

## **АНКЕРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ**

**Хотько А.А.**, канд. техн. наук, доцент, **Эбраим Садин Ягуб** (БНТУ)

Существующие на сегодняшний день потребности в экономии материальных ресурсов ставят задачу поиска и применения в строительстве новых конструктивных решений. Одним из таких решений, позволяющих экономить стальную арматуру, является использование в качестве армирования композитной (стеклопластиковой и базальтопластиковой) арматуры в предварительно напряжённых изгибаемых несущих композитобетонных конструкциях. К недостаткам, или особенностям композитной арматуры, которые не позволяют повсеместно выполнить прямую замену металлической арматуры на композитную, относятся следующие свойства: низкий модуль упругости, более низкая огнестойкость изделий армированных композитной арматурой, низкая прочность при поперечных нагрузках, сложность изготовления гнутых арматурных изделий, сложность при изготовлении предварительно напряжённых конструкций, а также отсутствие необходимых экспериментальных данных, в том числе о прочности сцепления композитной арматуры с бетоном [1, 2, 3, 4].

Производимая в РБ и импортируемая в нашу республику композитная арматура имеет большой разброс в физико-механических характеристиках, исходных материалах (сырье) и геометрических характеристиках. Ввиду отсутствия нормативных документов, регламентирующих требования к композитной арматуре, имеются различия, как в технологии изготовления арматуры, так и в геометрических параметрах образующегося при производстве периодического профиля. Производится арматура с песчаной посыпкой поверхности и без нее. Периодический профиль композитной арматуры производится при ее изготовлении путем спиральной обвивки сырой заготовки стержня крученой нитью из стеклянного волокна, пропитанной связующим. При обмотке нить натянута с определенным усилием, благодаря чему она вдавливается в тело стержня. За счет этого арматура получает дополнительное уплотнение и периодический профиль. При этом является очевидным тот факт, что обладая различными параметрами периодического профиля, композитная арматура различных производителей будет иметь и различные характеристики сцепления с бетоном. Связь обвивки из крученой нити и тела стержня – различна у разных производителей и также оказывает влияние на совместную работу бетона и арматуры. Известны случаи, когда при испытании на сцепление, обвивка из крученой нити сползала с тела арматурного стержня, что становилось причиной преждевременного нарушения сцепления арматуры с бетоном.

С целью разработки предложений по расчету анкеровки в бетоне композитной стержневой арматуры производителей Республики Беларусь

были выполнены исследования влияния диаметра и длины заделки арматурных стержней на прочность и деформативность сцепления с бетоном композитной арматуры различных производителей в изгибаемых элементах;

Исследования выполняли для композитной арматуры трех различных производителей Республик Беларусь (ЧП «Минпласт» г. Минск, ОАО «Стройкомпозит, г. Гомель и ООО «Научно-производственная компания «Бизнес-Континент» (г.Брест), и предусматривали сравнительные испытания балок на свободных опорах, армированных стержнями стеклопластиковой арматуры диаметром от 4мм до 10 мм, указанных производителей с различными длинами контакта арматуры с бетоном (10d, 20d и 30d)

Поперечное сечение опытных образцов принято прямоугольным с размерами сторон  $b \times h = 150 \times 300$  мм. Длина образцов  $L=1500$ мм. Опытная балка в середине разделена на две части. Эффективная высота бетона (высота сжатой зоны бетона) зафиксирована путем установки стальных уголков в пределах высоты  $x_{eff}=80$ мм с шарниром между ними (рис. 1). В нижней части в пределах зоны чистого изгиба (в пределах 600мм) бетон отсутствует. При этом в одной части заделки ( $l_{зад}$ ) композитная арматура находилась в контакте с бетоном, а в другой части ( $150$  мм и  $300-l_{зад}$ ) сцепление искусственно исключалось (стержень помещался в изолирующую трубку). Поперечная и сжатая арматура отсутствует. Величина относительного пролета среза принята постоянной и равной 450 мм.

