



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта победителя конкурса

Название работы – Исследование физических свойств базальтопластика.

Автор – Сельцова Дарья Валерьевна (10 класс, МБОУ "Лицей № 2" г. Чебоксары).

Руководитель – Лаврентьев Анатолий Генрихович (учитель физики, МБОУ "Лицей № 2" г. Чебоксары).

Основная идея работы, цели, задачи

Цель работы:

Экспериментально исследовать возможность замены стальных конструкций базальтопластиковыми в строительстве.

Задачи работы:

- изучить структуру и состав базальтопластика;
- провести сравнительный анализ механических и термических свойств базальтопластика и стали.

Актуальность:

Механические, которые принято использовать, конструкции подвергаются коррозии, они тяжёлые и дорогие.

Гипотеза: при замене металла на базальтопластик эти проблемы будут решены.

Новизна работы:

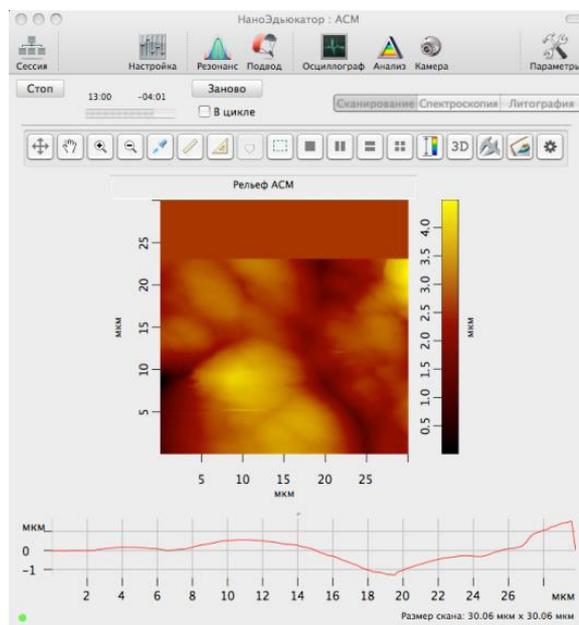
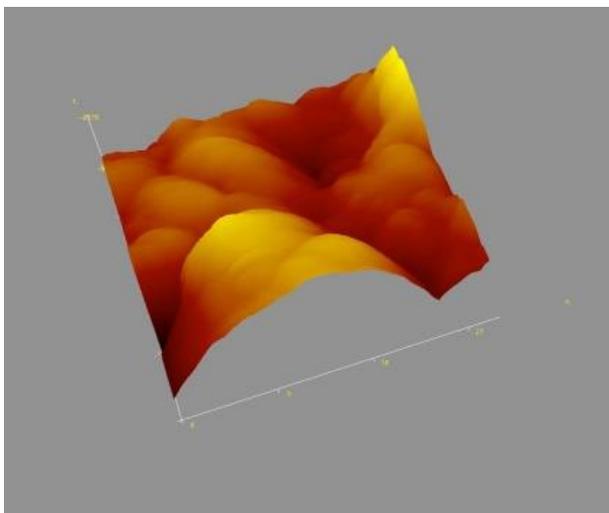
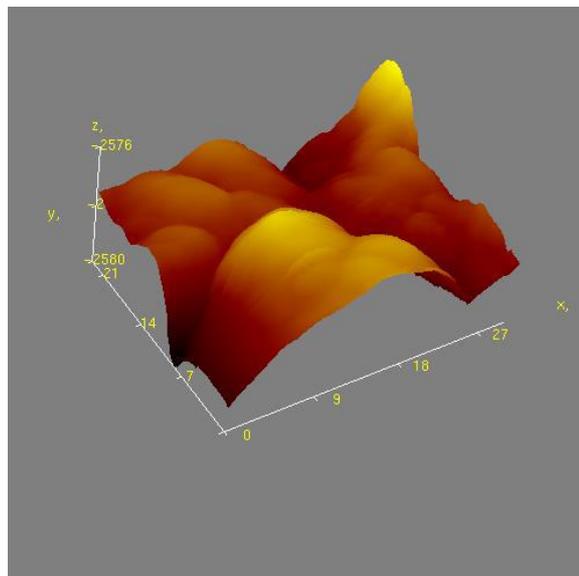
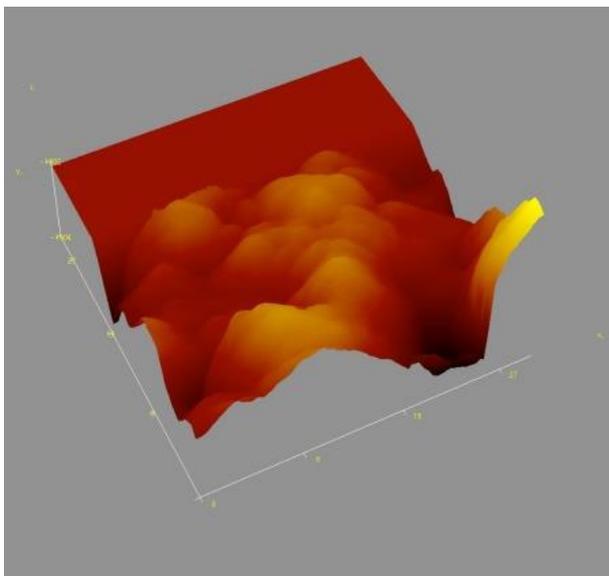
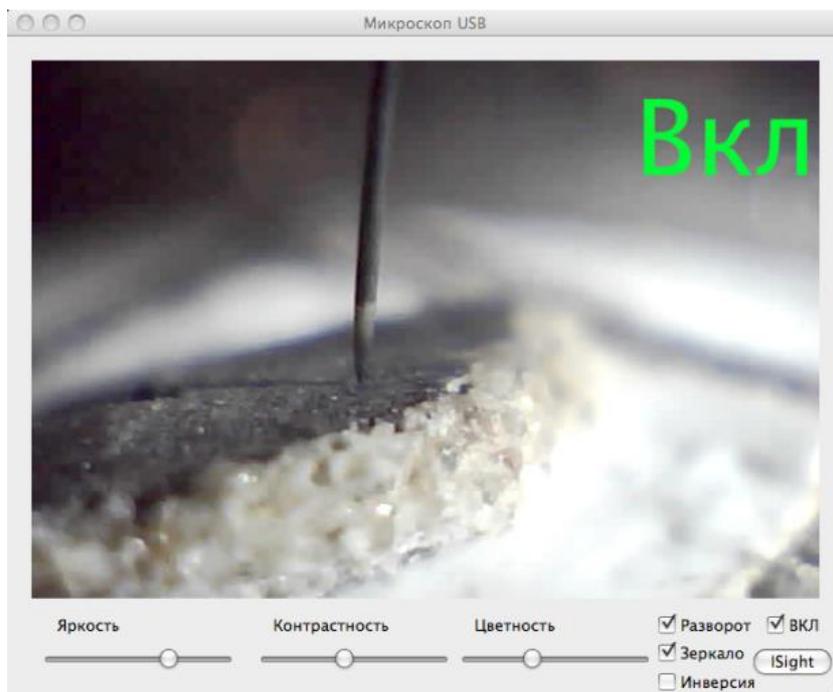
Компании не пишут полную информацию о базальтопластике, то есть они предлагают материал, без конкретики, основываясь только на том, что он дешевле. Мне интересно проверить оправданно ли это, а именно я проверю его физические характеристики (то, что я могла сделать в школьных условиях).

