



DOI 10.22363/2312-8143-2020-21-2-144-152

УДК 624.012:691.714:624.014

Научная статья

Сцепление с бетоном новых видов арматурного проката для строительства

Г.Э. Окольников^а, Г.И. Тихонов^{а,б}, Г.Е. Гришин^б^аРоссийский университет дружбы народов, *Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6*^бНаучно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона имени А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»», *Российская Федерация, 109428, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, корп. 5*

История статьи:

Поступила в редакцию: 14 апреля 2020 г.

Доработана: 19 мая 2020 г.

Принята к публикации: 1 июня 2020 г.

Ключевые слова:

железобетон, арматура, сейсмостойкое строительство, арматурные соединения, винтовой профиль

Аннотация. В статье рассмотрены предпосылки и история возникновения инновационных, востребованных на сегодняшний день видов арматурного проката для строительства, их отличительные особенности и качественные показатели, приведены методология и результаты различных исследований, проведенных на базе НИИЖБ имени А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»» и ООО «Института ВНИИЖБ железобетон». Цель исследования – ознакомление с новыми видами инновационного арматурного проката и демонстрация их преимуществ. Для испытаний, результаты и методика которых приведены в статье, были изготовлены пробные прокатки арматуры с четырехрядным винтовым профилем. По прочности и деформативности сцепления с бетоном арматура с многорядным (четырёхрядным и шестирядным) арматурным профилем существенно превзошла арматуру с двухрядным серповидным (европейским) и винтовым (аналог GEWI-Stahl) профилями. Она продемонстрировала высокие показатели сцепления с бетоном не только в эксплуатационной, но и в запредельной стадии деформирования арматуры. Новая четырехрядная винтовая арматура обладает конкурентными преимуществами относительно винтовой двухрядной арматуры (аналог GEWI-Stahl), обеспечивает качество и расширяет применение механических муфтовых соединений взамен сварных и нахлесточных. Конструктивные решения с ее применением могут успешно конкурировать с продукцией фирм Dywidag, Peikko, Halfen, Lenton и др.

Введение

От эффективности сцепления с бетоном периодического профиля поверхности арматурного проката зависит длина анкеровки арматуры на опорах железобетонных плит и балок, прочность

их наклонных сечений, момент образования и ширина раскрытия трещин, длина анкерующих стержней закладных деталей и пр.

В предварительно напряженных железобетонных элементах от вида профиля поверхности арматуры и его распорности в бетоне зависит эффективность применения высокопрочной стержневой арматуры.

Несмотря на ряд существенных недостатков, касающихся в основном технологии производства и низкой выносливости, в СССР была рекомендована для массового применения арматура с кольцевым видом профиля по ГОСТ 5781-82 (рис. 1, а) [1].

Окольникова Галина Эриковна, доцент департамента строительства Инженерной академии РУДН; кандидат технических наук, доцент; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8143-4614>, eLIBRARY SPIN-код: 8731-8713; okolnikova-ge@rudn.ru

Тихонов Георгий Игоревич, аспирант департамента строительства Инженерной академии РУДН; инженер-конструктор Проектно-конструкторского центра № 25 НИИЖБ имени А.А. Гвоздева; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7010-4118>, eLIBRARY SPIN-код: 5043-3130.

Гришин Григорий Евгеньевич, аспирант, инженер-конструктор Проектно-конструкторского центра НИИЖБ имени А.А. Гвоздева; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4646-7514>, eLIBRARY SPIN-код: 8317-3139.

© Окольникова Г.Э., Тихонов Г.И., Гришин Г.Е., 2020

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Нормативные документы того времени для проектирования железобетонных конструкций создавались на базе результатов испытаний элементов (плит, балок стоек и т.п.), армированных кольцевой арматурой по ГОСТ 5781-82, имеющей высокие показатели сцепления с бетоном.

Железобетонные конструкции зданий и сооружений, запроектированные по СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции» имели лучшие в мире технико-экономические показатели по расходу арматуры, а их безопасность проверена длительными сроками эксплуатации [1].

Нормативными документами, разработанными для мостостроения, – СНиП 2.05.03-84*

(СП 35.13330.2011) «Мосты и трубы» до настоящего времени предусмотрено использование кольцевой арматуры по ГОСТ 5781-82, для которой из-за ее низкой выносливости введены к расчетному сопротивлению понижающие коэффициенты условий работы (m), зависящие от характеристик многократно повторяющихся циклических нагрузок и наличия сварных соединений. При $\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = 0,5$ для А400 $m = 0,75$, а для А600 $m = 0,49$ [1].

Применение арматуры класса А500, массово используемой в обычном строительстве, данными нормами не предусмотрено.

