

Расчетная оценка анкеровки в бетоне стеклопластиковой арматуры, производимой в Республике Беларусь

Асп. Э. Я. Садин¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2016
Belarusian National Technical University, 2016

Реферат. Проанализированы преимущества и недостатки композитной арматуры при армировании железобетонных конструкций. Отражены результаты экспериментальных исследований прочности сцепления с бетоном стеклопластиковой арматуры производителей Республики Беларусь. Выполнен анализ влияния диаметра и длины контакта с бетоном стеклопластиковых арматурных стержней на прочность и деформативность сцепления с бетоном. Для изучения влияния диаметра и длины контакта с бетоном стеклопластиковых арматурных стержней на прочность и деформативность сцепления с бетоном композитной арматуры различных производителей изгибаемых железобетонных элементов контролировали характер разрушения опытных образцов и максимальную нагрузку, при которых сцепление стеклопластиковой арматуры с бетоном не нарушалось. Также контролировали перемещения незагруженного (свободного) и загруженного концов арматурного стержня относительно наружных граней бетона на обоих концах образца. Эксперименты показали, что разрушение опытных образцов происходило в результате возникновения одного из трех случаев: проскальзывания арматуры относительно бетона, скалывания защитного слоя бетона и разрыва композитной арматуры. Определены моменты начала сдвига арматурных стержней относительно бетона двумя разными методами. Представлены предложения по расчетной оценке анкеровки в бетоне стеклопластиковой арматуры производства ООО «Стройкомпозит» (г. Гомель, Республика Беларусь), ООО «Научно-производственная компания «БизнесКонтинент» (г. Брест, Республика Беларусь) и ЧП «Минпласт» (г. Минск, Республика Беларусь).

Ключевые слова: анкеровка, стеклопластиковая арматура, железобетонные конструкции

Для цитирования: Садин, Э. Я. Расчетная оценка анкеровки в бетоне стеклопластиковой арматуры, производимой в Республике Беларусь / Э. Я. Садин // *Наука и техника*. 2016. Т. 15, № 4. С. 308–314

Calculation Assessment of Anchorage in Concrete for Fiberglass Reinforcement Manufactured in the Republic of Belarus

E. Ya. Sadin¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The paper analyzes advantages and disadvantages of composite reinforcement while reinforcing concrete structures. Results of experimental investigations on adhesion strength of fiberglass reinforcement manufactured in the Republic of Belarus with concrete have been given in the paper. The paper contains an analysis pertaining to the influence of concrete contact diameter and length of fiberglass reinforcing bars on strength and deformability of adhesion with concrete. Failure behavior of prototypes and maximum loading that does cause breakage in adhesion of fiberglass reinforcement with the concrete have been controlled in order to study the influence of diameter and length of fiberglass reinforcing bar contact with the concrete on strength and deformability of concrete adhesion for composite reinforcement produced by various manufacturers. Displacement of non-loaded (free) and loaded ends of the reinforcing bars with regard to concrete exposed face on both specimen ends has been also controlled. The experiments have shown that destruction of the prototypes occurred due to initiation of one of the following three reasons: reinforcement sliding in reference to concrete, cleaving of a protective concrete layer or breakage of composite reinforcement. Start-up moments for reinforcing bar slip in relation to the concrete have been determined with the help of two methods. The paper provides proposals for calculation assessment of anchorage in the concrete

Адрес для переписки
Садин Эбраим Ягуб
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 150,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 265-96-97
ebrahim_sadin@yahoo.com

Address for correspondence
Sadin Ebrahim Yagoub
Belarusian National Technical University
150 Nezavisimosty Ave.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 265-96-97
ebrahim_sadin@yahoo.com

for fiberglass reinforcement manufactured by the following enterprises and companies “Stroykompozit” (Gomel, Republic of Belarus), Research and Production Company (RPC) “Biznes-Kontinent” (Brest, Republic of Belarus) and Private Enterprise (PE) “Minplast” (Minsk, Republic of Belarus).

