

## Актуальность применения базальтовой фибры в современном строительстве

*А.В. Котляревская<sup>1</sup>, Я.В. Лубенец<sup>1</sup>, А.А. Котляревский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Российский университет дружбы народов, Москва*

<sup>2</sup>*Московский открытый институт, Москва*

**Аннотация:** Цель статьи – изучение материала по теме «Базальтовая фибра», обобщение изученного материала и накопленного опыта по заданной теме. В статье рассматриваются преимущества, недостатки, проблемы использования и достижения в изучении базальтовой фибры, используемой для производства строительных материалов как армирующего компонента. Проведен анализ средней стоимости базальтовой фибры в сравнении с другими видами фибры, сделан вывод о преимуществе использования базальтовой фибры. Сделаны общие выводы о целесообразности использования базальтовой фибры для производства строительных материалов, выявлены неизученные области использования данного вида фибры.

**Ключевые слова:** базальтовая фибра, армирование, напряженно-деформированные состояния, сжатие, растяжение, изгиб, чистый сдвиг, деформации, адгезия.

В последние несколько десятилетий, в связи с развитием строительства высотных зданий, набирают популярность высокопрочные бетоны с использованием различных модифицирующих добавок и наполнителей. Следствием такой тенденции является увеличение требований, предъявляемых к строительным материалам, из которых возводится здание или сооружение. Благодаря добавлению различных компонентов [1], инженеры добиваются увеличения важных показателей материала: прочности, трещиностойкости, износостойкости, долговечности, ударопрочности, срока службы и т.д. Одним из популярных современных применяющихся наполнителей является базальтовая фибра, которая обладает высокой адгезией.

Базальтовая фибра – специальный материал, производимый из осадочных базальтовых горных пород с дальнейшим плавлением и преобразованием в волокна. Диаметр частиц составляет от 20 до 500 мкм, длина – от 1 до 150 мм (рис. 1). Базальтовая фибра обладает высоким модулем упругости (75 ГПа, что выше по сравнению с другими видами

фибры, кроме стальной (190 ГПа)), низким процентом удлинения при разрыве (3,2%, что ниже по сравнению со всеми другими видами фибры), а также приемлемые показатели плотности (2600 кг/м<sup>3</sup>) и температуры плавления (1450 °С) [2]. Базальтовая фибра применяется при производстве сухих строительных смесей, блоков из ячеистых бетонов, химически стойких труб, бетонных коллекторов, а также при устройстве стяжки полов и фундаментов (рис. 2).



**Рис. 1.** – Базальтовая фибра [3]



**Рис. 2.** – Применение базальтовой фибры при устройстве фундамента [4]

Идея армирования впервые возникла в конце 19 века во Франции. И если первые элементы армировались металлической сеткой, то сейчас при армировании элементов конструкций также применяют разнообразные добавки и армирующие наполнители. Так как бетон является одним из популярных строительных материалов, большинство исследований по изучению влияния различных добавок на физико-механические свойства проводятся именно с ним [5,6].

На начальных этапах необходимо выяснить, как влияет добавление базальтовой фибры на прочностные характеристики на сжатие. Для этого был проведен эксперимент [7], в котором исследовали обычный бетон, бетон с добавлением фибры 6 мм и 12 мм. По итогам эксперимента оказалось, что

образец, приготовленный без добавления фибры, имел фактический класс бетона В59, с добавлением базальтовой фибры 6 мм – В68 (наилучший результат), что свидетельствует о том, что при добавлении базальтовой фибры увеличиваются прочностные характеристики бетона на сжатие.

В продолжение темы влияния добавления базальтовой фибры как армирующего элемента стоит упомянуть исследование [8] Джизакского политехнического института (Узбекистан) по изучению влияния длины базальтового волокна, добавляемого в бетон на физико-механические свойства бетона. Эксперименты показали, что при увеличении длины базальтовой фибры и ее расхода по отношению к цементу прочность бетона увеличивалась.

Так как бетон и конструкции из него могут под воздействием внешних нагрузок находиться не только в растянутом состоянии, но и других напряженно-деформированных состояниях (растяжение, чистый сдвиг, кручение, изгиб и другие), то возникла необходимость разработки таких составов бетона с добавлением различных компонентов, в частности базальтовой фибры, которые бы удовлетворяли повышенным конструктивным требованиям.

