

Научно-исследовательская работа

Физика

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ
В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ**

Выполнил:

Фадеев Павел Викторович,

учащийся 8 класса МБОУ г. Мурманска
«Мурманский международный лицей»,
Россия, г. Мурманск

Руководители:

Огнева Марина Владимировна,

учитель физики МБОУ г. Мурманска
«Мурманский международный лицей»,
Россия, г. Мурманск

Усиков Денис Анатольевич,

учитель технологии МБОУ г. Мурманска
«Мурманский международный лицей»,
Россия, г. Мурманск

Введение

Море всегда было и будет сферой важнейших интересов человека. Мировой флот ежегодно перевозит морем до 10 млрд. тонн грузов. В XXI веке эти интересы будут существенно трансформироваться. Причинами станут коренные изменения международной обстановки, а также возрастание экономической и военно-стратегической роли Мирового океана в развитии цивилизации [1].

Актуальность

20 лет назад отечественное судостроение было одним из самых мощных в мире. Страна входила в десятку развитых стран. Сейчас Россия по гражданскому судостроению занимает 80-е место в мире.

Для преодоления отставания, одной из задач программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ до 2025 года» является повышение эффективности использования базы Арктической зоны. Реализация мер, предусмотренных Государственной программой РФ "Развитие судостроения на 2013 - 2030 годы", позволит сохранить за Россией статус морской державы, достигнуть улучшения конкурентной позиции судостроения.

Проблема

В России важным направлением науки является индустрия наноматериалов [1]. Гидрофобные покрытия и нанокраски удобны в применении, защищают корпус корабля от коррозии и облегчают работу судна. В России промышленного производства таких материалов нет. В судостроении отсутствует опыт применения наноматериалов. Поэтому у нас возникла идея создания собственного нанопокрывтия для корпуса корабля.

Цель работы: выяснить, как можно применить наноматериалы в судостроении, и найти удобные в применении нанопокрывтия для предупреждения коррозии на корпусе корабля.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выяснить, какие наноматериалы применяют в строительстве, изучить применение нанотехнологий в судостроении.

2. Провести анализ композитных материалов нового поколения в судостроении и выяснить, какие материалы можно использовать для получения наноструктур.

3. Разработать технологический цикл производства гидрофобного покрытия и изготовления нанокраски из шунгита для предупреждения коррозии на корпусе корабля.

4. Провести эксперименты по применению нанопокрывтия на корпуса судна на модели.

Объект исследования: создание наноматериала для защиты корпуса корабля от коррозии.

Предмет исследования: наноматериалы.

Гипотеза: покрытие из природного фуллереносодержащего минерала шунгита можно применить для антикоррозийных работ корпуса корабля.

Методы исследования: классификация, моделирование, анализ и синтез, аналогия, эксперимент.

Научная новизна:

Практическая значимость работы заключается в том, что изготовлены гидрофобное покрытие и нанопокрывтие из природного минерала шунгита для антикоррозийной защиты корпуса корабля. Результаты работы могут быть использованы в судостроении и судоремонте (в Мурманской области на СРЗ «Нерпа», 10 СРЗ и 35 СРЗ АО "ЦС "Звездочка").

Анализ проблем отечественного судоремонта и судостроения

20 лет назад отечественное судостроение было одним из самых мощных в мире - только по заказам Военно-морского флота строилось до 50 подводных лодок, боевых кораблей и судов обеспечения. В области гражданского судостроения страна входила в десятку развитых стран мира. Сейчас Россия по гражданскому судостроению занимает 80-е место в мире (0,6% от суммарного объема заказов трех лидеров судостроения: Япония, Ю.Корея, Китай). Для преодоления отставания России от развитых стран мира, задачей госпрограммы



Рис.1. Диаграмма лидеров мирового судостроения (Источник: <https://infourok.ru/prezentaciya-k-uroku-mashinostroenie-1062931.html>)

«Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ до 2025 года» является развитие науки и использование ресурсной базы Арктической зоны.

В стратегии развития судостроения РФ на период до 2035 года планируется внедрение

высокоэффективных технологий. Премьер-министр РФ Д.А. Медведев в качестве примера привел использование композитных материалов в авиакосмической отрасли. Но эти материалы можно применить и в судостроении.