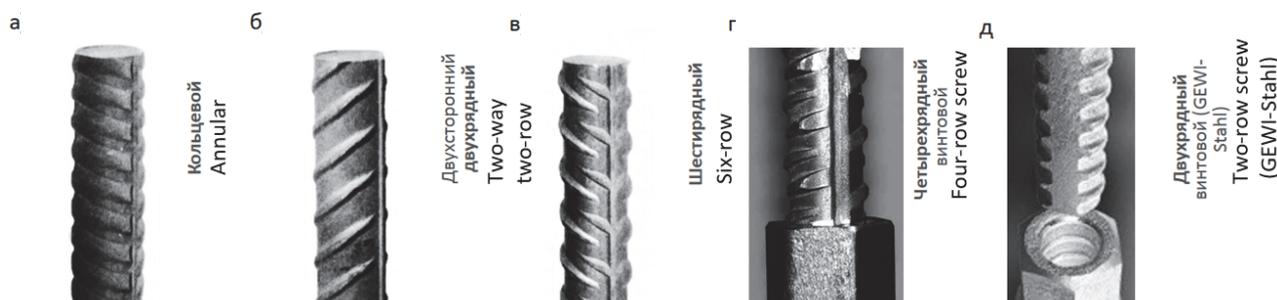


Рис. 1. Виды профилей арматурного проката [7]:

а, б – обычные; в, г – инновационные; г, д – винтовые

[Figure 1. Types of rebar profiles [7]:

а, б – normal; в, г – innovative; г, д – screw]

С 1990 г. металлурги России стали массово производить арматурный прокат для экспортной поставки в другие страны.

В соответствии с рекомендациями европейских стандартов, принятых в нормах многих стран, поставка на зарубежный рынок арматуры производится с так называемым европейским профилем, который отличается от кольцевого, производимого в СССР по ГОСТ 5781-82, незамкнутым по периметру (без пересечений с продольными ребрами) двухсторонним (двухрядным) расположением поперечных серповидных ребер (рис. 1, б). С целью унификации производства, арматура с «европейским» видом профиля стала массово внедряться в России, несмотря на то, что ее показатели сцепления с бетоном значительно ниже, чем у кольцевого профиля по ГОСТ 5781-82 [1; 2].

Внедрение нового вида профиля арматуры привело к необходимости гармонизации требований по ее сцеплению с бетоном и трещино-

стойкости железобетона отечественных стандартов с зарубежными нормами.

В СП 63.13330.2018 к СНиП 52-01-2003 рекомендованы методы расчета и конструктивные требования, учитывающие массовое внедрение в России арматуры с европейским профилем с низким браковочным значением критерия Рема ($f_R \geq 0,056$), имеющую пониженную прочность и повышенную деформативность сцепления с бетоном относительно арматуры с кольцевым профилем, по ГОСТ 5781-82.

Длина анкеровки и нахлестки стержней, а также ширина раскрытия трещин по новым нормам увеличена на 30–40 % по сравнению со старыми [1; 3].

Впервые в истории создания нормативных документов в СССР и России для проектирования железобетонных конструкций расчеты по новому нормативному документу дают результаты по расходу арматуры выше, чем по предшествующим нормам.

Применение новых требований при проектировании привело к удорожанию строительства и излишним расходам металла, используемому в строительной отрасли.

Для исправления сложившейся ситуации необходимо было принимать новые инновационные технические решения.

С 2003 г. различные исследователи и организации разрабатывают виды арматурного проката с принципиально новыми конструктивными решениями профиля поверхности [1; 3].

Успешными оказались разработка и исследование арматуры с шестирядным профилем класса А500СП с высоким критерием Рема ($f_R \geq 0,075$) (рис. 1, в). Эта арматура более 12 лет производится на ЕВРАЗ ЗСМК (Новокузнецк, Кемеровская область). К настоящему моменту использовано в железобетоне около 4 млн т подобной арматуры. В результате высокой прочности сцепления с бетоном, а также меньшей ширины раскрытия трещин в железобетонных конструкциях, учитываемых СТО 36554501-005-2006** «Применение арматуры класса А500СП в железобетонных конструкциях», расход арматуры в элементах с ее применением снижается на 5–30 %. Подтверждена надежность и эффективность использования новой арматуры в сейсмостойком, высотном и других видах гражданского и промышленного строительства [1].

В процессе освоения производства арматуры класса А500СП экспериментально установлено, что благодаря увеличению ребренности поверхности арматуры, а следовательно, контакта с водовоздушной охлаждающей средой в процессе термомеханического упрочнения увеличиваются прочностные свойства проката. Таким образом, эффективность термоупрочнения арматуры, как и ее сцепления с бетоном, зависит от профиля поверхности стержней, характеризуемой видом профиля и критерием Рема (f_R), минимальные значения которого устанавливаются действующей нормативной документацией для массового производства арматуры (0,056), а оптимальные значения находятся в диапазоне 0,07–0,08 [1; 2].

Увеличение критерия Рема у арматуры с традиционным европейским профилем, имеющим двустороннее расположение поперечных ребер $f_R > 0,056$, возможно только за счет увеличения площади контакта поперечных ребер с бетоном (из-за чего образуется асимметрия (овальность) сечения стержней, возникают трудности по заполнению их металлом) или же за счет уменьшения

расстояния между ними, вследствие чего снижается прочность сцепления с бетоном [1].