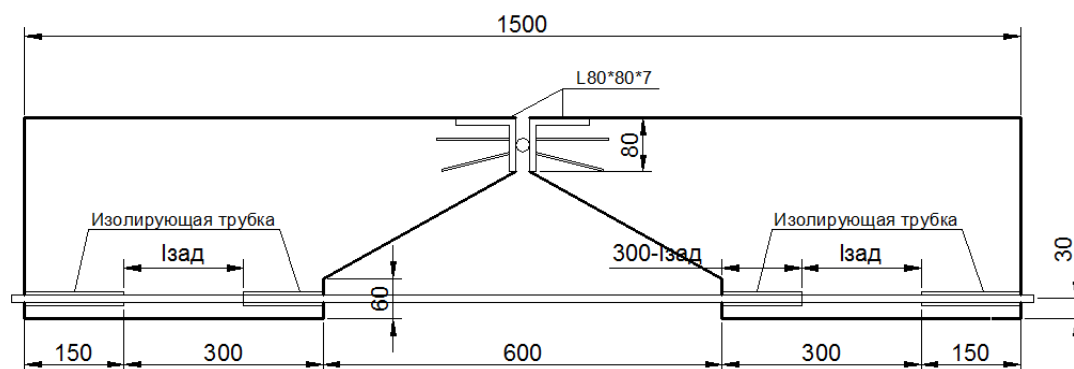


Рисунок 1 – Геометрические характеристики опытных балок

Опытные образцы-балки изготавливали в разборной деревянной опалубке с формованием в горизонтальном положении (для арматуры). Проектируемый класс бетона С30/37. Бетонирование производилось с уплотнением бетонной смеси штыкованием.

Испытания проводились на гидравлическом прессе кафедры ЖБК с расстоянием между двумя точками приложения нагрузки на балку 500 мм, расположенными симметрично относительно центра пролета. Расстояние от опоры до места приложения нагрузки принято 450 мм.

Для изучения влияния диаметра и длины контакта с бетоном стеклопластиковых арматурных стержней на прочность и деформативность сцепления с бетоном композитной арматуры различных производителей относительно бетона изгибаемых железобетонных элементов,

контролировали характер разрушения опытных образцов и максимальную нагрузку, при котором сцепление стеклопластиковой арматуры с бетоном не нарушено ( $P_{max}$ ), а также перемещения незагруженного (свободного) ( $y_1$ ) и загруженного ( $y_0$ ) концов арматурного стержня относительно наружных граней бетона на обоих концах образца. Схема установки для проведения испытаний представлена на рисунке 2.

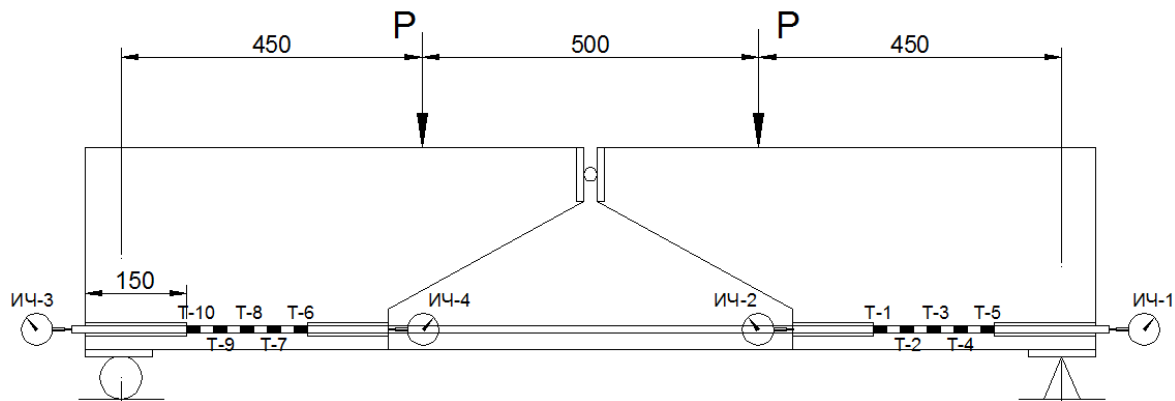


Рисунок 2 – Внешний вид установки для испытаний

Разрушение опытных образцов происходило в результате возникновения одного из трех случаев: проскальзывания арматуры относительно бетона, скалывания защитного слоя бетона, разрыва композитной арматуры (рис. 3).



