

Издатель

ФГБОУ «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Студенческий научный электронный журнал

StudArctic Forum

<http://saf.petrso.ru>

XX / 2018

Главный редактор

В. С. Сюнёв

Редакционный совет

С. Б. Васильев
Г. Н. Колесников
А. Н. Петров

Редакционная коллегия

М. И. Зайцева
А. Ю. Борисов
Т. А. Гаврилов
А. Ф. Кривоноженко
Е. И. Соколова
Л. А. Девятникова
Ю. В. Никонова
Е. О. Графова
А. А. Кузьменков
Р. В. Воронов
М. И. Раковская

Редакция

А. Г. Марахтанов
А. А. Чалкин
Э. М. Осипов
Е. П. Копалева

ISSN 2500-140X

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33.

E-mail: saf@petrsu.ru

<http://saf.petrso.ru>

Техника и технологии строительства

Актуальность формирования базы композитных материалов и систем для дорожного строительства

**КИСЕЛЕВ Александр
Денисович**

прикладной бакалавриат, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Политехническая улица, д. 29),
best.kiselev@mail.ru

**ПАДОХИН Владислав
Александрович**

прикладной бакалавриат, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Политехническая улица, д. 29),
vladpadokhin@bk.ru

**ВАСЮТКИН Евгений
Сергеевич**

ООО «Композит-Групп» (143900, г. Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 44а),
d.a_58@mail.ru

Ключевые слова:

база данных; композитные материалы; строительство; нормативные документы; мосты; арматура; водоотводные лотки

Аннотация: В настоящее время в дорожном и мостовом строительстве все больше задумываются о применении изделий из композитных материалов, таких как: композитная арматура, лотки водоотведения, перильные ограждения, фонарные столбы и другое. При всем разнообразии и количестве изделий из композитов в нормативных документах, относящихся к строительству дорог и мостов, нет ни одной ссылки на ГОСТ, ОДМ, СТО, ТУ на этот материал, расчетных значений допускаемых отклонений и нормативов, определяющих методы контроля расчетных показателей. Вследствие этого появилась необходимость сформировать базу композитных материалов для дорожного и мостового строительства, к которой можно было бы привязать нормативные документы.

Основной текст

Введение. С 19 века люди используют в качестве армирующего элемента

бетона стальные стержни. Но человечество не стоит на месте. В 21 веке люди пытаются уйти от привычных старых материалов к более прогрессивным и высококлассным, более полно отвечающие требованиям, которые задает постоянно развивающийся мир. К таким материалам, однозначно, относятся и композитные материалы. Конечно, полностью уйти от использования стальной арматуры сейчас не представляется возможным, однако частично на некоторых участках дорог можно заменить стальную арматуру на арматуру из композитных материалов. Также из этих материалов создается огромное количество изделий и приспособлений, таких как: лотки водоотведения, перильные ограждения, трубы и трубопроводы [1], фонарные столбы и другое.

Под композитными материалами понимают сплошной продукт, состоящий из двух или более материалов, отличных друг от друга по форме и/или фазовому состоянию и/или химическому составу и/или свойствам, скрепленных, как правило, физической связью и имеющих границу раздела между обязательным материалом (матрицей) и ее наполнителями, включая армирующие наполнители [2]. Сочетание в одном материале слоев с разными свойствами позволяет получить новый продукт с качествами, отличными от характеристик каждого слоя в отдельности. В быту с композитными материалами знаком каждый, ведь самым элементарным примером композитного материала является клееная фанера, ДСП или ДВП. Но в дорожном строительстве пока что к композитным материалам и изделиям из них относятся с осторожностью ввиду того, что строители привыкли использовать материалы, на которые есть нормативные документы и сертификаты, и которые уже давно используются и проверены временем.

Таким образом, очень сложно переходить от старых, давно использующихся материалов к новым, которые еще ни разу не были использованы при строительстве, и на которые отсутствуют ссылки в нормативных документах. Чтобы изделия из композитных материалов чаще применялись при строительстве и проектировании дорог и мостов, необходимо создать официальную базу данных этих материалов, на которую могли бы ссылаться нормативные документы.

