

Воскобійник С.П., к.т.н., доцент
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ АРМУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ НЕМЕТАЛЕВОЮ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

Розглянуто недоліки та особливості неметалевої композитної арматури, що застосовується у будівельних конструкціях. Доведено, що отримані при випробуванні у Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка значення механічних характеристик склопластикової арматури значно нижчі, ніж зазначені в ДСТУ «Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу». З'ясовано важливість наявності технічних умов на кожен партію композитної арматури та необхідність при виконанні робіт перевіряти відповідність характеристик міцності та деформативності арматури, за якими виконувався розрахунок конструкцій, з їх фактичними значеннями. Надано пропозиції щодо використання неметалевої композитної арматури у монолітних фундаментах.

Ключові слова: скловолокно, неметалева композитна арматура, склопластиковая арматура, модуль пружності.

Воскобойник С.П., к.т.н., доцент
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ОСОБЕННОСТИ АРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

Рассмотрены недостатки и особенности неметаллической композитной арматуры, которые необходимо учитывать при использовании ее в строительных конструкциях. Доказано, что полученные при испытании в Полтавском национальном техническом университете имени Юрия Кондратюка значения механических характеристик стеклопластиковой арматуры значительно ниже, чем указанные в ДСТУ «Указания по проектированию и изготовлению бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой на основе базальто- и склоровинга». Выяснена важность наличия технических условий на каждую партию композитной арматуры и необходимость при производстве работ проверять деформативно-прочностные характеристики арматуры, по которым выполнялся расчет конструктивных элементов, с их фактическими значениями. Представлены предложения по применению неметаллической композиционной арматуры в монолитных фундаментах.

Ключевые слова: стекловолокно, неметаллическая композитная арматура, стеклопластиковая арматура, модуль упругости.

DETAILING OF FIBER-REINFORCING FOOTINGS PECULIARITIES

It is shown that the construction industry on the modern stage requires the production of high-performance materials and building techniques. Application of non-metal composite rebar construction designs is a progressive direction in construction. But there are drawbacks and peculiarities of composite fittings that do not allow direct replacement of reinforcement in composite. Considered faults and features of this reinforcement. It is proven that obtained when tested in Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, mechanical characteristics of skloplastikovoï fittings are much lower than specified in DSTU «Guidance on the design and production of concrete structures with composite with reinforcement, based on bazalto and sklorovìngu». Marked variability of deformativnih and strength characteristics of skloplastikovoï reinforcement.

Skloplastikova steel is a rod and profile are made with continuous reinforcing glass fiber (sklorovìngu) and the termoaktivnogo binding. Mechanical specifications such fittings depends on the fibers, fiber percentage is astringent and observance of technology of production. Today in the market of building materials appeared in many large and small producers who work for their own technical terms, as a result of the mechanical characteristics of skloplastikovoï fittings vary widely. At the beginning of 2015 no regulatory documentation (DSTU) on the application and requirements to composite cable. At the moment in the development of a draft national standard of Ukraine – «Fittings nemetaleva composite basalt periodic profile, General technical conditions». Similar normative document is necessary to develop and for non-metal composite rebar based on glass rovìngu. It is very important to have technical specifications on each batch of composite reinforcement. At performance of works it is necessary to check the conformity of the values of deformativnih and strength characteristics of the armature on which you have performed a calculation of structures and fittings that are available. When the disparity of these values, you need to transfer the design to the real value of deformativnih and strength characteristics. Get them when tested in certified laboratories.

Provided suggestions for the use of non-metal composite rebar girder and plate Foundation of low-rise houses, where a slight load on the Foundation. Foundations of individual houses have small dimensions in terms that virtually eliminates uneven settling them.

The lack of normative documents regulating the requirements for skloplastikovoï fixture leads to differences in the technology of reinforcement by various manufacturers. The presence of unresolved problems regarding non-metal composite cable narrows the scope of the application of it in construction.