В результате исследований установлено, что совершенствование европейского профиля технологически и практически нецелесообразно.

Арматура класса А500СП положительно зарекомендовала себя на стройках Чувашии, Удмуртии, Татарстана, Сибири и Дальнего Востока. Она применялась при строительстве олимпийских объектов и реконструкции морского порта Сочи (Краснодарский край), в высотном монолитном и сборном строительстве Москвы, Санкт-Петербурга, Астаны и Алма-Аты (Казахстан), космодрома «Восточный», атомной электростанции «Нововоронежская», а также на многих других строительных объектах.

Объемы производства и применения арматуры класса А500СП объективно подтверждают эффективность разработки и массового внедрения инновационных видов арматуры в России.

В 2016 г. началась разработка нового вида арматурного проката, сохранявшего преимущества многогранного профиля, а именно низкую распорность в бетоне, но имеющего высокие динамические показатели (выносливость при циклическом динамическом нагружении), необходимые для транспортного и других видов строительства [1; 4; 5].

При создании арматуры с новым профилем ставилась задача не только выполнить оба вышеприведенных условия, но и практически осуществить эту разработку на имеющемся у металлургов серийном двухвалковом прокатном оборудовании без значительных материальных затрат на его переделку.

Кроме того, новую арматуру предполагалось использовать в качестве винтовых крепежных элементов и винтовой арматуры с механическими муфтовыми стыковыми соединениями стержней и их анкерровкой гайками [1; 6].

Данный вид стыковки и анкерровки арматуры является предпочтительным в сейсмостойком строительстве, а также при большом насыщении ею железобетонных конструкций высотного, атомно-энергетического, гидротехнического и других видов строительства.

Задачи были успешно выполнены путем разработки и внедрения новой конструкции четырехрядного профиля арматуры с двухзаходным винтообразным расположением по поверхности серповидных ребер (рис. 1, з) [1; 7].

Данная конструкция позволяет изменять в широком диапазоне критерий Рема (f_R) и без каких-

либо технологических трудностей обеспечить его высокие браковочные значения ($f_R \geq 0,07$).

Для отработки технологии производства, оценки эффективности применения новой арматуры были произведены опытные прокатки на Тульском металлпрокатном заводе и ЕВРАЗ ЗСМК (Новокузнецк), а также исследования в НИИЖБ имени А.А. Гвоздева [7] и ООО «Институт ВНИИжелезобетон».

Для производства арматуры с винтообразным (резьбовидным) расположением поперечных ребер, позволяющим осуществить стыковку арматуры муфтами и анкеровку гайками, использовалась синхронизация прокатных валков, что несколько усложняет процесс изготовления арматуры, но обеспечивает преимущества, присущие этому виду продукции [1; 8; 9].

Результаты

Испытания по оценке прочности сцепления арматуры с бетоном проводились по методике ГОСТ Р 57357-2016 «Сталь для армирования железобетонных конструкций. Технические условия» (EN 10080:2005. Steel for the reinforcement of concrete. Weldable reinforcing steel. General, IDT). Метод базируется на RILEM Рекомендациях RC 6 «Испытание на сцепление арматурной стали – 2. Испытание выдергиванием» (1983).

Принцип испытания заключался в следующем. Образец упирался вертикально в опорную плиту испытательного устройства, в которой имелось центральное отверстие размером $2d$. К длинному концу арматурного стержня замоноличенного в бетонный куб с заделкой, составляющей $5d$, прикладывалось растягивающее усилие. Другой незагруженный конец стержня выступал из образца на 10 мм. Сдвиг арматуры относительно бетона измерялся в начале и в конце каждого приращения нагружения. Соотношение между усилием растяжения и сдвигом (то есть относительное смещение между арматурой и бетоном) измерялось до полного выдергивания арматуры из бетона. Растягивающую нагрузку увеличивали ступенями составляющими $\approx 10\%$ от расчетного усилия разрушения сцепления арматуры с бетоном. Выдержка после приложения каждой ступени составляла 5 мин. В процессе испытания на оборудовании «Института ВНИИжелезобетон» непрерывно регистрировалось прикладываемое к арматуре усилие и перемещение активного захвата динамометром и датчиком перемещения испытательной системы. В на-

чале и конце каждой ступени выдержки регистрировался сдвиг ненагруженного конца арматуры относительно плоскости заделки в бетонный образец и удлинение (деформация) нагруженного конца арматуры [1; 10–12]. Схема испытания в НИИЖБ имени А.А. Гвоздева АО «НИЦ “Строительство”» показана на рис. 2.

На рис. 3 приведены результаты испытаний, выполненных в ООО «Институт ВНИИжелезобетон», а на рис. 4 испытания, проведенные в НИИЖБ имени А.А. Гвоздева АО «НИЦ “Строительство”».

На рис. 3 графики левой части от вертикальной оси характеризуют величину сдвига незагруженных концов испытанных арматурных стержней двух сопоставляемых видов относительно торцевой поверхности опытных бетонных кубов, построенные вручную по показаниям приборов.

