



DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-2-204-211

УДК 669.018-419.8(035)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ БЛАГОУСТРОЙСТВЕ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Т.С. Имомназаров, Е.М. Тупикова

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В статье предложено применение композитного газонного ограждения, описаны преимущества данного решения, приведен расчет конструкции на эксплуатационные нагрузки, произведен сравнительный анализ накопленной стоимости за три и десять лет эксплуатации, доказана экономическая эффективность композитного газонного ограждения по сравнению с традиционными металлическими газонными ограждениями.

Ключевые слова: композитные материалы, благоустройство территорий, газонное ограждение, перильное ограждение

В последнее время использование конструкций из композитных материалов набирает популярность и доказывает свою целесообразность. Сфера применения композитных материалов стала настолько обширной, что трудно представить отрасль, где бы они не применялись. Использование их позволяет открывать новые возможности при проектировании различных элементов или конструкций. На сегодняшний день использование композитных материалов на российском рынке относительно мало по сравнению с другими странами, доля изделий из композитных материалов российского производства составляет всего лишь 0,3–0,5% от мирового рынка подобных изделий [1]. В связи с этим на уровне правительства была разработана концепция по внедрению композитных материалов, президентом РФ утверждено постановление от 30 октября 2013 года № 972 «Правила предоставления субсидий из федерального бюджета на поддержку развития производства композиционных материалов (композитов) и изделий из них в рамках реализации российскими организациями комплексных инновационных проектов по созданию высокотехнологичной продукции»¹.

Авторы статьи сотрудничали с передовой компанией «МЭКОНС», занимающейся производством конструкций из композитных материалов, которая предоставила место для прохождения студенческой практики, предложила принять участие в исследовании о внедрении конструкций из композита.

Компания «МЭКОНС» имеет большой опыт в производстве мостового перильного ограждения из композитных материалов, которое все чаще применя-

¹ Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации. Федеральный закон от 22.02.2017 г. № 20-ФЗ.

ется вместо металлического перильного ограждения. При тщательном исследовании композитных материалов было замечено, что их можно использовать и при изготовлении ограждающих конструкций, которые в настоящее время состоят, в основном, из металла. Традиционные металлические ограждения уступают композитным по эксплуатационным характеристикам и имеют меньший ресурс.

Идея разработать газонные ограждающие конструкции (рис. 1) из композитных материалов на сегодняшний момент является простой и экономически эффективной.

Композиционный материал (композит, композитный материал) — искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с четкой границей раздела между ними. В композитах конструкционного назначения армирующие элементы обычно обеспечивают необходимые механические характеристики материала (прочность, жесткость и др.), а матрица (или связующее) обеспечивает совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений, и агрессивной химической среды.

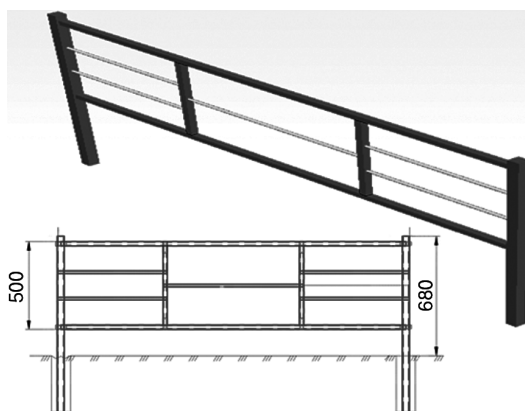


Рис. 1. Газонные ограждения
[Fig. 1. Lawn fence]

Основная цель применения композитных газонных ограждений — это уменьшение эксплуатационных затрат, которое достигается за счет свойств композитного материала (таблица) и обеспечивает значительную экономическую выгоду относительно традиционных решений. При конструировании ограждения были учтены все требования, предъявляемые к ограждающим конструкциям, также были составлены графики и таблицы экономической эффективности композитных газонных ограждений по сравнению с металлическими.

