

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

Тимоничев В., студент 2 курса
направления подготовки «Безопасность технологических процессов и производств»
Научный руководитель: к.т.н., доцент **Мищенко Е.В.**
ФГБОУ ВПО Орел ГАУ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются области применения неметаллической композитной арматуры. Приведены результаты исследования ее свойств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Стеклопластиковая композитная арматура, базальтопластиковая композитная арматура, коррозионная стойкость, прочность, напряжения изгиба.

ABSTRACT

In this article the applications of non-metallic composite rebar are considered. The results of investigation of its properties are shown.

KEY WORDS

Fiberglass composite rebar, basalt composite rebar, corrosion resistance, strength, bending stresses.

В настоящее время стеклопластиковая и базальтопластиковая композитная арматура всё чаще используется в различных отраслях промышленности. Технология производства арматуры позволяет получить высококачественный строительный материал, отвечающий всем современным требованиям надежности, качества и безопасности. Области применения неметаллической композитной арматуры представлены на рисунке 1.

Исследования по созданию и изучению свойств высокопрочной неметаллической арматуры, определению областей её применения были начаты в СССР в 60-х годах прошлого века. Особое внимание уделялось изучению химической стойкости и долговечности стеклянного волокна и арматуры на его основе в бетоне и различных агрессивных средах. Так, например, для определения механических характеристик стержней круглого сечения на Бийском заводе стеклопластиков разработаны оригинальные методики испытаний, включенные в технические условия и опубликованные в литературе [4, 5]. Большое внимание уделялось длительным испытаниям при одновременном воздействии неблагоприятных факторов – температуры, влажности, агрессивной среды, циклическим и динамическим испытаниям.

Интерес к неметаллической арматуре возник в середине XX столетия в связи с рядом обстоятельств. Расширилось применение армированных бетонных конструкций в ответственных сооружениях, эксплуатируемых в агрессивных средах, где трудно было обеспечить коррозионную стойкость стальной арматуры. Возникла необходимость обеспечения антимагнитных и диэлектрических свойств некоторых изделий и сооружений. Нужно было учитывать ограниченность запаса руд, пригодных для производства стали и всегда дефицитных легирующих присадок.

