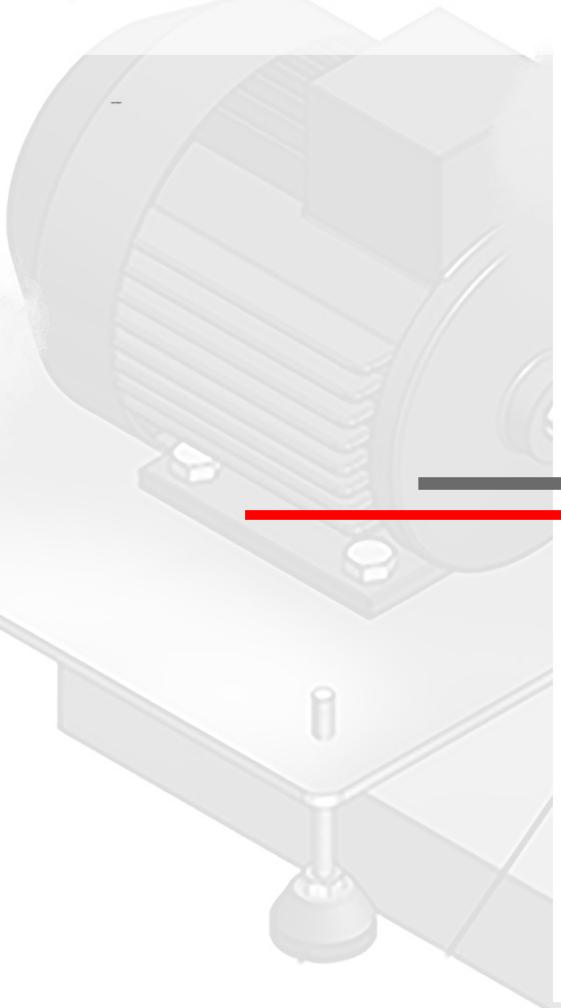


1



## СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРИ ТРЕНИИ О НЕЖЕСТКО ЗАКРЕПЛЕННЫЕ ЧАСТИЦЫ

1

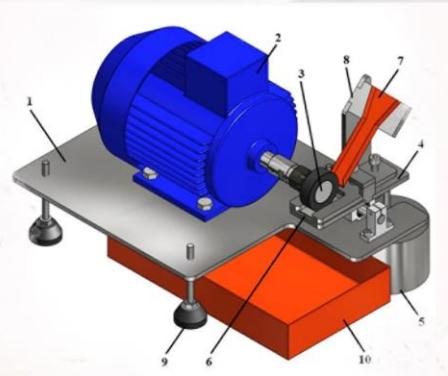


Рис. 1а. Стенд для испытания материалов на износостойкость (CAD модель)

1 – основание; 2 – электродвигатель;  
3 – ролик; 4 – образцодержатель;  
5 – груз; 6 – образец;  
7 – направляющий лоток для абразивных частиц;  
8 – кронштейн лотка; 9 – опора;  
10 – поддон для отработанных абразивных частиц.



Рис. 1б. Стенд для испытания материалов на износостойкость, изготовленный на кафедре СМ12

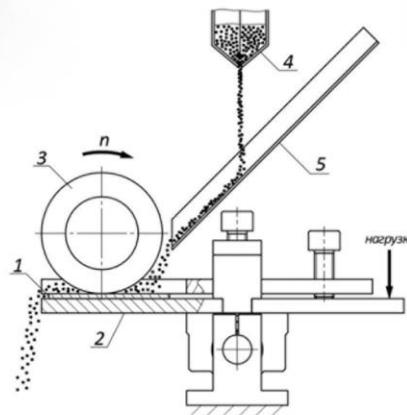


Рис. 2. Схема стенда для испытания материалов на износостойкость  
1 – образец; 2 – образцодержатель;  
3 – ролик; 4 – дозатор абразивных частиц;  
5 – направляющий лоток

1

Испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы (по ГОСТ 23.208-79) проводят на стенде (рис. 1а, 1б, 2), содержащем электродвигатель, обеспечивающий вращение вокруг горизонтальной оси резинового ролика диаметром 50 мм, образцодержатель с рычагом, прижимающий образец к ролику а также устройство, дозирующее подачу абразивных частиц в зону трения по направляющему лотку.

Управление количеством оборотов двигателя происходит с помощью преобразователя частоты. Сущность данного метода испытаний состоит в том, что при одинаковых условиях производят трение образцов исследуемого и эталонного материалов об абразивные частицы, подаваемые в зону трения и прижимаемые к образцу вращающимся резиновым роликом, измеряют износ образцов испытуемого и эталонного материалов. Износостойкость испытуемого материала оценивают путем сравнения его износа с износом эталонного образца.