Таблица

Сравнительные характеристики строительных материалов
[Comparative characteristics of building materials]

Характеристика	Стеклопластик	ПВХ	Дерево, сосна	Алюминиевые сплавы	Сталь
Плотность, кг/см ³ (т/м ³)	1,6—2,0	1,3—1,43	0,52	2,7	7,7—7,9
Модуль упругости, ГПа	17—32	2,0—2,8	11	70—71	210
Предел прочности при сжатии, МПа	170—227	4—7	83	100	200—226

Окончание таблицы

Характеристика	Стеклопластик	ПВХ	Дерево, сосна	Алюминиевые сплавы	Сталь
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	200—400	80—110	71,8	275	400
Коэффициент теплопроводности, Вт/К·м	0,3—0,58	0,13—1,63	0,29	150—221	17,5—58
Коррозионная стойкость	Отличная	Отличная	Хорошая	Средняя	Плохая

Основные преимущества композитного газонного ограждения.

— *Прочность.* Наиболее высокое соотношение прочности и собственного веса (по сравнению с металлами, деревом и бетоном), оптимизация конструкций и сокращение их материалоемкости.

— *Коррозионная стойкость.* Устойчивость к химическим агрессивным средам, включая соленую морскую воду. Ограждения не подвержены коррозии и гниению, как металл и дерево.

— *Легкость.* На 80% легче чем конструкционная сталь и на 30% чем алюминий.

— *Разнообразие решений.* Возможность производства композитных элементов различной формы и цветов позволяет создавать высокоэстетичные конструкции.

— *Электромагнитная проницаемость.* Не препятствуют распространению электромагнитных полей и радиочастотных волн.

— *Диэлектрик.* Низкая электропроводность и теплопроводность.

— *Цветостойчивость.* Цветовой пигмент добавляется при изготовлении профиля, прокрашивая весь объем профиля, что исключает повторную окраску в течение срока эксплуатации.

— *Долговечность.* Увеличение эксплуатационных показателей и устойчивость к средам обеспечивает длительный срок службы.

— *Безопасность.* Простота монтажа и легкость самих конструкций позволяет свести к нулю вероятность несчастных случаев при строительстве.

— *Бесполезность для охотников за металлом.* Не может быть сдан на металлолом, что дает дополнительную гарантию целостности конструкции на протяжении всего срока эксплуатации.

В работе был выполнен расчет двух пролетной рамы (рис. 2), из прямоугольных труб сечением 50×50 мм.

В программе ANSYS, была построена трехмерная модель и приложена сосредоточенная нагрузка. В этом случае рассматривается одновременное действие горизонтальной и вертикальной нагрузок. Данное нагружение моделирует опирание человека на перила.

$$F_v = F_h = 1270 \text{ Н,}$$

при этом суммарная нагрузка $F = F_r / \sin 45^\circ = 1796 \text{ Н}$ (см. рис. 2), нагрузка прикладывалась на край поручня в районе крайней стойки и в середине поручня крайней секции.

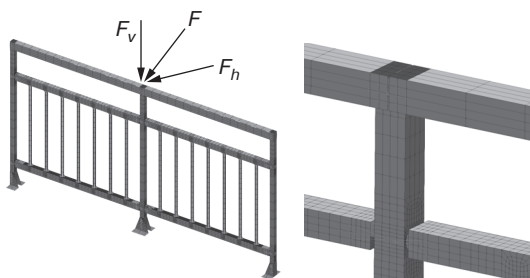


Рис. 2. Расчетная модель
[**Fig. 2.** Design model]

При расчете конструкции на действие сосредоточенной нагрузки, было рассмотрено три варианта нагружения (рис. 3): над средней стойкой, между стойками и над крайней стойкой.