Keywords: *fiberglass, non-metallic composite fittings, skloplastikova fittings, modulus of elasticity.*

Вступ. Розвиток будівельної галузі на сучасному етапі потребує впровадження у виробництво високоефективних матеріалів і методів будівництва. Забудовники прагнуть знизити витрати на будівництво, не втрачаючи при цьому надійності й довговічності конструкцій. Тому на світовому ринку з'являється все більше нових будматеріалів. На сьогоднішній день популярною стає неметалева композитна арматура.

Залізобетон, найбільш поширений і знайомий усім будівельникам, існує вже майже два століття, але в 60-ті роки минулого сторіччя постало питання про те, чи можна замінити металеву арматуру на полімерну. Це було пов'язано з тим, що деякі об'єкти будівництва призначалися для роботи в агресивних середовищах. Використання металевої арматури в таких умовах було дуже проблематичним, тому що вона схильна до корозії та є провідником електричної енергії. Цю проблему можна розв'язати завдяки застосуванню неметалевої композитної арматури, що виготовляється на основі базальтового або скляного ровінгу: вона стійка до агресивних середовищ і має діелектричні властивості. До того ж використання неметалевої композитної арматури є ефективним завдяки ряду інших переваг порівняно з металеву арматурою:

- висока міцність. Неодноразово було доведено, що на розрив неметалева композитна арматура набагато міцніша від сталеві (як мінімум удвічі);
- вага неметалевої композитної арматури на 70 – 80% менша за сталеву. Цей факт є запорукою наступного «плюса» матеріалу – простота перевезення та експлуатації;
- ціна композитної арматури набагато нижча, ніж сталеві. До того ж сталева арматура замінюється композитною меншого діаметра;
- завдяки тому, що композитна арматура на основі скловолокна характеризується низькою теплопровідністю, вона істотно знижує втрати тепла, тому що практично не проводить його;
- неметалева композитна арматура – дуже вигідний матеріал для «суміщення» з бетоном. Композитна арматура має такий же коефіцієнт розширення, як і бетон. Ця характеристика є запорукою цілісності шару бетону під впливом та коливанням температур;
- неметалева композитна арматура являє собою екологічно безпечний матеріал, який у процесі експлуатації не виділяє шкідливих речовин;
- для монтажу неметалевої композитної арматури не потрібен зварювальний апарат, що важливо при застосуванні її в індивідуальному будівництві.

Найпопулярнішими світовими брендами склопластикової арматури є «Schock Dextra», «Aslan», «V-rod», «DACOT», «TUF-Bar», російські марки «Армастек», «Гален». Однак в Україні застосування композитної арматури поки що обмежене. Немає жодної великої будівельної фірми, яка масово використовує її у будівництві. Неметалеву композитну арматуру виготовляє ряд середніх і дрібних підприємств, наприклад: ТОВ «РТК СТІЛ», «Nano-SK», «Буд-Імідж».

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Застосування неметалевої композитної арматури в будівельних конструкціях являє собою прогресивний напрям у будівництві [1 – 5, 12, 13]. Але є недоліки та особливості композитної арматури, які не дозволяють виконувати пряму заміну металеві арматури на композитну:

- низький модуль пружності;
- нижча вогнестійкість виробів, армованих композитною арматурою;
- низька міцність при поперечних навантаженнях;
- складність у виготовленні гнутих арматурних виробів;
- складність при виготовленні попередньо напружених конструкцій.

З урахуванням особливостей композитної арматури методика розрахунку та конструювання композитобетонних конструкцій буде суттєво відрізнятися від методики розрахунку та конструювання залізобетонних конструкцій [2, 3].

