

Департамент образования и науки города Москвы  
Государственная бюджетная образовательная организация города Москвы  
«Школа №1535»

## **Использование материалов с памятью формы в современном мире**

Автор: Попова Анастасия Владиславовна

Класс: 10 «Б»

Куратор: Пирожникова Наталья Владимировна,

Учитель английского языка

Москва  
2022 г.

## **Содержание**

1. Вступление
2. Теоретическая часть
  - a. Анализ источников
  - b. Производство МПФ
3. Практическая часть
  - a. Интервью
  - b. Эксперимент для иллюстрации ЭПФ
4. Заключение
5. Источники

## 1. Вступление

Я хочу начать с объяснения того, что такое материалы с памятью формы. Это материалы, которые после сильного и квазипластического искажения способны восстанавливать свою первоначальную форму при наличии нужного стимула. Изучение материалов с памятью формы — очень интересная область науки, включающая в себя как физику, так и геометрию.

Добавляя к тому, что это очень интересная область для исследований, эти технологии могут быть очень эффективно использованы в современном мире. Хочу обратить ваше внимание на разные сферы жизни, которые могут получить большое развитие с использованием этих технологий:

1. **Ракетостроение/космические исследования.** Когда люди начали исследовать космос, они обнаружили, что большинство технологий и материалов, которые они использовали, не соответствовали целям, которых они хотели достичь. Именно тогда ученые начали искать сплавы и металлы, которые удовлетворяли бы потребности путешествий в космос. Материалы с памятью формы уникальны и имеют тысячи возможных применений в этой сфере.
2. **Медицина.** Есть несколько различных способов использования МПФ в медицине. Некоторые из них - протезирование, операции и фиксация. Из-за развития многих смертельных болезней способы борьбы с ними должны стать более современными. И МПФ может легко реализовать эту потребность, благодаря гибкости своей структуры. Возможность создания имплантатов, адаптирующихся к внутренней среде организма, является очень перспективным направлением, так как это первый шаг использования новых технологий для создания неорганических частей тела, выполняющих те же функции, что и органические.

Это две наиболее перспективные области, где можно использовать МПФ. Однако существует множество более мелких направлений, в которых МПФ могут быть очень эффективными в решении проблем и упрощении использования разных вещей. Для своего исследования я выбрала только две области, где мы используем МПФ.

Я выбрала эту тему не только потому, что стремлюсь показать ее важность. Мой дедушка занимается изучением МПФ уже 25 лет и открыл много интересных свойств этих материалов. Лично я считаю, что технологию материалов с памятью формы можно сделать

проще в использовании и дешевле в производстве. Я также считаю, что эта область в основном неизвестна людям, и я хочу обратить внимание на эту технологию, так как она может решить очень много проблем, которые мы не можем решить сейчас.

Мои задачи для этого проекта:

- Во-первых, я хочу изучить структуру и свойства материалов с памятью формы, чтобы выяснить, как они работают. Что поможет мне найти способ упростить их производство.
- Во-вторых, я узнаю, как и где люди создают материалы с памятью формы
- В-третьих, я предложу различные использования этих материалов в зависимости от их структуры, свойств и способов производства.
- В-четвертых, я предложу изменение производственного плана и/или структуры, чтобы оно соответствовало возможным потребностям предполагаемой области.

**Моя гипотеза** состоит в том, что можно найти более дешевые и полезные материалы с памятью формы, улучшив их производство и структуру.

Моя цель - найти альтернативные пути использования материалов с памятью формы в различных сферах жизни и предложить усовершенствования технологии сплавов с памятью формы для более комфортного использования в указанных областях.