Рисунок 3 – Опытный образец после разрушения в результате разрыва арматуры

Предельная нагрузка перед разрушением образцов, зависела от величины заделки арматуры в бетон и диаметра стеклопластиковой арматуры. На представленных графиках рисунка 4 и 5 красным цветом помечены образцы с арматурой производства ООО «Стройкомпозит», черным цветом – образцы с арматурой производства ООО «Бизнес-континент» и синим цветом – образцы с арматурой частного предприятия «Минпласт». Маркер в виде квадратика обозначает разрушение образца по причине нарушения анкеровки арматуры в бетоне вследствие ее проскальзывания, маркер в виде кружочка

обозначает, что образец разрушился по причине разрыва стеклопластиковой арматуры, и маркер в виде треугольника показывает на графике образцы, в которых разрушению предшествовал скол защитного слоя бетона арматуры.

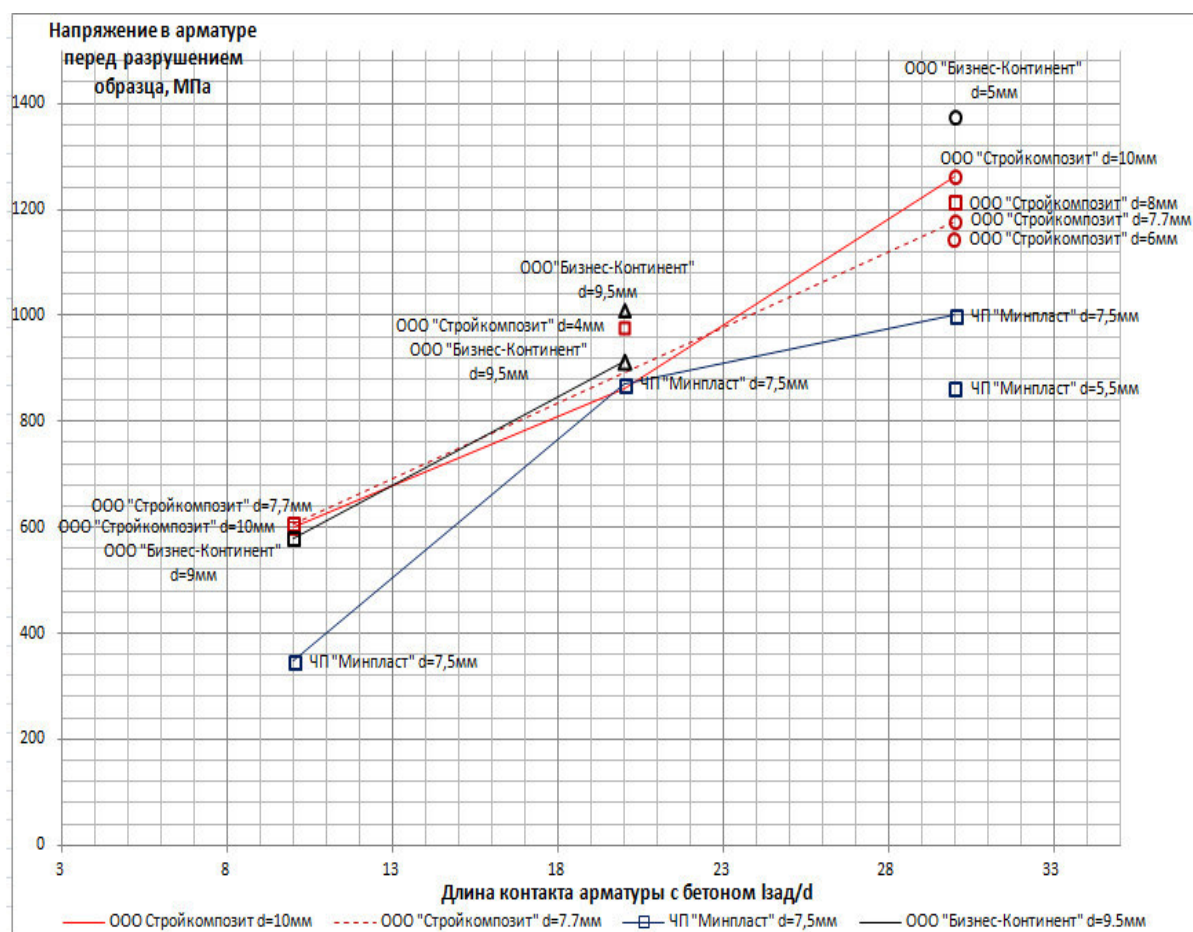


Рисунок 4 – График зависимости предельных напряжений в арматуре в момент разрушения образцов от длины контакта арматуры с бетоном

Разрушение балок, сопровождающееся проскальзыванием стеклопластиковой арматуры относительно бетона, происходило практически во всех образцах с длиной заделки арматурных стержней в бетон равной  $10d$  и  $20d$ . При этом полное нарушение сцепления арматуры с бетоном наблюдалось на одном из концов испытываемого образца (см. рисунок 4).

