

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ
КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ**

Максимов Сергей Павлович

*канд. техн. наук, доцент, декан факультета техники и технологии,
филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте,
456209, Россия, Челябинская область, г. Златоуст, ул. Тургенева, 16
E-mail: maksimov.7uni@yandex.ru*

Башкова Юлия Борисовна

*старший преподаватель кафедры ПГС,
филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте,
456209, Россия, Челябинская область, г. Златоуст, ул. Тургенева, 16
E-mail: bashkovayb@susu.as.ru*

Микляева Татьяна Александровна

*студент 4 курса,
филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте,
456209, Россия, Челябинская область, г. Златоуст, ул. Тургенева, 16
E-mail: tatyana.miklyaeva81@gmail.com*

Максимова Анастасия Егоровна

*студент 1 курса,
Южно-Уральский государственный университет,
454080, РФ, г. Челябинск, проспект Ленина, 76
E-mail: balid@hotmail.ru*

**METHODS OF INCREASE OF ELASTIC MODULUS
FOR FIBRE-REINFORCED PLASTIC REBAR**

Sergej Maksimov

*Candidate of Engineering Sciences, associate professor, Dean of the faculty
of engineering and technology, South Ural State University, Zlatoust branch,
456209, Russia, Chelyabinsk region, Zlatoust, Turgeneva Str., 16*

Julija Bashkova

*Senior lecturer, Department of industrial and civil construction,
South Ural State University, Zlatoust branch,
456209, Russia, Chelyabinsk region, Zlatoust, Turgeneva Str., 16*

Tatyana Miklyaeva

*A 4th year student, South Ural State University, Zlatoust branch,
456209, Russia, Chelyabinsk region, Zlatoust, Turgeneva Str., 16*

Anastasija Maksimova

*A 1st year student, South Ural State University,
454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76*

АННОТАЦИЯ

В современной строительной отрасли остро поднимается вопрос внедрения новых прогрессивных материалов и конструкций, одним из которых является композитная арматура. Она обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с металлической. Выявлен недостаток композитной арматуры – низкий модуль упругости. Данная характеристика сдерживает практическое применение арматуры и не позволяет использовать ее в ответственных высоконагруженных элементах при изготовлении строительных конструкций. Показана необходимость и определены пути повышения прочностных характеристик композитной арматуры, в частности модуля упругости, за счет, например, изменения состава и структуры композитного состава. Вторым направлением предложено использовать оболочковые формы для создания более высоких прочностных характеристик на поверхности арматуры. Оно реализуемо в виде цельной оболочки или многоэлементных структур, расположенных на арматуре в определенном порядке и направлении и придающих арматуре повышенные прочностные характеристики. Другим направлением является создание предварительно напряженного состояния в арматуре, например, кручением, для увеличения показателя модуля упругости. При этом показана необходимость проведения расчетов допустимых напряжений при кручении, которые бы позволили максимально повысить модуль упругости и в то же время не вызвать разрушение связей

в композитной арматуре. Показаны перспективы использования предложенных методов.

ABSTRACT

Modern building sector raises the question of introduction of advanced materials and constructions, one of which is fibre-reinforced plastic rebar (FRP rebar). It has several features and advantages compared with metal rebar. An identified disadvantage of FRP rebar is a low elastic modulus. This characteristic restrains practical application of FRP rebar and does not allow using in high-loaded elements upon a construction manufacturing. First, we show methods of increase of strength characteristics and elastic modulus for FRP rebar at the expense of composite and structural modifications. Second, we offer use investment molds in order to increase strength characteristics on the rebar surface. It can be accomplished as integrally molded or multielement structures on the rebar surface that have a definite sequence and direction which increase strength characteristics. Another method is making a prestress state in rebar, for example, by torsion, to increase elastic modulus. In this case we show a necessity of calculation for allowable stresses in torsion which can be allow elastic modulus to increase as effective as possible, and the same time does not destruct FRP rebar bonds. Besides, we indicate perspectives for use these methods.

Ключевые слова: композитная арматура, модуль упругости, оболочковые формы, многоэлементные структуры, напряжения кручения, прочностные характеристики, изгибные деформации.

Keywords: fibre-reinforced plastic rebar, elastic modulus, investment molds, multielement structures, torsion stress, strength characteristics, bending deformation.