Основные результаты

Для исследования я использовала базальтопластиковые стержни, длина которых изначально была 60 см. В зависимости от опыта я отпиливала от них более мелкие части. Снаружи эти стержни были покрыты сильным абразивом, который обеспечивает более сильную цепкость, т.е. увеличивает силу сопротивления.

Для исследования структуры базальтопластика использовали сканирующий зондовый микроскоп.

Структура состоит из плотных зерен средним размером 5 мкм, состоящих из более мелких компонентов.



Сравнение **плотности** двух материалов.

Сталь: 7700-7900 кг/м³

Чтобы найти плотность базальтопластика измеряю его массу и делю на объём. Масса равна 0.013 кг; объём $4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$

Базальтопластик: 3045 кг/м³

Низкая плотность (легкость) материала позволяет возводить более высокие конструкции и экономить на транспортировке.

Далее мне интересно было узнать о **влагопроницаемости** двух материалов.

Чтобы узнать её у базальтопластика я провела следующий опыт: поставила базальтопластиковый стержень в воду на 24 часа. Масса образца до опыта была $m=8,2 \text{ г}$; после $m=8,52 \text{ г}$. В процентном соотношении – это 3.9 %. Я предполагаю, что большую часть из этого вобрало себя абразивное покрытие, а не сам базальтопластик.

Для базальтопластика ещё не выведены табличные данные (по крайней мере, мне не удалось их найти). А именно, такие значения, как удельная теплоёмкость и коэффициент теплопроводности. А я любопытный человек. Поэтому я решила провести опыты, чтобы найти эти величины.

Удельная теплоёмкость.

Все мы знаем из курса физики 8го класса простое уравнение количества теплоты для твёрдого тела:

$$Q=cm\Delta T,$$

где c – удельная теплоёмкость

m – масса тела

ΔT – разница температур между начальным и конечным положением

Из той же физики нам известно следующее выражение:

$$Q=\eta Pt,$$

где P – это мощность,

t – это время

η – коэффициент полезного действия

$$\eta Q(\text{плитки})=Q(\text{воды})+Q(\text{базальтопластика})$$

При помощи незамысловатых математических преобразований получаю:

$$C(\text{базальтопластика})= \eta Pt - c(\text{воды})m(\text{воды})\Delta T / m(\text{базальтопластика})\Delta T$$

Итак, сам опыт заключается в следующем:

- 1) Измеряю массу стержня. $m(\text{базальтопластика})=0.013 \text{ кг}$.
- 2) Вычисляю КПД. Смотрю, во сколько раз отличается количество теплоты, которое выделяет плитка (количество теплоты затратное), и сравниваю с тем, сколько идёт именно на нагрев воды (количество теплоты полезное); количество теплоты полезное делю на количество теплоты затратное. $\eta=Q(\text{воды})/Q(\text{плитки})=0.4$.

- 3) Наливаю в сосуд воду и опускаю в неё стержень. $m(\text{воды})=0.13 \text{ кг}$ ($c(\text{воды})=4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$).
 Включаю и максимально нагреваю плитку. $P=350 \text{ Вт}$
- 4) Ставлю сосуд с водой и стержнем на плитку. Засаекаю время.
- 5) Потом измеряю получившуюся разницу температур стержня (учитываю, что разница температур стержня равна разнице температур воды).
- 6) Подставляю все измеренные величины в формулу, и нахожу, чему равна удельная теплоёмкость базальтопластика.
- 7) Повторяю опыт снова, с другой температурой стержня (воды) и временем нагрева.

Разница температур стержня (воды), К	Время стержня в воде, с	Значение удельной теплоёмкости, Дж/(кг·К)
41,4	296,3	1937,6
44,9	305,8	2007,5
41,8	284,2	1932,3
43,1	309	2017,5

Удельная теплоёмкость стали: $460 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;

Средняя удельная теплоёмкость базальтопластика: $1973,7 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

Это означает, что базальтопластик наиболее теплоустойчив.



Коэффициент теплопроводности (X).

Для определения этой константы я обратилась в Чувашский Государственный Университет, который оказал мне любезность в предоставлении нужного оборудования.

Коэффициент теплопроводности можно найти по следующей формуле:

$$X = \eta I^2 R L / S \Delta T,$$

где η – коэффициент полезного действия,

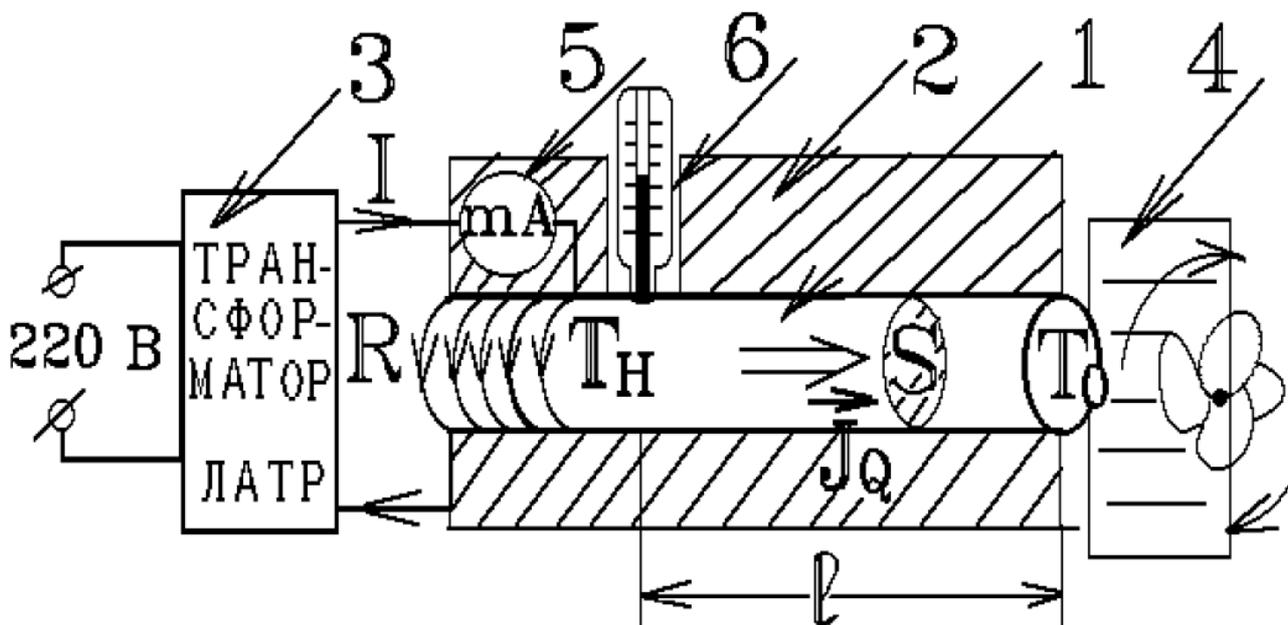
I – сила тока,

R – сопротивление резистора,

L – длина стержня,

S – площадь поперечного сечения,

ΔT – разница температур между конечным и начальным положением.



- 1) Измеряю длину и, при помощи штангенциркуля, площадь поперечного сечения стержня.
- 2) Поместить стержень в пенопластовый термоизолятор (2) для предотвращения потери тепла с боковой поверхности.
- 3) Резистором, подключённым к автотрансформатору (3), нагреваю стержень с одного конца. Резистор изготовлен в виде спирали, охватывающий конец стержня, также заключённый в пенопласт.
- 4) С другого конца стержень охлаждается радиатором (4) и установленным рядом вентилятором.
- 5) Нахожу кпд.
- 6) Измеряю термометром (6) температуру нагретого конца, которая при этом остаётся постоянной за счёт поддержания температуры холодного конца.
- 7) Подставляю все измеренные величины в формулу, и нахожу, чему равен коэффициент теплопроводности базальтопластика.

Коэффициент теплопроводности базальтопластика $0,46 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$. У стали $45,4 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$.

Испытание на изгиб. Модуль Юнга

Последним шагом в моей работе было проверить прочность этого замечательного материала. Моя любимая часть – испытание образцов на изгиб.

Испытание на изгиб хрупких материалов проводят с целью определения склонности материалов к хрупкому разрушению. Образцы испытывают на гидравлической машине. Образцы устанавливаются на две опоры и подвергаются действию медленно возрастающей нагрузки. Определяют наибольшую нагрузку в момент разрушения образца (P) и подсчитывают сопротивление изгибу по следующей формуле (для дисковых образцов):

$$E=4L^3P/3\pi D^4\lambda$$

где L — расстояние между опорами;

D— диаметр образца;

λ – стрела прогиба;