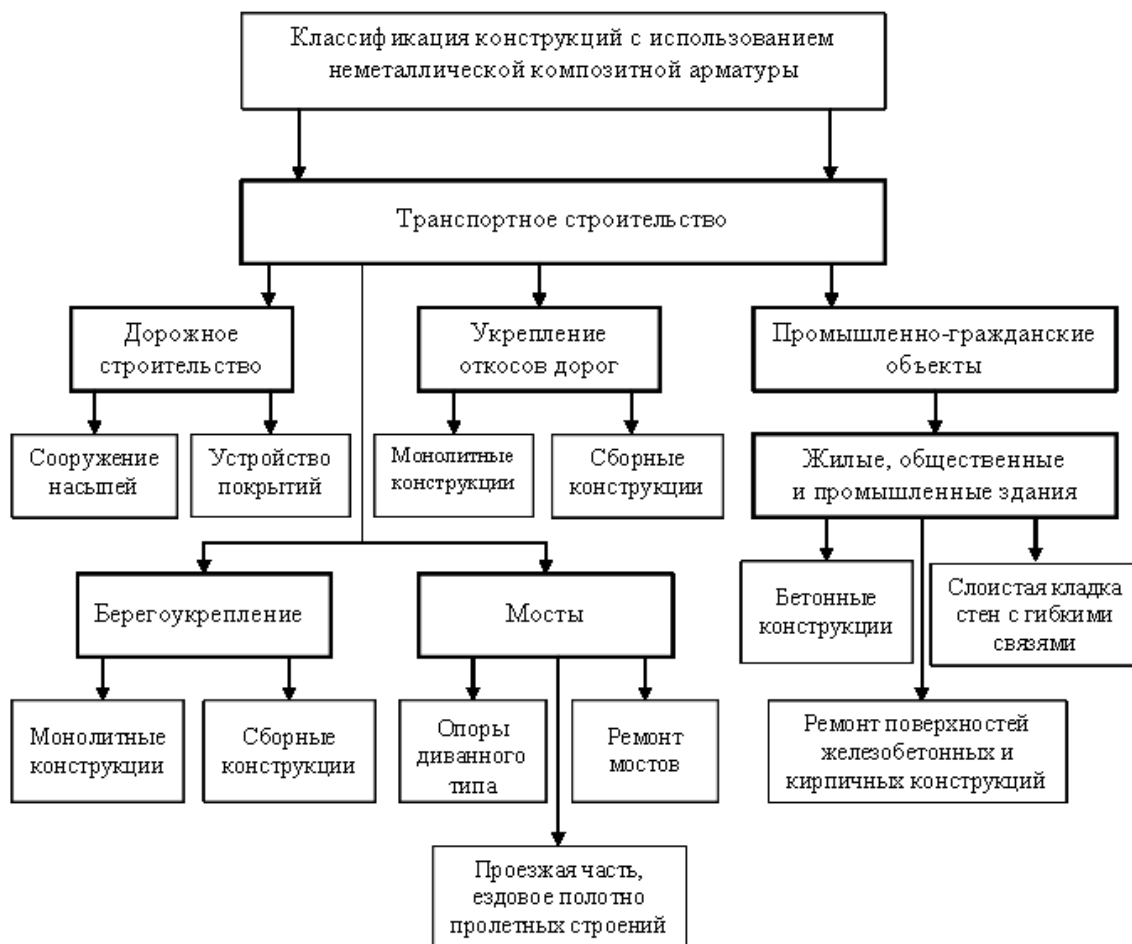


Рисунок 1 – Области применения неметаллической композитной арматуры

В качестве несущей основы высокопрочной неметаллической арматуры сначала было принято щелочестойкое стеклянное волокно диаметром 10-15 мкм, пучок которого объединялся в монолитный стержень посредством синтетических смол. В СССР (Минск, Москва, Харьков) была разработана непрерывная технология изготовления такой арматуры диаметром 6 мм из щелочестойкого стекловолокна малоциркониевого состава марки Щ-15 ЖТ, подробно изучены ее физико-механические свойства. Особое внимание уделялось изучению химической стойкости и долговечности стекловолокна и арматуры на его основе в бетоне при воздействии различных агрессивных сред. Выявлена возможность получения стеклопластиковой арматуры со следующими показателями: временное сопротивление разрыву - до 1500 МПа; начальный модуль упругости - 50 000 МПа; плотность - 1,8-2 т/м³ при содержании стекловолокна 80 % (по массе); рабочая диаграмма при растяжении - прямолинейна вплоть до разрыва (предельные деформации к этому моменту достигают 2,5-3 %); долговременная прочность арматуры в нормальных температурно-влажностных условиях - 65 % от временного сопротивления; коэффициент линейного расширения - 5,5-6,5. Были исследованы опытные предварительно напряженные изгибаемые элементы с такой арматурой под воздействием статических нагрузок, разработаны технологические правила изготовления арматуры и рекомендации по проектированию бетонных конструкций с неметаллической арматурой, намечены целесообразные области их применения [8].

В Германии разработана и подробно изучена стеклопластиковая арматура диаметром 7,5 мм из алюмоборосиликатного стекловолокна и полиэфирной смолы под названием "полисталь". Испытания на статические, динамические и длительные нагрузки позволили установить следующие исходные характеристики этой арматуры:

кратковременная прочность на растяжение - 1650 МПа; модуль упругости - 51000 МПа; удлинение при разрыве - 3,3 %; долговременная прочность - 1100 МПа; потери напряжения от релаксации - 3,2 %; перепад напряжений при $2 \cdot 10^6$ циклах нагружений - 55 МПа.

