

ЭФФЕКТИВНАЯ СТЕРЖНЕВАЯ АРМАТУРА ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Заволока М.В., к.т.н., профессор,
Заволока Ю.М., инженер-технолог,
Заволока Ю.В., доцент,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
mvzavolola@ukr.net

Аннотация. Проведены исследования становления номенклатуры стержневой эффективной арматуры периодического профиля в Украине для применения в железобетонных конструкциях без предварительного напряжения, которые имеют приоритетное применение в монолитном домостроении. Обобщены результаты исследований проведенных в Украине арматуры серповидного двухрядного профиля класса А500С. Обобщены результаты исследований проведенных зарубежом (Россия) новой инновационной серповидной четырехрядной арматуры класса А500СП и новой универсальной арматуры класса А600С марки 20Г2СФБА. Даны обобщенные выводы и рекомендации.

Ключевые слова: эффективная арматура, периодический профиль, серповидный профиль, железобетонные конструкции, инновационный, универсальный.

ЕФЕКТИВНА СТРИЖНЕВА АРМАТУРА ДЛЯ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА

Заволока М.В., к.т.н., профессор,
Заволока Ю.М., інженер-технолог,
Заволока Ю.В., доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
mvzavolola@ukr.net

Анотація. Проведені дослідження становлення номенклатури стрижневої ефективною арматури періодичного профілю в Україні для застосування в залізобетонних конструкціях без попереднього напруження, які мають пріоритетне застосування в монолітному житловому будівництві. Узагальнені результати досліджень проведених в Україні та за кордоном арматури серповидного двурядного профілю класу А500С. Узагальнені результати досліджень проведених за кордоном (Росія) нової інноваційної серповидної чотирирядної арматури класу А500СП і нової універсальної арматури класу А600С марки 20Г2СФБА. Наведені загальні висновки і рекомендації.

Ключові слова: ефективна арматура, періодичний профіль, серповидний профіль, залізобетонні конструкції, інноваційний, універсальний.

EFFECTIVE REINFORCEMENT STEEL BAR FOR MODERN CONSTRUCTION

Zavoloka M.V., PhD., Professor,
Zavoloka Y. M., Process-engineer,
Zavoloka Y.V., Associate Professor
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
mvzavolola@ukr.net

Abstract. The studies of the nomenclature of the effective reinforcement bar formation of a

periodic profile in Ukraine for use in reinforced concrete structures without prestressing are carried out.

Reinforcement steel of periodic profile are the most actual in structures made of monolithic reinforced concrete especially in load-bearing reinforced concrete structures in modern high-rise frame-monolithic buildings and are the most massive type of high-strength reinforcement. The annual production of such reinforcement steels is constantly growing in the world, and the quality requirements are becoming stiffer.

The main tendencies of development of steels bar effective reinforcement of the periodic profile in Ukraine are determined, taking into account the experience of economically developed countries. The results of studies of unified welded reinforcement steel of a sickle-shaped double-row profile of class A500C, conducted in Ukraine and abroad, are summarized. The results of researches of the new innovative crescent-shaped four-row reinforcement steels of the A500SP class and the new universal reinforcement steels of the class An600C, grade 20GSFBA are conducted abroad. The generalized conclusions and recommendations are given.

Key words: effective reinforcement steel, periodic profile, crescent profile, reinforced concrete structures, innovative, universal.

Введение. Основные современные тенденции совершенствования номенклатуры стержневой арматуры периодического профиля для обычного железобетона свидетельствуют о переходе на применение одного класса низколегированной стали повышенной прочности и существенном увеличении доли термомеханически упрочненной арматуры за счет уменьшения горячекатаной.

Цели и задачи. Повышение эффективности стержневой арматуры периодического профиля. Исследовано становление номенклатуры стержневой эффективной арматуры периодического профиля в Украине. Обобщить результаты зарубежных исследований новой инновационной арматуры для обычного железобетона с целью применения такой арматуры в нашей стране.

Объекты и методы исследований. Объект исследований – высокопрочная эффективная стержневая арматура периодического профиля для обычного железобетона. Показана необходимость дальнейшего совершенствования формы периодического профиля высокопрочной арматуры класса A500C.