Keywords: anchorage, fiberglass reinforcement, reinforcement concrete structures

For citation: Sadin E. Ya. (2016) Calculation Assessment of Anchorage in Concrete for Fiberglass Reinforcement Manufactured in the Republic of Belarus. *Science & Technique*. 15 (4), 308–314 (in Russian)

Существующие сегодня 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 арматуры в предварительно напряженных изгибаемых несущих композитобетонных конструкциях. К недостаткам или особенностям композитной арматуры, которые не позволяют повсеместно выполнить прямую замену металлической арматуры на композитную, относятся следующие ее свойства: низкий модуль упругости; более низкая огнестойкость изделий, армированных композитной арматурой; малая прочность при поперечных нагрузках; сложность изготовления гнутых арматурных изделий; сложность при изготовлении предварительно напряженных конструкций; отсутствие необходимых экспериментальных данных, в том числе о прочности сцепления композитной арматуры с бетоном [1–5].

Производимая в Беларуси и импортируемая в нашу республику композитная арматура имеет большой разброс в физико-механических и геометрических характеристиках, исходных материалах (сырье). 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. Выпускается 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 вдавливаются в тело стержня. За счет этого арматура получает дополнительное уплотнение и периодический профиль. При этом очевиден тот факт, что, обладая различными параметрами периодического профи-

ля, композитная арматура различных производителей будет иметь и разные характеристики сцепления с бетоном [2, 3, 6].

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 производителей Республики Беларусь – ЧП «Минпласт» (г. Минск), ООО «Строй-композит» (г. Гомель), ООО «Научно-производственная компания «Бизнес-Континент» (г. Брест). Производили сравнительные испытания балок на свободных опорах, армированных стержнями стеклопластиковой арматуры (диаметрами 4–10 мм) указанных производителей с различными длинами контакта арматуры с бетоном ($10d$, $20d$, $30d$).

Поперечное сечение опытных образцов принимали прямоугольным с размерами сторон $b \times h = 150 \times 300$ мм. Длина образцов $L = 1500$ мм. Опытная балка в середине разделена на две части. Высоту сжатой зоны бетона фиксировали путем установки стальных уголков в пределах высоты $x_{eff} = 80$ мм с шарниром между ними (рис. 1). При этом в одной части заделки ($l_{задан}$) композитная арматура находилась в контакте с бетоном, а в другой (150 мм и $300 - l_{задан}$) сцепление искусственно исключалось (стержень помещался в изолирующую трубку).

Опытные образцы-балки изготавливали с формированием в горизонтальном положении (для арматуры). Проектируемый класс бетона $C^{30}/_{37}$. Испытания проводили на гидравлическом прессе 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.

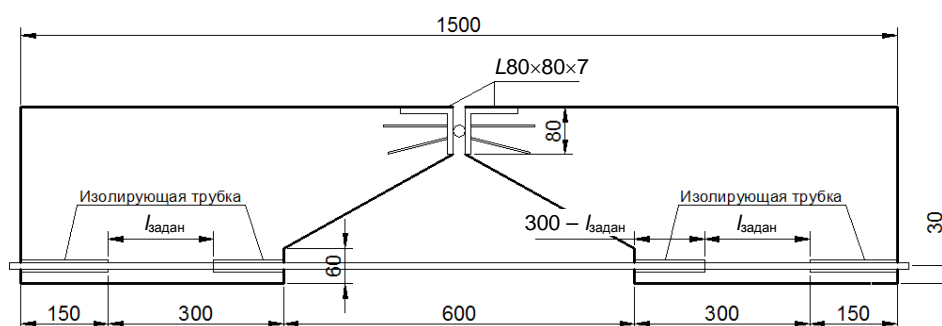


Рис. 1. Геометрические характеристики опытных балок

Fig. 1. Geometrical characteristics of prototyping beam

Для изучения влияния диаметра и длины контакта с бетоном стеклопластиковых арматурных стержней на прочность и деформативность сцепления с бетоном композитной арматуры различных производителей изгибаемых железобетонных элементов контролировали характер разрушения опытных образцов и максимальную нагрузку, при которых сцепление стеклопластиковой арматуры с бетоном не нарушалось (p_{max}), а также перемещения незагруженного (свободного) (y_1) и загруженного (y_0) концов арматурного стержня относительно наружных граней бетона на обоих концах образца. Разрушение опытных образцов происходило в результате возникновения одного из трех случаев: проскальзывания арматуры относительно бетона, скалывания защитного слоя бетона или разрыва композитной арматуры (рис. 2).



