

## Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: [www.unistroy.spb.ru](http://www.unistroy.spb.ru)



### Эффективность использования инновационных композитных материалов в строительстве

И.С. Птухина<sup>1</sup>, А.С. Далабаев<sup>2</sup>, А.Б. Туркебаев<sup>3</sup>, Д.С. Тлеуханов<sup>4</sup>, Н.Ж. Бижанов<sup>5</sup>, А.Е. Далабаева<sup>6</sup>

<sup>1-5</sup>ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург,

ул. Политехническая, 29.

<sup>6</sup>Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, 050013, Казахстан, Алматы, ул. Сатпаева, 22а.

#### Информация о статье

УДК 69

Научная статья

#### История

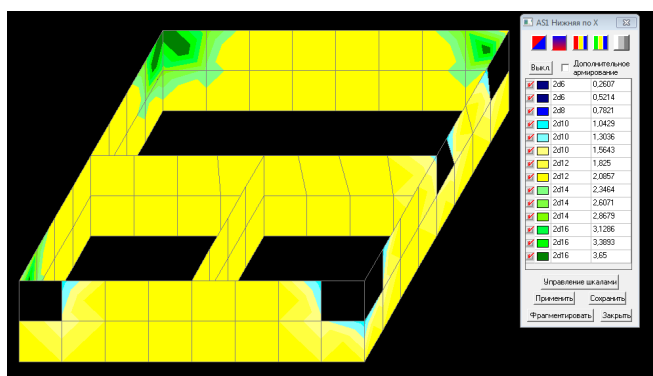
Подана в редакцию 24 мая 2014

Принята 5 сентября 2014

#### Ключевые слова

композитные материалы, стеклопластиковая арматура, базальтопластиковая арматура, экономическая эффективность, фундамент, экономическая целесообразность, металлическая арматура

#### АННОТАЦИЯ



В статье рассматривается актуальность замены металлической арматуры на аналоги из композитных материалов с сохранением её физико-механических свойств. Изучены области применения наиболее экономически выгодной композитной арматуры. Представлен подход к замене металлической арматуры на стеклопластиковую. Выполнен расчёт количества арматуры и вязальной проволоки, необходимой для устройства ленточного фундамента. Сравнительный анализ результатов расчёта показал экономическую целесообразность замены стальной арматуры на композитную.

#### Содержание

1.	Введение	85
2.	Обзор литературы	85
3.	Постановка задачи	86
4.	Описание исследования	86
5.	Заключение	91

2

Контактный автор:

+7 (911) 247 6325, [azamatd902@gmail.com](mailto:azamatd902@gmail.com) (Далабаев Азамат Сейлханулы, магистр)

+7 (812) 297 5949, [irena\\_ptah@mail.ru](mailto:irena_ptah@mail.ru) (Птухина Ирина Станиславовна, к.т.н., доцент)

+7 (911) 247 6427, [Turkebaev.Arman@gmail.com](mailto:Turkebaev.Arman@gmail.com) (Туркебаев Арман Бериккулы, магистр)

+7 (963) 314 3874, [danik\\_19-91@mail.ru](mailto:danik_19-91@mail.ru) (Тлеуханов Данияр Сайлауович, магистр)

+7 (911) 247 6391, [nurbizhanov@mail.ru](mailto:nurbizhanov@mail.ru) (Бижанов Нурсултан Жусупалиевич, магистр)

6

+7 (705) 149 5480, [ainagul.dalabaieva@mail.ru](mailto:ainagul.dalabaieva@mail.ru) (Далабаева Айнагуль Ергажиевна, инженер)

## 1. Введение

Известно, что повышение эффективности и долговечности конструкций на современном этапе развития строительной индустрии невозможно без использования современных видов композитных материалов. Композитные материалы широко используются в строительстве. Основные задачи для отечественного производства, в современных экономических условиях, следующие: сократить производственные циклы изготовления; повысить качество изделий; уменьшить производственные затраты.

Композиционный материал — искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с четкой границей раздела между ними [1].

Хотелось бы отметить, что композитная арматура, несмотря на все ее положительные характеристики, используется в России не так активно, как на Западе. В России ее стали использовать только несколько десятилетий назад. Композитная арматура имеет огромные перспективы на рынке строительных материалов. Ее смело можно использовать в закладке фундаментов, в строительстве малоэтажных зданий, прокладке дорог и прочих сооружениях, которые подвергаются постоянному воздействию агрессивных сред [1]. При применении композитной арматуры в строительстве многоэтажных домов или мостов следует также учитывать также химические и физические свойства еще на этапе проектирования конструкции [2–4].

Композитная арматура – неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, пропитанных терморезактивным или термопластичным полимерным связующим [1, 5]. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой (АСП), из базальтовых волокон — базальтопластиковой (АБП), из углеродных волокон – углепластиковой [5–7]. Для сцепления с бетоном на поверхности композитной арматуры в процессе производства формируются специальные рёбра либо наносится покрытие из песка [8].

В современном строительстве доля затрат на стальную арматуру достигает 20–40% от общей стоимости. Именно поэтому большим потенциалом для снижения стоимости строительства обладает АСП — она прочнее стальной арматуры, в четыре раза легче стали (снижение нагрузки на фундамент) и в 2 раза дешевле [9–11].