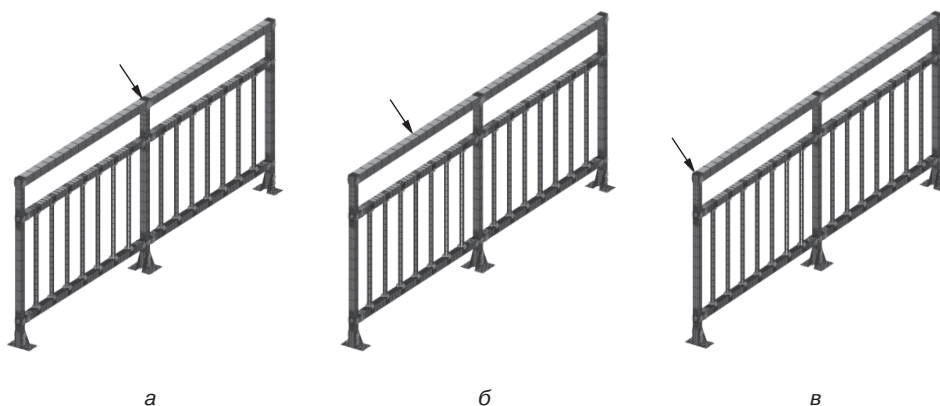


Рис. 3. Расчетная модель с приложенной сосредоточенной нагрузкой в программе ANSYS: *a* — приложения сосредоточенной нагрузки над средней стойкой; *б* — приложения сосредоточенной нагрузки между стойками; *в* — приложения сосредоточенной нагрузки над крайней стойкой)
[**Fig. 3.** Stress analysis from the concentrated load in the program ANSYS: *a* — applications of concentrated load over the middle rack; *б* — applications of concentrated load between racks; *в* — applications of concentrated load over the extreme rack)]

По результатам расчета было получено:

- максимальные растягивающие напряжения над средней стойкой 89,7 МПа, сжимающие 101 МПа;
- максимальные растягивающие напряжения над промежуточной стойкой 89,8 МПа, сжимающие 94,6 МПа;
- максимальные растягивающие напряжения над крайней стойкой 153 МПа, сжимающие 163 МПа.

Также при расчете на заданные нагрузки, был загружен равномерно-распределенной нагрузкой (рис. 4, *a*) по всей длине верхний поручень конструкции, найдены максимальные напряжения, возникающие в конструкции (рис. 4, *б*). Рассматривалось нагружение равномерно распределенной нагрузкой, приложенной под углом 45° , и получили $g = g_r / \sin 45^\circ = 1,98$ кН/м, нагрузка прикладывалась по всей длине поручня.

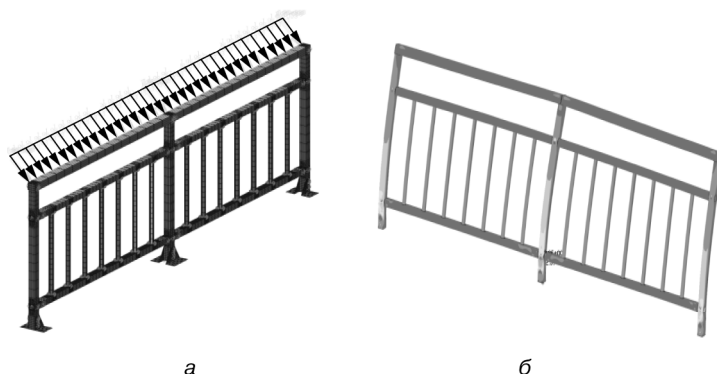


Рис. 4. Расчетная модель (а) и изополя напряжений (б) от равномерно-распределенной нагрузки в программе ANSYS

[Fig. 4. Analytics model (a) and isofield of stress from evenly distributed load (б) in the program ANSYS]

В результате проведенные расчеты показали, что максимальное напряжение возникает в конструкции от действия нагрузки, распределенной по длине верхнего ригеля. Сжимающие усилия в данном случае составили 205 МПа, при пределе прочности (см. таблицу) вдоль волокон 227 МПа. Данная конструкция соответствует требованиям по прочности.

Сравнивая композитные газонные ограждения с металлическими, видим, что металлические газонные ограждения (рис. 5) имеют ряд недостатков по сравнению с композитными. Например, устаревшие газонные ограждения:

- ржавеют;
- требуют вложений;
- создают неудобства;
- портят одежду;
- ухудшают облик города.



