

В статье [25] изучаются воздействия окружающей среды на ПКМ на структурном уровне. Было установлено, что стеклопластики устойчивы главным образом к влиянию повышенной температуры, влажности, ультрафиолета и погружению в воду.

В обзоре [26] рассматриваются термические, водопоглощающие и вибрационные свойства. Доказано, что композиты обладают высокими коррозионной, химстойкостью и УФ-стойкостью.

Удельная плотность стеклопластика (2000 кг/м^3) почти в четыре раза меньше, чем стали (7800 кг/м^3). Это существенно снижает общую массу изделия, следовательно применение кровли из композитного материала выгодно по нескольким показателям: транспортировка, разгрузка, подъем на высоту, а также монтаж.

ПКМ также имеют и другие уникальные свойства: они радиопрозрачны, не проводят электрический ток и не намагничиваются, обладают хорошей огнестойкостью (самозатухание при использовании специальных смол), не выделяют вредных и токсичных веществ, экологичны и полностью перерабатываемы.

Срок эксплуатации изделий из ПКМ превышает 50 лет. Это существенно сокращает затраты на реконструкцию или полную замену кровельных конструкций.

К недостаткам следует отнести высокую начальную стоимость изделия, в частности этап изготовления оснастки, но условие повторяемости элементов позволяет сэкономить.

Для изготовления изделий из стеклопластика прежде всего необходимо изготовить матрицу, которая является как бы «негативным» слепком с прототипа (мастер-модели). Производится разработка трехмерной мастер-модели и разбиение ее на фрагменты. В зависимости от геометрической формы детали для ее трехмерной обработки потребуется от двух до нескольких десятков программ для фрезерования заготовок на трех- или пятикоординатных фрезерных станках с ЧПУ.

Для изготовления мастер-моделей используются плиты МДФ (плотностью около 600 кг/м^3) или блоки из пенополиуретана высокой плотности ($300\text{--}400 \text{ кг/м}^3$). Перед формованием поверхность мастер-модели покрывается антиадгезивом, чтобы исключить приклеивание матрицы к поверхности прототипа. После сушки наносится матричный гелькоут, который в процессе формования переходит на изделие, образуя наружный слой. Следующий этап - формование слоев из стекломата и полиэфирной смолы, которое производится с выдержкой 24 часа через каждые 3-4 мм. Необходимое число слоев набирается до достижения расчетной толщины. Для окончания усадочных явлений матрица выдерживается на мастер-модели в течение двух недель. Далее производится очистка смесью растворителей, шпаклевка (порозаполнение) поверхности, нанесение полупостоянного антиадгезива, сушка [27].

При формовании методом ручной укладки композиция из армирующего материала и смолы уплотняется при помощи валиков для удаления пузырьков воздуха. Преимуществами данного способа формования являются: универсальность, возможность получения изделий сложной формы и большого размера.

Кровельное покрытие должно следовать целому ряду обязательных требований, таких как высокая стойкость к атмосферным воздействиям (влажность, солнечное излучение, перепад температур); достаточная прочность, позволяющая выдерживать как высокие ветровые и снеговые нагрузки, так и противостоять проявлениям вандализма; технологичность производства; простота монтажа; а самое главное длительный срок службы. Для удовлетворения этим многочисленным требованиям по описанной ранее технологии компанией ООО «Композитные Технологии и Оснастка» была разработана кровля над приставной лифтовой шахтой, состоящая из листового утеплителя ППУ плотностью 100 кг/м^3 , толщиной 50 мм и оболочки из стеклопластика толщиной 3,5 мм. Площадь лицевой поверхности кровли $5,68 \text{ м}^2$, вес 50,1 кг.

Конструкция кровли представлена на рисунках 1-6.