Вывод: для того, чтобы судостроение в России опять занимало высокую позицию в мире, необходимо применять нанотехнологии, в частности, нанопокртия корпусов кораблей. Это увеличит срок эксплуатации и гарантирует экономическую и экологическую эффективность в сфере судостроения. Задача освоения Арктики будет решена.

В 1984 г. открыта наночастица фуллерен - форма существования углерода, в 1991 г. открыты нанотрубки и "наноалмазы" и в 2010 г. наноструктура – графен (А. К. Гейм и К. С. Новосёлов - Нобелевская премия по физике). В 2013 году Михаил Кацнельсон награждён премией Спинозы за разработку базовой концепции в области графена [3].

При изготовлении наноматериалов введение небольшого количества наночастиц резко улучшает свойства изделий. Главным признаком наночастиц является их размер - не более 100 нм. Именно размерами определяются уникальные свойства наноматериалов. Например, электропроводность начинает зависеть от размера частицы при уменьшении кристалла вещества до размеров

10-20 нм и менее. Нанонить паутины может удерживать огромных по сравнению с ее толщиной насекомых.

Фуллерен и нанотрубки - дорогие вещества, в строительстве не применяются. Российские ученые получили фуллероиды. При изготовлении наноматериалов введение в цемент наночастиц улучшает свойства изделий при меньшей стоимости [4].

Наноматериалы применяют в строительстве, авиации и автомобильной промышленности. Наноструктурированное покрытие для стелс-самолетов состоит из углеродных нанотрубок и скрывает объект в ночном небе. Нанотрубки имеют высокую прочность и электропроводность, поглощают спектр излучения от радиоволн до ультрафиолета. Это обеспечивает камуфляж, стелс-самолеты красят в темный цвет, чтобы скрыть их от видимости. Показатель преломления почти равен показателю воздуха. Это значит, что свет не будет рассеиваться от нанотрубок без поглощения [4].

В автомобильной промышленности используются наноструктурные материалы, обладающие высокой прочностью. Разрабатываются лаки на основе наносистем, обладающие способностью к «самозалечиванию» поверхности. Изучаются возможности придавать эффект самоочищения «лотоса» всем используемым лакам и стеклам.

Вывод: нанокраску для самолетов можно использовать для камуфляжа судов и подводных лодок, чтобы они стали для невидимыми для радара. Повышенная прочность к повреждениям корабля может быть обеспечена использованием нанолаков, использующихся в автомобилестроении. Можно заменить топливо на кораблях на водород, который необходимо будет аккумулировать в устройствах, содержащих наноматериалы (например, сложные фуллерены).

Применение композитных материалов является перспективным направлением в судостроении — особенно при создании высокоскоростных, пассажирских и рыболовных судов. Главные качества композитов: износостойкость и устойчивость к воздействию агрессивных сред. Малая

плотность позволяет изготавливать легкие конструкции. Это повышает безопасность и экономичность судов.

Лакокрасочные материалы, в составе есть наноструктуры называют нанолакокрасочными (НЛКМ). НЛКМ готовят двумя путями: введением наночастиц или синтезом наночастиц в ЛКМ. При приготовлении первым способом возникают затруднения:

- равномерное распределение наночастиц в ЛКМ возможно лишь ультразвуком;
- сложность сохранения размеров наночастиц, поскольку из-за высокой поверхностной энергии они интенсивно агрегируются;
- высокая стоимость, обусловленная большими энергозатратами на получение наночастиц.

Второй способ получения НЛКМ - "золь-гель технология" – не имеет этих недостатков. Синтез наночастиц осуществляется в ЛКМ путем превращения молекул веществ, называемых прекурсорами и вводимых в ЛКМ, сначала в "золь", а затем в "гель" (студнеобразное тело). Наночастицы дешевле тех, которые получают измельчением твердых тел. Эта технология проста и экологически безопасна.

Вывод: НЛКМ можно использовать в судостроении для устранения пылимости меловых побелок, повышения их водостойкости, можно снижать вязкость олиф и красок, заменяя пожароопасные растворители, повышая прочность и теплостойкость конструкций.