Методы исследований – обобщение результатов новых зарубежных исследований по созданию высокопрочной стержневой арматуры.

Результаты исследований. Стержневая арматура периодического профиля является одним из наиболее массовых видов высокопрочного стального проката ежегодный объем производства которого в мире постоянно растет, а требования постоянно ужесточаются.

Для повышения качества и снижения стоимости монолитного домостроения необходимо внедрение эффективного высокопрочного арматурного проката, позволяющего снизить его расход с одновременным повышением прочности железобетонных конструкций.

Эффективность стержневой арматуры периодического профиля понятие комплексное, сюда входят следующие основные показатели: экономическая целесообразность, нормируемая прочность, способность к значительным пластическим деформациям перед разрывом стержня и надежное сцепление с бетоном.

В Украине (в составе СССР) до 1950г. основным видом стержневой ненапрягаемой арматуры железобетонных конструкций применяемой в строительстве была гладкая горячекатаная арматура класса A240 (A-I) из стали марок Ст0 м Ст3 с пределом текучести 230 МПа.

С 50-х годов началась систематическая работа по созданию и производству новых видов стержневой арматуры периодического профиля для обычного железобетона. В 1950г. строители получили горячекатаную арматуру периодического профиля класса A300 (A-II) из стали марки Ст5. В 1960г. было освоено производство горячекатаной арматуры периодического профиля класса A400 (A-III) из кремнемарганцовистой стали марки 25Г2С. Благодаря своим отличным техническим характеристикам арматура класса A400 стала лидером в армировании обычных железобетонных конструкций. Однако, дефицит ферромарганца заставил металлургическую

промышленность с 1960г. выпускать в требуемом количестве более экономическую горячекатаную арматуру периодического профиля класса А400 (А-III) из стали марки 35ГС, которая долгие годы была основным видом арматуры для обычных железобетонных конструкций. Необходимо отметить, что все виды арматуры должны быть свариваемы для возможности индустриализации арматурных работ.

Весомым вкладом в дальнейшее развитие арматурных сталей стал впервые разработанный в СССР в 1966г. метод производства термомеханически упрочненной стали в процессе проката (быстрое и равномерное охлаждение стали, сформированной в горячем состоянии).

Украина – лидер в области термомеханического упрочнения проката (впервые в мире этот процесс осуществлен в нашей стране в начале 60-х годов) [1].

Этот метод дает возможность получать стержневую арматуру периодического профиля с минимальным расходом легирующих добавок.

Массовая поставка стержневой арматуры периодического профиля для обычного железобетона, изготовленная по такой технологии началась только в 1973г. Это была арматура класса Ат-IIIС (Ат 440С) из стали Ст 5.

Западная Европа освоила технологию термомеханического упрочнения проката в 1979г. и стала выпускать арматуру периодического профиля класса В500W(A500С) с нормативным пределом текучести 500 Н/мм^2 диаметром 6-40мм. Только этот экономически целесообразный метод дает возможность получать требуемые свойства свариваемой арматурной стали при содержании углерода не более 0,22%, при других методах это сложно и дорого [2].

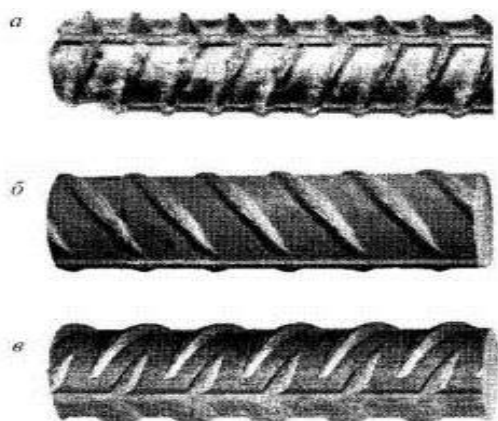


Рис. 1. Основные типы периодического профиля:
 а – кольцевой (ГОСТ 5781-82), $f_R \geq 0,10$ (не нормируется);
 б – серповидный двусторонний, (ДСТУ3760:2006), $f_R \geq 0,056$;
 в – серповидный четырехсторонний, (Россия), (ТУ 14-1-5526-2006) $f_R = 0,075$

Основным видом обычной ненапрягаемой арматурой кольцевого профиля (рис. 1, а) начиная с 1961г. стала горячекатаная сталь класса А-III(A400) по ГОСТ5781 [3] с пределом текучести $\sigma_T \geq 395 \text{ Н/мм}^2$ (40 кгс/мм^2). В те годы это было большим достижением в производстве арматурного проката. В итоге, в стране производился и использовался целый ряд классов горячекатаной арматуры со средним пределом текучести $320-350 \text{ Н/мм}^2$ в зависимости от изделий.

