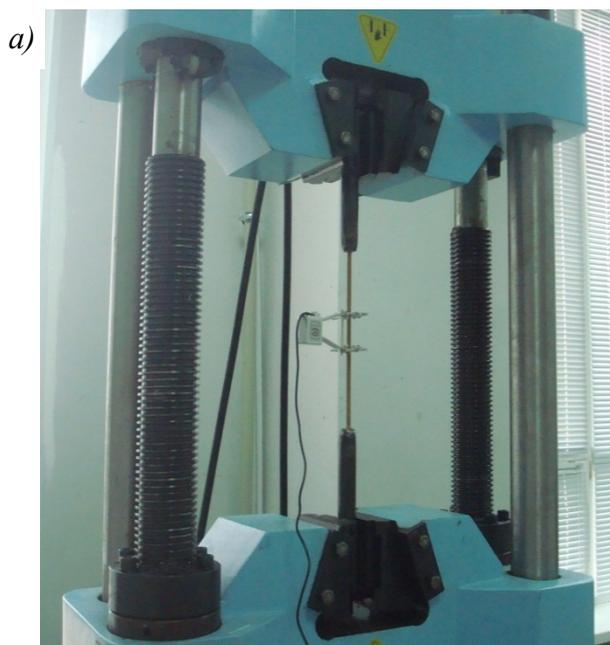


Рис. 3. Общий вид испытания (а) и характер разрушения (б) стержней стеклопластиковой арматуры

Таблица 1

**Средние значения деформативно-прочностных характеристик стержней
стеклопластиковой арматуры при осевом растяжении**

Вид арматуры	Предел прочности σ_B , МПа	Начальный модуль упругости E_f , МПа	Относительное удли- нение ε_B , %
Стеклопластиковая арматура ROCKBAR, \varnothing 6мм	1166,4	48306	2,41

Следует отметить, что стоимость материалов для двух испытательных муфт более чем в 20 раз превосходит стоимость образца стеклопластиковой арматуры. При этом повторное применение этих муфт практически невозможно. Возникает проблема утилизации.

В работах [6, 9–11] описаны несколько интересных технических решений инвентарных муфт и губок, которые, по заявлениям авторов, позволяют обеспечить стабильность фиксации образцов малых диаметров (до 8 мм) и их разрушение в рабочей зоне. В ходе дальнейших исследований будет выполнена их апробация, а пока для всей номенклатуры стержневой полимеркомпозитной арматуры при испытаниях рекомендуется использовать стандартную испытательную муфту с учетом дополнений, описанных выше.

Выводы. Стержневая полимеркомпозитная арматура является перспективным строительным материалом, который может повысить эффективность применения армобетонных конструкций, но необходимо проведение дополнительных исследований совместной работы такой арматуры с бетоном при длительном действии нагрузок в широком спектре температур, а также в условиях коррозионных воздействий.

Использование усовершенствованной конструкции муфты по ГОСТ 32492 позволяет испытывать стержни полимеркомпозитной арматуры на осевое растяжение вплоть до разрыва в пределах рабочего участка без смятия и прокаливания их в захватах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Староверов В.Д., Бароев Р.В., Цурупа А.А., Кришталевиц А.К. Композитная арматура: проблемы применения // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 171–178.
2. Римшин В.И., Меркулов С.И. О Нормировании характеристик стержневой неметаллической композитной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 22–26.
3. Фролов Н.В., Обернихин Д.В., Никулин А.И., Лапшин Р.Ю. Исследование свойств композитной арматуры на основе стеклянных и базальтовых волокон // Вестник Белгородского

государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 18–21.

4. Смоляго Г.А., Дронов В.И., Дронов А.В., Меркулов С.И. Изучение влияния дефектов железобетонных конструкций на развитие коррозионных процессов арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 12. С. 25–27.

5. Гиздатуллин А.Р., Хозин В.Г., Куклин А.Н., Хуснугдинов А.М. Особенности испытаний и характер разрушения полимеркомпозитной арматуры // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 3 (47). С. 40–47.

6. Бенин А.В., Семенов С.Г. Особенности испытаний композитной полимерной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 9. С. 42–46.

7. Бенин А.В., Семенов С.Г. Экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с плоской навивкой с бетоном // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 74–76.

8. Кустикова Ю.О. Исследование свойств базальтопластиковой арматуры и ее сцепления с бетоном // Строительство: наука и образование. 2014. № 1. С. 1.

9. Тюрников В.В., Литиков А.П., Ахмедов А.Д. Специфика испытаний композитной полимерной арматуры // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. Сборник статей под ред. М.И. Балзанникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2015. С. 42–47.

10. Ширко А.В., Камлюк А.Н., Спиглазов А.В., Дробыш А.С. Определение механических свойств композитной арматуры с учетом температурного воздействия // Механика машин, механизмов и материалов. 2015. № 2 (31). С. 59–65.

11. Литиков А.П., Элекина Е.Н. Модификация захватных устройств для испытания композитной арматуры // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и техносферная безопасность. Сборник статей по материалам 72-й Всероссийской научно-технической конференции. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 271–273.

Frolov N.V., Poloz M.A., Kolesnikova E.G.**RESEARCH OF THE POLYMER COMPOSITE REINFORCEMENT TEST UNDER AXIAL LOADING**

Properties of polymer composite reinforcement test under axial loading are described in the article. It is significant, that standart testing machine holding jaws crumple samples. In according to requirements of GOST 32492, it's necessary to use a special muff, which was tested in the experiment. Creeping of material in steel tube was found out. Improved muff was suggested. Strength and deformation properties of glass-plastic reinforcement were determined. Technical solutions of muffs and jaws were also considered.

Key words: *polymer composite reinforcement, rod, anchoring cover, test muff, adhesion, ultimate loading.*

Фролов Николай Викторович, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: frolov_pgs@mail.ru

Полоз Максим Александрович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: max.ploz@inbox.ru

Колесникова Елена Геннадьевна, студентка кафедры стратегического управления.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: star.gjktc@yandex.ru