В правой части приводятся графики, оценивающие суммарную величину сдвига стержней относительно бетона и удлинение нагруженного конца арматуры в процессе поэтапного нагружения, записанные автоматическими датчиками, регистрирующими перемещение захватов испытательной машины. Эти графики наглядно иллюстрируют процесс перераспределения усилий сцепления анкерующего участка арматуры с бетоном в запредельной стадии деформирования ее нагруженного конца.

По полученным результатам испытаний в ООО «Институт ВНИИжелезобетон» можно заключить, что:

- арматура с четырехрядным винтовым профилем ($f_R = 0,072$, рис. 1, ε) имеет прочность сцепления с бетоном выше на 20–30 %, чем арматура с двухрядным винтовым профилем ($f_R = 0,091$, рис. 1, δ);

- арматура с четырехрядным расположением поперечных ребер с длиной анкеровки $5d$ сохраняет сцепление с бетоном прочностью 72,2 МПа на упругом и пластическом участках деформирования стержня.

Более того, прочность сцепления с бетоном продолжала увеличиваться при нагружении нагруженного конца стержня в зоне упрочнения до относительных деформаций, достигающих $\varepsilon = 5\%$. Всплески показаний датчиков на графиках после достижения σ_T фиксируют процесс поэтапного перераспределения усилий сцепления по длине анкерующей части стержня без потери его прочности, что свидетельствует о высокой энергоемкости сцепления новой арматуры в запредельной стадии деформирования.



Рис. 2. Испытания для оценки прочности и деформативности сцепления арматурного проката с бетоном в НИИЖБ имени А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»» (фотографии сделаны Г.И. Тихоновым):
 1 – схема испытаний; 2 – испытанные образцы; 3 – вид арматурного стержня после испытаний

[Figure 2. Tests to assess the strength and deformability of the coupling of rebar rolled products with concrete in the NIIZHB named after A.A. Gvozdev of JSC Research Center of Construction (photos taken by Georgy I. Tikhonov):
 1 – scheme of the test; 2 – tested samples; 3 – view of the reinforcing bar after the test]

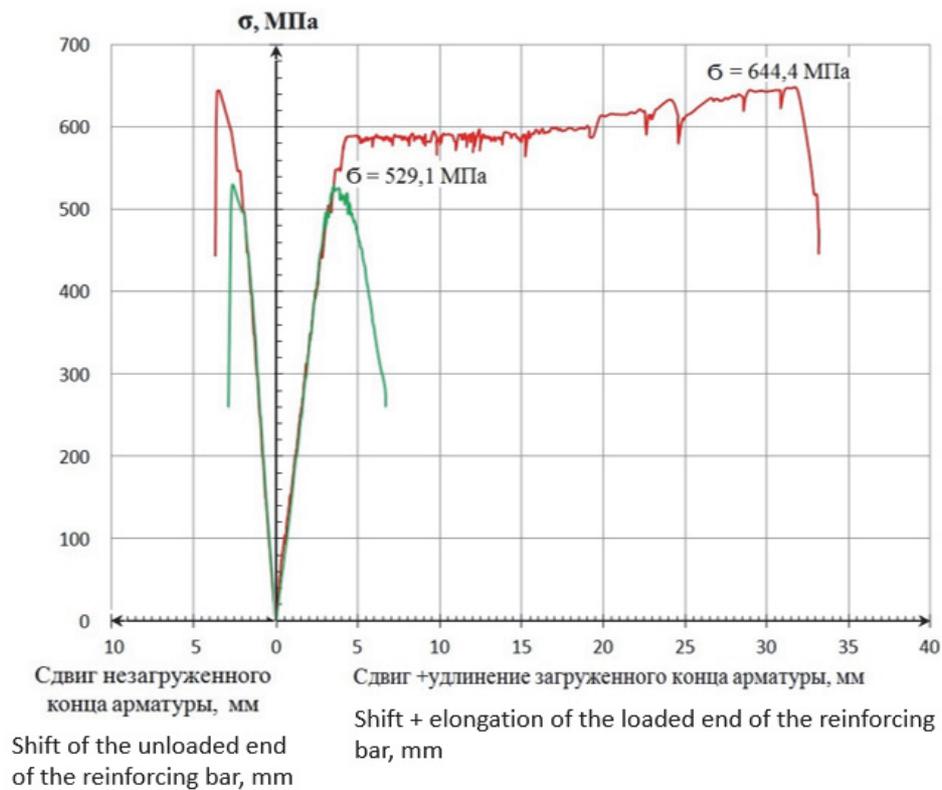


Рис. 3. Деформации втягивания незагруженного и сдвиг с удлинением загруженного концов арматуры ($d = 16$ мм, заделка $5d$) при выдергивании из бетона прочностью 72,2 МПа:

— арматура с четырехрядным винтовым профилем (Av500P) $f_r = 0,072$;