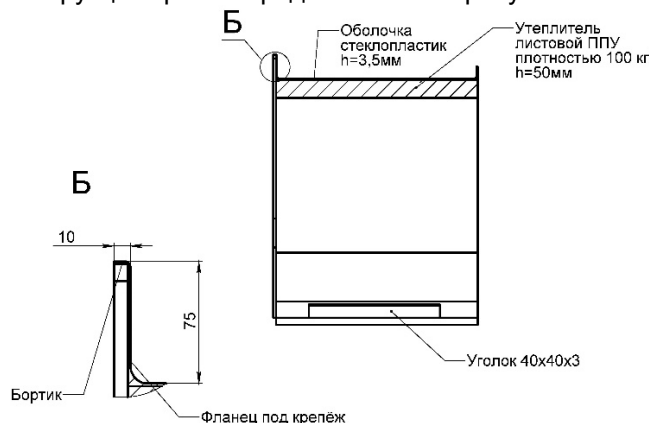


Рис. 1. Деталь 1

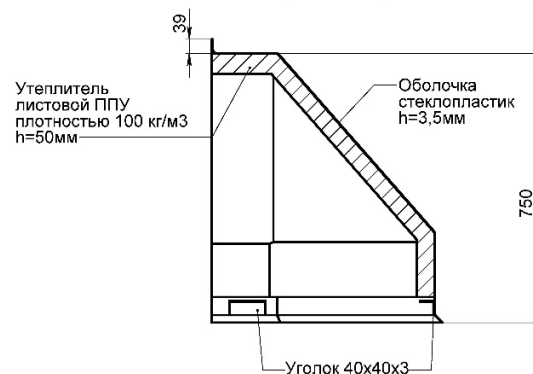


Рис 2. Деталь 2

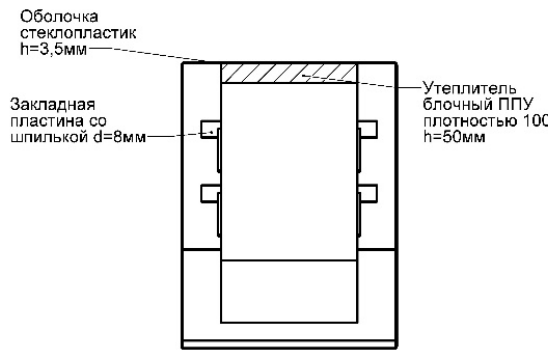


Рис. 3. Деталь 3

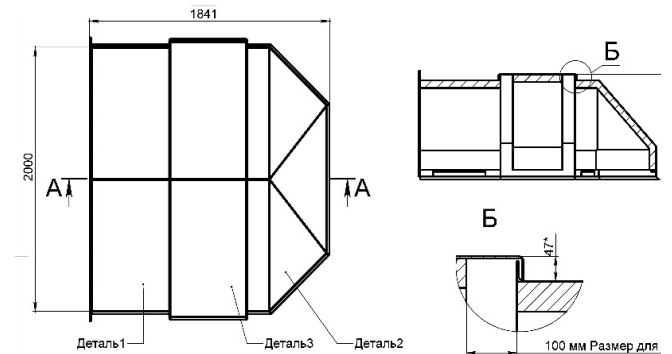


Рис. 4. Сборка

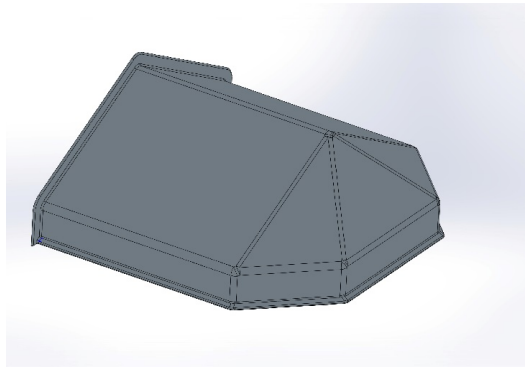


Рис. 5. 3D модель

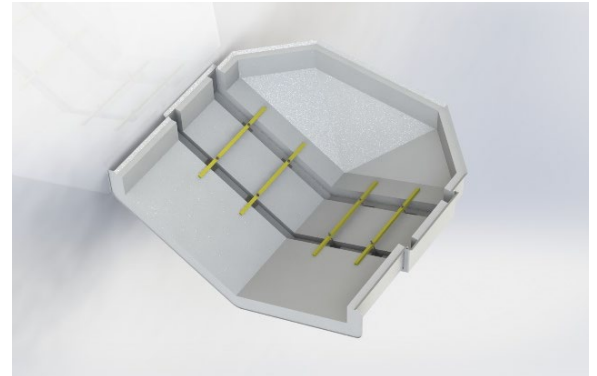


Рис. 6. 3D модель сборки

03.06.2019 г. была установлена первая в России кровля из стеклопластика над шахтой приставного лифта производства ООО «Композитные Технологии и Оснастка» по адресу Санкт-Петербург, ул. Караванная, 24. Внедрения изделий из данного материала в сфере строительства и ЖКХ в Санкт-Петербурге продолжается.

В основе стеклопластика – стеклянные волокна, связанные матрицей из полиэфирных смол. Данный материал имеет пожарный и гигиенический сертификат. Сертификат соответствует требованиям пожарной безопасности подтверждает следующие характеристики материала: слабогорючий (Г1), умеренновоспламеняющийся (В2), умеренная дымообразующая способность (Д2), умеренноопасный по токсичности продуктов горения (Т2), медленно распространяющий пламя по поверхности (РП2). Огнестойкость является одним из важнейших свойств материала, которое позволяет сдерживать расширение зоны огня в течение долгого времени, снизить пиковые значения тепловыделения и интенсивности дыма, выделяемого композитами. Все это направлено на повышение надежности и безопасности сооружения.