## **2. Теоретическая часть**

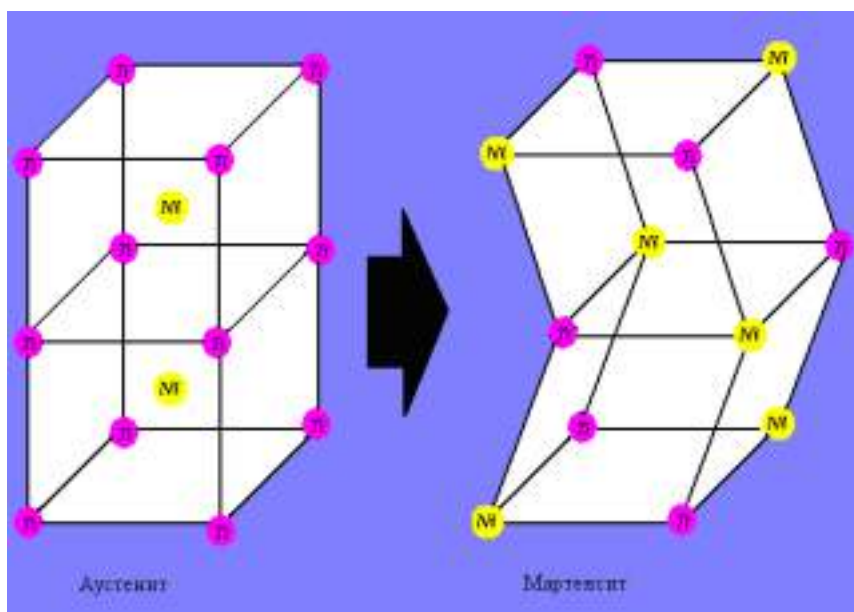
### **Анализ:**

У материалов с памятью формы есть несколько разных проявлений. Помимо систем сплавов (СПФ, которые, наверное, являются самыми известными и популярными МПФ), эффект памяти формы (ЭПФ) наблюдается в полимерах с памятью формы (ППФ), композитах с памятью формы (КПФ) и гибридах с памятью формы (ГПФ). ЭПФ в СПФ возникает благодаря их уникальному свойству – сверхэластичности, а в ППФ – благодаря вискоэластичности. ЭПФ в композитах и гибридах наблюдается в связи с тем, что каждый из этих материалов имеет в себе кусочек либо полимера, либо сплава с памятью формы. Давайте разберемся с каждым материалом подробнее.

### **Сплавы с памятью формы:**

Существует только три системы сплавов, на основе которых появляется эффект памяти формы. С основанием NiTi (нитиноловые системы), с основанием Fe и с основанием Cu (CuAlNi и CuZnAl). Однако свойства нитиноловых систем считаются самыми удобными в использовании из-за комбинации высоких характеристик и хорошей биосовместимости. Системы на основе железа и меди стоят гораздо дешевле, в сравнении с никелидовыми, однако не могут похвастаться такими же высокими характеристиками и широким использованием.

Самым большим преимуществом сплавов с памятью формы является то, что они обладают двумя уникальными свойствами. Это ЭПФ и сверхэластичность. Существуют разные способы запуска эффекта ЭПФ, но для нитиноловых систем это температура. Помимо этого, нитинол обладает очень хорошими электрическими и механическими свойствами и может менять свое состояние с помощью электрической энергии. Для СПФ можно говорить о двух состояниях: мартенситном и аустенитном, они определяют свойства материала. Но изменение состояния у МПФ может быть довольно трудным и требовать огромное количество энергии.



*Рисунок 1. Мартенситная и аустенитная структуры*

### **Полимеры с памятью формы:**

ППФ имеют более широкий спектр стимулов, которые запускают ЭПФ. Вот некоторые из них: температура, pH, химические вещества и свет. На данный момент обнаружено много ППФ, так как они представляют собой смесь двух полимерных основ с разной температурой плавления. По сравнению с СПФ ППФ намного дешевле, имеют гораздо более тугую

восстанавливаемую деформацию и другие преимущества. Мы можем создать много ППФ для нужд, которые у нас есть, и, что более важно, мы можем решить, какие стимулы больше всего повлияют на ППФ, и на то, как он будет реагировать. Однако ППФ является более эластичным материалом, что делает его не таким полезным в ракетостроении или медицине, как СПФ. С другой стороны, ППФ прекрасно работает с живыми существами и их тканями, что делает полимеры уникальным материалом.