— арматура с двухрядным винтовым профилем (аналог GEWI-Stahl), $f_r = 0,091$

[Figure 3. Deformations of retraction of unloaded and shear with elongation of loaded ends of rebar ($d = 16$ mm, sealing $5d$) when pulling out of concrete with a strength of 72.2 MPa:

— armature with four-row screw profile (Av500P) $f_r = 0,072$;

— armature with double-row screw profile (GEWI-Stahl analog), $f_r = 0,091$]

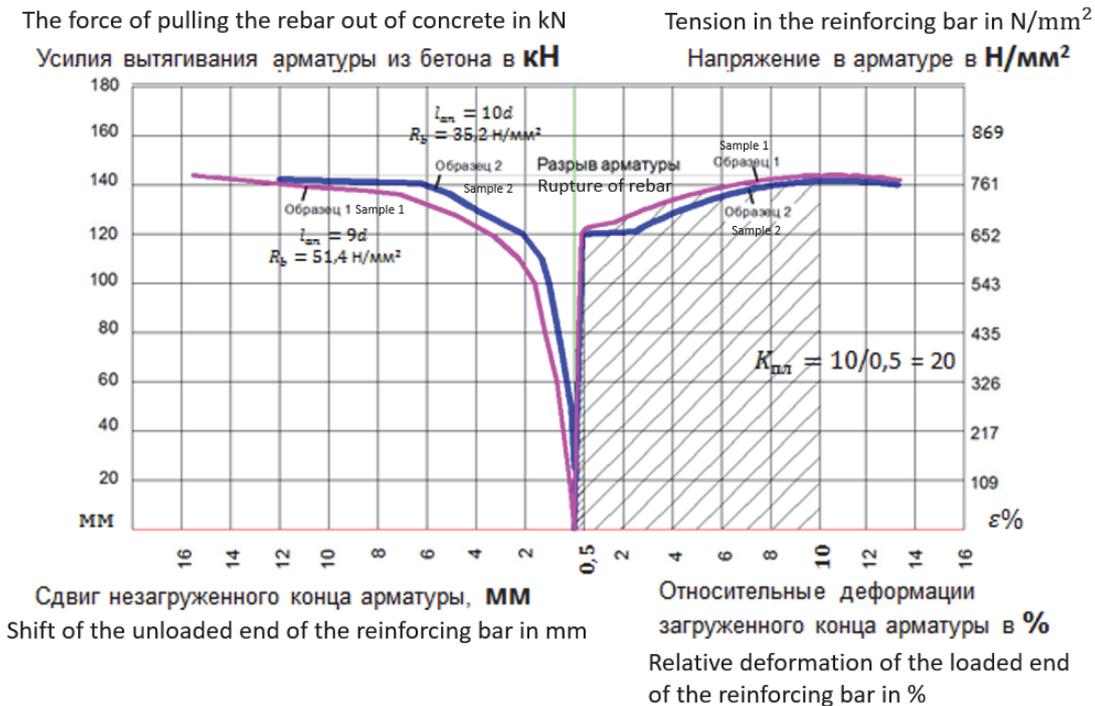


Рис. 4. Деформации стягивания незагруженного и напряжения в металле загруженного концов арматуры с четырехрядным винтовым профилем (d 16 мм) при выдергивании из бетона:

- образец 1, $A_s = 184 \text{ мм}^2$, $R_b = 51,4 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_T = 652 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_B = 783 \text{ Н/мм}^2$, $N = 144 \text{ кН}$, разрушение от разрыва арматуры, длина анкеровки стержня $9d$;
- образец 2, $A_s = 184 \text{ мм}^2$, $R_b = 35,2 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_T = 660 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_B = 777 \text{ Н/мм}^2$, $N = 143 \text{ кН}$, разрушение от разрыва арматуры, длина анкеровки стержня $10d$

[Figure 4. Deformations of retraction of unloaded and stress in metal of loaded ends of rebar with a four-row screw profile (d 16 mm) when pulling out of concrete:

- sample 1, $A_s = 184 \text{ мм}^2$, $R_b = 51,4 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_T = 652 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_B = 783 \text{ Н/мм}^2$, $N = 144 \text{ кН}$, failure due to rupture of the reinforcement, the length of the anchoring rod $9d$;
- sample 2, $A_s = 184 \text{ мм}^2$, $R_b = 35,2 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_T = 660 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_B = 777 \text{ Н/мм}^2$, $N = 143 \text{ кН}$, failure due to rupture of the reinforcement, the length of the anchoring rod $10d$]