Особое внимание разработке проблемы создания и применения высокопрочной неметаллической арматуры уделяется в Японии. Там освоено производство фибропластиковой арматуры на базе углеродных и арамидных волокон, исследованы их физико-механические свойства. Проволока и канаты изготавливаются из углеродного волокна диаметром 7 мкм с пределом прочности 3600 МПа. Проволока собирается из 12 тыс. волокон, соединяемых между собой пластиком. Из проволоки свиваются канаты различной несущей способности, подвергаемые после свивки термической обработке. В Японии проведен значительный комплекс исследований опытных балочных конструкций с различными видами неметаллической арматуры, возведены автомобильные и пешеходные мосты небольших пролетов. Ведутся активные исследования возможности применения углепластиковой арматуры в различных областях строительства. Так, высокопрочные ленты различного поперечного сечения из углепластика начали использовать для усиления железобетонных конструкций в эксплуатируемых ответственных сооружениях.

Необходимо отметить работы, выполненные в Нидерландах с неметаллической арматурой из арамидных волокон. Накопленный материал по свойствам такой арматуры прямоугольного и круглого сечения был впервые доложен на конгрессе FIB в 1986 г. и вызвал большой интерес. Была разработана композитная проволока диаметром 5 мм из углеродных волокон и эпоксидного связующего. Временное сопротивление проволоки колеблется от 2300 до 3300 МПа в зависимости от прочности волокна и доли его содержания в сечении. Освоено производство такой проволоки и получен опыт ее применения в качестве напрягаемой арматуры в сваях. Отмечается перспективность применения пучков из композитной проволоки в вантах большепролетных мостов и для внешнего армирования различных предварительно напряженных конструкций [2, 6].

Большой эксперимент проведен учеными США и Канады на одном пролете предварительно напряженного балочного автодорожного моста, армированного проволокой и канатами из углепластика японского производства. Применение современных измерительных систем и продолжение испытаний вплоть до разрушения позволили получить обширный комплекс данных, необходимых для положительной оценки мостов с такой арматурой [3].

Конструкции, где используется стеклопластиковая арматура, неэлектропроводны, что очень важно для исключения блуждающих токов и электроосмоса. В связи с более высокой стоимостью по сравнению со стальной арматурой, стеклопластиковая арматура используется, главным образом, в ответственных конструкциях, к которым предъявляются особые требования. К таким конструкциям относятся морские сооружения, особенно те их части, которые находятся в зоне переменного уровня воды. В работе [6] приведен пример разрушения железобетонного свайного пирса, сваи которого высотой 2,5 м в зоне переменного горизонта воды не были защищены. Уже через год было обнаружено почти полное исчезновение бетона из этой зоны, так что пирс держался на одной арматуре. Ниже уровня воды бетон остался в хорошем состоянии.

Возможность изготовления долговечных свай для морских сооружений заложена в применении поверхностного стеклопластикового армирования. Такие конструкции по коррозионной стойкости и морозостойкости не уступают конструкциям, выполненным полностью из полимерных материалов, а по прочности, жесткости и устойчивости их превосходят. Долговечность конструкций с внешним стеклопластиковым армированием определяется коррозионной стойкостью стеклопластика. Благодаря герметичности стеклопластиковой оболочки бетон не подвергается воздействию среды и поэтому его состав может подбираться только исходя из требуемой прочности. Испытания показали [1], что стеклопластиковая

арматура имеет стойкость в кислой среде более чем в 10 раз, а в растворах солей более чем в 5 раз выше стойкости стальной арматуры. Наиболее агрессивной для стеклопластиковой арматуры является щелочная среда.

Результаты экспериментальных исследований балок различного диаметра, изготовленных с различной арматурой, приведены в табл. 1 и на рис. 2-5 [7].

Таблица 1 – Касательные напряжения, возникающие при разном типе арматуры в балках различного диаметра

№	Диаметр образца, мм	Тип волокна основы	Средние экспериментальные значения касательных напряжений, МПа		Нормированные значения касательных напряжений, МПа	
			τ_m	τ_r	τ_m	τ_r
1	8	Стекло	16,00	23,15	6,90	11,25
2		Базальт	18,02	25,84	6,90	11,25
3	10	Базальт	13,84	21,55	6,66	10,88
4	12	Стекло	11,54	17,30	6,43	10,51
5		Базальт	13,34	18,08	6,43	10,51