На данный момент известна попытка создания базы данных для композитной арматуры [3]. В октябре 2013 года по инициативе ООО «Автодор-Инжиниринг» в ГК «Автодор» состоялась встреча с ведущими производителями композитной арматуры. В результате этой встречи весной 2014 года была создана рабочая группа по применению композитной арматуры при строительстве автомобильных дорог и мостов. Цель создания этой группы – содействие формированию нормативной базы, разработка и реализация плана внедрения композитной арматуры на объектах строительства и реконструкции ГК «Росавтодор». В состав рабочей группы вошли представители ГК «Автодор», Росавтодора, ООО «Автодор-Инжиниринг», Союза производителей композитных материалов, организаций-производителей арматуры,

исследовательских и проектных институтов (ООО «Сервис-Мост», ФБГОУ «МГСУ», ОАО «ЦНИИС», НИИЖБ, ОАО «Союздорпроект», ЗАО «Институт Стройпроект» и другие), подрядных организаций (ОАО «Мостотрест») – всего более 30 организаций [4]. Программа деятельности рабочей группы была утверждена в начале 2015 года. Целью этой программы являлось создание экспериментальных данных опытным путем, а также разработка методик расчета и правил конструирования, необходимых для формирования нормативной базы по применению дорожно-мостовых конструкций из бетона с использованием композитной арматуры. В результате исследований рабочей группы были определены критерии и категории конструкций для первоочередного применения композитной арматуры.

Раньше, за несоблюдение рекомендаций ГОСТ преследовали по закону и наказания были очень суровые, вплоть до уголовного срока. В наше время, таких жестки наказаний нет. Это объясняется тем, что в 2002 году был принят закон №184-ФЗ «О техническом регулировании», который отменял обязательства следовать СНиПам и ГОСТам. После принятия этого закона, стало появляться множество некачественных ТУ. Проектировщика, производителям материалов и оборудования стало проще создать новый ТУ за короткие сроки и сэкономить время, чем тратить деньги и силы на создание целой базы материалов и рекомендаций по устройству изделий из них, которая бы опиралась и была связана с действующими СП. Это и стало еще одной причиной отсутствия единой нормативной базы.

Материалы и методы. Композитные материалы обладают целым рядом преимуществ [5]. Они имеют низкий удельный вес (в 4-8 раз легче стальных изделий); низкую теплопроводность; высокую прочность, сравнимую с металлами и многократно превышающую прочность термопластов (ПВХ, ПЭ, ПП); коррозионностойкость и химическую стойкость [6]; вандалоустойчивость и возможность ремонта; хорошую огнестойкость (ТГ, Г1) [7], низкое выделение дыма (Д1, Д2) и токсичных веществ (Т2); полное отсутствие каплеобразования. Такие материалы являются диэлектриками, они радиопрозрачны и магнитоинертны. Срок службы изделий из композитов составляет не менее 100 лет [8]. К недостаткам следует отнести высокую начальную стоимость, что компенсируется отсутствием затрат на ремонт при эксплуатации.

Результаты сравнения основных физико-механических характеристик полимерных композиционных материалов (здесь и далее ПКМ) и металлических сплавов приведены в таблице 1. Также, рассмотрим прочность на растяжение, высокую усталостную стойкость и поведение в условиях низких температур разных видов композитов и стали на рисунке 1, рисунке 2 и рисунке 3 соответственно. На рисунке 3 указана рабочая температура композитных материалов под нагрузкой до -80°С.