Инновационное производство композитных материалов приводит к повышению конкурентоспособности продукции предприятия, способствует укреплению позиций предприятия на рынке и стимулированию сбыта товара, повышению основных экономических показателей хозяйственной деятельности предприятия [9, 12, 13]. Развивается номенклатура используемых в экономике композитных материалов, что обуславливает низкие капитальные затраты и возможность работы при малом и резко изменяющемся объеме производства.

Применение современных методов по производству композитных материалов позволяет получить качественные продукты, стоимость которых уступает стоимости продукции из металла.

## 2. Обзор литературы

Исследования в области АСП и её использования при изготовлении железобетонных конструкций не являются новыми. Начало этих исследований в нашей стране было положено ещё во второй половине двадцатого столетия, когда Советский Союз входил в тройку лидеров по исследованию, производству и применению композитных материалов. Большой вклад в изучение композитных материалов, включая и АСП, внесли известные в области теории и практики железобетона учёные: Н.И. Ахвердов, О.Я. Берг, А.А. Гвоздев, Н.Г. Литвинов, В.Ф. Набоков, Л.С. Фридман и другие.

О.С. Середина в своих работах исследовала композитные материалы, привела примеры внедрения инновационных композитных материалов в современное строительство [14,15].

А.Е. Лапшинов в своих работах исследовал композитные арматуры на сжатие, в них приведены результаты исследования работы АСП и БПА на сжатие при испытаниях с различной рабочей зоной. Проанализированы результаты испытаний и механизмы разрушения образцов [11].

В работе В.М. Власова рассмотрены возможности применения АСП для армирования бетона. Исследовались деформативность и несущая способность балок, армированных стальной арматурой и АСП. Проведены сравнительные испытания бетонных балок, армированных стальной и АСП.

Установлено, что несущая способность балок, армированных АСП, при кратковременных нагрузках близка к несущей способности железобетонных балок. Однако трещиностойкость балок, армированных АСП, в эксперименте оказалась выше. Рекомендовано использовать АСП при армировании конструкций, в которых есть условия для коррозии стальной арматуры [16].

Т. Елсайед в своих работах исследовал замену стальной арматуры на композитную, так как коррозия стальной арматуры – один из наиболее серьезных недостатков армированного бетона. Для очистки железобетонных конструкций от коррозии необходимы огромные усилия и большие материальные затраты. Использование стеклопластиковой арматуры взамен стальной является разумным решением проблемы коррозии. Проведен сравнительный анализ и по результатам испытаний даны рекомендации [17].

В.Ф. Савин в своих работах исследовал долговечность АСП, основанных на длительной выдержке образцов под постоянной нагрузкой и измерении промежутка времени, отсчитываемого от момента приложения нагрузки к образцу до момента его разрушения. Были проведены различные испытания материалов [18–30].

### **3. Постановка задачи**

Провести сравнительный анализ армирования фундамента традиционной стальной арматурой и композитной.

На основании полученных данных выявить наиболее экономически выгодный вариант армирования фундамента, при этом, не пренебрегая физико-механическими свойствами конструкции.

### **4. Описание исследования**

Для примера рассчитаем количество и диаметр арматуры ленточного фундамента для индивидуального дома размером 6х6 (рисунок 1). Прежде всего, надо определиться с классом и диаметром прутка арматуры.

При выборе диаметра арматуры для нашего дома использовалась программа SCAD.

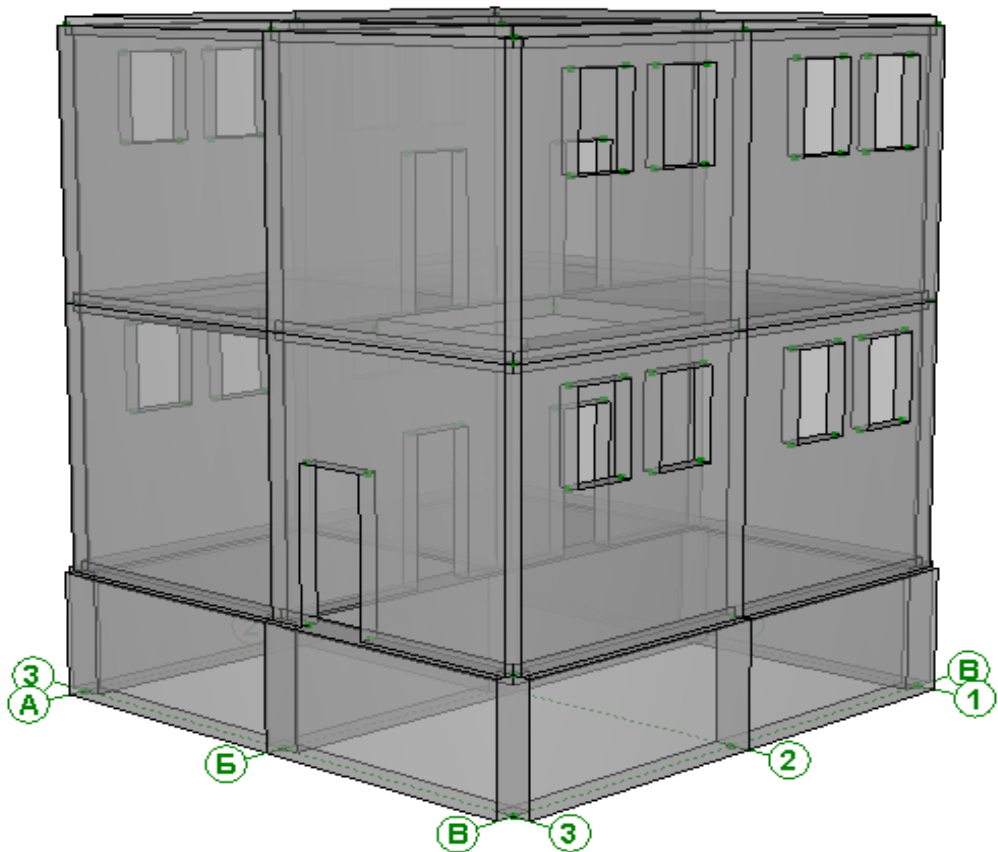


Рисунок 1. Двухэтажный дом, размером 6х6

Исходные данные индивидуального двухэтажного дома с размером 6х6 м:

- Кирпичные стены толщиной 150 мм. Удельный вес 1 м<sup>2</sup> стены – 200–270 кг/м<sup>2</sup>.
- Чердачное перекрытие деревянными балками с утеплителем, плотностью до 200 кг/м<sup>3</sup>. Удельный вес 1 м<sup>2</sup> перекрытий – 70–100 кг/м<sup>2</sup>.
- Кровля из шифера. Удельный вес 1 м<sup>2</sup> кровли – 40–50 кг/м<sup>2</sup>.
- Кирпичный дом с деревянными перекрытиями, с утеплителем, плотностью до 200 кг/м<sup>3</sup> и кровлей из листовой стали.

Помимо постоянной нагрузки, которая создается весом дома, есть временные нагрузки от ветра и снежного покрова. Средний вес снежного покрова для средней полосы России 100 кг/м<sup>2</sup>.

Общая сумма нагрузок составляет 55870 кг (таблица 1).

Таблица 1. Сумма нагрузок

Дом	Вес стен, кг	Цокольное перекрытие, кг	Чердачное перекрытие, кг	Вес кровли, кг	Снежный покров, кг	Всего, кг
Кирпичный	40500	5400	600	1470	4900	55870

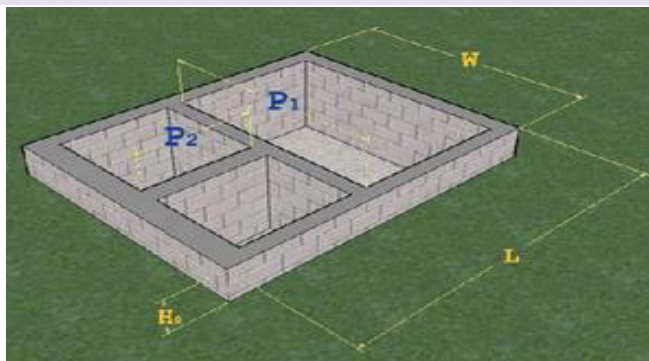


Рисунок 2. Ленточный фундамент

В основании дома проектируем ленточный фундамент высотой 1,4 м (рисунок 2). Общая длина такой ленты составит 30 м (24 м периметр и 6 м под внутренней стеной), её общий объем при ширине 40 см –  $30 \cdot 0,4 \cdot 1,4 = 16,8 \text{ м}^3$ .

*Подбор арматуры для фундамента, по итогам расчётов программой SCAD*

Была принята арматура продольная (A400) и поперечная (A240). Оптимальный диаметр арматуры – 12 мм (рисунок 3, 4) [31].

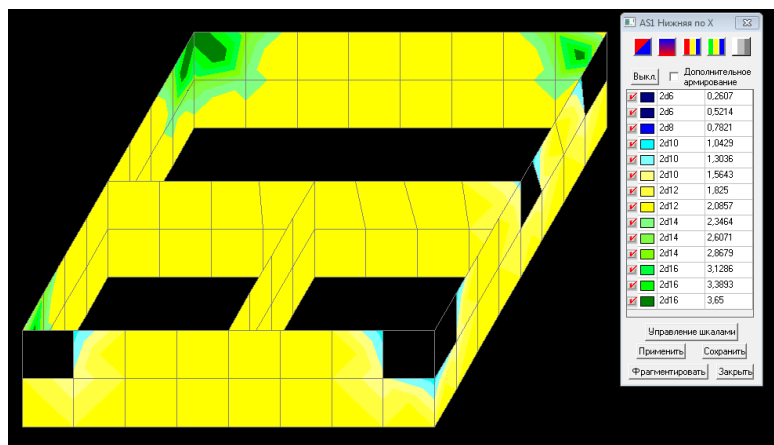


Рисунок 3. Отображение изополей армирования фундамента [31]

Общая длина ленты фундамента под дом 6 x 6 м, с одной внутренней несущей стеной, составит 30 м (24 м периметр внешних стен и 6 м под внутренней). Расход ребристой арматуры для продольного армирования в 4 прутка составит  $30 \cdot 4 = 120 \text{ м}$ . Вертикальные и поперечные прутки можно устанавливать с шагом 0,4 м, при ширине ленты 40 см и высоте 1400 см, с учетом отступа от поверхности фундамента в 5 см, на каждое соединение понадобится 1,6 м гладкой арматуры диаметра 6 мм. Таких соединений будет 61 штука, общий расход гладкой арматуры составит 97,6 м. Каждое такое соединение имеет 4 связки арматуры. На одну связку нужно 30 см вязальной проволоки, поэтому общий расход вязальной проволоки на ленточный фундамент составит  $0,3 \cdot 4 \cdot 61 = 73,2 \text{ м}$ .