Так, например, был разработан [9,10] состав базальтофибробетона, который отличается высокой прочностью на изгиб и растяжение с хорошими технологическими свойствами. Это позволяет снизить процентное содержание арматуры и металлической сетки в бетонных элементах. Также стоит отметить, что бетон с добавлением базальтовой фибры способен переносить более упругие деформации, так как базальтовая фибра имеет высокий модуль упругости и почти не имеет пластических деформаций [9].

Говоря о напряженно-деформированных состояниях, стоит упомянуть про исследования, касающиеся изучения влияния базальтовой фибры на характер разрушения армированного бетона и усадочные деформации [11]

---

при твердении. Проведенные опыты показывают, что наличие базальтовой фибры позволяет бетонным конструкциям воспринимать более высокие нагрузки, а также способствует благоприятному восприятию (наличию сопротивления) напряжений внутри бетона при попеременном замораживании и оттаивании, что, в свою очередь, означает, что добавление базальтовой фибры в бетон способствует увеличению показателя морозостойкости.

Для добавления базальтовой фибры необходимо проводить предварительный расчет. Так, например, был разработан состав базальтофибробетона [12] и определено оптимальное процентное соотношение базальтовой фибры на кубометр бетона. По итогам проведенных исследований было выявлено, что оптимальным считается состав, включающий в себя базальтовую фибру в соотношении 1,4 кг/м<sup>3</sup>. По итогам проведенных испытаний при таком соотношении прочность на сжатие увеличилась почти на 41% относительно нормативных показателей, прочность на растяжение при изгибе – на 21%. Причиной роста показателей является хорошая адгезия базальтовой фибры с другими составляющими бетона (цемент, песок). При увеличении количества базальтовой фибры начинается ее комкование, что в дальнейшем приводит к снижению прочности.

Еще одним важным фактором, влияющим на увеличение конструктивных показателей, является то, на каком этапе необходимо вводить базальтовую фибру в состав бетона. В ходе изучения данного вопроса было проведено исследование [13]. Эксперимент предполагал собой два способа введения базальтовой фибры в бетон: в сухую смесь с дальнейшим перемешиванием и добавлением воды и, второй способ, в предварительно приготовленную смесь из цемента, воды, песка, добавок. Наилучшие показатели прочности на сжатие продемонстрировали образцы,

---

приготовленные вторым способом, однако при исследовании подобных образцов на растяжение при изгибе результаты получились обратными – наилучшие результаты показали образцы, приготовленные первым способом.

В процессе обработки научной литературы по заданной тематике возник вопрос об экономической целесообразности использования базальтовой фибры. В ходе исследования анализировалось несколько интернет-магазинов (leroymerlin.ru, armatura02.ru, ozon.ru), полученные данные были занесены в таблицу №1.

Таблица № 1

Сравнение средней стоимости базальтовой, полипропиленовой и стеклянной фибры за килограмм

Интернет-магазин	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра	Стеклянная фибра
Леруа Мерлен	660 руб.	700 руб.	170 руб.
ТД Базальтовые материалы	160 руб.	225 руб.	95 руб.
Ozon	533 руб.	533 руб.	данный вид отсутствует в каталоге магазина

Проанализировав табличные данные, можно сделать вывод, что базальтовая фибра имеет среднюю стоимость относительно других видов фибры. Многочисленные исследования [14,15] показывают, что базальтовая фибра дешевле не только других видов фибры, но и стальной арматуры (примерно в 2,5-3 раза), что также доказывает целесообразность использования базальтовой фибры как армирующего компонента. Однако стоит помнить, что реальную экономическую целесообразность стоит оценивать не по рыночной цене, а на реальных примерах. Так был произведен расчет [16] несущих железобетонных элементов

административно-общественного 12-ти этажного здания в г. Иркутск. Благодаря добавлению базальтовой фибры, удалось уменьшить размеры сечений конструкций с сохранением прочностных характеристик. Как следствие, благодаря возможности уменьшения размеров сечений уменьшится себестоимость строительства планируемого проекта.