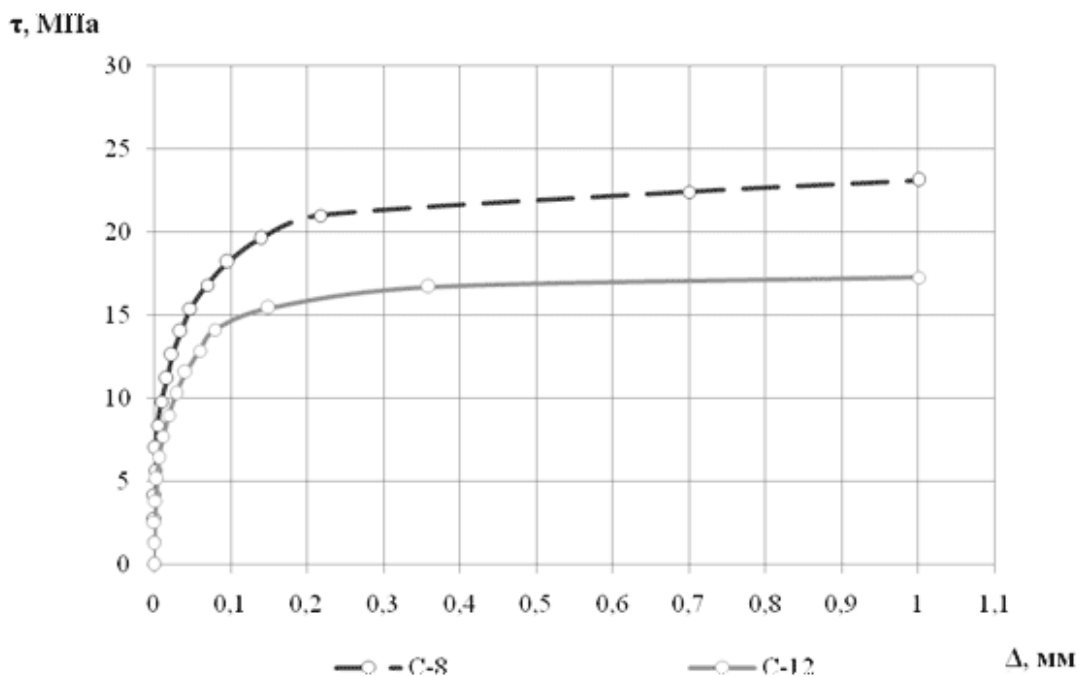


Рисунок 2 – Зависимость касательных напряжения-деформации сдвига для стеклопластиковой арматуры диаметрами 8, 12 мм.