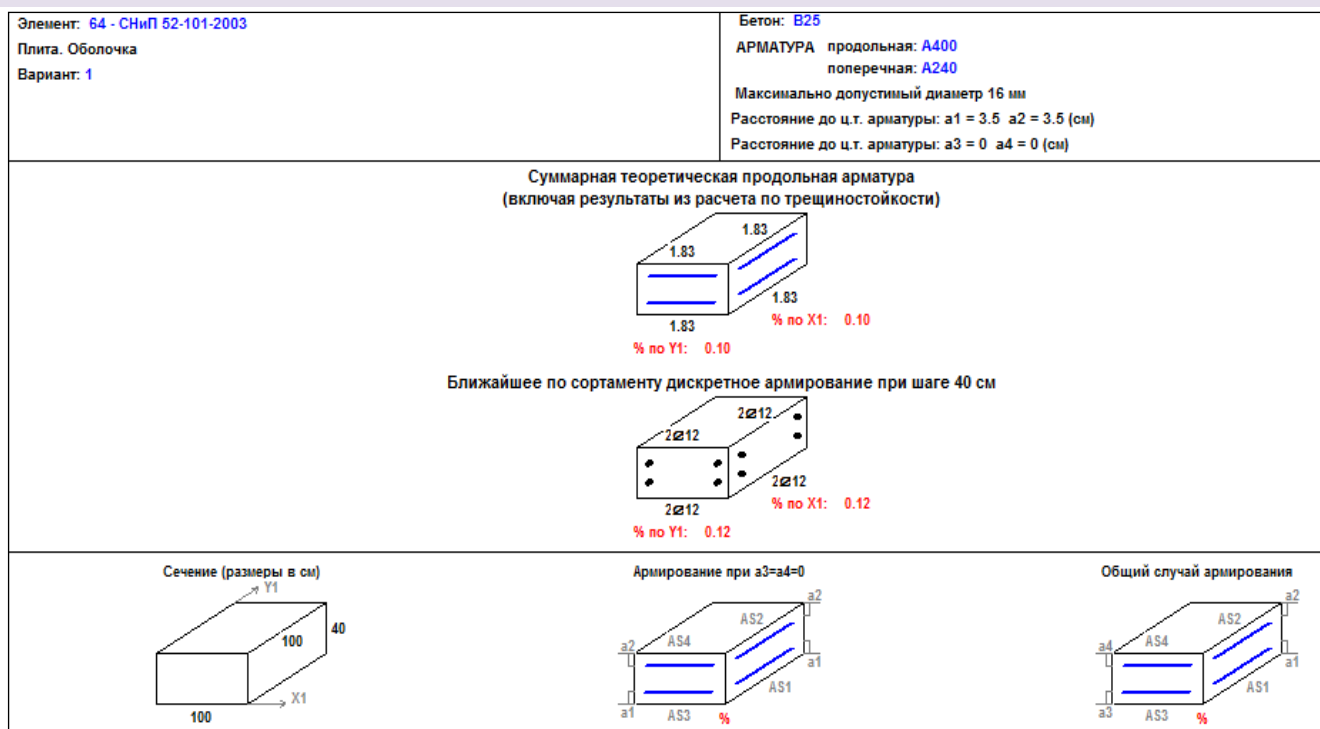


Рисунок 4. Норма армирования фундамента [31]

Для снижения стоимости ленточного фундамента заменим металлическую арматуру А III, диаметром 12 мм, на стеклопластиковую АСП-8, не пренебрегая физико-механическими свойствами конструкции (таблица 2).

Таблица 2. Равнопрочностная замена

Стеклопластиковая арматура ГОСТ 31938-2012 [32]				Металлическая арматура класса А-III (А400С) ГОСТ 5781-82 [33]			
Профиль	Количество погонных метров в тонне	Стоимость, руб./т.	руб./п.м.	Равнопрочная замена на металл	Цена, руб./т.	Количество погонных метров в тонне	руб./п.м.
АСП - 6	20 618	334011	16.2	8 AIII	36750	2 531	14,52
АСП - 8	11 299	257617	22.8	12 AIII	27992	1 126	24,86
АСП - 10	7 092	230490	30.5	14 AIII	27985	826	33,88
АСП - 12	4 897	199797	40.8	16 AIII	27960	632	44,24

Для сравнения разницы при замене арматуры в ленточном фундаменте, составили локальную смету для АСП-8 и металлической арматуры AIII диаметром 12 мм (рисунки 5, 6). Для составления сметы использовали программу SmetaWizard.



**Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014, №9 (24)**  
**Construction of Unique Buildings and Structures, 2014, №9 (24)**

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат	Количество	Стоимость на единицу, руб		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занят. обл. машин		
				ед. изм.	Всего	Экспл. машин	Всего	Основной зарплаты	Экспл. машин	На един.	Всего
№1 <Нет раздела>											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	ТЕР06-01-001-37	Устройство ленточных фундаментов с помощью автобетононасоса в переставной деревометаллической инвентарной опалубке: железобетонных при ширине поверху до 1000	0,168	12 988,25	2 317,15	1 675,48	490,98	298,91	346,56	44,71	
	(0)		100 м3	3 806,06	152,07			19,62	9,48	1,22	
1,1	204-0022	Арматурная сталь класса А-III diam. 12 мм	0,107	35 633,74		3 812,81					
			т								
1,2	204-0001	Арматурная сталь класса А-I diam. 6 мм горячекатаная, гладкая	0,0162	37 299,03		604,24					
			т								
1,3	401-0069-003	Бетон тяжелый, К3 20 мм, класс В 25 (М350), П2	13,0935	4 167,11		54 562,05					
			м3								
ИТОГО:						1 675,48	490,98	298,91	44,71		
								19,62	1,22		
Наименование и значение множителей							Значения		Прямые		
Зарплата							490,98*13,709	13,709	6 730,84		
Машины и механизмы							298,91*8,705	8,705	2 602,01		
Материалы							885,59*5,525	5,525	4 892,88		
Итого по неучтенным материалам									58 979,1		
Итого									73 204,83		
Накладные расходы							(490,98+19,62)*13,709*1,02	1,02	7 139,81		
Сметная прибыль							(490,98+19,62)*13,709*0,65	0,65	4 549,88		
Итого									<b>84 894,52</b>		

