



Вандоловский А. Г.



Юнис Башир Н.



Аль-хавари Юсеф Рияд

Вандоловский А. Г., д. т. н., профессор,
Юнис Башир Н., к. т. н., доцент,
Аль-хавари Юсеф Рияд, аспирант,
 Харьковский национальный университет строительства и архитектуры,
 ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002
 тел.: +38(093) 6610494, e-mail: docbasheer01@gmail.com, you751sef@yahoo.com

ПОВЫШЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЖУТОВОГО ПОКРЫТИЯ

В статье приведены экспериментальные исследования повышения сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном путем использования джутового материала, наносимого на поверхность арматуры. Испытания показали повышение сцепления на 90-95%.

Ключевые слова: базальтопластиковая арматура, продавливание, сцепление, джутовое волокно.

Введение

В современной мировой практике наряду с традиционной металлической арматурой все большее применение находит композитная неметаллическая арматура, которая активно внедряется в строительстве США, Канады, Японии, в странах Европы [1]. Особый интерес представляют базальтопластиковая арматура, которая представляет собой материал, который состоит из основы в виде базальтового ровинга (соединенные в пучок тонкие волокна диаметром 14...16 мкм) и связующего – термореактивной синтетической смолы (пластика). Базальтопластиковая арматура изготавливается методом интрузии – протяжкой пропитанных связующим армирующихся волокон через нагретую формообразующую фильеру. [4,5]. Отличительной особенностью такой арматуры, является высокая стойкость к коррозионным воздействиям агрессивной среды, в частности хлористых солей, углекислого и сернистого газа, оксидов азота и других, что существенно увеличивает межремонтный цикл эксплуатации [2,3]. Рассматриваемая арматура обладает низким коэффициентом теплопроводности, является диэлектриком, радиопрозрачна, магнитоинертна, и как следствие, в ряде случаев позволяет обеспечить антимагнитные и диэлектрические свойства строительных конструкций. Эти свойства определяют наиболее рациональные области применения базальтопластиковой арматуры, а именно: конструкции морских и припортовых сооружений, автомобильные дороги, фундаменты, конструкции инженерных сетей, опоры линий электропередач, теплосберегающие ограждающие конструкции. Однако при более детальном изучении свойств базальтопластиковой арматуры, выясняется, что в литературе отсутствует информация о величине сцепления ее с бетоном и ее зависимость, от обработки

внешней поверхности базальтопластиковой арматуры различными способами для увеличения сцепления ее с бетоном.

Постановка проблемы

Возникает необходимость изучения величины сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном, для повышения возможности широкого внедрения в производство и строительную практику.

Цель исследования

Цель исследований заключается в разработке и изучении технологии сцепления композитной базальтопластиковой арматуры с бетоном путём навивки джутовой нити на стержень арматуры, с анализом технологических особенностей предложенного решения.

Исходя из поставленных целей, определяются следующие **задачи исследования:** экспериментальное определение величины сцепления композитной базальтопластиковой арматуры с бетоном, определение величины сцепления базальтопластиковых стержней с бетоном.

Программа исследований

В настоящее время для оценки сцепления арматуры с бетоном по данным литературы применяют метод выдергивания стержней из бетонных образцов [5,7], либо балочный метод [6], по которому испытывают специальные балки на изгиб. Нами была использована методика продавливания стержней сквозь бетонные кубы, включала этапы, которые приведены на Рис. 1.

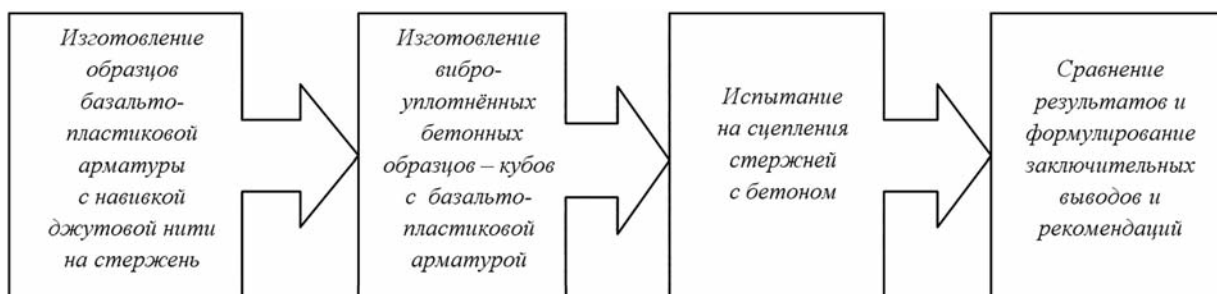


Рис. 1. Этапы проведения экспериментальных исследований сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном

С целью повышения сцепления стержня с бетоном в качестве основного материала было использовано джутовое волокно.

Джут – это растительное волокно, производимое из растения семейства Мальвовые. Растение произрастает в тропиках Азии, Африки, Америки, Австралии, Индии и Бангладеш. Джут используется для изготовления мешковины, шпагата и других распространенных изделий (Рис. 2).