Унаслідок недостатньої уваги до композитної арматури, в Україні тільки у 2013 році набув чинності нормативний документ стосовно проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою [6], який містить інформацію про сферу застосування, загальні положення проектування елементів з неметалевою композитною арматурою, конструктивні вимоги до цих елементів. У цьому документі зазначені характеристичні показники щодо композитної арматури з посиланнями на ТУ У В.2.7-25.2-34323267-001:2009 «Арматура неметалева базальтова періодичного профілю. Технічні умови», для композитної арматури на основі скляного ровінгу – на ТУ У В.2.7-25.2-21191464-024:2011 «Арматура композитна «Екібар» для армування конструкцій з бетону. Технічні умови».

Але на початок 2015 р. нормативна документація (ДСТУ) щодо вимог до композитної арматури, загальні технічні умови були відсутні. Нині розробляється проект Національного стандарту України – «Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю, загальні технічні умови». Подібний нормативний документ необхідно розробити і для неметалевої композитної арматури на основі скляного ровінгу.

На сьогоднішній день конструкції з використанням неметалевої композитної арматури ще не пройшли випробування часом. Відповідно це питання потребує додаткового вивчення. Низку результатів експериментальних досліджень було викладено у роботах деяких вітчизняних науковців [7, 8], де насамперед визначалася втомна міцність неметалевої композитної базальтової стрижневої арматури. Але результати досліджень ще не ввійшли до нормативних документів. Ті самі проблеми стосуються конструкцій, армованих неметалевою композитною арматурою на основі склоровінгу.

Необхідно зазначити, що з 1 січня 2014 р. набув чинності Міждержавний стандарт [9], розроблений Євразійською радою зі стандартизації, метрології та сертифікації (ЕАСС) і визнаний вісьмома країнами співдружності.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Відсутність нормативних документів, що регламентують вимоги до склопластикової арматури, призводить до розбіжностей у технології її виготовлення різними виробниками. Тому якість і властивості композитної арматури у виробників суттєво відрізняються, а характеристичні показники змінюються в широких межах.

Наявність нерозв'язаних проблем звужує сферу застосування неметалевої композитної арматури.

Постановка завдання. Унаслідок недостатньої інформованості замовників та проєктантів щодо особливостей неметалевої композитної арматури існує проблема, яка з'являється при застосуванні її в будівництві. Особливо це стосується фактичного значення механічних характеристик склопластикової арматури, котра безпосередньо використовується на будівельному майданчику.

Тому основною метою цієї роботи є розкриття особливостей щодо застосування неметалевої композитної арматури в будівельних конструкціях, зокрема і в монолітних фундаментах.

Основний матеріал і результати. У Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка були проведені експериментальні дослідження з визначення механічних характеристик склопластикової арматури. Склопластикова арматура згідно з нормами [6] – це неметалева композитна арматура, виготовлена на основі безперервного скляного ровінгу. За даними цих досліджень, характеристичне

значення опору на розтяг склопластикової арматури становить 500 МПа, а модуль пружності – 33 000 МПа (середні значення з трьох зразків). Відповідно до табл. 6.2 [6] характеристичне значення опору на розтяг для композитної арматури на основі скляного ровінгу має дорівнювати 600 (800) МПа, а модуль пружності – 50 000 МПа, арматура при цьому має відповідати вимогам ТУ У В.2.7-25.2-21191464-024:2011 «Арматура композитна «Екібар» для армування конструкцій з бетону. Технічні умови». Для порівняння в таблиці 1 наведено механічні характеристики склопластикової арматури, які були отримані при експериментальному випробуванні й зазначені в нормативному документі [6].

Таблиця 1 – Механічні характеристики композитної арматури

Найменування	АКС за ДСТУ [6]	АКС, зразок № 1	АКС, зразок № 2	АКС, зразок № 3
Характеристичне значення опору на розтяг, МПа	600 800	510	480	510
Модуль пружності E_f , МПа	50 000	30 000	35 000	34 000

Літери в позначеннях композитної арматури мають таке пояснення:

A – арматура; K – композитна; C – на основі скляного ровінгу.