Рис. 2. Опытный образец после разрушения в результате разрыва арматуры

Fig. 2. Prototyping specimen after destruction due to reinforcement breakage

Предельная нагрузка перед разрушением образцов зависела от величины заделки арматуры в бетон и диаметра стеклопластиковой арматуры. Разрушение балок, сопровождающе-

ся 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 испытуемого образца (рис. 3). Четыре опытных образца с длиной заделки арматуры в бетон, равной $30d$, разрушались по причине разрыва стеклопластиковой арматуры. На представленных графиках рис. 3, 4 маркер в виде квадратика обозначает разрушение образца по причине нарушения анкеровки арматуры в бетоне вследствие ее проскальзывания, маркер в виде кружочка – что образец разрушился по причине разрыва стеклопластиковой арматуры, маркер в виде треугольника показывает на графике образцы, в которых разрушению предшествовал скол защитного слоя бетона арматуры. Наиболее низкую прочность сцепления арматуры с бетоном показали образцы с арматурой производства ЧП «Минпласт», в которых разрушение балок со всеми длинами контакта стержней с бетоном сопровождалось проскальзыванием арматуры относительно бетона.

Сравнительный сводный график зависимости предельных перемещений незагруженного конца арматуры от длины контакта стержней с бетоном для арматуры различных производителей и разных диаметров показан на рис. 4.

В результате эксперимента выявлено, что арматура производства ООО «Бизнес-Континент» 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.

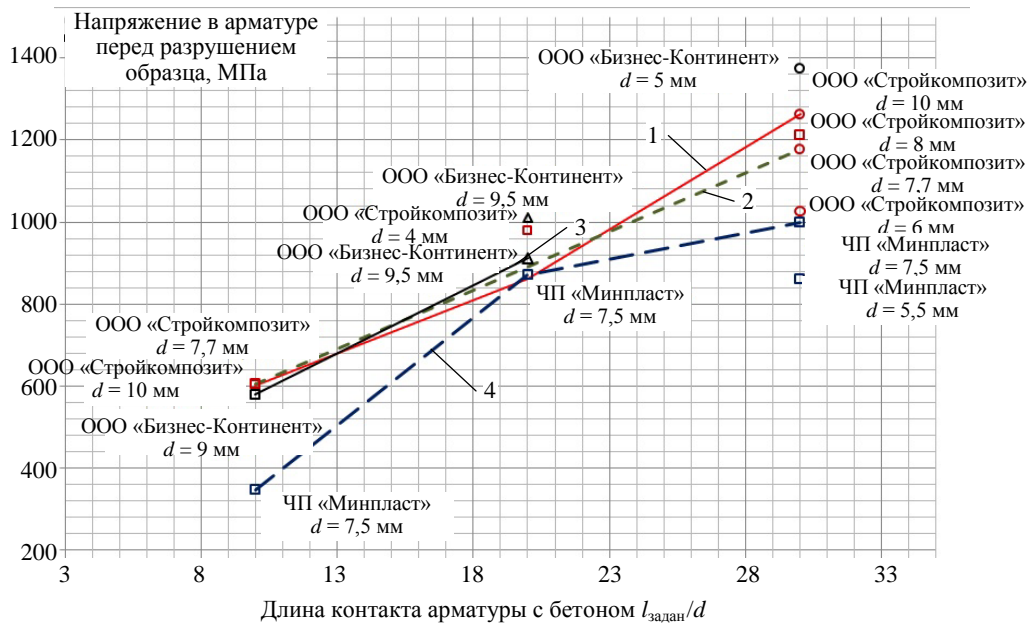


Рис. 3. График зависимости предельных напряжений в арматуре в момент разрушения образцов от длины контакта арматуры с бетоном: 1 – ООО «Стройкомпозит», $d = 10$ мм; 2 – ООО «Стройкомпозит», $d = 7,7$ мм; 3 – ООО «Бизнес-Континент», $d = 9,5$ мм; 4 – ЧП «Минпласт», $d = 7,5$ мм