Насущной задачей современной строительной отрасли является вопрос использования новых современных и прогрессивных материалов и конструкций. Это позволит, с одной стороны, повысить эксплуатационные свойства возводимых зданий и сооружений [3, 4], с другой – по возможности

снизить затраты на их возведение. Одним из таких материалов является композитная арматура. Она обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с металлической, такими как устойчивость к коррозии, высокая прочность при растяжении, лучшие теплоизолирующие и диэлектрические свойства, отсутствие помех для радиоволн, малый вес изделия, высокая технологичность при армировании [1; 2]. Однако широкому распространению этого материала препятствует низкий модуль упругости $E_{упр}$ [5]. Данная характеристика сдерживает практическое применение композитной арматуры и не позволяет использовать ее в ответственных высоконагруженных элементах при изготовлении строительных конструкций.

Таким образом, работа по исследованию методов повышения прочностных характеристик композитной арматуры, а именно модуля упругости, является актуальной задачей строительной отрасли.

Анализ показал, что возможными и реализуемыми, для повышения модуля упругости композитной арматуры, могут быть следующие методы и подходы:

1. за счет изменения состава и структуры композитного материала, путем использования новых наполнителей, отвердителей и полимерной основы;
2. применением оболочковых форм для создания более высоких прочностных характеристик на поверхности арматуры;
3. путем создания предварительно напряженного состояния в арматуре, например, кручением, для увеличения показателя модуля упругости.

Решение по первому предложению находится в области материаловедения, химических технологий, поэтому в работе не рассматривается.

Второе направление реализуемо в виде цельной оболочки или многоэлементных структур, расположенных на арматуре в определенном порядке и направлении и придающих арматуре повышенные прочностные характеристики. Однако применение, например, в виде оболочки тонкостенной непрерывной трубки нецелесообразно, в силу следующих причин:

- а) высокой относительной стоимости оболочки, что существенно повысит и стоимость арматуры и сделает ее менее привлекательной;

б) сложности технологии качественного наполнения оболочки композитной составляющей, которая должна быть внесена в этом случае под давлением за счет устранения возможных воздушных пустот и создания плотной однородной структуры. Одновременное протягивание при этом нитей ровинга делает процесс еще более затруднительным с технологической точки зрения.

в) технологически выгодная и дешевая гладкая круглая форма оболочки будет являться недопустимой при наложении связей с бетоном при затвердевании. Поверхность арматуры должна быть рифлёной, что потребует дополнительных технологических операций. При этом возможные методы их создания либо существенно увеличат стоимость оболочковой формы, либо потребуют, например, дополнительной обвивки нитями ровинга металлической трубки. Последнее мероприятие снизит цельность арматуры и будет элементом возможного «срыва» обвивки по гладкой поверхности от продольных напряжений (рисунок 1).