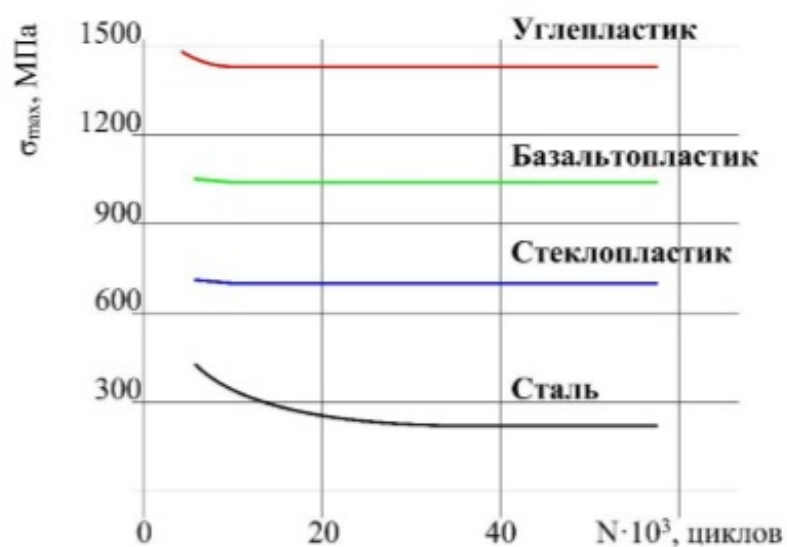


Рисунок 1. Высокая усталостная прочность

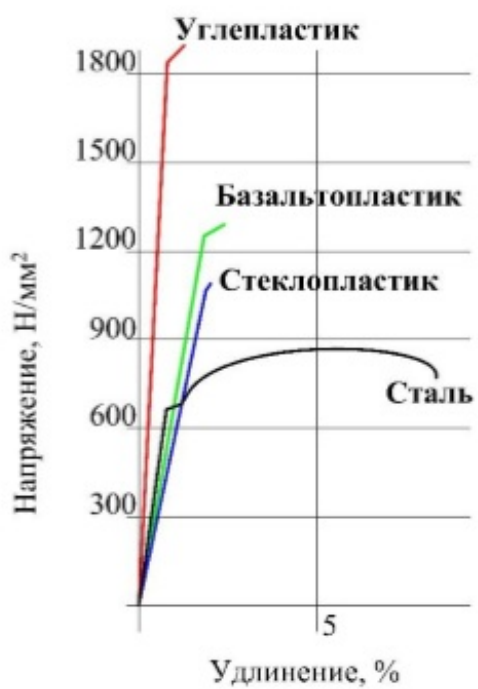


Рисунок 2. Прочность на растяжение

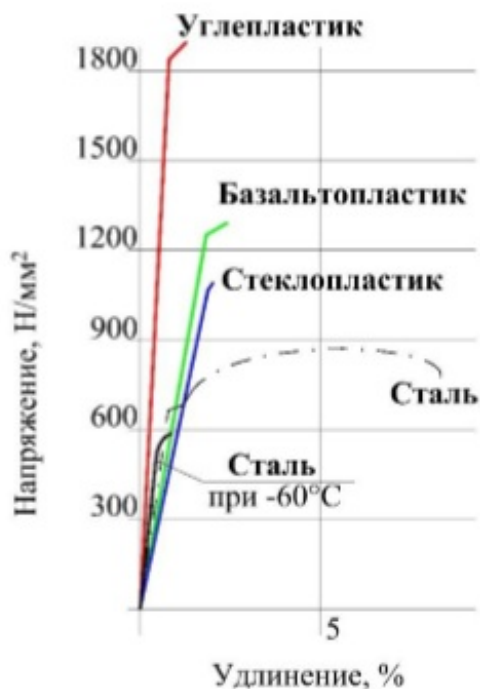


Рисунок 3. Поведение в условиях низких температур

Рисунок 3. Поведение в условиях низких температур

Опираясь на графики и таблицу, можно констатировать факт: по всем характеристикам и показателям ПКМ выглядят более убедительно и перспективно на фоне материалов из металла.

Плотность композитных материалов ($1,35-2,1 \text{ г/см}^3$) более чем в 4 раза ниже, чем у стали ($7,89 \text{ г/см}^3$). При равнопрочной замене вес конструкции уменьшается в 8 раз, то есть уменьшение веса конструкции на 800%. Удельная прочность, к примеру стеклопластика ($0,55 \text{ ГПа/г}\cdot\text{см}^{-3}$), вдвое выше, чем у стали ($0,24 \text{ ГПа/г}\cdot\text{см}^{-3}$), то есть при использовании стеклопластика, прочность конструкции увеличивается на 200%.