Наночастицы содержат минералы асбест и бентонитовые глины. Этим объясняются высокие эксплуатационные свойства плоских листов, труб, тормозных дисков. Введение таких глин в полимеры придает им огнестойкость.

Уникальным природным минералом, содержащим наночастицы-фуллерены, является шунгит (обнаружен вблизи с. Шуньга в Карелии). Наша страна - владелица единственного в мире месторождения шунгита, ресурс оценивается в миллиард тонн. Шунгит внесен в разработки крупнейших мировых исследовательских центров. Шунгитовый углерод обладает аморфной структурой, на его поверхности адсорбируются вредные вещества [5].

Основу шунгитового углерода представляет глобула размером около 10 нм. Структура обладает сорбционными и каталитическими свойствами. Основные минералы, входящие в состав шунгита:

- углерод – 30 %;
- кварц – 45%;
- сложные силикаты (слюды, хлориды) – 20%;
- сульфиты и оксиды– 5%.

ЛКМ, в состав которых введен шунгит, становятся НЛКМ. В России производства таких НЛКМ нет. НЛКМ вырабатывают электрический ток, как солнечные батареи и излучают белый свет подобно светодиодам, питаясь при этом током, который они сами вырабатывают. НЛКМ образуют пьезоэлектрические покрытия, которые контролируют усталость материалов.

Вывод: шунгит обладает сорбционными, каталитическими и бактерицидными свойствами и высокой механической прочностью (800—1200 кг/см²), малой истираемостью. Из графитовых нанотрубок, толщиной в несколько атомов можно изготовить непробиваемую броню, несгораемые корпуса кораблей, канаты, доставляющее грузы на корабль.

Применение шунгита возможно в строительстве. Шунгитовая краска нетоксична, экологически и пожаробезопасна, при нагреве не выделяет вредных веществ, при попадании на кожу человека легко смывается водой, не дает побочных эффектов. При неоднократных циклах замораживания и оттаивания сохраняет свойства. На основе шунгита созданы нагреватели малой удельной мощности (от 100 до 1000 Вт/м²), надежные за счет малых нагрузок на единицу площади, не создающие участков перегрева [4]. Это обогреваемые участки дорог, теплые полы помещений и др. Стены из шунгита поглощают неприятные запахи. В машиностроении применяются композиты: электропроводные краски и материалы-нагреватели. Шунгитовые материалы ослабляют электромагнитную энергию в диапазоне более 100 МГц.

Используют шунгит в фильтрах воды, при этом улучшаются её свойства: запах, цветность, прозрачность. В частности, в Москве построены шунгитовые фильтры по очистке стоков с МКАД.

Вывод: применение шунгита в создании композиционных материалов гарантирует экономическую и экологическую эффективность в сфере судостроения. По сравнению с металлами шунгит обладает экологическими преимуществами, так как не искажают магнитное поле Земли и исключают возможность возникновения напряжений за счет резонансных явлений. Шунгитовые радиоэкраны можно использовать в каютах корабля [4].

В судостроении используется нанотехнология, благодаря которой на поверхности покрываемого объекта создается барьер воздуха. Он полностью отражает воду, густые масла, краски, оставляя поверхность при этом сухой и без бактерий. Этой краской можно покрывать для защиты от воздействия воды и масел пластик, стекло, ткани, металл и т.д.

Полупроводниковые наночастицы - это частицы диоксида титана, покрытые слоем сульфида или селенида кадмия. Из них изготавливают нанокраску, способную генерировать электричество под действием света. КПД преобразования солнечной энергии такой нанокраской составляет 1%, что намного меньше, чем в традиционных кремниевых панелях (10–15%). Достоинства: малая стоимость нанокраски и возможность покрывать ею большие площади поверхности.

Чтобы днище не обрастало ракушечником, применяют нанокраски на судах, развивающих скорость до 40 узлов. Нанокраски Seajet против обрастания водорослями и ракушками экологичны. Срок службы 3 года.