Результаты и обсуждение

Полученные в ходе сравнительного анализа данные доказывают, что традиционная кровля из оцинкованной кровельной стали и дереву во многом уступает изделию из ПКМ. Так как стеклопластик в сравнении с металлами имеет малый вес, большую прочность, обладает высокой стойкостью к атмосферным воздействиям, плохо проводит тепло, не подвержен коррозии (Таблица 1).

Таблица 1. Сравнение характеристик стеклопластика и металлов

№ п/п	Характеристика	Стеклопластик на основе стеклянных волокон, связанных полиэфирной смолой.		Сталь	Алюминий
1	Плотность, кг/м ³	2000	7800	2700	
2	Предел прочности при растяжении, МПа	1800	500	100	
3	Модуль упругости, МПа	75000	210000	70000	
4	Относительное удлинение, %	2,2	25	30	
5	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,37	48	196	
6	Коррозионная стойкость	Некорродирует	Корродирует	Корродирует	
7	Электропроводность	Диэлектрик	Проводит ток	Проводит ток	

1. Заключение

Полученные в ходе сравнительного анализа данные позволяют сделать следующие выводы:

- Стеклопластик обладает высокой стойкостью к атмосферным воздействиям, тогда как сталь подвержена коррозии, а древесина – гниению.
- Достаточная прочность ПКМ позволяет выдерживать как высокие ветровые и снеговые нагрузки, так и противостоять проявлениям вандализма.
- Низкий вес изделия облегчает монтаж и транспортировку.
- В совокупности свойства ПКМ обеспечивают конструкциям длительный безремонтный срок эксплуатации более 50 лет.

Полученные результаты обосновывают целесообразность применения стеклопластика в изготовлении малых кровель и доказывают необходимость его внедрения в сферу строительства и ЖКХ.