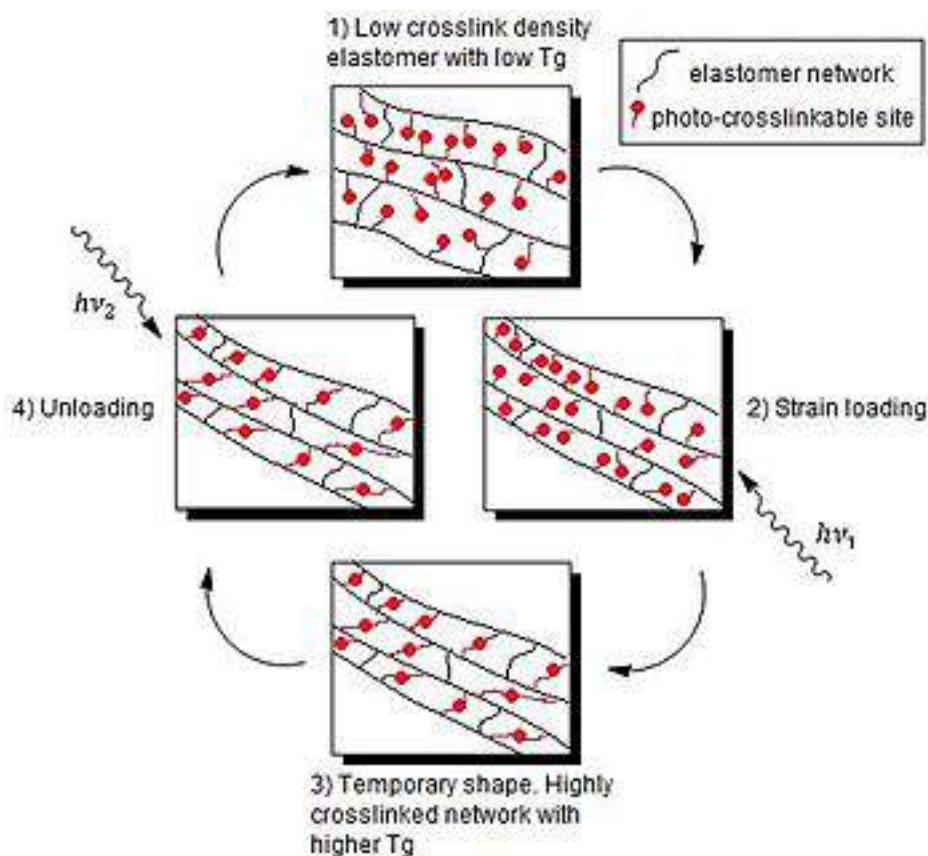


Рисунок 2. Иллюстрация полимеров с памятью формы

### Гибриды с памятью формы и композиты с памятью формы:

ГПФ и КПФ очень похожи по своей структуре. ГПФ доступны для людей без научной подготовки, что делает их более удобным материалом для использования всеми людьми. ГПФ основаны на двухдоменной системе, что означает, что у них есть один эластичный домен и другой, который может изменять свою жесткость с помощью правильных стимулов. И КПФ состоит из одной части СПФ или ППФ, а другой может быть выбран свободно. Преимущество этих материалов в том, что с ними довольно легко работать. Таким образом, любой может увидеть ЭПФ в специальных скрепках, которые будут возвращаться в изначальную форму под влиянием только горячей воды. КПФ и ГПФ также

очень пластичны и могут соответствовать различным потребностям, изменяя свою структуру. Однако плохо то, что для разработки структуры необходимо найти правильную комбинацию доменов. В результате, даже если они просты в использовании, их может быть непросто разработать.