Исследования [17,18] по изучению влияния добавленных композитных материалов на физико-механические свойства элементов из бетона (железобетона) продолжаются и сейчас.

Резюмируя все вышесказанное, стоит отметить, что изучение влияния композитных наполнителей, в частности базальтовой фибры, является очень важным этапом развития строительных материалов и конструкций. Углубленный анализ литературных источников по заданной теме позволяет сделать следующие выводы о базальтовой фибре как армирующем компоненте:

- добавление базальтовой фибры, а также изменение (увеличение) ее длины позволяет увеличить прочностные характеристики бетона и изделий из него: прочность на сжатие, на растяжение при изгибе и т.п.;
- добавление базальтовой фибры позволяет переносить более упругие деформации, а также воспринимать более высокие нагрузки;
- добавление базальтовой фибры в элементы и конструкции позволяет снизить их себестоимость за счет того, что базальтовая фибра обладает высокими прочностными характеристиками.

### Литература

1. Польской П.П., Маилян Д.Р. Композитные материалы – как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений //

---



Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL:  
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307.

2. Котляревская А.В., Лубенец Я.В. Применение фибры для производства строительных материалов // Труды международной конференции Инженерные системы – 2021, 28-30 апреля 2021 года. С. 17-25. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=46599857](http://elibrary.ru/item.asp?id=46599857).

3. [flagma.ru](http://flagma.ru) URL: [krasnodar.flagma.ru/fibra-bazaltovaya-12-mm-o3982028.html](http://krasnodar.flagma.ru/fibra-bazaltovaya-12-mm-o3982028.html) (дата обращения: 21.11.2021).

4. Применение фибры // [enrost.ru](http://enrost.ru) URL: [enrost.ru/primenenie-fibry/](http://enrost.ru/primenenie-fibry/) (дата обращения: 21.11.2021).

5. Li Yan, Faliang Chu, Wanyong Tuo, Xiaobo Zhao, Yan Wang, Pengqi Zhang, Yibin Gao Review of research on basalt fibers and basalt fiber-reinforced composites in China (I): Physicochemical and mechanical properties // *Polymers and Polymer Composites*, Volume 29 Issue 9, November 2021, page(s): 1612-1624.

6. Zhongyu Lu, Guijun Xian, Hui Li Experimental Study on the Mechanical Properties of Basalt Fibres and Pultruded Bfrp Plates at Elevated Temperatures // *Polymers and Polymer Composites*, Volume 23 Issue 5, November 2015, page(s): 277-284.

7. Окольников Г.Э., Новиков Н.В., Старчевская А.Ю., Пронин Г.С. Влияние базальтовой фибры на прочность бетона — Системные технологии. — 2019. — № 31. — С. 37—40.

8. Шодмонов А.Ю. Изучение свойств базальтового фибробетона // Современное промышленное и гражданское строительство, том 17, номер 2, 2021. С. 77-84. УДК 693.55.

9. Боровских И.В. Высокопрочный тонкозернистый базальтофибробетон: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. Казань, 2009. 24 с.

10. Магасумова А.Т. Технология изготовления и физико-механические свойства дисперсно-армированного бетона: магистерская диссертация: 08.04.01. Екатеринбург, 2019. 67 с.

11. Бучкин А.В. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный тонким базальтовым волокном: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. Москва, 2011. 20 с.

12. Зубова М.О. Мелкозернистые бетоны с применением базальтовой фибры и комплексных модифицирующих добавок: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. Волгоград, 2014. 21 с.

13. Степанова В.Ф., Бучкин А.В., Юрин Е.Ю. Исследование свойств тяжелого бетона на крупном заполнителе, армированного неметаллической базальтовой фиброй // Строительные материалы. 2018. № 9. С. 46–53. URL: [doi.org/10.31659/0585-430X-2018-763-9-46-53](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-763-9-46-53).

14. Горбачева О.А., Жданова Т.В., Мацеевич Т.А. Исследование релаксационных свойств гибридных органо-неорганических композитов. — Системные технологии. — 2018. — № 26. — С. 202—206.

15. Яковлева Е.А., Кириленко С.В., Сулейманова Л.А. Применение базальтовой фибры при производстве высокопрочных бетонов // Сборник трудов конференции Международный студенческий строительный форум – 2016, 24 ноября 2016 года. С. 808-811. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=29080835](http://elibrary.ru/item.asp?id=29080835).