Спираючись на результати випробувань, можна зазначити мінливість характеристичних значень неметалевої композитної арматури – характеристичне значення опору на розтяг та модуль пружності значно нижчі, ніж зазначено в нормах [6]. Тому можна зробити висновок, що арматура, яка випробовувалася, не відповідала ТУ У В.2.7-25.2-21191464-024:2011 «Арматура композитна «Екібар» для армування конструкцій з бетону. Технічні умови». Причина полягає в тому, що склопластикова арматура являє собою стрижні періодичного профілю, виготовлені з безперервного армуючого скляного волокна (склоровінгу) і термоактивного в'язучого. Фізико-механічні характеристики арматури залежать від волокон, в'язучого, співвідношення «волокно – в'язуче» та дотримання технології виробництва.

На сьогоднішній день на ринку будівельних матеріалів з'явилося безліч великих і дрібних виробників, які працюють за власними технічними умовами, внаслідок цього механічні характеристики склопластикової арматури різняться в широких межах. Тому дуже важливо мати ТУ на кожен партію композитної арматури, що використовується в будівництві, та при виконанні робіт перевіряти відповідність значень характеристик міцності та деформативності арматури, за якими виконувався розрахунок конструкцій та арматури, котра є в наявності. При невідповідності цих значень необхідно розрахувати конструкції за реальними значеннями характеристик міцності й деформативності, які необхідно отримати при випробуванні в сертифікованих лабораторіях.

Особливу увагу слід звертати на якість арматури. Не дозволяються: відколи, розшарування, раковини, пориви намотування, вм'ятини від механічного впливу з пошкодженням волокон.

Забудовникам і проектантам, крім діючого нормативного документу [6], що зумовлює проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою, необхідно мати ДСТУ, яке безпосередньо стосується композитної арматури, її загальних технічних умов тощо. Відсутність нормативних документів у повному обсязі щодо неметалевої композитної арматури звужує сферу та якість її застосування в будівництві.

Ураховуючи низький модуль пружності неметалевої композитної арматури, одним з її основних призначень є армування конструкцій, які працюють на пружній основі. Загальний вигляд неметалевої композитної арматури на основі скляного ровінгу та фундаментів з використанням цієї арматури наведено на рис.1, 2.



Рисунок 1 – Загальний вигляд неметалевої композитної арматури на основі скляного ровінгу

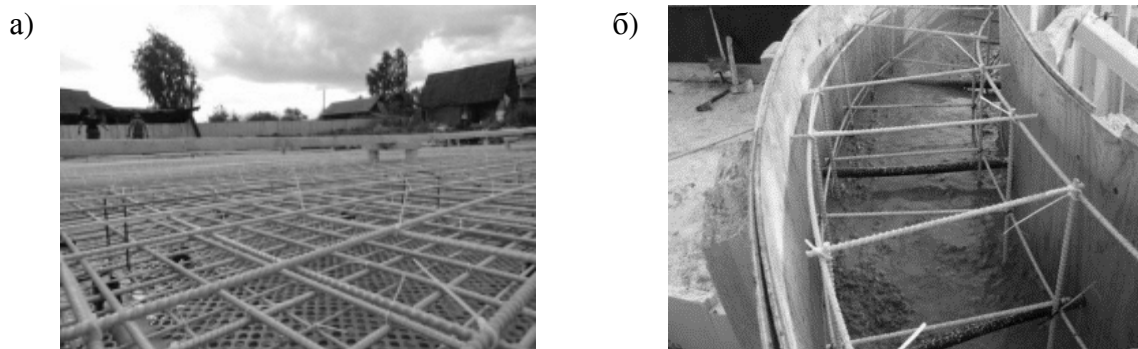


Рисунок 2 – Загальний вигляд фундаментів з використанням неметалевої композитної арматури на основі скляного ровінгу:
а – плитний фундамент; б – стрічковий фундамент

Доцільно застосовувати склопластикову арматуру в плитних та стрічкових фундаментах малоповерхових індивідуальних будинків, де діють незначні навантаження на фундамент: він має невеликі розміри в плані, що практично виключає його нерівномірне осідання. До того ж використання поперечної арматури в таких фундаментах, як правило, необхідне тільки з огляду на конструктивні вимоги (відсутні поперечні навантаження). Якщо, згідно з розрахунками, все ж таки необхідно виконувати армування стиснутої зони, а також застосовувати поперечне армування, то в елементах з неметалевою композитною арматурою слід застосовувати й сталеву арматуру. Виконуючи армування фундаменту неметалевою композитною арматурою, слід дотримуватися вимог норм [6], керуватися конструктивними вимогами розділу 8 нормативного документу [10] і розділу 7 норм [11].