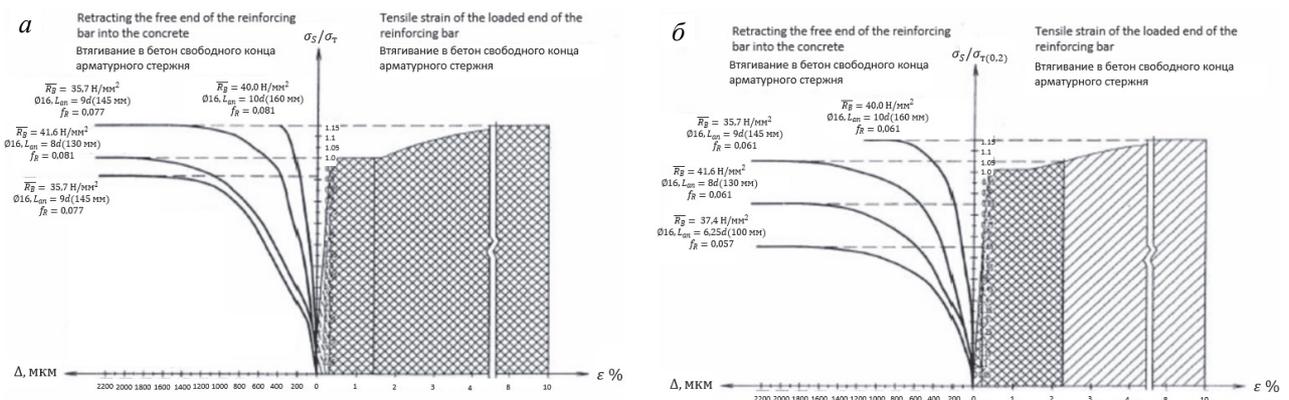


Рис. 5. Деформации стягивания незагруженного конца стержня и энергоемкость разрушения сцепления арматуры \varnothing 16 мм с бетоном:
а – А500СП; б – А500С

[Figure 5. Retraction deformations of the unloaded end of the rod and the energy consumption of breaking the coupling of the reinforcement \varnothing 16 mm with concrete:
а – А500СП; б – А500С]

По приведенным на рис. 4 результатам испытаний, выполненных в НИИЖБ имени А.А. Гвоздева АО «НИЦ “Строительство”», видно, что при увеличении длины анкеровки арматуры с четырехрядным винтовым профилем до $9d$ и $10d$ можно достигнуть разрушения сцепления с бетоном практически одновременно с достижением в загруженном конце арматурного стержня временного сопротивления и его разрыва при больших упруго-пластических относительных деформациях, достигающих $\varepsilon = 10\%$ и более [1; 13; 14].

Полученные результаты исследований подтверждают результаты выполненных ранее работ, приведенных на рис. 5, и позволяют с еще большим основанием сделать выводы об эффективности применения арматуры с многорядным периодическим профилем из-за его меньшей распорности в бетоне и высокой энергоемкости сцепления для обеспечения перераспределения усилий и диссипации (рассеяния) энергии в железобетонных конструкциях, определяющих высокую надежность их сопротивления различным видам нагружения [1; 6; 7; 15].

Заключение

По прочности и деформативности сцепления с бетоном арматура с многорядным (четырёхрядным и шестирядным) арматурным профилем существенно превосходит арматуру с двухрядным серповидным (европейским) и винтовым (аналог GEWI-Stahl) профилями. Она имеет высокие показатели сцепления с бетоном не только в эксплуатационной, но и в запредельной стадии деформирования арматуры, что особенно важно для безопасности зданий и сооружений при воздействии особых нагрузок (взрывных, ударных, сейсмических и т.п.).



Рис. 6. Общий вид четырехрядной винтовой арматуры (фотография сделана Г.И. Тихоновым)

[Figure 6. General view of four-row screw rebar (photo taken by Georgy I. Tikhonov)]

Принимая во внимание технологичность производства и применения, высокие показатели сцепления с бетоном, можно заключить, что новая четырехрядная винтовая арматура обладает кон-

курентными преимуществами относительно винтовой двухрядной арматуры (аналог GEWI-Stahl), обеспечивает качество и расширяет применение механических муфтовых соединений взамен сварных и нахлесточных (рис. 6). Конструктивные решения с ее применением могут успешно конкурировать с продукцией фирм Dywidag, Peikko, Halfen, Lenton и др.

Участие авторов

Г.Э. Окольникова – научное руководство. *Г.И. Тихонов* – проведение экспериментов, написание статьи. *Г.Е. Гришин* – проведение экспериментов, написание статьи.

Благодарности

Выражаем благодарность Игорю Николаевичу Тихонову, автору арматуры класса Ав500П, за предоставление информации по арматуре с четырехрядным винтовым профилем.