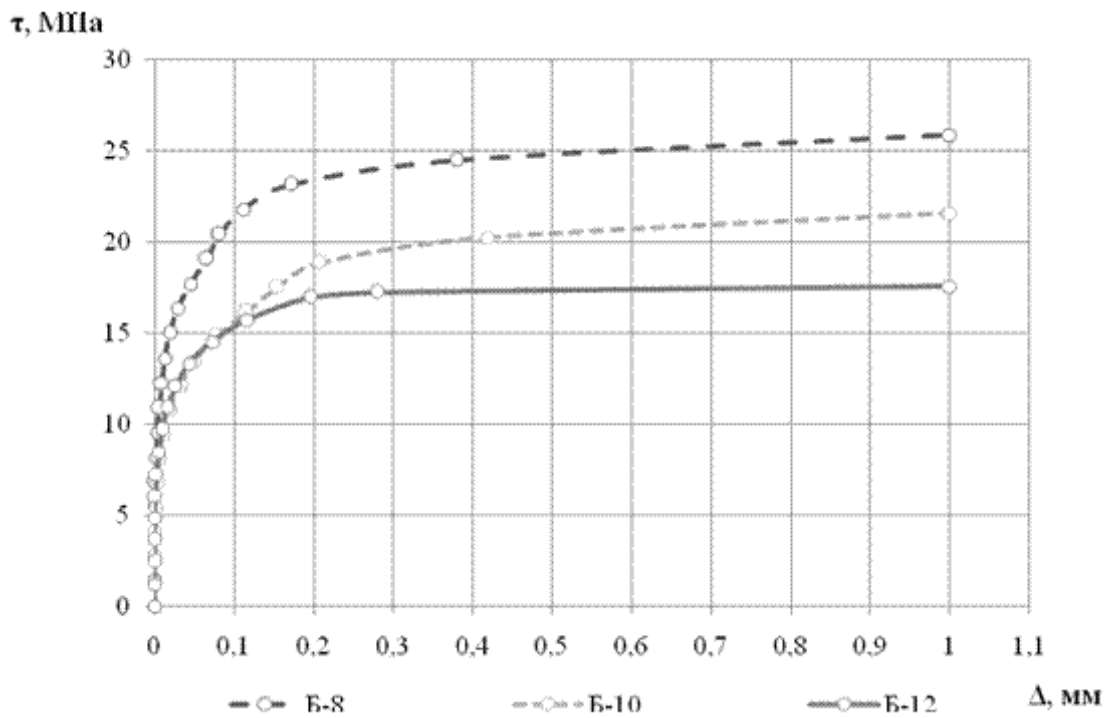


Рисунок 3 – Зависимость касательных напряжения-деформации сдвига для базальтопластиковой арматуры диаметрами 8, 10, 12 мм.

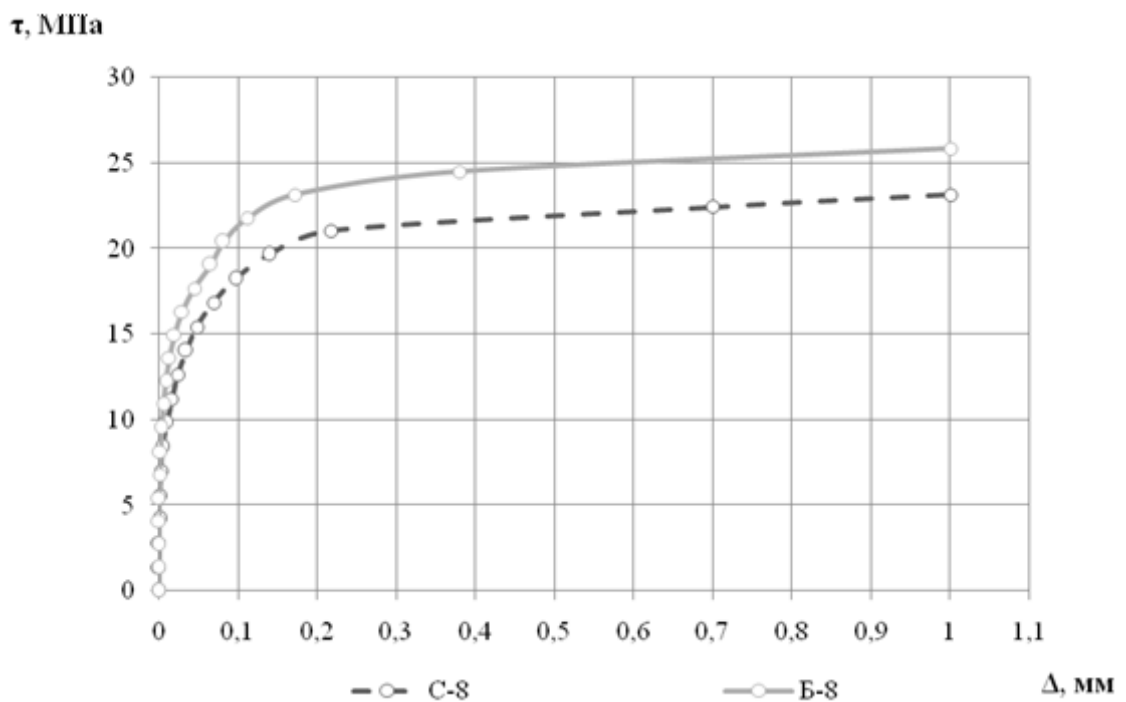


Рисунок 4 – Зависимость касательных напряжения-деформации сдвига для стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры диаметром 8 мм