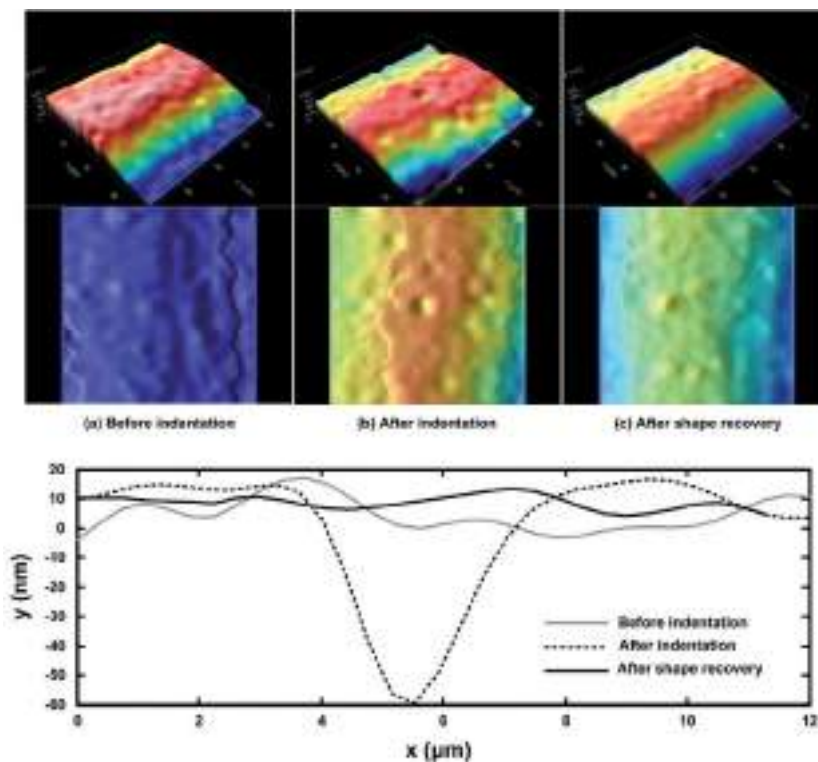


Рисунок 3. ЭПФ в ППФ

## Производство:

Производственный процесс для каждого из МПФ очень отличается. Как я уже говорила, самый сложный из них у СПФ. Я бы остановилась только на нитиноловой системе, так как она имеет наиболее эффективный способ применения, связанный с современными технологиями. Титан обладает высоким уровнем химической активности, что делает невозможным его плавление на воздухе или в атмосфере других инертных газов. Это является его первым недостатком. Также существует ограничение по давлению, которое необходимо учитывать при работе с нитинолом. Концентрация каждого - никеля и титана, должна быть очень тщательно измерена, а температура не должна отличаться более чем на 2-3°C. В заключение мы имеем:

- Необходимость специальной атмосферы
- Четко отрегулированное давление
- Измеренная концентрация элементов

- Температурный режим

ППФ имеют гораздо более простой производственный процесс по сравнению с СПФ, но и требует многого. Прямо сейчас одним из самых популярных и результативных способов создания ППФ является моделирование. Ученые создают компьютерную модель конструкции, чтобы сделать процесс быстрее и проще. Однако каждый полимер уникален и требует разработки. Онлайн-программа помогает виртуально провести процесс полимеризации и изучить, как макромолекулы могут стать более крупной полимерной структурой. Недостатками такого процесса являются:

- Необходимость специального программного обеспечения
- Человек, понимающий, что происходит, имеющих много опыта в данной области
- Не очень много мест на земле готовы предоставить лабораторию для работы с данными процессами

КПФ и ГПФ имеют более простой процесс изготовления, но они не так полезны, как ППФ или СПФ. К сожалению, сейчас они могут использоваться только для иллюстрации ЭПФ. Им не хватает свойств, которые сделали бы их очень стабильными, как, например, у СПФ, или очень пластичными, как ППФ. С другой стороны, КПФ и ГПФ имеют более широкий спектр различных комбинаций материалов, особенно по сравнению с СПФ.

Еще одна вещь, которую я хочу отметить, это то, что ЭПФ еще не может быть полностью под контролем. Несмотря на то, что ППФ и КПФ, поскольку их структура и свойства регулируются создавшими их учеными, могут показывать хорошие результаты в экспериментах, направленных на их контроль, ЭПФ не позволяет полностью восстановить материал.