**Рисунок 5. Локальная смета фундамента с армированием металлической арматуры**

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат	Количество	Стоимость на единицу, руб		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занят. обл. машин		
				ед. изм.	Всего	Экспл. машин	Всего	Основной зарплаты	Экспл. машин	На един.	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	ТЕР06-01-001-37	Устройство ленточных фундаментов с помощью автобетононасоса в переставной деревометаллической инвентарной опалубке: железобетонных при ширине поверху до 1000	0,168	12 988,25	2 317,15	1 675,48	490,98	298,91	346,56	44,71	
	(0)		100 м3	3 806,06	152,07			19,62	9,48	1,22	
1,1	прайс	Арматура композитная СПА diam. 8 мм	0,00876	312 329		2 736					
			т								
1,2	204-0001	Арматурная сталь класса А-I diam. 6 мм горячекатаная, гладкая	0,0162	37 299,03		604,24					
			т								
1,3	401-0069-003	Бетон тяжелый, К3 20 мм, класс В 25 (М350), П2	13,0935	4 167,11		54 562,05					
			м3								
ИТОГО:						1 675,48	490,98	298,91	44,71		
								19,62	1,22		
Наименование и значение множителей							Значения		Прямые		
Зарплата							490,98*13,709	13,709	6 730,84		
Машины и механизмы							298,91*8,705	8,705	2 602,01		
Материалы							885,59*5,525	5,525	4 892,88		
Итого по неучтенным материалам									57 902,29		
Итого									72 128,02		
Накладные расходы							(490,98+19,62)*13,709*1,02	1,02	7 139,81		
Сметная прибыль							(490,98+19,62)*13,709*0,65	0,65	4 549,88		
Итого									<b>83 817,71</b>		

**Рисунок 6. Локальная смета фундамента с армированием АСП**

По результатам сравнения двух материалов выявили разницу в 1073,81 рублей (таблица 3). Экономически целесообразно использовать композитные арматуры (таблица 4).

Таблица 3. Сравнительная справка стоимости работ по разработке ленточного фундамента

Итог стоимости с металлической арматурой АIII диаметром 12 мм, руб	Итог стоимости с стеклопластиковой арматурой АСП-8, руб	Разница, руб
84891,52	83817,71	1073,81

Таблица 4. Экономия на стоимости материала (без учета дополнительных затрат на транспортировку металлической арматуры)

Цена мет. арматуры за 1 п.м. / руб.	Цена АСП за 1 п.м. / руб.	Расчет	Экономия замены с 1 п.м./руб.
12 – 24,86	8 – 22,80	24,86 – 22,80 =	+ 2,06
14 – 33,88	10 – 30,50	33,88 – 32,50 =	+ 1,38
16 – 44,24	12 – 40,80	44,24 – 40,80 =	+ 3,44

## 5. Заключение

При сравнении стоимости погонного метра металлической и композитной арматуры одинакового диаметра становится видно, что металлическая арматура дешевле. Но данный подход является ошибочным, поскольку стальная и композитная арматура имеют разную плотность. Соответственно, композитная арматура весом в одну тонну будет примерно в пять раз длиннее стальной арматуры, которая имеет аналогичный вес (при этом диаметр этих двух разновидностей арматуры должен быть одинаковым).

Исходя из анализа сравнения материалов, можно сказать о том, что АСП дешевле и легче аналогов – металлической арматуры. Транспортировку же ее можно осуществлять собственными силами – легковым автотранспортом, в отличие от металлической арматуры. При замене стальной арматуры на АСП, можно экономить с 1 погонного метра от 1,38 до 3,44 рублей. Применение современных методов производства композитных материалов позволяет получить качественный и доступный продукт.