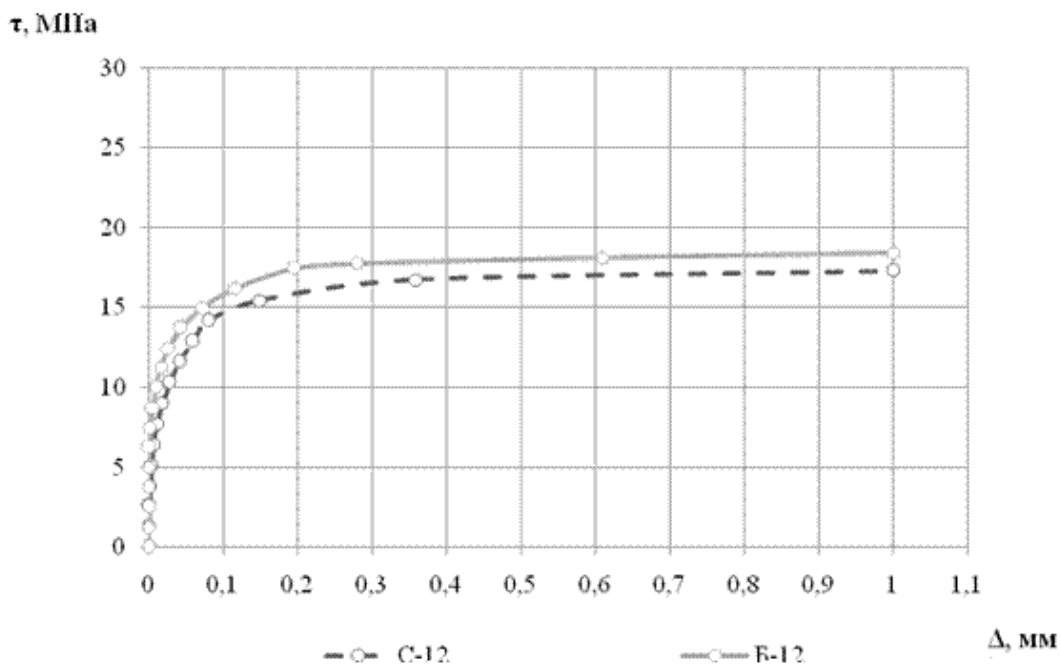


Рисунок 5 – Зависимость касательных напряжения-деформации сдвига для стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры диаметром 12 мм

Выводы

Касательные напряжения, возникающие в балках, выполненных из композитной арматуры, в несколько раз выше нормированных значений, что говорит о повышенной прочности, надежности и долговечности данных конструкций. С увеличением диаметра пластикового волокна касательные напряжения уменьшаются. Арматура из стеклопластика практически не подвержена коррозии, дешевле и имеет более длительный срок службы. Все это говорит о перспективности ее дальнейшего использования в различных отраслях промышленности.

Библиография

1. Исследование механических свойств стеклопластиковых стержней методом продольного изгиба / В.Ф.Савин, А.Н.Луговой, А.Н.Блазнов, Ю.П.Волков, А.И.Хе // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2004. – Т.10. – № 4. – С. 499-516.
2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М.Москвин, Ф.М.Иванов, С.Н.Алексеев, Е.А.Гузеев. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
3. Опыт использования композитных полимерных материалов в мостостроении / Под ред. Ю.М.Митрофанова // Мостостроение мира. – 2006 – № 2. – С. 3-48.
4. Савин, В.Ф., Луговой, А.Н., Волков, Ю.П. Методика определения термомеханических характеристик полимерных композиционных материалов // Заводская лаборатория, 2003. – № 6. – С. 40-43.
5. Тарнопольский, Ю.М., Кинцис, Т.Я. Методы статических испытаний армированных пластиков. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1981, – 272 с.
6. Тихонов, М.К. Коррозия и защита морских сооружений из бетона и железобетона. М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 120 с.
7. Устинов, В.П. Область эффективного применения стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры в строительстве // Реконструкция и совершенствование несущих элементов зданий и сооружений транспорта. Сборник научных трудов. — Новосибирск: Изд. СГУПС, 2005. – С. 50–56.
8. Фролов, Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.