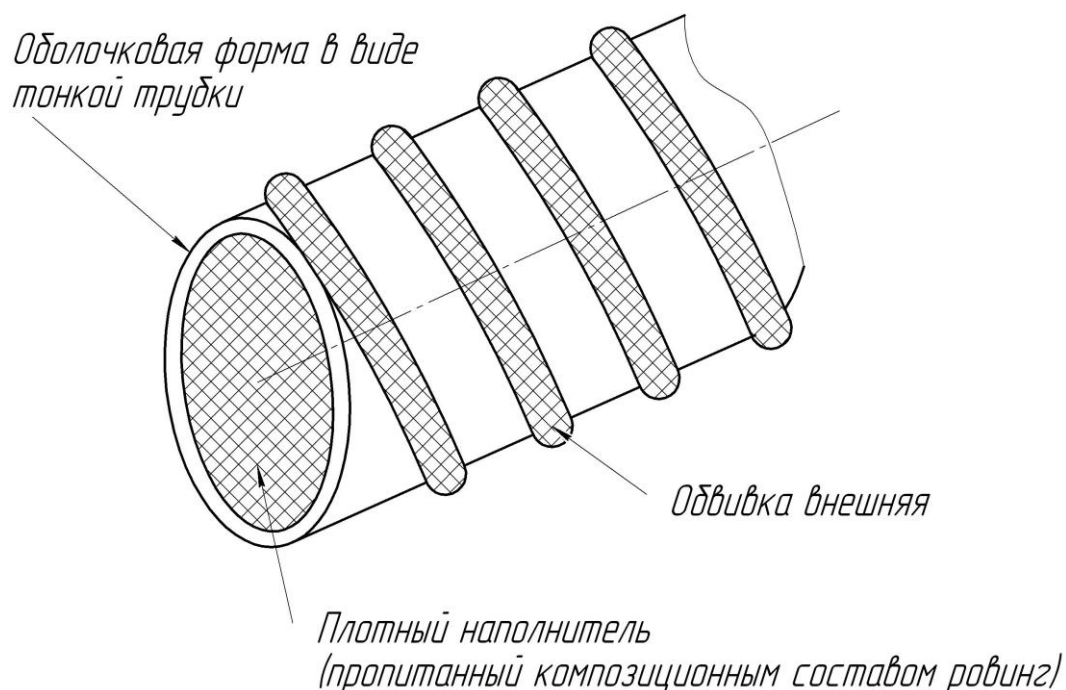


Рисунок 1. Использование тонкостенной трубки в качестве оболочки

Поэтому одним из возможных и технологически реализуемых направлений создания оболочки с повышенными прочностными характеристиками является внедрение в ее поверхность структуры прочных сегментов, расположенных в определенном порядке и последовательности (рисунок 2).

Реализация данного направления возможна путем последовательного расположения по поверхности пластинок или стержней, имеющих повышенные прочностные характеристики. Идея интересна тем, что процесс создания композитной арматуры сопровождается скручиванием в полимерной основе нитей ровинга, поэтому раскладывание сегментов на поверхности с одновременным закручиванием пропитанных полимерной композицией нитей является технологичной в плане надежного и прочного крепления (путем вклеивания) данных элементов с телом арматуры.

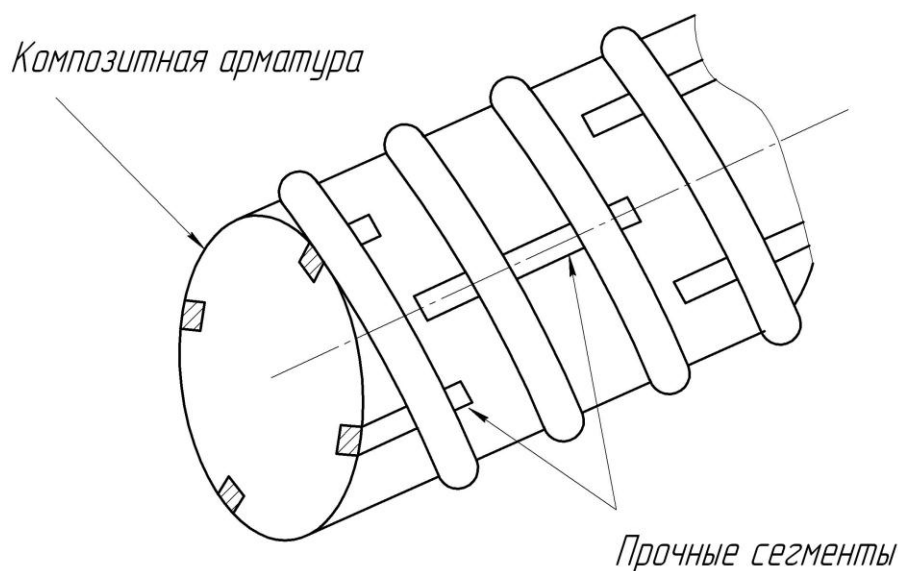


Рисунок 2. Многоэлементная оболочковая форма

Третьим из наиболее интересных вариантов повышения прочностных характеристик является создание предварительно-напряженного состояния в арматуре. Для стальной – это вытягивание арматуры в нагретом состоянии. Композитная арматура, поскольку значительно превосходит металлическую по пределу прочности на растяжение, не допускает использования данного варианта. Однако исследование крутильных деформаций и оценка изменения прочностных характеристик, в частности модуля упругости, в связи

с этими деформациями, является интересным и перспективным направлением, поскольку является технологически исполнимым и не будет вызывать значительных затруднений при встраивании в технологию дополнительной операции. Схема создания предварительно-напряженного состояния путем наложения крутильных деформаций показана на рисунке 3. При этом необходимо выполнить расчет допустимых напряжений при кручении, которые бы позволили максимально улучшить модуль упругости для исследования показателя изгибных деформаций и в то же время не вызвать разрушение связей в композитной арматуре.