Рис. 5. Металлические газонные ограждения

[Fig. 5. Metal lawn fencing]

Стеклопластик долговечен, не подвержен коррозии, цветоустойчив, что его несомненный плюс при эксплуатации.

Важно было знать окупаемость композитного ограждения по сравнению с металлическим, в связи с этим были сделаны расчеты по приведенной (накопленной) стоимости на три (рис. 6) и десять (рис. 7) лет эксплуатации.

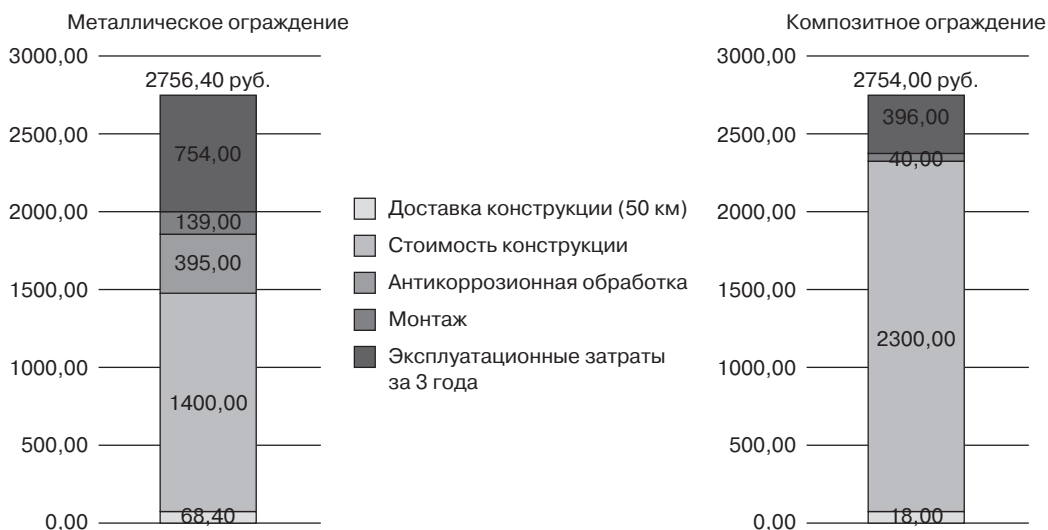


Рис. 6. Приведенная (накопления) стоимость 1 м за 3 года эксплуатации
[Fig. 6. Given (pooling) price 1 m for 3 years of operation]

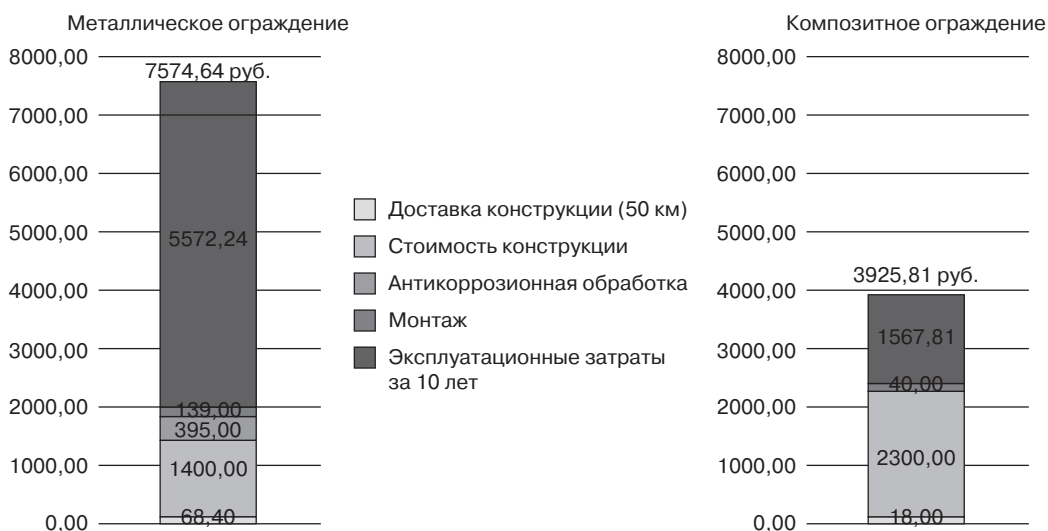


Рис. 7. Приведенная (накопления) стоимость 1 м за 10 лет эксплуатации
[Fig. 7. Given (pooling) price 1 m for 10 years of operation]