Европейские страны, начиная с 1991г. перешли на производство и применение в обычном железобетоне одного класса сертифицированной стержневой свариваемой арматуры серповидного профиля А500С с пределом текучести более 500 Н/мм^2 .

Свариваемость данной арматуры гарантируется за счет ограничения содержания углерода в готовом прокате до 0,24% и углеродного эквивалента C_e до 0,52%.

Переход на арматуру класса А500С вместо А400 по зарубежным данным обеспечивает 10% экономии стали в строительстве.

Первыми странами, предложившими переход на один класс высокопрочной арматуры для обычного железобетона, были Германия и Голландия. Предполагалось, что даже при неполном использовании несущей способности высокопрочной арматуры, переход на один класс экономически целесообразен благодаря снижению металлоемкости железобетонных конструкций, а также снижению расходов на транспортировку и складские операции.

Для обеспечения экономичности и повышения конкурентной способности отечественного строительства, Украина сначала 1999г. полностью перешла на производство и применение в обычном железобетоне арматурной стали с европейским серповидным двусторонним периодическим профилем (рис. 1, б) с предпочтительным применением стали класса А500С.

Соответственно были введены в действие стандарты на арматурный прокат с 01.01.1999г. ДСТУ 3760-98 [4] и к нему в 2002г. Рекомендации [5], затем новый стандарт с 10.01.2006г. ДСТУ 3760:2006 [6], в частности, исключивший арматуру класса А300С как малопрочную. Переход на серповидный профиль и включение в стандарт арматуру класса А500С способствовало выходу конкурентоспособной продукции металлургических предприятий Украины на мировой рынок. Комбинат «Криворожсталь» – лидер по производству нового арматурного проката. Следует отметить, что переход на «Европрофиль» на комбинате был осуществлен поэтапно, начиная с 1986г., а в 2002г. уровень его производства составил уже более 3млн.т. [7].

В результате Украина, как и большинство стран мира, перешла на производство и применение современной, высокопрочной, унифицированной арматуры для обычного железобетона (табл. 1) [8, 9].

Серповидный двухсторонний периодический профиль вследствие меньшей площади смятия поперечных ребер при их увеличенном шаге имеет худшее сцепление с бетоном по сравнению с кольцевым профилем. Экспериментальные исследования, проведенные в Украине, показали необходимость увеличения длины анкеровки арматуры серповидного двухрядного периодического профиля до уровня Евронорм (на 25-30%), что и было оперативно принято в нормативных документах нашей страны. Одновременно было установлено, что расчетные зависимости СНиП2.03.01-84* не могут быть использованы для расчета длины анкеровки арматуры серповидного профиля как не обладающие требуемой надежностью [10].

В НИИЖБ им. А.А. Гвоздева разработан, исследован и внедрен в массовое производство новый эффективный арматурный профиль (патент РФ №2252991) с условным названием «серповидный четырехсторонний» (рис. 1, в). Новый эффективный вид профиля применяется для производства арматуры класса прочности А500 и обозначается А500СП.

Новый профиль, по сравнению с двусторонним серповидным, дает возможность, при той же высоте поперечных ребер повысить их относительную площадь смятия fR в 1,3...1,4 раза. В этом профиле fR гарантируется на оптимальном уровне 0,075-0,078. Оптимальный уровень fR достигается не за счет увеличения высоты ребер и уменьшения их шага, что не создает условий для опасного развития усилий распора. В арматуре класса А500СП за счет более равномерного распределения по периметру сечения площади смятия поперечных ребер создается равномерное распределение нормальных к поверхности стержня напряжений распора. Увеличенный шаг расположенных в разбежку поперечных ребер облегчает расположение между ними зерен крупного заполнителя, что повышает прочность и жесткость сцепления.