Исходя из рисунка 3, можно наблюдать, что сталь при низких температурах начинает деформироваться при напряжении в 2 раза ниже, чем стеклопластик. А из

рисунка 2 видно, что материалы из композитов выдерживают большие напряжения при заданном количестве циклов, нежели сталь, при этом напряжения остаются неизменными на протяжении всего эксперимента.

Таблица 1. Основные типовые физико-механические характеристики ПКМ и металлов.

Материал	Плотность, г/см ³	Прочность при растяжении, ГПа	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Удельная прочность, ГПа/г·см ⁻³	Удельный модуль упругости, ГПа/г·см ⁻³
1	2	3	4	5	6
Полимерные армированные материалы					
1. Стеклопластики: -однаправленные	2,1	1,6-2,1	56-70	0,76-1,0	27-33
-перекрестные	2,0	1,0-1,2	36-42	0,5-0,6	18-20
2. Органопластики: -однаправленные	1,35	1,9-2,5	80-95	1,40-1,85	59-70
-перекрестные	1,35	1,2-1,6	53-63	0,88-1,18	39-46
3. Углепластики: -однаправленные	1,5	1,0-1,5	120-180	0,66-1,0	80-120
-перекрестные	1,5	0,6-1,0	80-120	0,40-0,67	53-80
4. Боропластики: -однаправленные	2,0	1,5	240	0,75	120
-перекрестные	2,0	0,9	160	0,45	80
Металлические сплавы					
5. Алюминий	2,64	0,34	72	0,13	27
6. Магний	1,80	0,32	43	0,18	24
7. Титан	4,50	1,25	110	0,28	22
8. Бериллий	2,35	0,42	140	0,18	60
9. Сталь	7,89	1,90	200	0,24	25



Рисунок 3. Система водоотводных лотков "Solidtech"

Что касается применения композитных материалов при проектировании в дорожном строительстве, одно из самых распространённых – это система водоотвода [9]. В условиях постоянного воздействия химически агрессивных стоков лотки,

изготовленные из стеклопластика для организованного сбора и отвода воды с проезжей части дорог, не подвержены коррозии, поэтому они долговечны [10]. Кроме этого, они не требуют эксплуатационных расходов на регулярную очистку и покраску. В мостовых нормах [11] специальных расчетных случаев не приведено, поэтому проблем с внедрением композитных лотков нет. Например, на объекте в Краснодарском крае под названием: «Реконструкция участков автомобильной дороги Новороссийск - Керченский пролив (на Симферополь)». При строительстве подъезда от автомобильной дороги М-25 «Новороссийск - Керченский пролив» к городу Керчь и сухогрузному району морского порта Тамань, на участке км 0 - км 42, на стадии «РД» применена система водоотводных лотков «Solidtech» (рисунок 4).

Несмотря на все плюсы изделий из ПКМ, в настоящее время в России редко согласовывают использование таких изделий в дорожно-мостовом строительстве. Отчасти это связано с тем, что, во-первых, расчет стоимости сметного строительства не учитывает расходы на эксплуатационные затраты, а стоимость композитных изделий высока. К примеру, для водоотводных устройств она отличается в большую сторону на 20% и до 40% для перильных ограждений. Однако с учетом эксплуатационных затрат экономически эффективнее использовать именно ПКМ, а не прочие материалы.

Во-вторых, в России отсутствует увязка актуализированных норм с уже разработанными ОДМ и СТО, что возвращает нас к актуальности создания единой базы данных для композитных материалов.



Рисунок 5. Пешеходный мост в Дании из композитных материалов

Результаты. Рассмотрим строительство дорожно-мостовых конструкций в других странах. У европейских соседей опыт такого строительства составляет уже более 20 лет. За это время построено более 300 мостов и 200 из них пешеходные с несущими конструкциями из полимерных композитов. К примеру, в Дании пешеходный мост длиной 40 метров, шириной 3 метра и грузоподъемностью 500 кг/м^2 был смонтирован за 18 часов (рисунок 5).

В Голландии компания-производитель мостов «FiberCore Europe» и строительная фирма «Heijmans» построили самый длинный в мире композитный мост из материалов компании «DSM». Длина моста 140 метров (рисунок 6).