Известно, что здание Пекинского театра в Китае построено с использованием нанотехнологии «Эффект лотоса». Нанопокрывание купола не подвержено загрязнению. Капли воды и грязи скатываются с него. При повреждении покрытия нанокраска способна восстанавливать свою структуру [5]. Нанопокрывания, нанесенные на окна домов, позволяют освещать внутренние помещения, сокращая расходы на электроэнергию. Низкая себестоимость в

несколько раз меньше, чем у солнечных батарей. Нанокраски применяются для стен, легко наносятся на материал, не имеют запаха, влагоустойчивы и гигиеничны. Краска является защитой от влажности и ее воздействий.

Вывод: экологически безопасные нанокраски New Nanotex (водоотталкивающая) и New Nanoson (огнезащитная) могут использоваться в судостроении и судоремонте. Нанокраски, блокирующие беспроводные сигналы, могут использоваться в интерьерном дизайне судов. Нанокраски Seajet 033 SHOGUN, 034 EMPEROR и 039 PLATINUM - самополирующиеся средства для защиты от обрастания ракушками и водорослями. Взаимодействуя с морской водой, обеспечивают оптимальные характеристики в течение мореходного сезона [7].

Противокоррозионные покрытия судов ледового плавания должны противостоять абразивному действию льда, зависящему от шероховатости корпуса, характеристик льда, скорости движения, давления, температуры, влажности, наличия снега. Этим требованиям удовлетворяет покрытие "Инерта 160". При использовании покрытия расход топлива при ходе во льдах снижается до 18%, на чистой воде - до 6%.

ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО РЕЗУЛЬТАТЫ

Окрасочные работы судна включают в себя подготовку поверхности, грунтовку, шпатлевку и окраску, от которых зависят стойкость и защитные качества лакокрасочного покрытия. Покрытия должны быть негорючими, обладать стойкостью против воздействия моющих веществ. Для защитного покрытия подводной части корпуса судна применяются лакокрасочные материалы трех типов: антикоррозионного, противообрастающего и для переменной ватерлинии. В зависимости от растворителя материалы бывают: масляные, битумные, хлоркаучуковые, виниловые, акриловые, эпоксидные, неорганические [7].

Изготовление гидрофобного покрытия. Проведение экспериментов.

Опыт № 1.

- Берем 1 часть парафина (можно взять парафиновую свечу) на 20 частей уайт-спирита;
- парафин при измельчаем в крошку для лучшего растворения в растворителе;
- тщательно размешиваем состав до однородности;
- готовую смесь наносим на чистое стекло;
- через некоторое время уайт-спирит полностью улетучится, после этого обработанную поверхность полируем бумажными салфетками.

Опыт № 2

Настоящий шунгит можно отличить от подделки благодаря электропроводимости. Возьмём батарейку, лампочку от карманного фонаря и два провода. Соединим последовательно лампочку и батарейку и замкнём двумя проводами на кусочек шунгита – лампочка загорится. Наш первый опыт получения нанопокрытий из шунгита будет представлен в этом учебном году.

Опыт № 3

Изготовление гидрофобного покрытия с добавлением шунгита.

Состав:

1 часть цемента, 3-5 части песка, 1 часть известкового теста и воды. Нужно известковое тесто залить водой, пока его консистенция не будет жидкой, после чего изготовить цементно-песчаную смесь, и перемешать полученные компоненты.

Известковое тесто: негашенная известь, вода в соотношении 1:3. Производится заливка извести при помощи подогретой воды, при первых признаках химической реакции, следует опять добавить воду и всё перемешать. После выполнения указанных действий, смесь закрывается и оставляется на 24 часа. По истечении указанного срока, смесь готова к применению.

Расчет количества красок и грунтов

Чтобы рассчитать количество краски, надо посчитать площадь подводной и надводной поверхности, палубы и надстроек. После этого окрашиваемой поверхности, посчитать, сколько краски или грунта понадобится для окрашивания.

Для расчета необходимо знать площадь окрашиваемой поверхности (рассчитывается по формуле, см. Приложение 1, таблица) и укрывистость грунтов и красок.

Основные этапы изготовления нанокраски

Гидрофобное покрытие не будет долго защищать поверхности, и придется через время повторить процесс. Технологический цикл изготовления гидрофобного покрытия (наноматериал) представлен в Приложении 2. Каждый вид бесконтактного с водой слоя предназначен для определенной поверхности. Например, можно добавлять этот наноматериал в цементный раствор, что значительно увеличивает износостойкость, прочность и улучшает его качества.