Fig. 3. Dependence diagram of limiting stresses in reinforcement at the moment of specimen destruction on contact length of the reinforcement with concrete: 1 – LLC “Stroykompozit”, $d = 10$ mm; 2 – LLC “Stroykompozit”, $d = 7.7$ mm; 3 – LLC “Biznes-Kontinent”, $d = 9.5$ mm; 4 – PE “Minplast”, $d = 7.5$ mm

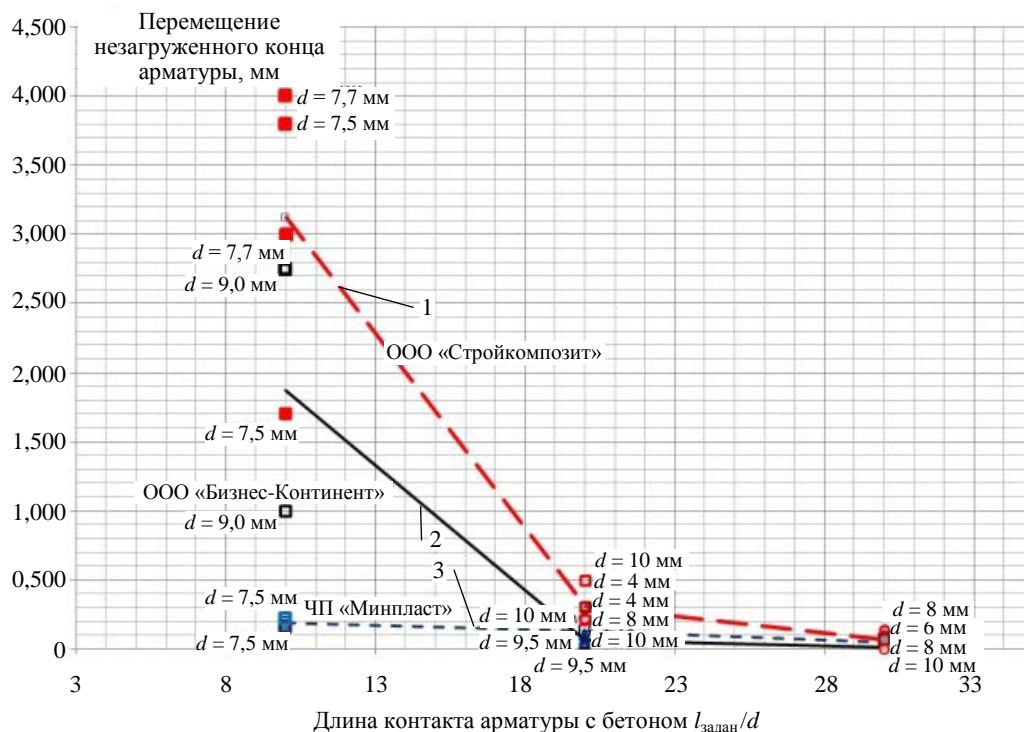


Рис. 4. График зависимости предельных перемещений незагруженного конца арматуры от длины контакта стержней с бетоном: 1 – ООО «Стройкомпозит»; 2 – ООО «Бизнес-Континент»; 3 – ЧП «Минпласт»

Fig. 4. Dependence diagram of limiting displacements of non-loaded reinforcement end on contact length of bar with concrete: 1 – LLC “Stroykompozit”; 2 – LLC “Biznes-Kontinent”; 3 – PE “Minplast”

Длина анкеровки арматуры в бетоне должна быть такой, чтобы при длительном действии нагрузки не происходило дальнейшего смещения незагруженного конца арматуры. Поэтому важным критерием сцепления является величина напряжений в арматуре при начале сдвига всего стержня. Измеряемые в процессе испытаний перемещения незагруженного конца стержня не вполне четко характеризуют этот момент, так как включают в себя, помимо собственно сдвига арматуры, также и перемещения бетона, полученные в результате деформации торца образца, деформаций смятия под выступами периодического профиля. Существует несколько подходов к определению момента начала сдвига арматуры относительно бетона. Один из подходов предполагает за критерий такой нагрузки принимать усилия, соответствующие перемещению незагруженного конца арматуры на величину 0,2 мм [7–9]. Кроме того, ряд исследователей предлагают для определения момента начала сдвига стержня включить в рассмотрение приращения перемещений незагруженного конца арматуры за одну ступень нагрузки. По характеру изменения данной величины определяется тот этап, который соответствует резкому непропорциональному увеличению приращения перемещений и принимается за момент начала сдвига [8, 9]. В проведенных исследованиях использовались обе вышеперечисленные методики.