Висновки. При застосуванні неметалевої композитної арматури в будівельних конструкціях необхідно враховувати її недоліки та особливості. Механічні характеристики склопластикової арматури, яку випускають середні й малі компанії України, різняться в широких межах. Особливо важливо мати ТУ на кожен партію композитної арматури, що використовується в будівництві, та при виконанні робіт перевіряти відповідність значень характеристик міцності та деформативності арматури, за якими виконувався розрахунок конструкцій й арматури, котра є в наявності. При невідповідності цих значень необхідно перерахувати конструкції за реальними значеннями характеристик міцності та деформативності, які необхідно отримати при

випробуванні в сертифікованих лабораторіях. Рекомендовано застосовувати склопластикову арматуру в стрічкових та плитних фундаментах малоповерхових будинків, де є незначні навантаження на фундамент, який має невеликі розміри в плані, що практично виключає його нерівномірне осідання, до того ж використання поперечної арматури в ньому необхідне тільки з огляду на конструктивні вимоги. Наявність нерозв'язаних проблем щодо неметалевої композитної арматури зужує сферу застосування її в будівництві.

Література

1. Барбарина Т. М. *Стекловолокнистые строительные материалы* / Т. М. Барбарина. – М. : Стройиздат, 1968. – 172 с.
2. Фролов Н. П. *Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции* / Н. П. Фролов. – М. : Стройиздат, 1980. – 104 с.
3. Николаев Е. *Применение композитных материалов в строительстве в мире. Потенциал роста в России [Электронный ресурс]* / Е. Николаев. – Режим доступа: http://www.rusnanonet.ru/download/presentation/galen_in_the_world.pdf.
4. *Неметаллическая арматура: опыт разработки и применения неметаллической арматуры в СССР и за рубежом [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://armada-spb.ru/informaciya_rokupatelyu/stati.
5. Хатько А. А. *Сцепление стеклопластиковой арматуры с бетоном* / А. А. Хатько // *Материалы Междунар. научно-метод. конф. «Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства»* (Минск, БНТУ, 27 – 28 мая 2014). – Минск, 2014 – С. 158 – 168.
6. ДСТУ Н Б В.2.6-185. *Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу*. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 28 с.
7. Гамеляк І. П. *Математична модель втомної міцності неметалевої стержневої арматури* / І. П. Гамеляк // *Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – Вип. 1(43). – С. 162 – 168.
8. Климов Ю. А. *Використання неметалевої композитної арматури для армування бетонних конструкцій* / Ю. А. Климов // *Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка: науково-технічний збірник*. – К., 2011 – Вип. 42. – С. 13 – 17.
9. ГОСТ 31938-2012. *Міждержавний стандарт «Арматура композитна полімерна для армування бетонних конструкцій. Загальні технічні умови»* – [чинний від 2014-01-01]. *Міждержавний стандарт*. – К., 2012.
10. ДБН В.2.6-98:2009. *Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення*. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
11. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. *Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування*. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 166 с.
12. EN 1992-1-1: 2004 *Eurocode 2: Design of concrete structures General rules and rules for building*.
13. ACI 440.1R-06. *Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars: Reported by ACI Committee 440. – Supersedes ACI 440.1R-03; became effective February 10, 2006. – American Concrete Institute, 2006. – 44 p.*

© Воскобійник С.П.
Надійшла до редакції 09.03.2016