Список литературы

1. Тихонов И.Н., Смирнова Л.Н., Бубис А.А., Тихонов Г.И., Сафонов А.А. О новых видах арматурного проката для сейсмостойкого строительства // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. № 6. С. 20–27.
2. Саврасов И.П. Прочность, трещиностойкость и деформативность изгибаемых железобетонных элементов, армированных сталью класса А500 с различным периодическим профилем: дис. ... к. т. н. М.: НИИЖБ имени А.А. Гвоздева, 2010. 207 с.
3. Тихонов И.Н., Елишина Л.И. О влиянии свойств новых видов арматурного проката на надежность и экономическую эффективность железобетонных конструкций // Вестник «НИЦ “Строительство”». 2017. № 1 (12). С. 54–68.
4. Тихонов И.Н., Мешков В.З., Звездов А.И., Саврасов И.П. Эффективная арматура для железобетонных конструкций зданий, проектируемых с учетом воздействия особых нагрузок // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 39–45.
5. Мулин Н.М. Стержневая арматура железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1974. 233 с.
6. Мадатян С.А. Арматура железобетонных конструкций. М., 2000. 256 с.
7. Тихонов И.Н., Блажко В.П., Тихонов Г.И., Казарян В.А., Краковский М.В., Цыба О.О. Инновационные решения для эффективного армирования железобетонных конструкций // Жилищное строительство. 2018. № 8. С. 5–10.
8. Скоробогатов С.М. Основы теории расчета выносливости стержней арматуры железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1976. 108 с.

9. *Городницкий Ф.М., Михайлов К.В.* Выносливость арматуры железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1972. 151 с.

10. *Тихонов И.Н., Мешков В.З., Расторгуев Е.С.* Проектирование армирования железобетона / ЦИТП имени Г.К. Орджоникидзе. М., 2015. 273 с.

11. *Тихонов И.Н.* Разработка, производство и внедрение инновационных видов арматурного проката для строительства // Строительные материалы. 2019. № 9. С. 67–75.

12. *Цыба О.О.* Трещиностойкость и деформативность растянутого железобетона с ненапрягаемой стержневой арматурой, имеющей различную относительную площадь смятия поперечных ребер: дис. ... к. т. н. М.: НИИЖБ имени А.А. Гвоздева, 2012. 203 с.

13. *Тихонов И.Н., Мешков В.З., Расторгуев Б.С.* Проектирование армирования железобетона. М.: ООО «Бумажник», 2015. 273 с.

14. *Тихонов И.Н., Гуменюк В.С., Казарян В.А.* Несущая способность сжатых железобетонных элементов с холоднодеформированной рабочей арматурой класса В500С // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 25–29.

15. *Квасников А.А.* Методика расчета взаимодействия бетона и арматуры железобетонных конструкций в программном комплексе Abaqus // Строительная механика и расчет сооружений. 2019. № 1. С. 65–70.

Для цитирования

Окольникова Г.Э., Тихонов Г.И., Гришин Г.Е. Сцепление с бетоном новых видов арматурного проката для строительства // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2020. Т. 21. № 2. С. 144–152. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2020-21-2-144-152>

DOI 10.22363/2312-8143-2020-21-2-144-152

Research article

Adhesion to concrete of new types of rebar rolled products for construction

Galina E. Okolnikova^a, Georgy I. Tikhonov^{a,b}, Grigori E. Grishin^b

^aPeoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation

^bResearch Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev of JSC Research Center of Construction, 6 2-ya Institut'skaya St, bldg 5, Moscow, 109428, Russian Federation

Article history:

Received: April 14, 2020

Revised: May 19, 2020

Accepted: June 1, 2020

Keywords:

reinforced concrete, rebar, earthquake-resistant construction, rebar connections, screw profile

Abstract. This article discusses the background and history of the emergence of innovative, popular today, types of rebar for construction, their distinctive features and quality indicators, the methodology and results of various studies conducted on the basis of NIIZHB named after A.A. Gvozdev of JSC Research Center of Construction and LLC "Technological Institute 'VNIIZhelezobeton' ". The purpose of this article is to introduce new types of innovative rebar products and demonstrate their advantages. For the tests, the results and methods of which are given in the article, test rolls of rebar with a four-row screw profile were made. In terms of strength and deformability of adhesion to concrete, the reinforcement with multi-row (four-row and six-row) reinforcement profiles significantly surpassed the reinforcement with two-row crescent (European) and screw (GEWI-Stahl analog) profiles. It has demonstrated high adhesion to concrete not only in the operational, but also in the extreme stage of deformation of the reinforcement. This article discusses the background and history of the emergence of innovative, popular today, types of rebar for construction, their distinctive features and quality indicators, the methodology and results of various studies conducted on the basis of NIIZHB named after A.A. Gvozdev of JSC Research Center of Construction and LLC "Technological Institute 'VNIIZhelezobeton' ". The purpose of this article is to introduce new types of innovative rebar

Galina E. Okolnikova, Associate Professor of Department of Construction of Academy of Engineering of RUDN University; Candidate of Sciences in Technology; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8143-4614>, eLIBRARY SPIN-code: 8731-8713; okolnikova-ge@rudn.ru

Georgy I. Tikhonov, postgraduate student of Department of Construction of Academy of Engineering of RUDN University, design engineer of Design Center No. 25 of NIIZHB named after A.A. Gvozdev; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7010-4118>, eLIBRARY SPIN-code: 5043-3130.