Литература / References

- [1]. Russian State Standard GOST 32794-2014. Kompozity polimernyye. Terminy i opredeleniya [Polymer composites. Terms and Definitions]. M: Standartinform, 2015. 98 p. (rus)
- [2]. Kolosova, A.S., Sokolskaya, M.K., Vitkalova, I.A., Torlova, A.S., Pikalov, Ye.S. Sovremennyye polimernyye kompozitsionnyye materialy i ikh primeneniye [Modern polymer composite materials and their application]. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2018. 5(1). Pp. 245–256. (rus)
- [3]. Sokolskaya, M.K., Kolosova, A.S., Vitkalova, I.A., Torlova, A.S., Pikalov, Ye.S. Svyazuyushchiye dlya polucheniya sovremennykh polimernykh kompozitsionnykh materialov [Binders for the production of modern polymer composite materials]. Fundamentalnyye issledovaniya. 2017. 10(2). Pp. 290–295. (rus)
- [4]. Vasyutkin, S. F. Nastupil vek kompozitov [The age of composites has come]. Aerokosmicheskiy kuryer. 2006. 6. Pp.52–53. (rus)
- [5]. Stolyarov, O.N., Olshevskiy, V.Ya., Dontsova, A.Ye., Demidova, Yu.A. Uglernodnyye volokna v stroitelstve mostov [Carbon fiber in bridge construction]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2019. 3 (78). Pp. 36–49. (rus) DOI:10.18720/CUBS.78.3.
- [6]. Kablov, Ye.N. Kompozity: segodnya i zavtra [Composites: today and tomorrow]. Metally Yevrazii. 2015. 1. Pp.36–39. (rus)
- [7]. Mamalis, A.G., Manolacos, D.E., Demosthenous, G.A., Ioannidis, M.B. Analytical and experimental approach to damage and residual strength of fibreglass composite automotive frame rails during manufacturing. Composite Structures. 1995. 32(1–4). Pp. 325–330. DOI:10.1016/0263-8223(95)00085-2.
- [8]. Branco, C.T.N.M., Figueiredo, J.M.S., Veloso, M.J.G., Fujiyama, R.T. Modelling a Rear Bumper of Goods Transport Vehicle Made of Glass Fiber Reinforced Polymer. SAE Technical Papers. 2017-Novem(November). SAE International, 2017.
- [9]. Da Silva, L.C., Couto, A.A., Baldan, R., Vatauvuk, J. Study of the utilization of polyamide composite with fibreglass reinforcement in automotive engine mounts. Advanced Structured Materials. 2015. 70. Pp. 71–83. DOI:10.1007/978-3-319-19443-1_6.
- [10]. Leblanc, J., Palsson, G. Large diameter fibreglass pipes in pressure applications: ASCE pipeline 2013 - Fort Worth, Texas. Pipelines 2013: Pipelines and Trenchless Construction and Renewals - A Global Perspective - Proceedings of the Pipelines 2013 Conference 2013. Pp. 1408–1419.
- [11]. Shaidurova, G.I., Kostyaeva, V.I., Dyagileva, M. V. Fibreglass-composite exhaust pipes for gas compressors. Russian Engineering Research. 2016. 36(11). Pp. 930–933. DOI:10.3103/S1068798X16110198.
- [12]. Toth, J.M., Lippoldt, O.F. Fibreglass composites for cryogenic space tankage. SAE Technical Papers. SAE International, 1964.
- [13]. Shchepochkina, Y.A. Use of fibreglass in composites of construction appointment. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. 2016-Janua(6). Pp. 55–58.
- [14]. Teplova, Zh.S., Kiski, S.S. Stekloplastikovaya armatura dlya armirovaniya betonnykh konstruksiy [Fibreglass reinforcement for reinforcing concrete structures]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. 9 (24). Pp. 49–70. (rus)
- [15]. Avdeeva, A., Shlykova, I., Antonova, M., Barabanschikov, Y., Belyaeva, S. Reinforcement of concrete structures by fibreglass rods. MATEC Web of Conferences. 53. EDP Sciences, 2016.
- [16]. Saha, M., Sutradhar, P. Advances in polymer composites: Green and nanotechnology. Green Polymer Composites Technology: Properties and Applications. 2016. Pp. 397-402.
- [17]. Bank, L.C. Progressive failure and ductility of FRP composites for construction: Review. 17(3)06-2013.
- [18]. Van Der Woude, J.H.A., Lawton, E.L. Composite design and engineering. Fibreglass and Glass Technology: Energy-Friendly Compositions and Applications. Springer US, 2010. Pp. 125–173.
- [19]. Qureshi, L.A., Yaqub, M., Qaiser-U-Zaman, Qureshi, K.A. Construction of ferrocement water storage tanks and their comparison with R.C.C. and fibreglass tanks. Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting - Proceedings of the International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, ICCRRR 20052006. Pp. 60–61.
- [20]. Radkevich, A.V., Khudenko, V.F., Glushchenko, V.M. Analiz sushchestvuyushchikh problem organizatsionno-tehnologicheskoy nadezhnosti krovelnykh sistem [Analysis of existing problems of organizational and technological reliability of roofing systems]. Nauka ta progres transportu. 2015. 2(56). Pp. 222–230. (rus)
- [21]. Okolnikova, G.E., Gerasimov, S.V. Perspektivy ispolzovaniya kompozitnoy armatury v stroitelstve [Prospects for the use of composite reinforcement in construction]. Ekologiya i stroitelstvo. 2015. 3. Pp. 14–21. (rus)
- [22]. Blaznov, A. N., Volkov, Yu. P., Lugovoy, A. N., Savin, V. F. O khimicheskiy stoykosti stekloplastikovoy armatury [About chemical resistance of fibreglass reinforcement]. 2003. (rus)

- [23]. Amosov, N. T., Strogonov, K. V., Fedyukhin, A. V. Otsenka tekhnicheskikh pokazateley primeneniya kompozitnykh i metallicheskh truboprovodov [Assessment of technical indicators of the use of composite and metal pipelines]. Computational nanotechnology. 2018. 3. Pp. 73–83. (rus)
- [24]. Fang, H., Bai, Y., Liu, W., Qi, Y., Wang, J. Connections and structural applications of fibre reinforced polymer composites for civil infrastructure in aggressive environments. 2019. (164).
- [25]. Sathishkumar, T.P., Satheeshkumar, S., Naveen, J. Glass fiber-reinforced polymer composites - A review // Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2014. № 13(33). pp. 1258–1275.
- [26]. Sathishkumar, T.P. Glass fiber composite materials // Lightweight and Sustainable Materials for Automotive Applications CRC Press, 2017. pp.239–276.
- [27]. Vasyutkin, S. F. Metodika razrabotki i izgotovleniya krupnogabaritnykh master-modeley dlya posleduyushchego izgotovleniya kompozitnykh matrits [Methodology for the development and manufacture of large-sized master models for the subsequent manufacture of composite matrices]. Kompozity XXI vek. 2011. Pp. 40–43. (rus)
-

Контактная информация

- 1.* shahovashahova@yandex.ru (Шахова Мария Анатольевна, студент)
2. evasyutkin@yandex.ru (Васюткин Евгений Сергеевич, генеральный директор)

Contact information

- 1.* shahovashahova@yandex.ru (Shakhova Mariya, Student)
2. evasyutkin@yandex.ru (Vasyutkin Evgeny, General Manager)

© Шахова М.А., Васюткин Е.С., 2020