16. Розина В.Е. Мелкозернистый базальтофибробетон с нанокремнеземом: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. Улан-Удэ, 2015. 146 с.

17. Польской П.П., Георгиев С.В. Вопросы исследования сжатых железобетонных элементов, усиленных различными видами композитных материалов // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134).

18. Польской П.П., Михуб Ахмад Конструкция и схемы испытания железобетонных балок, усиленных композитными материалами //





Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL:  
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1696.

### References

1. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4 URL:  
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307.
2. Kotljarevskaja A.V., Lubenec Ja.V. Trudy mezhdunarodnoj konferencii Inzhenernye sistemy – 2021, 28-30 aprelja 2021 goda. pp. 17-25. URL:  
elibrary.ru/item.asp?id=46599857.
3. flagma.ru URL: krasnodar.flagma.ru/fibra-bazaltovaya-12-mm-o3982028.html (accessed: 21/11/2021).
4. Primeneniye fibry [Fiber application] URL: enrost.ru/primenenie-fibry/ (accessed: 21/11/2021).
5. Li Yan, Faliang Chu, Wanyong Tuo, Xiaobo Zhao, Yan Wang, Pengqi Zhang, Yibin Gao. Polymers and Polymer Composites, Volume 29 Issue 9, November 2021. pp. 1612-1624.
6. Zhongyu Lu, Guijun Xian, Hui Li. Polymers and Polymer Composites, Volume 23 Issue 5, November 2015. pp. 277-284.
7. Okol'nikova G.Je, Novikov N.V., Starchevskaja A.Ju., Pronin G.S. Sistemnye tehnologii, 2019, № 31. pp. 37-40.
8. Shodmonov A.Ju. Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, tom 17, nomer 2, 2021. pp. 77-84. UDK 693.55.
9. Borovskih I.V. Vysokoprochnyj tonkozernistyj bazal'tofibrobeton [High-strength fine-grained basalt fiber concrete]: dis. ... kand. teh. nauk: 05.23.05. Kazan', 2009. 24 p.
10. Magasumova A.T. Tehnologija izgotovlenija i fiziko-mehaničeskie svojstva dispersno-armirovannogo betona [Manufacturing technology and physical and mechanical properties of dispersed-reinforced concrete]: masterskaja dissertacija: 08.04.01. Ekaterinburg, 2019. 67 p.



11. Buchkin A.V. Melkozernistyj beton vysokoj korrozionnoj stojkosti, armirovannyj tonkim bazal'tovym voloknom [Fine-grained concrete of high corrosion resistance, reinforced with thin basalt fiber]: dis. ... kand. teh. nauk: 05.23.05. Moskva, 2011. 20 p.
12. Zubova M.O. Melkozernistye betony s primeneniem bazal'tovoj fibry i kompleksnyh modificirujushhih dobavok [Fine-grained concrete with basalt fiber and complex modifying additives]: dis. ... kand. teh. nauk: 05.23.05. Volgograd, 2014. 21 p.
13. Stepanova V.F., Buchkin A.V., Jurin E.Ju. Stroitel'nye materialy. 2018. № 9. pp. 46-53. URL: [doi.org/10.31659/0585-430X-2018-763-9-46-53](https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-763-9-46-53).
14. Gorbacheva O.A., Zhdanova T.V., Maceevich T.A. Sistemnye tehnologii, 2018, № 26. pp. 202-206.
15. Jakovleva E.A., Kirilenko S.V., Sulejmanova L.A. Sbornik trudov konferencii Mezhdunarodnyj studencheskij stroitel'nyj forum – 2016, 24 nojabrja 2016 goda. pp. 808-811. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=29080835](http://elibrary.ru/item.asp?id=29080835).
16. Rozina V.E. Melkozernistyj bazal'tofibrobeton s nanokremnezemom [Fine-grained basalt fiber concrete with nanosilica]: dis. ... kand. teh. nauk: 05.23.05. Ulan-Udje, 2015. 146 p.
17. Pol'skoj P.P., Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134).
18. Pol'skoj P.P., Mihub Ahmad. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1696](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1696).