Рис. 1. Джутовое волокно

Таблица 1.

Химический состав волокна джута [11]

Целлюлоза	Гемилцеллоза	Лигнин	Ясень	Пектин	Воск	Влага
(61-71%)	(13.6-20.4%)	(12-13%)	(0,5-2%)	(до 0,2%)	(до 0,5%)	(до 12.6%)

Исследования показывают, что джут можно применять в качестве недорогого армирующего волокна для цементных растворов [12]. Что делает бетон более трещиностойким. В литературе опубликованы данные о применении джутового волокна в производстве бетонных труб [8], для повышения прочности железобетонных балок [9], в фибробетон взамен стекловолкна [10]. Добавление в смесь джутовых волокон замедляет сроки схватывания бетона. Химический состав волокна джута показан в Таблице 1, а его характеристики – в Таблице 2.

Таблица 2.

Характеристика джутового волокна

Удельный вес г/см ³	1,3
Прочность при растяжении МПа	442
Модуль упругости Мпа	60
Диаметр мм	4

Исследования проводились в лаборатории кафедры строительных материалов и изделий Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Изготовление образцов для определения сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном проводили по схеме (Рис.1): на стандартные стержни базальтопластиковой арматуры была нанесена эпоксидная смола в качестве клеевой подложки, затем стержни по отдельности были обвиты джутовой нитью, толщиной от

1,5 мм до 2 мм. Стержни выдержаны в течение 48 ч для полного сцепления (Рис. 3).



Рис. 3. Изготовленные образцы базальтопластиковой арматуры с обвивкой джутовой нитью

Для испытания показателей прочности были изготовлены образцы – кубы «10х10х10» см, состав Ц:П:Щ = 1:2:4, (заполнитель – песок $M_k = 1,5$ и щебень до 10мм), влажность смеси (В/Ц) – 0,5. Стержни арматуры устанавливались вертикально по оси в формы-кубы на глубину до 10 см вместе с укладкой бетонной смеси и ее последующим виброуплотнением. Стержни были уложены в кубы таким образом, чтобы разрушение образца произошло в результате продавливания. Первый тип образцов базальтопластиковой арматуры с одинарной винтовой навивкой джутовой нити, и второй образец контрольный, по 4 образца каждого вида, готовые образцы-кубы представлены на Рис. 4.



Рис. 4. Изготовленные образцы – кубы

Характеристики показателей по испытанию образцов приведена в Таблице 3.

Испытания на сцепление базальтопластиковой арматуры с бетоном методом продавливания было проведено на экспериментальной установке, представленной на Рис. 5.

Загрузка образцов в возрасте 28 суток, осуществлялась пошагово по 0,1 от предполагаемой граничной нагрузки 4165 кгс продавливания арматурного стержня из бетона до разрушения. Величина нагрузки контролировалась динамометром с индикатором стрелочного типа. Сдвиг свободных концов исследуемого арматурного стержня измерялся индикатором часового типа с границей измерения 1 мм и точностью 0,001 мм. На каждом шаге нагрузки выдерживалось 15 секунд, во время которых снимались показания индикаторов, и фиксировались показания. После окончания испытаний в результате продавливания стержня, проводились сквозь куб, анализ и фотографирование (рис. 7).



Рис. 5. Лабораторная установка для испытания образцов базальтопластиковой арматуры

Определение прочности сцепления арматурных стержней с бетоном проводилось по рекомендациям руководства ACI (ведомственные нормы-США) [5]:

$$\tau = F / C_s \cdot l \quad (1)$$

где τ – среднее касательное напряжение сцепления, F – нагрузка, C_s – длина окружности арматуры, l – длина стержня арматуры.

Результаты оценки прочности представлены в Таблице 4.

По результатам данных таблицы видно, что при одинаковых показателях глубины заделки стержней и площади поверхности величина сцепления контрольного образца почти в 2 раза ниже, чем у разработанных образцов повышенного сцепления, на что указывает разница в усилиях продавливания в 1500 и 1665 кг (рис. 6).

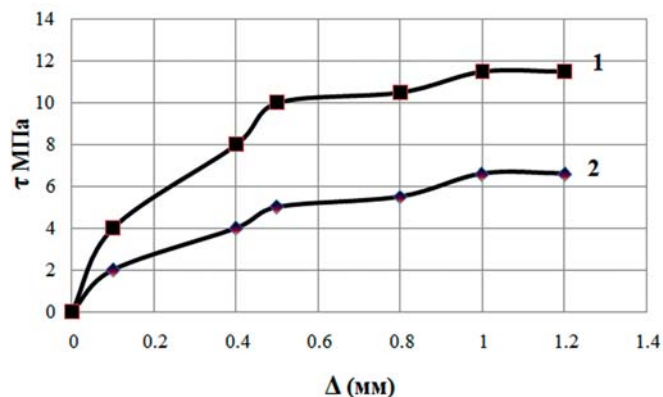


Рис. 6. Зависимость сдвига (Δ) от нагрузки на арматуру:

- 1 – Базальтопластиковая арматура с одинарной винтовой навивкой джутовой нити;
- 2 – Контрольная базальтопластиковая арматура

Таблица 3.