Исследование предложенных подходов, создание схем и устройств, разработка технологических операций, направленных на повышение прочностных характеристик композитной арматуры является перспективным направлением строительной отрасли, поскольку позволит значительно расширить область применения инновационного материала.

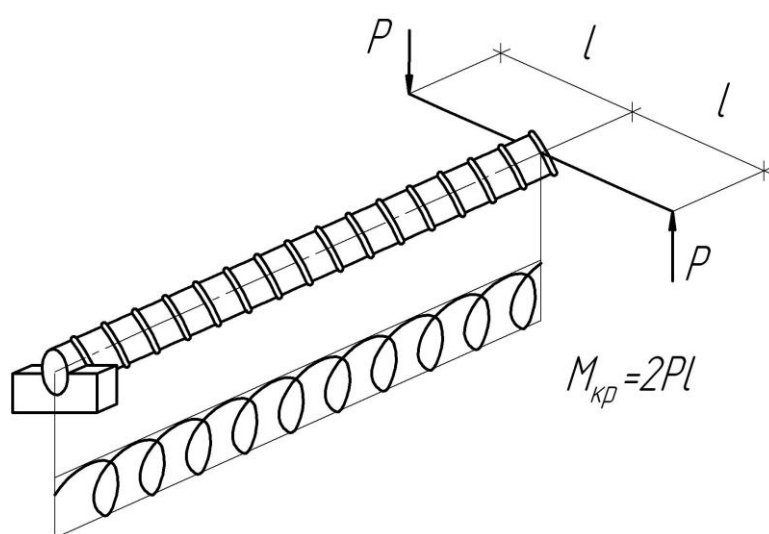


Рисунок 3. Схема создания предварительно-напряженного состояния кручением

Список литературы:

1. ГОСТ 31938-2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с.

2. Максимов С.П., Башкова Ю.Б., Вшивков Е.П. Экспериментальные исследования работы стеклопластиковой арматуры при армировании бетонных конструкций // *Universum: технические науки*. – 2015. – № 6 (18) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2255> (дата обращения: 11.11.2015).
3. Максимов С.П., Башкова Ю.Б., Шкуркина А.И. и др. Особенности армирования деревянных балок стеклопластиковой арматурой // *Технические науки – от теории к практике*. – 2015. – № 45. – С. 79–84. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://sibac.info/18643> (дата обращения: 11.11.2015).
4. Степанова В.Ф. Композитная неметаллическая арматура для строительных конструкций // *Коррозия: материалы, защита*. – 2006. – № 5. – С. 42–46.
5. Уманский А.М., Беккер А.Т. Перспективы применения композитной арматуры / А.М. Уманский, А.Т. Беккер // *Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. – 2012. – № 2 (11). – С. 7–13.

References:

1. GOST 31938-2012. Fibre-reinforced polymer bar for concrete reinforcement. Moscow, 2014, 38 p. (In Russian).
2. Maksimov S.P., Bashkova Iu.B., Vshivkov E.P. Experimental studies of fiberglass reinforcement work during reinforcement of concrete structures. *Universum: tekhnicheskie nauki* [Universum: Technical Sciences], 2015, no. 6 (18). Available at: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2255> (accessed 11 November 2015).
3. Maksimov S.P., Bashkova Iu.B., Shkurkina A.I. Distinctive features of wooden beams reinforcing with the fiberglass armature. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike* [Technical Sciences - From Theory to Practice]. 2015, no. 45, pp. 79–84. Available at: <http://sibac.info/18643> (accessed 11 November 2015).

4. Stepanova V.F. Non-metal fibre-reinforced plastic rebar for building constructions. *Korroziia: materialy, zashchita* [Corrosion: materials protection]. 2006, no. 5, pp. 42–46. (In Russian).
5. Umanskii A.M., Bekker A.T Prospects for the use of fibre-reinforced plastic rebar. *Vestnik Inzhenernoi shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta* [The bulletin of the Engineering School of Far Eastern Federal University]. 2012, no. 2 (11), pp. 7–13. (In Russian).