Применение арматуры класса А500СП в железобетонных конструкциях дает экономию арматуры до 25% [11].

В XXI веке экономически развитые страны переходят на более прочную арматурную сталь для обычного железобетона классов А550, А600 и А670 с нормативным пределом текучести 550-670Н/мм² [8].

В России разработана новая арматурная сталь для массового применения класса Ан600С марки 20Г2СФБА с высокой прочностью и пластичностью. Данная сталь, так же, как и сталь А500С может стыковаться всеми видами сварки и с помощью механических соединений. При применении арматуры класса Ан600С взамен А400 экономия стали достигает до 57% [12].

В заключение необходимо отметить. Исследования аккредитованной научно-исследовательской лаборатории «Строительных материалов и изделий» ОГАСА проведенные на различных строительных объектах, выявило ряд негативных факторов влияющих на снижение качества выполнения арматурных работ. В ряде случаев отсутствуют проекты производства работ ППР и соответственно, нет технологических карт на производство арматурных работ на армирование горизонтальных и вертикальных элементов из монолитного железобетона. Так же негативно сказывается на качестве арматурных работ отсутствие рекомендаций к ДСТУ3760:2006. Общий недостаток по выпуску новых нормативных документов в Украине их обобщенное изложение и отсутствие рекомендаций и практических пособий. Характерный пример – введение в Украине 2-х основополагающих

для проектирования и строительства нормативных документа – ДБН В.2.8-98:2009 и ДСТУ БВ.2.6-156:2010. Новыми нормами пользоваться на практике не предоставляется возможным, в силу их недостаточной проработки и обобщенного изложения [13].

Таблица 1 – Современная арматура разных стран для применения в железобетонных конструкциях без предварительного напряжения

| Страна, Национальный стандарт | Класс арматуры, номинальный диаметр арматуры, мм | Механические свойства | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|---|--|
| | | предел текучес- ти ($\sigma_T, \sigma_{0,2}$) | предел проч- ности σ_B | относи- тельное удлине- ние δ | полное относитель- ное удлине- ние δ_{max} |
| | | | | | |
| | | не менее | | | |
| США A706/A706M | G60(420) Ø10-55мм | 420 | 550 | $\delta_s 10$ 14 | - - |
| | G80(550) Ø10-55мм | 550 | 690 | $\delta_s 11$ 12 | - |
| Великобрита- ния BS4449:2005 BS6744-A2 | B500A Ø6-50мм | 500 | 525 | $\delta_s 12$ | 2,5 |
| | B500B Ø6-50мм | 500 | 540 | $\delta_s 14$ | 5,0 |
| | B500C Ø6-50мм | 500 | 515 | - | 7,5 |
| | B650 Ø10-50мм | 1650 | 715 | $\delta_s 14$ | - |
| Германия DIN 488 | Bst420 Ø8-40мм | 420 | 500 | $\delta_s 21$ | - |
| | Bst 500/550 Ø12-63,5мм | 500 | 550 | $\delta_s 18$ | - |
| | Bst 600 Ø12-50мм | 600 | 670 | $\delta_s 15$ | - |
| | S670/800 Ø18-75мм | 670 | 800 | $\delta_s 10$ | - |
| Япония JIS G 3142 | SD 40 | 400 | 570 | $\delta_s 16$ | - |
| | SD 50 Ø6-51мм | 500 | 630 | 12 | - |
| Украина ДСТУ 3760-98 | A300C, 6-40 | 290 | 490 | $\delta_s 19$ | 2,5 |
| | A400C, 6-40 | 400 | 500 | 16 | 2,5 |
| | A500C, 6-40 | 500 | 600 | 14 | 2,5 |
| Украина ДСТУ 3760:2006 | A400C, 6-40 | 400 | 500 | $\delta_s 16$ | 5 |
| | A500C, 6-40 | 500 | 600 | 14 | 5 |
| Россия ГОСТ Р52544- 2006 | A500C, 6-40 | 500 | 600 | $\delta_s 14$ | - |
| | B500C, 4-12 | 500 | 550 | - | - |
| ТУ 14-1-5254- 2006 | A400C, 6-60 | 400 | 500 | $\delta_s 16$ | - |
| | A500C, 6-60 | 500 | 600 | 14 | - |
| ТУ 14-1-5526- 2006 | A500СП, 10-40 | 500 | 600 | $\delta_s 16$ | - |
| Россия ТУ 14-1-5596- 2010 | A _н 600C Ø10-40мм | 650 | 740 | $\delta_s 14$ | - |