## УСТАНОВКА ДЛЯ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

2

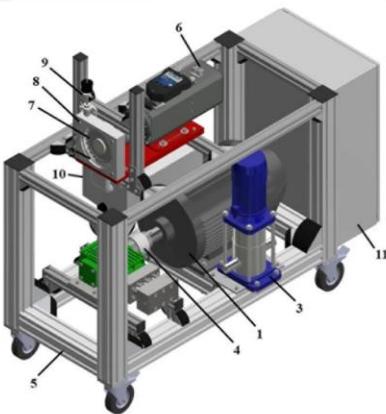


Рис. 3а. Установка для диспергирования (CAD модель)

- 1 – электродвигатель;
- 2 – плунжерный насос;
- 3 – центробежный насос;
- 4 – зубчатая муфта;
- 5 – рама;
- 6 – шпиндельный двигатель;
- 7 – фреза с твердосплавными пластинами (мишень);
- 8 – корпус мишени;
- 9 – гидроструйная головка;
- 10 – бак для готовой суспензии;
- 11 – электротехнический шкаф.



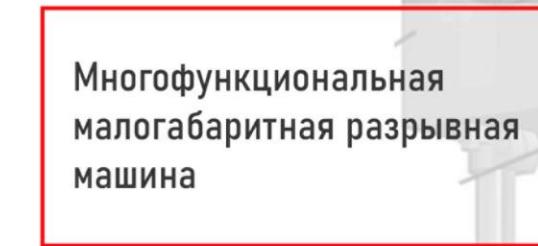
Рис. 3б. Установка для диспергирования, изготовленная на кафедре СМ12

Одним из способов повышения эксплуатационных характеристик композиционных материалов (КМ), является модификация матрицы КМ углеродными нанотрубками (УНТ). Однако УНТ склонны к образованию агломератов, что снижает эффективность их использования. В связи с этим, необходимо тщательное диспергирование УНТ, которое производится в жидкой среде. Существующие методы диспергирования (ультразвуковой, механический) обладают, в первую очередь, недостаточной степенью диспергации, а также низкой производительностью. Одним из перспективных методов является ультраструктурное диспергирование, производящееся посредством использования струи высокого давления (400 МПа), которая ударяется о неподвижную мишень. Недостаток метода – высокая стоимость оборудования. С целью снижения стоимости была разработана установка с меньшим давлением (200 МПа) и подвижной мишенью.

Установка (Рис. 3а, 3б) состоит из двух частей: насосной станции и диспергирующего модуля. Насосная станция представляет собой плунжерный насос КАМАТ К-108 2 с максимальным давлением 2000 атмосфер, который приводится в действие с помощью электродвигателя 5АИ160М6 1, мощностью 15 кВт посредством зубчатой муфты 4. Значение входного давления плунжерного насоса должно равняться 4...8 атмосферам. Для достижения этого значения установлен бустерный центробежный насос АЦМС Н 4001-02 3. Насосная станция закреплена на сборной раме 5 из алюминиевого профиля в нижней ее части. Рама установки выполнена таким образом, чтобы в верхней ее части имелась возможность установить любое устройство, которое использует в своей работе струю высокого давления. В данном случае там закреплено устройство для диспергирования наносуспензий. Оно состоит из шпиндельного двигателя НИТЕКО QE-2 13/12 24 63F NC CB 6, мощностью 15 кВт, на валу которого посредством цангового зажима установлена дисковая фреза 7 с твердосплавными пластинами. Фреза находится в корпусе 8 с входным отверстием, через которое подается гидроструя высокого давления, содержащая материал для диспергирования. Гидроструя поступает от насосной станции посредством трубопровода в гидроструйную смесительную головку 9, куда также производится подача углеродных нанотрубок. Смесительная головка закреплена над корпусом мишени с помощью кронштейна. В нижней части корпуса находится выходное отверстие, через которое отработанная жидкость стекает в бак для готовой суспензии 10. Управление двигателями насосов и электрошпинделем производится при помощи преобразователей частоты, расположенных в электротехническом шкафу 11.

Установка для диспергирования была представлена на XV Всероссийской инновационной молодежной научно-инженерной выставке «Политехника» (2020 г.).

3



Многофункциональная  
малогабаритная разрывная  
машина

3

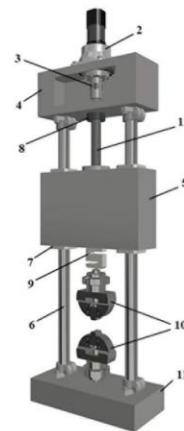


Рис. 4а. Многофункциональная  
малогабаритная разрывная машина  
(CAD модель)

- 1 - шарико-винтовая передача;
- 2 - привод;
- 3 - муфта; 4 - кронштейн;
- 5 - траверса;
- 6 - направляющая;
- 7 - линейный подшипник;
- 8 - опора ШВП; 9 - тензодатчик;
- 10 - захваты; 11 - опорная плита.