## Литература

- [1]. Васильева В.В., Тарнопольского Ю.М. Композиционные материалы. Справочник. М.: Машиностроение, 1990. 183 с.
- [2]. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
- [3]. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками.
- [4]. СНиП 2.02.01-83. Проектированию оснований зданий и сооружений.
- [5]. Альперина В.А. Конструкционные стеклопластики. М.: Химия, 1979. 78 с.
- [6]. Kearns J.C., Shambaugh R.L. Polypropylene Fibers Reinforced with Carbon Nanotubes (2002) Journal of Applied Polymer Science. Issue 2. 53 p.
- [7]. Manchado M.A.L., Valentini L., Biagiotti J., Kenny J.M. Thermal and mechanical properties of single-walled carbon nanotubes-polypropylene composites prepared by melt processing (2005) Carbon. Vol. 43. Issue 7. Pp. 1499-1505.
- [8]. Пономарев А.Н., Моспан Е.А. Анализ направлений использования нанокompозитной арматуры "астрофлекс" в промышленном и транспортном строительстве // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. № 3. С. 69-74.
- [9]. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. М.: Стройиздат, 1970. 272 с.
- [10]. Вернигорова В.Н., Макридин Н.И., Соколова Ю.А. Современные методы исследования свойств строительных материалов: учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2003. 240 с.
- [11]. Лапшинов А.Е. Исследование работы СПА и БПА на сжатие // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 52-57.
- [12]. Пошаговое учетно-аналитическое обеспечение выбора финансовой стратегии организации // Финансы и кредит. 2007. № 31. С. 235.
- [13]. Thwe M.M., Liao K. Characterization of bamboo-glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composite (2000) Journal of Materials Science Letters. Vol. 19. Issue 20. Pp. 1873-1876.
- [14]. Середина О.С. Опыт решения проблем коррозии водопропускных труб в США // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2012. № 27. С. 106-110.
- [15]. Середина О.С. Стеклопластиковая арматура в современном строительстве // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет». 2013. С. 63-70.
- [16]. Использование бетонных балок, армированных стальной и стеклопластиковой арматурой / Власов В.М., Бертов В.М., Долгачев А.Д., Донов А.В., Луговой А.Н. // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2005. Т. 244. С. 33-38.
- [17]. Behavior of slabs reinforced using square gfrp rebars / Tarek Elsayed, Hesham Haggag, Awad El Hashimy, Ahmed Hassan // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 1 (13). С. 78-88.
- [18]. Продольный изгиб как метод определения механических характеристик материалов / Савин В.Ф., Луговой А.Н., Волков Ю.П., Блазнов А.Н. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. Т. 72. № 1. С. 55-58.
- [19]. Испытания на длительную прочность стержней из композиционных материалов / Блазнов А.Н., Волков Ю.П., Луговой А.Н., Савин В.Ф. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. № 2. С. 44-52.
- [20]. Башара В.А., Савин В.Ф. Стеклопластиковая арматура в современном домостроении // Строительные материалы. 2000. № 4. С. 6-8.
- [21]. Метод построения силовых зависимостей долговечности для стержней из полимерных композиционных материалов / Савин В.Ф., Верещагин А.Л., Блазнов А.Н., Луговой А.Н., Тихонов В.Б., Быстрова О.В. // Механика композиционных материалов и конструкций. 2008. Т. 14. № 3. С. 332-352.
- [22]. Усталостная прочность и выносливость стержней из композиционных материалов / Савин В.Ф., Киселев Н.М., Блазнов А.Н., Верещагин А.Л., Быстрова О.В. // Механика композиционных материалов и конструкций. 2008. № 3. С. 332-352.

- [23]. Исследование механических свойств стеклопластиковых стержней методом продольного изгиба / Савин В.Ф., Луговой А.Н., Блазнов А.Н., Волков Ю.П., Хе А.И. // Механика композиционных материалов и конструкций. 2004. № 4. С. 499-516.
- [24]. Прогнозирование длительной прочности стеклопластиковой арматуры / Блазнов А.Н., Волков Ю.П., Луговой А.Н., Савин В.Ф. // Механика композиционных материалов и конструкций. 2003. № 4. С. 579-592.
- [25]. Исследование прочности и устойчивости однонаправленных стеклопластиковых стержней при осевом сжатию / Блазнов А.Н., Савин В.Ф., Волков Ю.П., Тихонов В.Б. // Механика композиционных материалов и конструкций. 2007. № 3. С. 426-440.
- [26]. Technique for determination of the strength of fiber glass reinforcement under interlayer shearing / Volkov Yu.P., Blaznov A.N., Lugovoi A.N., Savin V.F. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2005. № 11. С. 39-41.
- [27]. Тихонов В.Б., Блазнов А.Н., Савин В.Ф. Метод испытаний стеклопластиков на статическую долговечность // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. № 9. С. 63-67.
- [28]. Обработка и анализ термомеханических кривых полимерных композиционных материалов / Савин В.Ф., Старцев О.В., Волков Ю.П., Жаринов Ю.Б., Махоньков А.Ю., Маркова А.В. // Деформация и разрушение материалов. 2010. №8. С. 33-37.
- [29]. Испытания на коррозионную стойкость напряженных стержней из полимерных композиционных материалов / Маркова А.В., Савин В.Ф., Жаринов Ю.Б., Блазнов А.Н. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. № 11. С. 56-59.
- [30]. Automated information measurement system for determination of mechanical characteristics for polymer composite materials by longitudinal bending / Loktev M.J., Abanin V.A., Savin V.F., Ermolaev D.A., Suranov A.Y. (2010) В сборнике: 2010 IEEE 2nd Russia School and Seminar on Fundamental Problems of Micro/Nanosystems Technologies, MNST'2010 Novosibirsk. Pp. 26-28.
- [31]. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
- [32]. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия.
- [33]. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.

## Efficiency of innovative composite materials in construction

I.S. Pтуhina<sup>1</sup>, A.S. Dalabayev<sup>2</sup>, A.B. Turkebayev<sup>3</sup>, D.S. Tleukhanov<sup>3</sup>, N.Zh. Bizhanov<sup>3</sup>, A.E. Dalabayeva<sup>3</sup>

<sup>1-5</sup>Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

<sup>6</sup>Kazakh National University after K.I. Satpayev, 22a, Satpayev st., Almaty, 050013, Kazakhstan.