Выводы:

1. поверхность, обработанная гидрофобизатором, останется сухой под воздействие воды;
2. бетон и дерево нуждается в нанозащите для увеличения срока службы;
3. предметы, обработанные гидрофобным покрытием намного прочнее;
4. не перекрывается доступ воздуха, что позволяет сохранять тепло.

Гидрофобное покрытие — это эффект несмачивания влагой поверхности, на которую оно наносится: кирпич, бетон, стекло, камень и т.д. Благодаря ему обработанная поверхность более устойчива к коррозионным процессам или воздействиям низких температур.

Гидрофобное покрытие защищает поверхность от разрушительного воздействия влаги. Оно имеет наполнитель, который, взаимодействуя с поверхностью, образует тонкий слой - пленку. Именно она и препятствует проникновению влаги сквозь себя, создавая антикоррозийный барьер. Гидрофобное покрытие способно проникать глубоко в поры поверхности, создавая при этом путем кристаллизации тонкий невидимый слой.

Этим покрытием можно обрабатывать тканевые элементы, металл, стекло, даже при неблагоприятных погодных условиях продлевая их срок службы.

Защитить металл от коррозии можно с помощью нанотехнологий. Необходимо защищать изделия от коррозии уже на выходе с конвейера,

покрывая их графеновыми пленками снаружи и изнутри с помощью специального механизма. Мы планируем изготовить нанокраску из шунгита и провести эксперименты по покрытию макета судна и исследовать свойства данного покрытия.

Заключение

В работе теоретически исследованы композитные материалы нового поколения и виды НЛКМ. Изучив свойства нанокрасок (водоотталкивающее и огнезащитное), сделан вывод о возможности использования красок New Nanotex и New Nanoson в интерьерном дизайне кораблей.

В результате исследования выяснилось, что для изготовления структур нанометрового масштаба можно использовать фуллереносодержащий минерал шунгит, размеры элементов которого имеют порядок 100 нм и менее.

Практически исследованы возможности получения гидрофобного покрытия. Доказано: гидрофобное покрытие хорошо справляется с повышенной влажностью. *Цель работы достигнута.* Мы выяснили, как можно применить наноматериалы в судостроении. Разработан технологический цикл производства гидрофобного покрытия и изготовления нанокраски из шунгита для предупреждения коррозии на корпусе корабля.

Гипотеза оказалась верна: покрытие из природного фуллереносодержащего минерала шунгита можно применить для антикоррозийной защиты корпуса корабля.

Главные преимущества альтернативных нанопокровтий заключаются в скорости, дешевизне и в доступности метода. Для того, что бы судостроение в России опять стало занимать высокую позицию в мире, надо применять нанотехнологии, в частности, нанопокровтия корпусов кораблей. Это увеличит срок эксплуатации, даст экономическую и экологическую эффективность.

Поэтому **в перспективе** мы планируем изготовить нанокраску из шунгита и провести эксперименты по изучению его свойств. Также мы планируем провести эксперименты по применению нанопокровтия на материалах обшивки

и корпусов подводных лодок и кораблей на модели судна. Проведем расчет количества красок и грунтов для покрытия поверхности судна.

Можно создать солнечные батареи методом муаровой нанолитографии. Такие краски убивают болезнетворные бактерии, вирусы, грибки. Их можно использовать для блокировки беспроводных сигналов на судне, включая радиочастотный диапазон мобильных и Wi-Fi сетей. Это значит, что внутри помещения, окрашенного такой краской, мобильный телефон работать не будет.