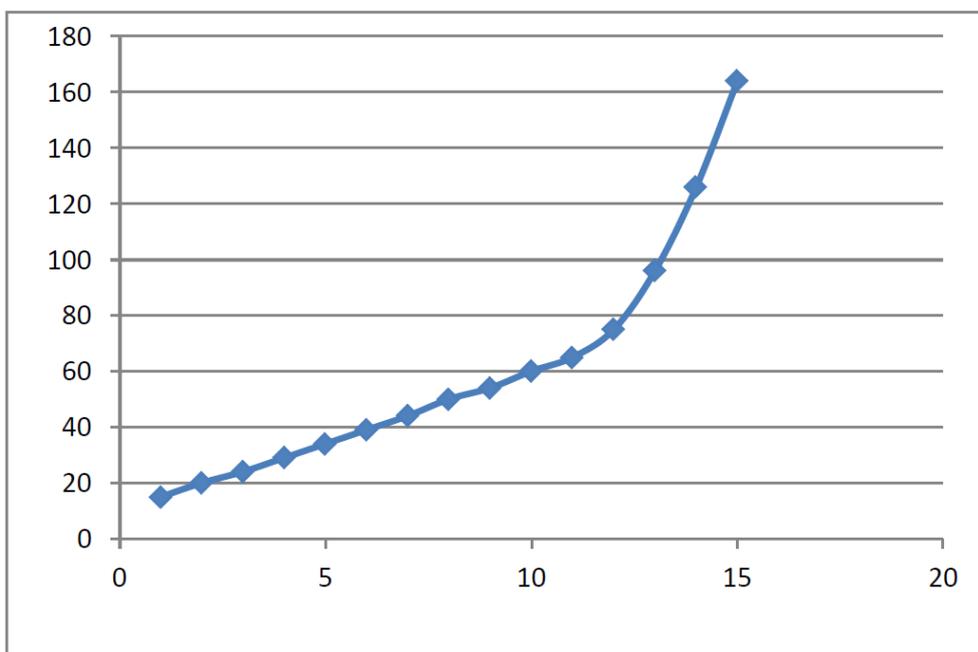
E – модуль Юнга.

1. На штативы положила стержень из исследуемого материала так, чтобы середина его совпадала с серединой расстояния между штативами.
2. Поместила в середине стержня стремя с подставкой для грузов.
3. Добавляла на подставку последовательно один, два, три и так далее грузы с известным весом, начиная с большего. Каждый раз при этом определяла стрелу прогиба.
4. Результаты измерений записывала в таблицу.

F, Н	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
λ, мм	15	20	24	29	34	39	44	50	54	60	65	75	96	126	164



5. Построила график зависимости стрелы прогиба от величины нагрузки и убедилась, что имеет место линейная зависимость между ними, то есть деформация остаётся упругой и не переходит в пластическую. Если зависимость линейная, то можно вычислять модуль Юнга.



$$\begin{array}{l}
 D = 6 \text{ мм} \\
 l = 400 \text{ мм} \\
 P = 11 \text{ Н} \\
 \lambda = 65 \text{ мм}
 \end{array}
 \Rightarrow E = 887,16 \text{ Н/мм}^2$$

Модуль Юнга стали равен 210 Н/мм^2 , что приблизительно в 4 раза меньше, чем у базальтопластика. Это значит, что базальтопластик намного прочнее стали.

Выводы, заключение, перспективы

Исследуя базальтопластик, его структуру, состав, физические свойства и сравнивая его со сталью, я сделала следующие выводы:

- 1) Я обнаружила, что плотность базальтопластика в 2 раза меньше, чем плотность стали, т.е он намного легче металлических.
- 2) У базальтопластика низкая влагопроницаемость. Это даёт материалу массу плюсов. Долговечность, дополнительная коррозионная, щелче- и кислотостойкость, которая достигается за счет абразивного покрытия - вот следующие чрезвычайно важные свойства базальтопластика.
- 3) Для базальтопластика я вывела такие константы, как:
 Удельная теплоёмкость: $1973,7 \text{ Дж/(кг*К)}$.
 Коэффициент теплопроводности: $0,46 \text{ Вт/м*К}$, тогда как у металлов в среднем 56 Вт/м*К .
 Модуль Юнга: $E = 887,16 \text{ Н/мм}^2$.

Всё вышеперечисленное позволяет утверждать, что баальтопластиковые стержни не просто дешевле, чем металлические материалы, а их физические показатели в разы лучше, чем у металлических аналогов. Своей работой я подтвердила свою гипотезу.

Список цитированных источников

https://galencomposite.ru//produkcija/main_catalog/

<https://helpiks.org/8-90850.html>

<http://bzpl.ru/>

<http://naftaros.ru/articles/31/index.html>