### ARTICLE INFO

Original research article

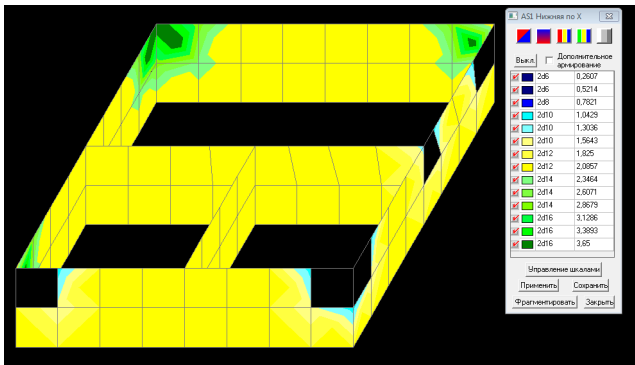
### Article history

Received 24 May 2014  
Accepted 5 September 2014

### Keywords

composite materials,  
fiberglass rebar,  
Basalt rebar,  
economic efficiency,  
the foundation,  
the economic feasibility,  
metal fittings

### ABSTRACT



The article contains economical comparison of fittings made of metal and composite materials. Authors started this paper from the revising the potential areas of application of composite fittings, modern ways to replace the metal reinforcement to its composite analogues. At the main part of current article, the researchers describe the ways to process theoretical calculations to determine the necessary amount of reinforcement. After all, authors compared the price of two types of fittings.

2

Corresponding author:

+7 (911) 247 6325, azamatd902@gmail.com (Azamat Seipkhanuly Dalabayev, M.Sc.)

1

+7 (812) 297 5949, irena\_ptah@mail.ru (Irina Stanislavovna Pтуhina, Ph.D., Associate Professor)

3

+7 (911) 247 6427, Turkebaev.Arman@gmail.com (Arman Berikuly Turkebayev, M.Sc.)

4

+7 (963) 314 3874, danik\_19-91@mail.ru (Danियar Saylauovich Tleukhanov, M.Sc.)

5

+7 (911) 247 6391, nurbizhanov@mail.ru (Nursultan Zhusupaliyevich Bizhanov, M.Sc.)

6

+7 (705) 149 5480, ainagul.dalabaieva@mail.ru (Ainagul Ergazhieva Dalabayeva, Engineer)

## References

- [1]. Vasilyeva V.V., Tarnopolskogo Yu.M. *Kompozitsionnyye materialy* [Composite materials] (1990) *Spravochnik. M.: Mashinostroyeniye*, 1990. 183 p. (rus)
- [2]. SP 50-101-2004. Design and installation of bases and foundations of buildings and structures.. (rus)
- [3]. SNIP 2.02.05-87. Foundations machines with dynamic loads. (rus)
- [4]. SNIP 2.02.01-83. Foundation design of buildings and structures.. (rus)
- [5]. Alperina V.A. *Konstruktsionnyye stekloplastiki* [Structural fiberglass] (1979) *M.: Khimiya*, 78 p. (rus)
- [6]. Kearns J.C., Shambaugh R.L. Polypropylene Fibers Reinforced with Carbon Nanotubes (2002) *Journal of Applied Polymer Science*. Issue 2. 53 p.
- [7]. Manchado M.A.L., Valentini L., Biagiotti J., Kenny J.M. Thermal and mechanical properties of single-walled carbon nanotubes-polypropylene composites prepared by melt processing (2005) *Carbon*. Vol. 43. Issue 7. Pp. 1499-1505.
- [8]. Ponomarev A.N., Mospan Ye.A. *Analiz napravleniy ispolzovaniya nanokompozitnoy armatury "astrofleks" v promyshlennom i transportnom stroitelstve* [Analysis of the uses of the nanocomposite reinforcement "astrofleks" in the industrial and transport construction] (2011) *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy*. Issue 3. Pp. 69-74. (rus)
- [9]. Bazhenov Yu.M. *Beton pri dinamicheskom nagruzhenii* [Concrete under dynamic loading] (1970) *M.: Stroyizdat*, 272 p. (rus)
- [10]. Vernigorova V.N., Makridin N.I., Sokolova Yu.A. *Sovremennyye metody issledovaniya svoystv stroitelnykh materialov: uchebnoye posobiye* [Modern methods of investigation of the properties of building materials: a tutorial] (2003) *M.: Izdatel'stvo ASV*, 240 p. (rus)
- [11]. Lapshinov A.Ye. *Issledovaniye raboty SPA i BPA na szhatiye* [The study of the SPA and the FHT compression] (2014) *Vestnik MGSU*. Issue 1. Pp. 52-57. (rus)
- [12]. *Poshagovoye uchetno-analiticheskoye obespecheniye vybora finansovoy strategii organizatsii* [Step by step accounting and analytical support to the choice of the financial strategy of the organization] (2007) *Finansy i kredit*. Issue 31. 235 p. (rus)
- [13]. Thwe M.M., Liao K. Characterization of bamboo-glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composite (2000) *Journal of Materials Science Letters*. Vol. 19. Issue 20. Pp. 1873-1876.
- [14]. Seredina O.S. *Opyt resheniya problem korrozii vodopropusknykh trub v SShA* [Experience of the problems of corrosion of culverts in the United States] (2012) *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. Issue 27. Pp. 106-110. (rus)
- [15]. Seredina O.S. *Stekloplastikovaya armatura v sovremennom stroitelstve* [Fiberglass rebar in modern construction] (2013) *Molodezh i nauchno-tekhnicheskii progress v dorozhnoy otrasli yuga Rossii materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh FGBOU VPO «Volgogradskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet»*. Pp. 63-70. (rus)
- [16]. *Ispolzovaniye betonnykh balok, armirovannykh stalnoy i stekloplastikovoy armaturoy / Vlasov V.M., Bertov V.M., Dolgachev A.D., Donov A.V., Lugovoy A.N.* [The use of concrete beams reinforced with steel and fiberglass reinforcement] (2005) *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B.Ye. Vedenevaya*. Vol. 244. Pp. 33-38. (rus)
- [17]. Behavior of slabs reinforced using square gfrp rebars / Tarek Elsayed, Hesham Haggag, Awad El Hashimy, Ahmed Hassan (2010) *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. Issue 1 (13). Pp. 78-88.
- [18]. *Prodolnyy izgib kak metod opredeleniya mekhanicheskikh kharakteristik materialov / Savin V.F., Lugovoy A.N., Volkov Yu.P., Blaznov A.N.* [Longitudinal bending as a method for determining the mechanical properties of materials] (2006) *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. Vol. 72. Issue 1. Pp. 55-58. (rus)
- [19]. *Ispytaniya na dlitel'nuyu prochnost sterzhney iz kompozitsionnykh materialov / Blaznov A.N., Volkov Yu.P., Lugovoy A.N., Savin V.F.* [Tests for long-term strength of rods made of composite materials] (2006) *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. Issue 2. Pp. 44-52. (rus)
- [20]. Bashara V.A., Savin V.F. *Stekloplastikovaya armatura v sovremennom domostroyenii* [Fiberglass rebar in modern house] (2000) *Stroitel'nyye materialy*. Issue 4. Pp. 6-8. (rus)