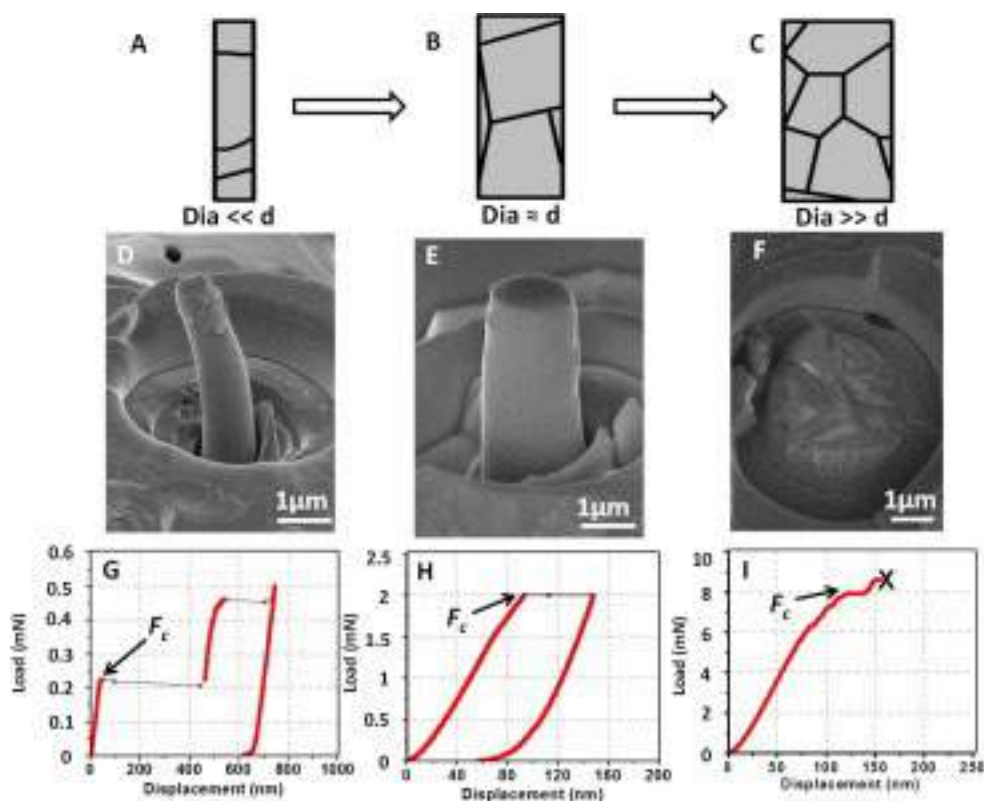


Рисунок 4. ЭПФ

### 3. Практическая часть

#### Интервью:

Целью интервью было понять, насколько много людей знают о МПФ и каковы их знания. Поверхностные они или углубленные.

Я решила взять интервью у людей, которые учатся в нашей школе, чтобы узнать, что они уже сейчас знают о МПФ, чтобы доказать, что большинство из них ничего не знают об этой области или слышали о ней лишь поверхностно.

Интервью было проведено среди 64 учащихся лицея 1535 с разных профилей, однако все они имеют научную основу.

Целью первого вопроса было определить количество людей, которые что-то слышали о МПФ. Для меня было неожиданностью обнаружить, что 62% уже слышали о них. Это означает, что МПФ-сфера распространена среди подростков (интервью было только для учеников нашей школы).

### Have you heard of SMM?

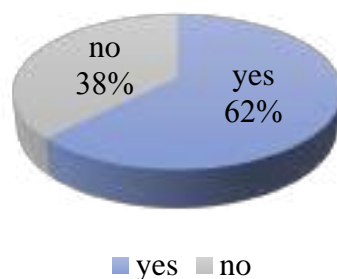


Рисунок 5. Диаграмма 1

Пока я изучала области, в которых можно использовать МПФ, я решила спросить и у учеников. Мне было важно узнать, откуда подростки узнали о МПФ. Оказалось, что большинство из них открыли их в физике, так как в курсе физики для профильных классов есть небольшое упоминание таковых.