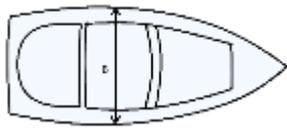
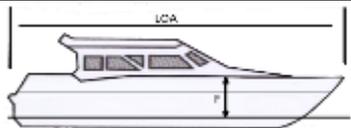
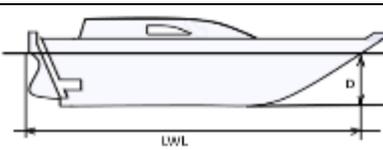
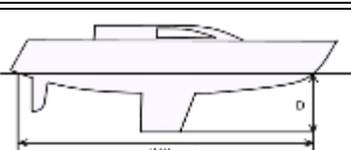
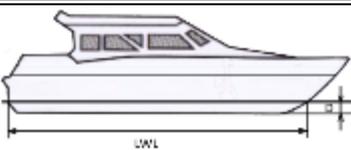
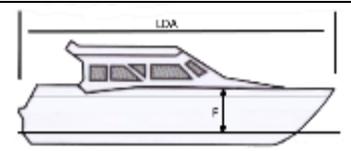
Ожидаемые результаты

Результаты работы могут быть использованы в судостроении и судоремонте (в Мурманской области на судоремонтных заводах «Нерпа», 10 СРЗ и 35 СРЗ АО "ЦС "Звездочка"). Задача освоения Арктики будет решена с применением лучших мировых достижений.

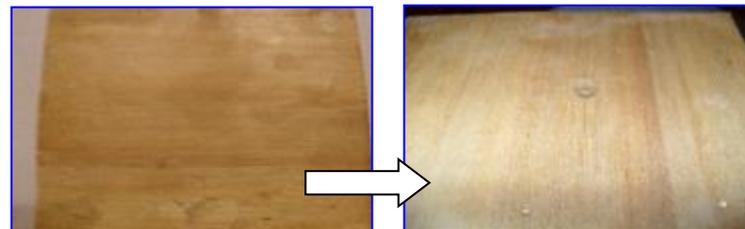
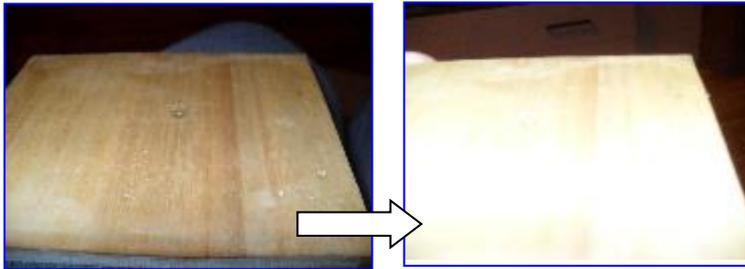
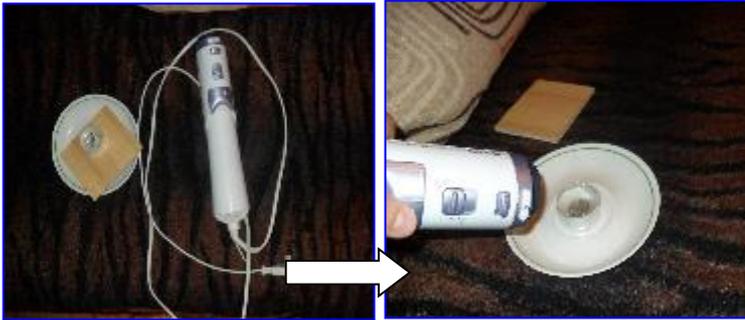
Приложения

Таблица 1

Расчет площади поверхности, площадь палубы и надстроек

Площадь поверхности палубы		$LOA * B * 0.75 =$ ПЛОЩАДЬ ПАЛУБЫ	Условные обозначения: LWL - длина по ватерлинии LOA - габаритная длина B - траверз (максимальная ширина) D - осадка (до основания килля) F - высота надводного борта (от ватерлинии до планширя)
Площадь поверхности надстройки		$(LOA + B) * (F * 2) =$ ПЛОЩАДЬ НАДСТРОЙКИ	
Площадь подводной поверхности парусного судна (широкий киль)		$LWL * (B + D) * 0.75 =$ ПЛОЩАДЬ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ КОРПУСА	
Площадь подводной поверхности парусного судна (плавниковый киль)		$LWL * (B + D) * 0.50 =$ ПЛОЩАДЬ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ КОРПУСА	
Площадь подводной поверхности катера		$LWL * (B + D) * 0.85 =$ ПЛОЩАДЬ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ КОРПУСА	
Площадь надводного борта		$(LOA + B) * (F + 2) =$ ПЛОЩАДЬ НАДВОДНОГО КОРПУСА	

Технологический цикл изготовления гидрофобного покрытия



Гидрофобность – это физико-химическое свойство, при котором твердая поверхность имеет угол смачивания жидкостью $\theta > 90^\circ$ (θ – краевой угол смачивания жидкостью поверхности твердого тела). При обволакивании волокон гидрофобной пленкой вода не проникает внутрь ткани и придает поверхностям водоотталкивающие свойства.