- [21]. *Metod postroyeniya silovykh zavisimostey dolgovechnosti dlya sterzhney iz polimernykh kompozitsionnykh materialov* / Savin V.F., Vereshchagin A.L., Blaznov A.N., Lugovoy A.N., Tikhonov V.B., Bystrova O.V. [The method of construction of power dependencies durability for rods of polymer composite materials] (2008) *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy*. Vol. 14. Issue 3. Pp. 332-352. (rus)
- [22]. *Ustalostnaya prochnost i vynoslivost sterzhney iz kompozitsionnykh materialov* / Savin V.F., Kiselev N.M., Blaznov A.N., Vereshchagin A.L., Bystrova O.V. (2008) *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy*. Issue 3. Pp. 332-352. (rus)
- [23]. *Issledovaniye mekhanicheskikh svoystv stekloplastikovykh sterzhney metodom prodolnogo izgiba* / Savin V.F., Lugovoy A.N., Blaznov A.N., Volkov Yu.P., Khe A.I. [The mechanical properties of glass fiber rods by buckling] (2004) *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy*. Issue 4. Pp. 499-516. (rus)
- [24]. *Prognozirovaniye dlitelnoy prochnosti stekloplastikovoy armatury* / Blaznov A.N., Volkov Yu.P., Lugovoy A.N., Savin V.F. [Prediction of long-term strength fiberglass reinforcement] (2003) *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy*. Issue 4. Pp. 579-592. (rus)
- [25]. *Issledovaniye prochnosti i ustoychivosti odnonapravlennykh stekloplastikovykh sterzhney pri osevom szhatii* / Blaznov A.N., Savin V.F., Volkov Yu.P., Tikhonov V.B. (2007) *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy*. Issue 3. Pp. 426-440. (rus)
- [26]. *Technique for determination of the strength of fiber glass reinforcement under interlayer shearing* / Volkov Yu.P., Blaznov A.N., Lugovoy A.N., Savin V.F. (2005) *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. Issue 11. Pp. 39-41. (rus)
- [27]. *Tikhonov V.B., Blaznov A.N., Savin V.F. Metod ispytaniy stekloplastikov na staticheskuyu dolgovechnost* [Test Method GRP static durability] (2010) *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. Issue 9. Pp. 63-67. (rus)
- [28]. *Obrabotka i analiz termomekhanicheskikh krivykh polimernykh kompozitsionnykh materialov* / Savin V.F., Startsev O.V., Volkov Yu.P., Zharinov Yu.B., Makhonkov A.Yu., Markova A.V. [Processing and analysis of the thermomechanical curves of polymer composites] (2010) *Deformatsiya i razrusheniye materialov*. Issue 8. Pp. 33-37. (rus)
- [29]. *Ispytaniya na korrozionnuyu stoykost napryazhennykh sterzhney iz polimernykh kompozitsionnykh materialov* / Markova A.V., Savin V.F., Zharinov Yu.B., Blaznov A.N. [The corrosion test rods strained polymer composite] (2010) *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. Issue 11. Pp. 56-59. (rus)
- [30]. *Automated information measurement system for determination of mechanical characteristics for polymer composite materials by longitudinal bending* / Loktev M.J., Abanin V.A., Savin V.F., Ermolaev D.A., Suranov A.Y. (2010) В сборнике: 2010 IEEE 2nd Russia School and Seminar on Fundamental Problems of Micro/Nanosystems Technologies, MNST'2010 Novosibirsk. Pp. 26-28.
- [31]. SP 52-101-2003. Concrete and reinforced concrete structures without prestressing reinforcement. (rus)
- [32]. GOST 31938-2012. Polymer composite reinforcement for reinforced concrete structures. General specifications. (rus)
- [33]. GOST 5781-82. Hot-rolled steel for reinforcement. Specifications. (rus)