### In what field have can we find SMM?

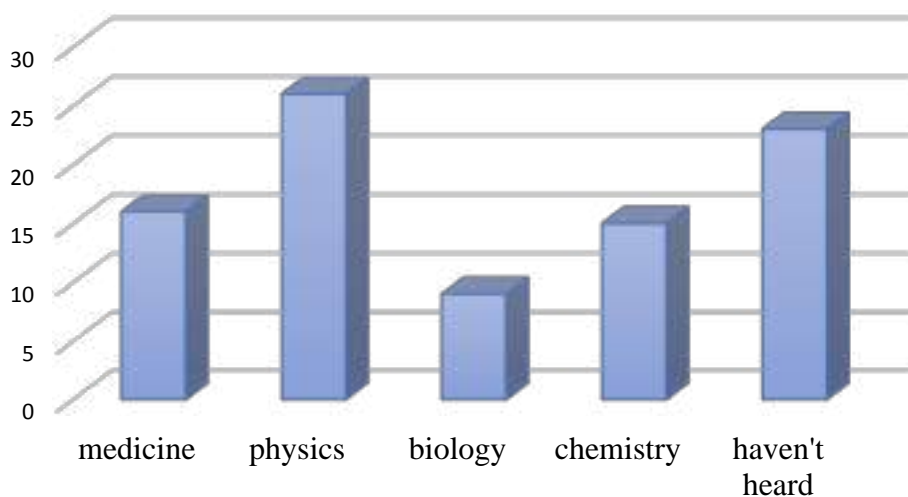


Рисунок 6. Диаграмма 2

Третий вопрос позволил мне узнать варианты областей, в которых можно использовать МПФ, по мнению подростков. Многие из них были правы относительно потенциальных областей, в которых МПФ могут быть использованы наиболее эффективным способом.

In what field do you think SMM can be effectively used?

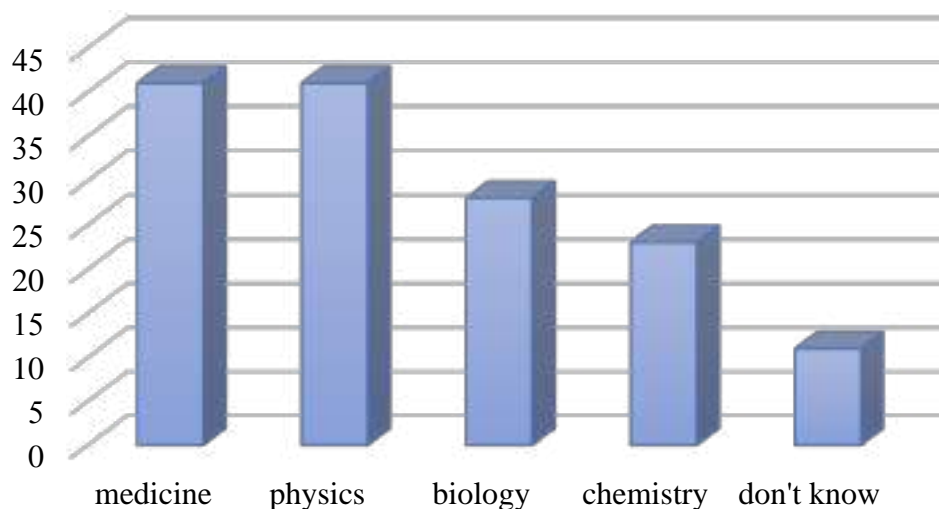


Рисунок 7. Диаграмма 3

Подводя итог интервью, мы имеем 38% подростков, которые не знают, что такое МПФ, и 62%, которые имеют очень приличные знания о МПФ и областях, в которых они используются. Однако последний вопрос показывает, что только 33% имеют понимание, где конкретно можно использовать МПФ.

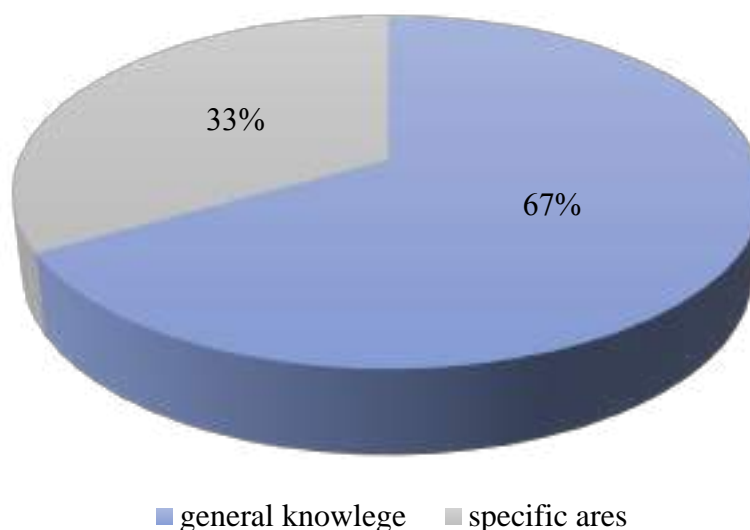


Рисунок 8. Диаграмма 4

Результат интервью оказался для меня весьма неожиданным. Я и не подозревала, что так много людей уже знают о МПФ. Однако, как показывает статистика, в основном все они не обладают конкретными знаниями, а апеллировали лишь к общим фактам. Это означает, что МПФ не так популярны и еще не полностью реализовали свой потенциал.