Выводы. Приведенное сравнение стоимости композитных ограждений по сравнению с металлическими показывает, что с увеличением срока эксплуатации применение композитных газонных ограждений обходится намного дешевле.

По результатам исследования было обосновано, почему целесообразно заменить металлические ограждения на композитные. Основным фактором служит маржинальность продукта во время эксплуатации, которая достигается благодаря долговечности материала — производители стеклопластикового профиля предоставляют гарантию на материал на срок до 50 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] www.scienceforum.ru/2016/1743/22089 (дата обращения: 20.02.2017).
[2] *Васильев В.В., Протасов В.Д., Болотин В.В. и др.* Композиционные материалы. М.: Машиностроение, 1990.
[3] *Гартемова Е.Б.* Стекло и стеклопластики. Волгоград: Изд-во ВолгГасу, 2006. 124 с.
[4] *Альперин В.И.* Конструкционные стеклопластики. М.: Химия, 1979. 360 с.

© Имомназаров Т.С., Тупикова Е.М., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 3 марта 2017

Дата принятия к печати: 16 марта 2017

Для цитирования:

Имомназаров Т.С., Тупикова Е.М. Использование композитных материалов при благоустройстве городских территорий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования». 2017. Т. 18. № 2. С. 204–211.

Сведения об авторах:

Имомназаров Тимур Соибназарович, магистрант департамента «Архитектуры и строительства» инженерной академии Российского университета дружбы народов. *Сфера научных интересов:* конструкции из композитных материалов, расчет и проектирование конструкций с применением анизотропных материалов. *Контактная информация:* e-mail: timur-imomnazarov@mail.ru

Тупикова Евгения Михайловна, ассистент департамента «Архитектуры и строительства» инженерной академии Российского университета дружбы народов. *Сфера научных интересов:* теория оболочек и численные методы. *Контактная информация:* e-mail: emelian-off@yandex.ru

COMPOSITE STRUCTURES APPLICATION IN URBAN LANDSCAPING

T.S. Imomnazarov, E.M. Tupikova

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The application of composite structures is gaining popularity because of their distinct economic advantages. Light weight, high strength, durability make these structures able to replace metal analogues. The article concerns approval of composite lawn fences in urban landscaping. The original shape of fence is suggested and designed by finite element analysis means. The cost advantage is also calculated.

Key words: composite materials, urban landscaping, lawn fence, barrier railing

REFERENCES

- [1] www.scienceforum.ru/2016/1743/22089 (20.02.2017).
[2] *Vasiliev V.V., Protasov V.D.* Kompozicionnye materialy. M.: Mashinostroenie, 1990.

[3] Gartemova, E.B. *Steklo i stekloplastiki*. Volgograd: Izdatel'stvo VolgGasu, 2006.

[4] Alperina V.I., Vasiliev V.V., Protasov V.D. *Konstrukzionay srekloplastiki*. M.: Khimiy, 1979.

Article history:

Received: 3 March 2017

Accepted: 16 March 2017

For citation:

Imomnazarov T.S., Tupikova E.M. (2017) Composite structures application in urban landscaping. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 18(2), 204–211.

Bio Note:

Timur S. Imomnazarov, graduate student of the Department of Architecture and Construction, Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Research Interests*: constructions from composite materials, lawn fencing, calculation and design of anisotropic materials. *Contact*: e-mail: timur-imomnazarov@mail.ru

Evgeniya M. Tupikova, Assistant of the Department of Architecture and Construction, Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Research Interests*: Shell theory and numerical methods. *Contact*: e-mail: emelian-off@yandex.ru