В России пытались реализовать конструкции пешеходных путепроводов на стадии проектная документация с решением по применению монолитных цельноперевозимых пролетных строений из полимерно-композитного материала. Имелись сертификаты соответствия на материал и конструкции из него, подтверждающие возможность использования в строительстве пешеходных мостов, а также расчетные обоснования, и на основании протокола технического совета Государственной компании были разработаны проектные решения, СТУ не разрабатывалось. Это был участок трассы М-1 км 33-84, большой комплексный объект, в его составе 13 пешеходных мостов. Документация была передана в Главгосэкспертизу (далее ГГЭ) Москвы. Проект получил положительное заключение, но с пешеходными мостами из стали. Позже был передан в ГГЭ участок Трассы М-4 Дон км 933-1024, где были предложены те же решения по Композитным пешеходным мостам. В этот раз были разработаны и согласованы СТУ. ГГЭ в итоге приняла конструкции из стали, аргументируя это тем, что применение композитных пролетных строений СНиП 2.05.03-84* не предусмотрено.

Главгосэкспертиза в основном утверждает проекты, где продукция и используемые материалы соответствуют ГОСТ. Проекты, в которых продукция основана только на ТУ, экспертиза принимает очень редко. Но если же ТУ либо стандарт предприятия согласован в «Росавтодоре», Главгосэкспертиза одобрит проект на основе таких документов.

Есть стимул подавать ТУ на согласования в «Росавтодор»: по официальным данным в 2017 году было принято 70 нормативных документов, в 2018 году планируется принять более 100 документов и сертификатов.



Рисунок 6. Композитный мост в Голландии

В действующем СП 35.13330.2011 существует одна фраза, допускающая использование

композитного материала, при этом нет ни одной ссылки на ГОСТ, ОДМ, СТО, ТУ на сам материал, расчетные значения допускаемых отклонений и нормативов, определяющих методы контроля расчетных показателей. В СП 46.13330.2012 [12] также нет привязки к уже разработанным документам, создающим базу для использования композитов.

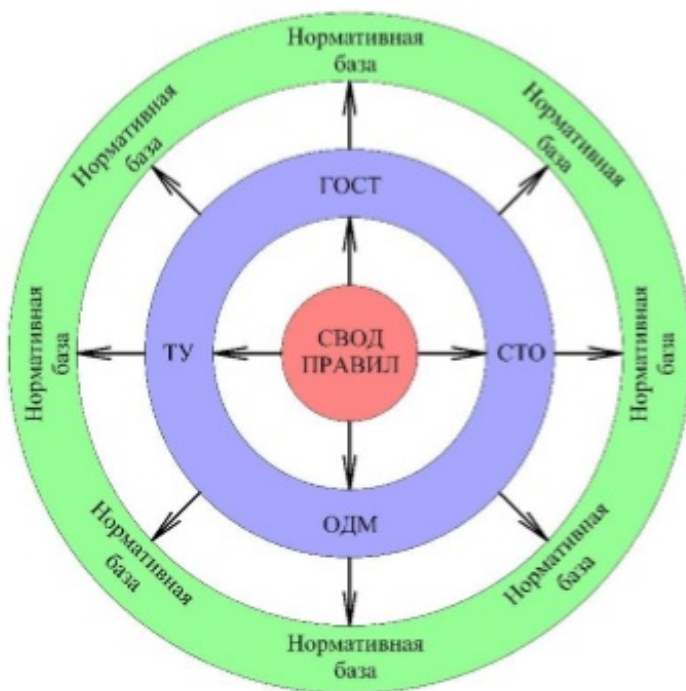


Рисунок 7. Организационная модель ссылок на нормативную базу

Обсуждение и заключение. Рассмотрев характеристики и технические особенности композитных материалов, мы убедились, что это материал будущего и по многим параметрам он превосходит альтернативные ему материалы. Это означает, что не стоит пренебрегать использованием композитных материалов в дорожно-мостовом строительстве. Однако, для этого необходимо прописывать ссылки на нормативные документы, связанных с композитным материалом, в сводах правил. Соответственно, возникает необходимость создания одной базы данных композитных материалов, где был бы полный перечень всех видов композитных материалов, пригодных для проектирования, с их характеристиками, рекомендациями по эксплуатации и обслуживанию, на которую бы ссылались действующие нормативные документы. Это облегчит и ускорит процесс проектирования, утверждения и согласования объектов с использованием композитных материалов, а также ввод их в эксплуатацию.