В образцах со стеклопластиковыми стержнями производства ООО «Бизнес-континент» с диаметром 9,5мм и длиной контакта стержней с бетоном  $20d$ , разрушение образцов происходило вследствие скалывания защитного слоя бетона на одной из половинок опытной балки. Данные два случая могут свидетельствовать о большей распорности периодического профиля стеклопластиковой арматуры  $\varnothing 9,5$ мм производства ООО «Бизнес-континент».

Четыре опытных образца с длиной заделки арматуры в бетон равной  $30d$  разрушались по причине разрыва стеклопластиковой арматуры. Причем три образца из разрушившихся по причине разрыва арматуры были со стержнями

производства ООО «Стройкомпозит» ( $\varnothing 6\text{мм}$ ,  $\varnothing 7,7\text{мм}$  и  $\varnothing 10\text{мм}$ ), и один образец с арматурой производства ООО «Бизнес-континент» ( $\varnothing 5\text{мм}$ ). Стоит отметить, что один образец с длиной заделки  $30d$  и с арматурой производства ООО «Стройкомпозит» ( $\varnothing 8\text{мм}$ ), который разрушился вследствие проскальзывания арматуры относительно бетона, достиг предельной нагрузки перед разрушением, соответствующей напряжениям в арматуре  $\sigma=1213\text{МПа}$ . Учитывая, что данное значение соответствует декларируемому производителем временному сопротивлению разрыва стеклопластиковой арматуры, можно сделать вывод, что арматура в предельном состоянии перед разрушением образца, была близка к разрыву. Наиболее низкие показатели прочности сцепления арматуры с бетоном показали образцы с арматурой производства частного предприятия «Минпласт», в которых разрушение балок со всеми длинами контакта стержней с бетоном сопровождалось проскальзыванием арматуры относительно бетона.

Взаимное проскальзывание незагруженного конца  $s(n)$  арматурного стержня, если пренебречь депланацией поперечных слоев бетона опытных образцов, определяли как перемещения незагруженного конца арматуры относительно наружных слоев бетона того же сечения, установленным на каждом этапе нагружения с помощью индикаторов ИЧ-1 (ИЧ-3).

Величину проскальзывания загруженного конца арматуры  $s(0)$  определяли как разницу между деформациями, установленными по показаниям индикаторов часового типа, закрепленных на струбцине, на загруженном конце арматуры в непосредственной близости от торца образца, и вычисленных деформаций участка арматуры от точки закрепления струбцины до начала заделки стержня в бетон, соответствующих данному этапу нагружения.

Сравнительный сводный график зависимости предельных перемещений незагруженного конца арматуры от длины контакта стержней с бетоном для арматуры разных производителей и разных диаметров, показан на рисунке 5. В результате эксперимента выявлено, что арматура производства ООО «Бизнесконтинент» и ООО «Стройкомпозит» обладает большей деформативностью сцепления с бетоном, чем арматура производства ЧП «Минпласт», что вероятно связано с различным механизмом взаимодействия с бетоном стержней арматуры этих производителей. Деформативность арматуры снижалась также при увеличении заделки арматуры в бетоне. Причем, для арматуры производства ООО «Бизнесконтинент» и ООО «Стройкомпозит» это уменьшение происходило более интенсивно. Предельные перемещения незагруженного конца арматуры ООО «Стройкомпозит» относительно бетона при длине контакта  $l_{зад}=10d$  примерно в 8 раз превысили предельные перемещения концов арматуры ЧП «Минпласт» относительно бетона при нагрузках, предшествующих разрушению образцов.