В результате анализа опытных данных установлено отсутствие факта сдвига арматурного стержня вплоть до момента разрушения (достижения максимальных напряжений в стержнях) во всех образцах с длиной заделки в бетон $30d$. Сдвиг арматурного стержня не происходил до момента разрушения балок также и в образцах с длиной заделки $20d$ с арматурой производства ЧП «Минпласт» и ООО «Бизнес-Континент». Момент начала сдвига арматурного стержня относительно бетона во всех образцах с длиной заделки $10d$ наступал ранее момента разрушения образцов. Причем усилие, соответствующее моменту начала сдвига арматуры относительно бетона, составляло 0,66–0,70 от усилия, соответствующего наблюдаемым в опытах максимальным напряжениям в арматуре производства ООО «Строй-

композит», $\approx 0,76$ от усилия, соответствующего максимальным напряжениям в арматуре производства ООО «Бизнес-Континент», и $\approx 0,85$ от усилия, соответствующего максимальным напряжениям в арматуре производства ЧП «Минпласт». Следует отметить, что момент начала сдвига арматуры относительно бетона, установленный исходя из критерия перемещения незагруженного конца арматуры на величину 0,2 мм, оказался определяющим, так как момент, соответствующий резкому непропорциональному увеличению приращения перемещений незагруженного конца стержня, наступал несколько позже для всех образцов.

Длину анкеровки стеклопластиковой арматуры в бетоне предлагается определять по методике СНБ 5.03.01–02 [10], предварительно вычислив требуемые значения коэффициента η_3 для стеклопластиковой арматуры в формуле для расчета среднего значения предельного напряжения сцепления по контакту арматуры с бетоном. Для этого, используя полученные опытные величины максимальных напряжений на загруженном конце арматуры, для всех образцов можно определить требуемые значения коэффициента η_3

$$\eta_3 = \frac{\sigma_{S,\max} d}{4\eta_1 \eta_2 f_{ctd} l_{\text{задан}}},$$

где $\sigma_{S,\max}$ – максимальное напряжение в арматуре; f_{ctd} – расчетное сопротивление бетона растяжению (при $\gamma_c = 1,5$); η_1 – коэффициент, учитывающий влияние условий сцепления и положение стержней при бетонировании; η_2 – то же, учитывающий влияние диаметра арматуры (при $d \leq 32$ мм $\eta_2 = 1,0$; при $d > 32$ мм $\eta_2 = (132 - d)/100$); η_3 – то же, учитывающий форму профиля арматуры; $f_{\text{задан}}$ – длина анкеровки стержня в бетоне; d – диаметр арматурного стержня.

В целях обеспечения заделки арматурных стержней в бетоне с надлежащей безопасностью рекомендуется принимать наибольшее значение относительной длины анкеровки из полученных по предлагаемым рекомендациям. Поэтому следует определять длину анкеровки арматурных стержней с использованием в

расчетах коэффициента η_3 , вычисляемого по опытным данным, соответствующим перемещениям незагруженного конца арматуры на 0,2 мм (рис. 5).

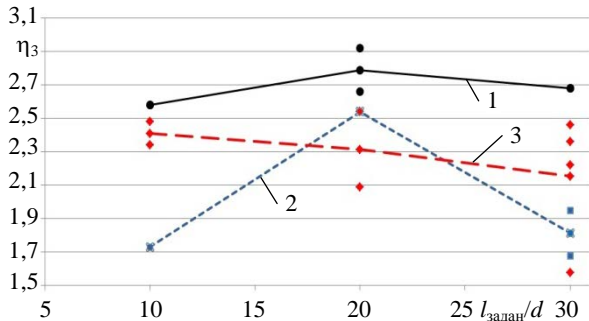


Рис. 5. Опытные значения коэффициента η_3 для образцов со стеклопластиковой арматурой, соответствующие перемещениям незагруженного конца арматуры на 0,2 мм: 1 – ООО «Бизнес-Континент»; 2 – ЧП «Минпласт»; 3 – ООО «Стройкомпозит»