Список литературы

1. ГОСТ 55068-2012 «Трубы и детали трубопроводов из композитных материалов на основе эпоксидных связующих, армированных стекло- и базальтоволокнами», 2012.

2. ГОСТ 32794-2014 «Композиты полимерные. Термины и определения», 2014.
3. А.В. Анисимов, Перспективы применения композитной арматуры // Дорожная держава, 2015. №4(62), с. 47-49.
4. А.В. Анисимов, И.М. Сапронов, Полимерная композитная арматура в транспортном строительстве // Дорожная держава, 2015. №6(64), с. 69-71.
5. Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов, учебное пособие «Полимерные композиционные материалы», ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013, с.117.
6. Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин, учебное пособие «Новые композиционные материалы», ГОУ ВПО ТГТУ, 2011, с.80.
7. Сертификат соответствия № С-RU.ПБ05.В.03460
8. В.Н. Сафин, методическое пособие «Композиционные материалы», ЮУрГУ, 2010, с.36.
9. ОДМ 218.2.057-2015 «Рекомендации по применению на мостовых сооружениях водоотводных лотков из полимерных композиционных материалов», 2015.
10. Сертификат соответствия № РОСС RU.ПЩ01.Н05038
11. СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы». Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменением № 1), 2011.
12. СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы». Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91 (с Изменением № 1), 2012.

Engineering and construction technology

The urgency of forming the base of composite materials and systems for road construction

**KISELEV Alexander
Denisovich**

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great (Polytechnic street, 29),
best.kiselev@mail.ru

**PADOKHIN Vladislav
Alexandrovich**

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great (Polytechnic street, 29),
vladpadokhin@bk.ru

**VASYUTKIN Eugene
Sergeevich**

LLC «Composite-Group» (143900, Balashikha, sh. Entuziastov, 44a),
d.a_58@mail.ru

Ключевые слова:

database; composite materials; construction; regulations; bridges; armature; drainage chutes

Аннотация: Currently, people in road and bridge construction are increasingly thinking about the use of products made of composite materials, such as: composite fittings, drainage trays, perimeter fences, lampposts and more. With all the variety and number of composite products in regulatory documents related to the construction of roads and bridges, there is no references to state standards, branch road methodical document, organization standards and technical conditions for this material, the calculated values of permissible deviations and standards that determine the methods of monitoring the calculated indicators. As a result, there was a need to create a base of composite materials for road and bridge construction, related to regulatory documents.

Bibliography

1. GOST 55068-2012 «Pipes and details of pipelines made of composite materials based on epoxy binders reinforced with glass and basalt fibers», 2012.
2. GOST 32794-2014 «Composites polymeric. Terms and definitions», 2014.
3. A.V. Anisimov, Prospects for the application of composite reinforcement // The Road Power, 2015. №4 (62), p. 47-49.
4. A.V. Anisimov, I.M. Saprnov, Polymer Composite Armature in Transport Construction // The Road Power, 2015. №6 (64), p. 69-71.
5. L.I. Bondaletova, V.G. Bondaletov, a training manual "Polymer Composite Materials", FGBOU VPO NI TPU, 2013, p.117.
6. L.N. Tylina, A.M. Minaev, V.A. Pruchkin, a training manual "New Composite Materials", GOU VPO TSTU, 2011, p.80.
7. Certificate of conformity № C-RU.ПБ05.В.03460
8. V.N. Safin, methodical manual "Composite Materials", SUSU, 2010, p.36.
9. ODM 218.2.057-2015 "Recommendations on the use of drainage trays made of polymer composite materials on bridge structures", 2015.
10. Certificate of conformity № РОСС RU.ПЦ01.Н05038
11. SV 35.13330.2011 "Bridges and pipes". Updated version of BR 2.05.03-84 * (with Amendment No. 1), 2011.
12. SV 46.13330.2012 "Bridges and pipes". Updated version of BR 3.06.04-91 (with Amendment No. 1), 2012.