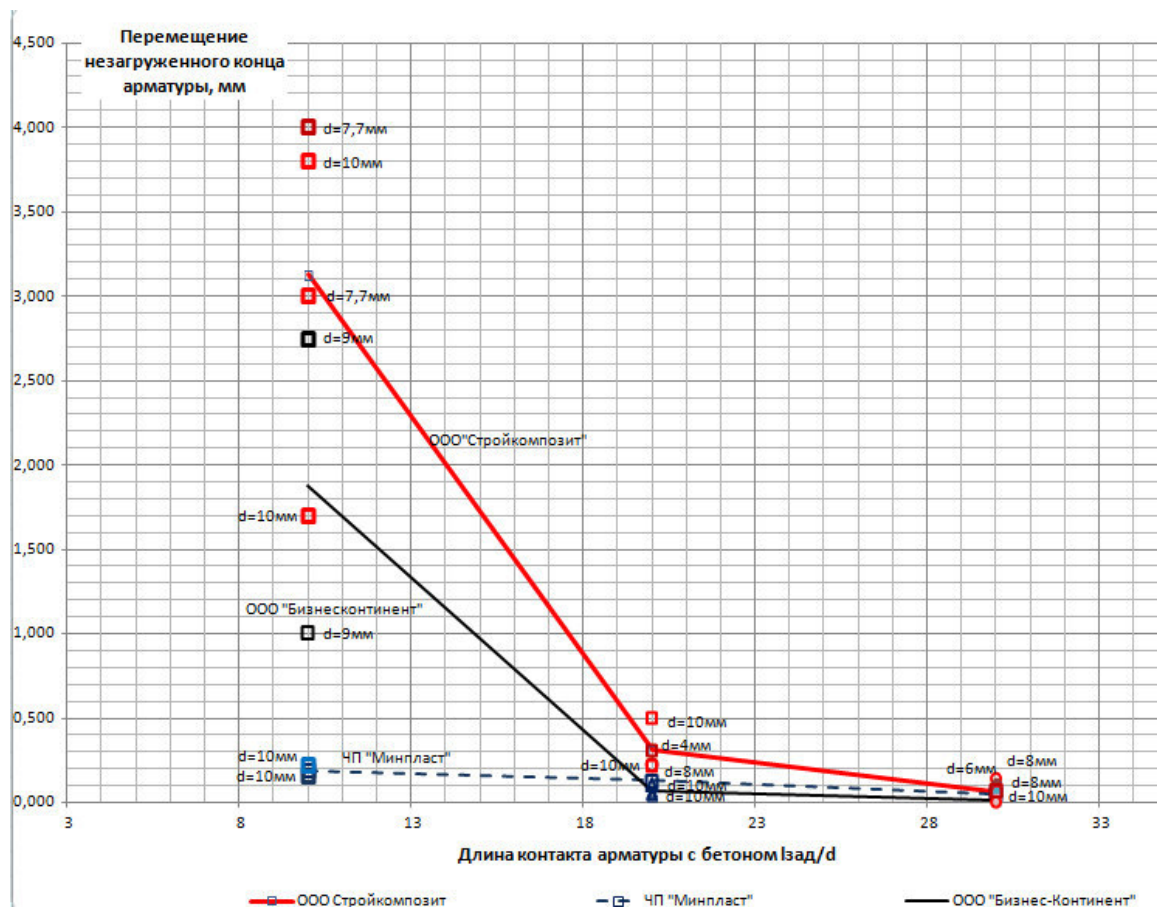


Рисунок 5 – График зависимости предельных перемещений незагруженного конца арматуры от длины контакта стержней с бетоном

**Литература.** 1. Тур В.В., Малыха В.В. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов с комбинированным армированием стеклопластиковыми и стальными стержнями // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будовлі та споруди.– Збірник наукових праць, Вип. 24, 2012.– Рівне.– С. 271–281. 2. Фролов, Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н.П. Фролов. – Москва: Стройиздат, 1980. - 104с. 3. Хотько, А.А. Опыт и проблемы эффективного применения стеклопластиковой арматуры при армировании стеклопластбетонных конструкций / А.А. Хотько // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства: Сб. научно-технических статей – Минск, 2012. – С. 140-147. 4. Лешкевич, О.Н. Перспективы применения композитной арматуры. / О.Н. Лешкевич // Третий международный симпозиум «Проблемы современного бетона и железобетона» – Минск, 2011.