Fig. 5. Experimental values of coefficient η_3 for specimens with fiberglass reinforcement that correspond to displacements for 0.2 mm: 1 – LLC “Biznes-Kontinent”; 2 – PE “Minplast”; 3 – LLC “Stroykompozit”

Средние значения коэффициента η_3 , определенные по опытным данным, соответствующим перемещениям незагруженного конца арматуры на 0,2 мм, составили: 2,23 – для арматуры производства ООО «Стройкомпозит»; 2,71 – для арматуры производства ООО «Бизнес-Континент»; 1,98 – для арматуры производства ЧП «Минпласт».

Рекомендуемые значения коэффициента η_3 для определения расчетного значения длины анкеровки следует принимать с учетом статистического анализа с доверительной вероятностью 0,95:

$\eta_3 = 1,99$ – для арматуры производства ООО «Стройкомпозит»;

$\eta_3 = 2,56$ – для арматуры производства ООО «Бизнес-Континент»;

$\eta_3 = 1,59$ – для арматуры производства ЧП «Минпласт».

ВЫВОДЫ

1. В ходе экспериментальных исследований установлены зависимости прочности сцепления с бетоном стеклопластиковой арматуры произ-

водителей Республики Беларусь от величины заделки арматуры в бетон. Разрушение опытных образцов происходило в результате возникновения одного из трех случаев: проскальзывания арматуры относительно бетона, скалывания защитного слоя бетона или разрыва композитной арматуры. Наиболее низкие показатели прочности сцепления арматуры с бетоном были у образцов с арматурой производства ЧП «Минпласт», в которых разрушение балок со всеми длинами контакта стержней с бетоном сопровождалось проскальзыванием арматуры относительно бетона.

2. При испытаниях выявлено, что арматура производства ООО «Бизнес-Континент» 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.

3. Предложенные значения коэффициента η_3 , используемого в формуле для определения среднего значения предельного напряжения сцепления по контакту арматуры с бетоном, позволяют оценить расчетную длину анкеровки стеклопластиковой арматуры в бетоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов, Н. П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н. П. Фролов. М.: Стройиздат, 1980. 104 с.
2. Лешкевич, О. Н. Перспективы применения композитной арматуры / О. Н. Лешкевич // Проблемы современного бетона и железобетона: материалы III Междунар. симп. (Минск, 9–11 нояб. 2011 г.): в 2 т. Минск: Минсктипроект, 2011. Т. 1: Бетонные и железобетонные конструкции. – С. 233–238.
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. науч.-техн. статей. Минск: БНТУ, 2012. Ч. 1. С. 140–147.
4. Николаев, Е. Применение композитных материалов в строительстве в мире. Потенциал роста в России [Электронный ресурс] / Е. Николаев. 2011. Режим доступа: https://www.rusnanonet.ru/download/presentation/galen_in_the_world.pdf. Дата доступа: 30.03.2016
5. Степанова, В. Ф. Опыт применения неметаллической арматуры в конструкциях мостов на автомобильных доро-