Примечания:

- σ_T – предел текучести физический; $\delta_{0,2}$ – предел текучести условный; σ_B – предел прочности (временное сопротивление разрыву);
- δ – удлинение (δ_s – на базе 5 диаметров, δ_{10} – на базе 10 диаметров, δ_{200} – на базе 200мм)
- δ_{max} – полное относительное удлинение при максимальной нагрузке

Выводы.

1. Украина повсеместно перешла на применение в современном строительстве унифицированной свариваемой высокопрочной арматурной стали класса А500С.
2. Учитывая существенный недостаток – пониженное сцепление с бетоном, серповидного двухрядного профиля арматуры класса А500С, необходимо в нашей стране производить и применять эффективную арматуру класса А500СП, лишенной недостатков арматуры класса А500С и дающая экономию металла до 25%.
3. В XXI веке все экономические развитые страны переходят на более прочную арматурную сталь для обычного железобетона класса А500, А600 и А670 с нормативным пределом текучести 550-670 Н/мм². Будущее за унифицированной арматурой типа А600С для её применения во всех видах железобетонных конструкций.
4. В Украине для качественного строительства и обеспечения прочности и надежности зданий и сооружений необходимо издавать комплексно тщательно подготовленные основополагающие нормативные документы с обязательным сопровождением соответствующих рекомендаций и практических пособий.

Литература

1. Арматурный прокат для железобетонных конструкций. Справочник-каталог. Днепропетровск, НИИМ, 2000. – 88 с.
2. Мадатян С.А. Свойства арматуры железобетонных конструкций в России на уровне лучших мировых стандартов / С.А. Мадатян // Бетон и железобетон, 2013. – №5. – С. 2-5.
3. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: 1983. – 13 с.
4. ДСТУ 3760-98. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. – Київ, 1998. – 20 с.
5. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры. – К.: 2002. – 39 с.
6. ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO6935-2:1991, NEO). – Київ, 2007. – 28 с.
7. Матеріали семінару. «Виробництво та застосування арматурного прокату за ДСТУ 3760-98». – Київ, 20-21 березня 2003р. – 180 с.
8. Мадатян С.А. Современные материалы и технологии арматурных работ / С.А. Мадатян // Бетон и железобетон, 2016. – №3. – С.12-17.
9. Тихонов И.Н. Проектирование армирования железобетона. Справочное пособие (данные исследований, рекомендации, примеры конструирования) / И.Н. Тихонов, В.З. Мешков, Б.С. Расторгуев. – М.: 2015. – 276 с.
10. Климов Ю.А. Исследования и нормирование механических характеристик и служебных свойств арматурного проката по ДСТУ3760-98. Опыт применения в конструкциях из обычного и предварительно напряженного железобетона / Ю.А. Климов // Научные труды 2-й Всероссийской Международной конференции по бетону и железобетону. – Москва, 2005. – Том 5. – С. 406-415.
11. Тихонов И.Н. О нормировании анкерной стержневой арматуры / И.Н. Тихонов, В.З. Мешков, Г.Н. Судаков // Бетон и железобетон, 2006. – №3. – С. 2-7.
12. Мадатян С.А. Основы применения в железобетоне высокопрочной стальной арматуры / С.А. Мадатян // Промышленное и гражданское строительство, 2013. – №1. – С. 17-20.
13. Барашиков А.Я. Об ошибках, допускаемых в расчетах железобетонных конструкций, вызванных несовершенством ДБН В.2.8-98:2009 и ДСТУ БВ.2.6-156:2010 / А.Я. Барашиков, Колякова // «Бетон и железобетон в Украине», 2015. – №5. – С. 2-11.

Стаття надійшла 27.09.2017