Общая характеристика исследуемых образцов с базальтопластиковой арматуры

№	Испытуемый образец базальтопластиковой арматуры	Покрытые поверхности	Диаметр стержня, мм	Фото образцов
1	базальтопластиковая арматура с одинарной винтовой навивкой джутовой нити	Эпоксидная смола + жгут из джута	12,5	
2	контрольная базальтопластиковая арматура без джутового покрытия	Винтовая навивка безэпоксидной смолы	12,0	

Таблица 4.

Величины сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном

Тип образцов	Предельная нагрузка F , кг	Площадь боковой поверхности сцепления, cm^2	Величина сцепления $\tau_{сц}$, kg/cm^2
базальтопластиковая арматура без джутового покрытия (контрольная)	2500	37.68	66.35
базальтопластиковая арматура с одинарной винтовой навивкой джутовой нити	4000	37.68	106.16
	4165	37.68	110.56
стальная арматура (контрольная)	3500	37.68	92.88

На рис. 7 представлены образцы-кубы после извлечения арматуры после ее продавливания.

При продавливании испытательных контрольных образцов разрушение зафиксировано на границе бетон-арматура без появления трещин. В контрольных образцах не было деформации поверхности и, таким образом, подтверждено, что адгезионной связи между бетоном и арматурой не было, и возникло проскальзывание. Рисунок показывает, что связи между арматурой и стержнем не было.

Для образцов с покрытием джутом разрушение проходило на границе раздела между базальтопластиковой арматурой с одинарной винтовой навивкой джутовой нити и окружающего бетона. Появление трещины появляется на бетонной поверхности, которая примыкает стержню по его периметру и продолжается по всей длине образца.

Фотографии показывают, что основную нагрузку несет на себе внешний эпоксидный слой. В основном при продавливании происходил отрыв слоя бетона от арматуры и его скольжение вдоль базальтовых волокон.

Установлен характер разрушения при продавливании арматурных стержней из бетона:

- в результате испытаний образцов базальтопластиковой арматуры с одинарной винтовой навивкой джутовой нити, покрытой эпоксидным связующим установлено, что величина сцепления образцов базальтопластиковой арматуры с бетоном превышает сцепления в два раза в сравнении с контрольными образцами при выдергивании из бетона.

Выводы:

- установлено, что сцепление арматура с бетоном обеспечивается за счет повышенной адгезии цементного камня и арматурным стержнем покрытым джутовым жгутом.
- установлено, что армирующий базальтопластиковый стержень после его «обжатия» тонким жгутом из джутового материала является надежным способом совместной работы арматуры и бетона.



базальтопластиковая арматура с одинарной винтовой навивкой джутовой нити



контрольная базальтопластиковая арматура без покрытия

Рис. 7. Образцы после испытаний

Литература:

1. Хозин В.Г., Пискунов А. А, Гиздатуллин А.Р, Куклин А.Н. Сцепление полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном // Изв-в вестия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 214-220.
2. Юнис Башир Н., Аль-хавари Юсеф Рияд Анализ разрушения коррозии железобетонных конструкций в условиях иордании Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, 2015. – Вип. №4 (82). – С.136-140.
3. ГОСТ 31384-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. – М., 2008. – 44 с.
4. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М, 2004. – 53 с.
5. ACI 440.3R-04 Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures, – 2004. – 40 p.
6. RILEM/CEB/F1P Recommendations RC5: Bond test for reinforcing steel, 1. Beam Test, 1978.
7. Feldman LR, Bartlett FM. Bond strength variability in pullout specimens with plain reinforcement. ACI Struct J 2005;102(6):860–7.
8. Sarada Prasad Kundu, Sumit Chakraborty, Aparna Roy, Basudam Adhikari, S.B. Majumder. Chemically-modi-

fied-jute-fibre-reinforced-non-pressure-NP-concrete-pipes-with-improved-mechanical-properties. Journal/Construction-and-Building-Materials 37-2012, p841-850.

9. Tara Sen, H.N. Jagannatha Reddy. Strengthening of RC beams in flexure using natural jute fibre textile reinforced composite system and its comparative study with CFRP and GFRP strengthening systems. International Journal of Sustainable Built Environment, Volume 2, Issue 1, June 2013, Pages 41–55.

10. Tara Sen, Ashim Paul. Confining concrete with sisal and jute FRP as alternatives for CFRP and GFRP. International Journal of Sustainable Built Environment. Volume 4, Issue 2, December 2015, Pages 248–264.

11. R. M. Rowell, J. S. Han and J. S. Rowell, Characterization and factors affecting fiber properties, in: Natural Polymers and Agrofibers Based Composites, eds. E. Frollini, A. L. Leão and L. H. C. Mattoso, EAI, São Carlos, Brazil, 2000, 115–134.

12. Temesgen Berhanu, Pradeep Kumar, Inderdeep Singh. Mechanical Behaviour of Jute Fibre Reinforced Polypropylene Composites. 5 th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014) December 12th–14th, 2014, India 289.