- гах [Электронный ресурс] / В. Ф. Степанова // СТРОН-ГРУП. 2013. Режим доступа: <http://strongroup.pulsцен.ru/articles/81758>. – Дата доступа: 30.05.2016.
6. Тур, В. В. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов с комбинированным армированием стеклопластиковыми и стальными стержнями / В. В. Тур, В. В. Мальха // Ресурсоэкономні матеріалі, конструкції, будовлі та споруди: зб. наук. праць. Рівне, 2012. Вип. 24. С. 271–281.
 7. Мулин, Н. М. Стержневая арматура железобетонных конструкций / Н. М. Мулин. М.: Стройиздат, 1974. 232 с.
 8. Астрова, Т. И. Анкеровка стержней арматуры периодического профиля в обычном и предварительно напряженном железобетоне / Т. И. Астрова, С. А. Дмитриев, Н. М. Мулин // Расчет железобетонных конструкций: сб. тр. М.: НИИЖБ, 1961. С. 74–126.
 9. Терин, В. Д. Сцепление с бетоном ненапрягаемой арматуры различных видов профилей / В. Д. Терин, А. А. Хотько // Совершенствование железобетонных конструкций, оценка их состояния и усиление: сб. материалов Республ. науч.-техн. конф. Минск: Технопринт, 2001. С. 188–195.
 10. Строительные нормы Республики Беларусь. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01–02: введ. 01.07.03. Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2003. 139 с.
- Поступила 19.04.2016
Подписана в печать 20.06.2016
Опубликована онлайн 28.07.2016
- REFERENCES
1. Frolov N. P. (1980) *Fiberglass Reinforcement and Fiberglass Concrete Structures*. Moscow, Stroyizdat. 104 (in Russian).
 2. Leshkevich O. N. (2011) Prospects for Application of Composite Reinforcement. *Problemy Sovremennogo Betona i Zhelezobetona: Materialy III Mezhdunar. Simp. T. 1: Betonnye i Zhelezobetonnye Konstruktsii* [Problems of Modern Concrete and Reinforced Concrete: Proceedings of the 3rd International Symposium. Vol. 1: Concrete and Reinforced Concrete Structures]. Minsk, Minskipproekt, 233–238 (in Russian).
 3. Khotko A. A. (2012) Experience and Problems in Efficient Application of Fiberglass Reinforcement while Reinforcing Fiberglass Concrete Structures. *Voprosy Vnedreniia Norm Proektirovaniia i Standartov Evropeiskogo Soiuza v Oblasti Stroitelstva: Sb. Nauch.-Tekhn. Statei* [Problems on Introduction of Design Standards and European Union Standards in the Field of Construction: Collection of Scientific and Technical Papers]. Minsk: BNTU, 140–147 (in Russian).
 4. Nikolayev E. (2011) *World-Wide Application of Composite Materials in Construction. Growth Potential in Russia*. Available at: https://www.rusanonet.ru/download/presentation/galen_in_the_world.pdf. (accessed 30 Marth 2016) (in Russian).
 5. Stepanova V. F. (2013) Experience in Application of Non-Metallic Reinforcement in Structures of Bridges Constructed on the Highways. *STRONGROUP*. Available at: <http://strongroup.pulsцен.ru/articles/81758>. (accessed 30 May 2016) (in Russian).
 6. Tur V. V., Malykha V. V. (2012) Resistance of Bending Reinforced Concrete Elements with Combined Reinforcement using Fiberglass and Steel Bars. *Resursoekonomni Materiali, Konstruktsii, Budovli ta Sporudi: Zb. Nauk. Prats* [Resource-Saving Materials, Structures, Construction and Buildings: Collection of Scientific Papers]. Rovno, Issue 24, 271–281 (in Russian).
 7. Mulin N. M. (1974) *Bar Reinforcement for Reinforced Concrete Structures*. Moscow, Stroyizdat. 232 (in Russian).
 8. Astrova T. I., Dmitriev S. A., Mulin N. M. (1961) Anchorage of Deformed Bar Reinforcement in Normal and Preliminary Reinforced Concrete. *Raschet Zhelezobetonnykh Konstruktsii: Sb. Tr.* [Calculation of Reinforced Concrete Structures: Collection of Papers]. Moscow: NIIZhB [Scientific Research Institute of Reinforced Concrete], 74–126 (in Russian).
 9. Terin V. D., Khotko A. A. (2001) Adhesion Between Concrete and Non-Tensioned Reinforcement of Various Profiles. *Sovershenstvovanie Zhelezobetonnykh Konstruktsii, Otsenka ikh Sostoianii i Usilenie: Sbornik Materialov Respublikanskoi Nauchno-Tekhnicheskoi Konferentsii* [Improvement of Reinforced Concrete Structures, Evaluation of their State and Strengthening: Collection of Materials of the Republican Scientific and Technical Conference]. Minsk, Tekhnoprint, 188–195 (in Russian).
 10. SNB 5.03.01–02. Construction Norms of Belarus. Concrete and Reinforced Concrete Structures. Minsk: Minstroyarkhitektura, 2003. 139 (in Russian).
- Received: 19.04.2016
Accepted: 20.06.2016
Published online: 28.07.2016