## Эксперимент:

Задачи эксперимента были таковы:

- Показать, как работает ЭПФ
- Доказать, что ЭПФ реально работает
- Посмотреть и изучить реализацию ЭПФ и предложить возможное использование

Приборы и материалы: сплав нитинола, грузик(1Н), установка и нагревательный элемент.

Этапы эксперимента:

1. Установить грузик и сплав нитинола на установку (рисунок 9)
2. Нагреть нитинол для того, чтобы наблюдать его деформацию (рисунок 10)
3. Запечатлеть эксперимент на камеру и измерить удлинение нитиноловой проволоки
4. Дать проволоке остыть и сравнить результат с первоначальной стадией

**ВЫВОД:** эксперимент полностью выполнил все поставленные задачи. Я доказала, что эффект памяти формы действительно существует (если бы не ЭПФ, проволока стала бы длиннее, так как нагрев провоцирует молекулы удаляться от других молекул). Здесь мы видим, что нитинол действует противоположно тому, что сделала бы кристаллическая структура в обычном сплаве. После нагревания его объем становится больше, и здесь кристаллическая структура просто возвращается в мартенситное состояние.



*Рисунок 9 и 10. До и после нагревания*

#### 4. Заключение:

Существует множество возможных способов использования МПФ на основе свойств каждого из них (СПФ, ППФ, КПФ и ГПФ). Медицина, космос, одежда, бытовая техника, трубы и даже крупные предприятия. Эластичность ППФ может стать отличным решением для людей с заболеваниями, которые не могут носить обычную одежду. СПФ — это почти универсальные материалы, которые могут помочь в каждой из областей, которые я перечислила ранее. КПФ и ГПФ еще не очень хорошо изучены, однако они уже позволяют людям управлять их свойствами, что является очень перспективной тенденцией.

Я не ученый, и я не могу говорить о создании новых материалов, которые намного лучше тех, что были изобретены ранее. Однако я абсолютно уверена, что прямо сейчас мы можем изменить структуру МПФ. Это не всегда может быть полезно, и не каждый МПФ широко используется. Но прямо сейчас можно попробовать запрограммировать свойства, например у КПФ и ГПФ.

К сожалению, а может и нет, кто знает, мы не можем удешевить производство. У нас нет таких технологий с высокой точностью, которые позволяли бы производить большие объемы СПФ. У нас нет программ, которые бы создавали полимерные структуры без участия ученых.

Сейчас МПФ не оправдывают своих денег, они требуют тщательного создания и большой работы, но мы не можем найти им большое применение. Однако мир меняется, и в будущем МПФ может стать более полезным, как программирование и сети. Просто не настало еще время материалов с памятью формы.

**Гипотеза частично подтверждается, частично опровергается. МОЖНО изменить структуру МПФ, чтобы сделать ее более полезной в современном мире. Однако удешевить производство невозможно. Мы можем утверждать, что с помощью соответствующего программного обеспечения можно будет реализовать весь потенциал ППФ, но СПФ все равно требует тщательных измерений и больших усилий.**

## **Источники:**

1. “Shape memory materials” W. M. Huang\*, Z. Ding, C. C. Wang, J. Wei, Y. Zhao, H. Purnawali. School of Mechanical and Aerospace Engineering, Nanyang Technological University, 50 Nanyang Avenue, Singapore 639798
2. “Shape-Memory Applications in Textile Design” Mustafa O. Gök<sup>a</sup>, Mehmet Z. Bilir<sup>a,\*</sup>, Banu H. Gürcüm<sup>b</sup>
3. “Shape memory alloys behavior: A review” Paulo Silva Lobo<sup>a,b,\*</sup>, João Almeida<sup>a</sup>, Luís Guerreiro<sup>a</sup>
4. “The story of shape memory materials” Popov N.N.
5. Patents for the creation of shape memory materials
6. Wikipedia articles