При покрытии нитей гидрофобной пленкой, жидкость не проходит через материал, а или беспрепятственно стекает, или разделяется на мелкие капли, остающиеся на плоскости и не смачивающие его.

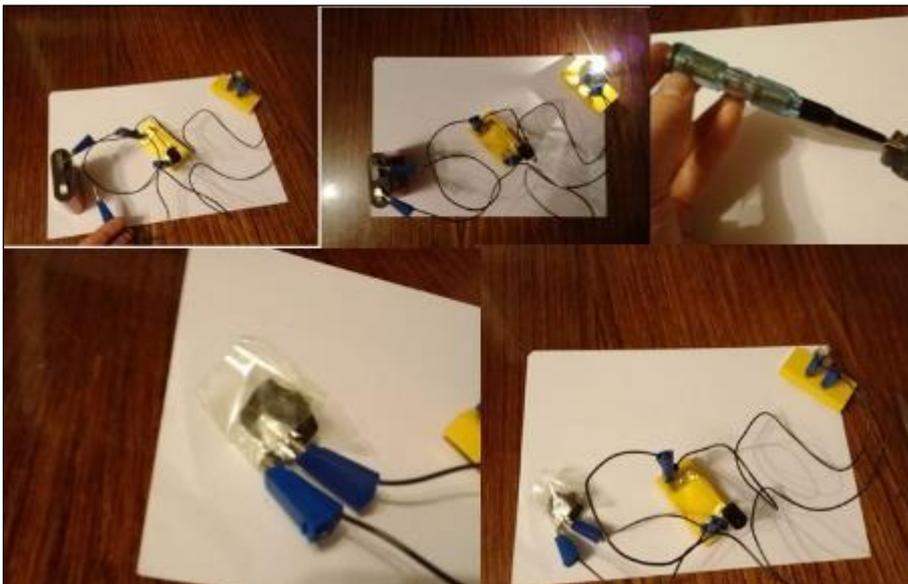


Рис.2. Проверка шунгита на электропроводность

Список литературы

1. Государственная программа РФ «Развитие судостроения на 2013 - 2030 годы».
2. Сайт СХЕМА [электронный ресурс] — URL: <http://www.shema.ru/news/view/541/>(дата обращения: 21.09.2019).
3. Портал БЕТОН.РУ компания ООО "Альфа-Пол" (г. Санкт-Петербург) [электронный ресурс] — URL: <http://yun.moluch.ru/archive/10/681/>(дата обращения: 21.09.2019).
4. Шунгит-природный нанотехнологический материал [электронный ресурс] — URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2008/shungit-prirodnyi-nanotekhnologicheskii-material>(дата обращения: 21.09.2019).
5. Озерянский В.А., Клецкий М.Е., Буров О.Н. Познаём наномир. Простые эксперименты — Бином. Лаборатория знаний, 2012.
6. Гидрофобное покрытие [электронный ресурс] — URL: <http://fb.ru/article/164490/gidrofobnoe-pokryitie-svoimi-rukami> (дата обращения: 21.09.2019).
7. Инфоурок [электронный ресурс] — URL: <https://infourok.ru/prezentaciya-k-uroku-mashinostroenie-1062931.html> (дата обращения: 21.09.2019).
8. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю.Д. Третьякова. — М. : Физматлит, 2009.
9. Николаев С. Вещество, которое изменит мир. С. Николаев. // Юный техник 2015. № 10. С. 22–27.
10. Рябинин Л. С., Маюров С. Г. Нанотехнологии на защите металлов от коррозии // Юный ученый. — 2017. — №1. — С. 84-88.