Grigori E. Grishin, postgraduate student, design engineer of Design Center No. 25 of NIIZHB named after A.A. Gvozdev; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4646-7514>, eLIBRARY SPIN-code: 8317-3139.

products and demonstrate their advantages. For the tests, the results and methods of which are given in the article, test rolls of rebar with a four-row screw profile were made. In terms of strength and deformability of adhesion to concrete, the reinforcement with multi-row (four-row and six-row) reinforcement profiles significantly surpassed the reinforcement with two-row crescent (European) and screw (GEWI-Stahl analog) profiles. It has demonstrated high adhesion to concrete not only in the operational, but also in the extreme stage of deformation of the reinforcement.

Author's contribution

Galina E. Okolnikova – supervision. Georgy I. Tikhonov – analysis of information and writing article. Grigoriy E. Grishin – analysis of information and writing article.

Acknowledgements

We express our gratitude to Igor Nikolaevich Tikhonov, the author of the Av500P class rebar, for providing information on rebar with a four-row screw profile.

References

1. Tikhonov IN, Smirnova LN, Bubis AA, Tikhonov GI, Safonov AA. About new types of rebar rolled products for earthquake-resistant construction. *Earthquake engineering. Safety of structures*. 2019;(6):20–27. (In Russ.)

2. Savrasov IP. *Prochnost', treshchinostoikost' i deformativnost' izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov, armirovannykh stal'yu klassa A500 s razlichnym periodicheskim profilem* [Strength, crack resistance and deformability of bent concrete elements reinforced with A500 class steel with various periodic profiles] (Dissertation of the Candidate of Technical Sciences). Moscow: NIIZHB named after A.A. Gvozdev; 2010. (In Russ.)

3. Tikhonov IN, Elshina LI. On the influence of properties of new types of rebar on the reliability and economic efficiency of reinforced concrete structures. *Bulletin of Science and Research Center "Stroitelstvo"*. 2017; (1(12)):54–68. (In Russ.)

4. Tikhonov IN, Meshkov VZ, Zvezdov AI, Savrasov IP. Effective reinforcement for reinforced concrete building structures, designed taking into account the impact of the special loads. *Construction materials*. 2017; (3):39–45. (In Russ.)

5. Mulin NM. *Sterzhnevaya armatura zhelezobetonnykh konstruksii* [Rod armature of reinforced concrete structures]. Moscow: Stroizdat Publ.; 1974. (In Russ.)

6. Madatyan SA. *Armatura zhelezobetonnykh konstruksii* [Armature of reinforced concrete structures]. Moscow; 2000. (In Russ.)

7. Tikhonov IN, Blazhko VP, Tikhonov GI, Kazarian VA, Krakovsky MV, Tsyba OO. Innovative solutions for effective reinforcement of reinforced concrete structures. *Housing construction*. 2018;(8):5–10. (In Russ.)

8. Skorobogatov SM. *Osnovy teorii rascheta vynoslivosti sterzhnei armatury zhelezobetonnykh konstruksii*

[Fundamentals of the theory of calculating the endurance of rebar rods of reinforced concrete structures]. Moscow: Stroizdat Publ.; 1976. (In Russ.)

9. Gorodnitsky FM, Mikhailov KV. *Vynoslivost' armatury zhelezobetonnykh konstruksii* [Endurance of reinforced concrete structures reinforcement]. Moscow: Stroizdat Publ.; 1972. (In Russ.)

10. Tikhonov IN, Meshkov VZ, Rastorguev ES. *Proektirovanie armirovaniya zhelezobetona* [Design of reinforced concrete reinforcement]. Moscow: TSITP named after G.K. Ordzhonikidze; 2015. (In Russ.)

11. Tikhonov IN. Development, production and implementation of innovative types of rebar rolled products for construction. *Construction materials*. 2019;(9):67–75. (In Russ.)

12. Tsiba OO. *Treshchinostoikost' i deformativnost' rastyanutogo zhelezobetona s nenapryagaemoi sterzhnevoi armaturoi, imeyushchei razlichnyuyu otноситel'nyuyu ploshchad' smyatiya poperechnykh reber* [Crack resistance and deformability of stretched reinforced concrete with non-stressed rod reinforcement having different relative area of cross-rib crumpling] (Dissertation of the Candidate of Technical Sciences). Moscow: NIIZHB named after A.A. Gvozdev; 2012. (In Russ.)

13. Tikhonov IN, Meshkov VZ, Rastorguev BS. *Proektirovanie armirovaniya zhelezobetona* [Design of reinforced concrete reinforcement]. Moscow: LLC "Bumazhnik"; 2015. (In Russ.)

14. Tikhonov IN, Gumenuk VS, Kazaryan VA. Load-bearing capacity of compressed reinforced concrete elements with cold-formed working fittings of class B500C. *Housing construction*. 2016;(10):25–29. (In Russ.)

15. Kvasnikov AA. Method for calculating the interaction of concrete and reinforced concrete structures in the Abaqus software package. *Construction mechanics and calculation of structures*. 2019;(1):65–70. (In Russ.)

For citation

Okolnikova GE, Tikhonov GI, Grishin GE. Adhesion to concrete of new types of rebar rolled products for construction. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2020; 21(2):144–152. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2020-21-2-144-152>