Рис. 4б. Многофункциональная  
малогабаритная разрывная машина,  
изготовленная на кафедре СМ12

4

## Машина трения



3

Исходя из небольшого (10 кН) развивающегося данной разрывной машиной (Рис. 4а, 4б) усилия, условий эксплуатации во влажной среде и в целях экономии средств создание основной нагрузки выполняется одним винтом шарико-винтовой передачи (ШВП).  
1. Привод 2 машины состоит из серводвигателя с волновым редуктором, который располагается на кронштейне 4 в верхней части конструкции. Крутящий момент от двигателя на винт передается с помощью муфты 3. Винт ШВП устанавливается по одноопорной схеме в силу своей малой длины, фиксирующая опора 8 располагается со стороны муфты также в верхней части машины. Подвижная траверса 5 имеет коробчатую конструкцию и полностью «прятает» в себе винт при максимальном поднятии.

Перемещение траверсы осуществляется по двум цилиндрическим направляющим 6 посредством двух пар линейных шариковых подшипников 7. Прикладываемое к испытываемому образцу усилие регистрируется тензодатчиком 9, установленным на траверсе. Захваты 10 образца для испытаний с клиновидными губками имеют простую конструкцию и малые габариты, но в то же время сохраняют за собой высокие свойства надежности и функциональности. Опорная плита 11, на которой смонтированы направляющие колонны, также выполнена в виде коробчатой конструкции. При необходимости машина может быть без особых усилий и затрат снабжена комплектом гофрозащиты направляющих и винта от влаги и использована в экспериментах по ультраструктурной диагностике материалов, что является важной особенностью данного изделия. Разрывная машина была представлена на XIV Всероссийской инновационной молодежной научно-инженерной выставке «Политехника» (2019 г.) а также на XLVI Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения» (2020 г.).



Рис. 5. Машина трения

- 1 – электродвигатель;
- 2 – станина;
- 3 – блок управления двигателем;
- 4 – линейный привод с маховиком;
- 5 – тензобалка;
- 6 – линейный подшипник;
- 7 – цилиндрический вал линейной направляющей;
- 8 – вращающийся столик с образцом.

Машина трения предназначена для испытаний на трение и изнашивание металлических и неметаллических материалов в условиях сухого трения и применения различных смазочных материалов (масла и пластичные смазки).

Кинематическая схема трения представляет собой взаимодействие вращающегося диска с индентором (торец цилиндра или шаровой индентов).

Момент трения регистрируется тензодатчиком с передачей полученного сигнала в ЭВМ.

Машина трения (рис. 5) представляет собой рамную конструкцию, на которую установлен электродвигатель, момент от которого передается на вращающийся столик с установленным на него образцом. Угловая скорость вращения образца изменяется блоком управления двигателем путем вращения регулировочного потенциометра или с ЭВМ. Система нагружения образца представляет собой индентор, закрепленный в цилиндрическом вале линейной направляющей, которая в свою очередь соединена с тензобалкой. Эксцентриситет (радиус окружности, по которой происходит трение) изменяется при помощи регулировочного маховика линейного привода.

## Усталостная машина

5

Усталостная машина предназначена для испытания на усталостную прочность при симметричном изгибе

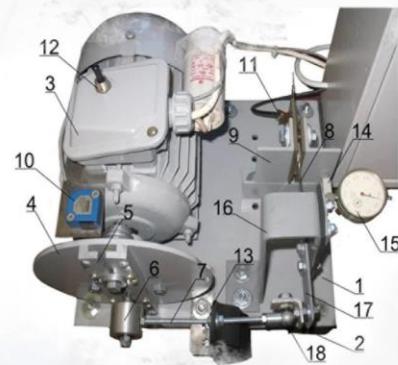


Рис. 6. Исполнительный механизм усталостной машины

- 1 - основание;
- 2 - виброгасящие ножки;
- 3 - электродвигатель;
- 4 - маховик;
- 5 - Т-образный паз маховика;
- 6 - кривошип;
- 7 - приводной шток;
- 8 - испытуемый образец;
- 9 - устройство крепления образца;
- 10 - оптический датчик;
- 11 - предохранительный проводник;
- 12 - выключатель безопасности;
- 13 - предохранительная опора;
- 14 - опора крепления индикатора часового типа;
- 15 - индикатор часового типа;
- 16 - опора приводной пластины;
- 17 - приводная пластина;
- 18 - наконечник приводного штока.

### Принцип действия

Испытуемый образец 8 крепится в держателе 9, затем к его свободному концу крепится приводная пластина 17, соединенная с наконечником приводного штока 18. Далее осуществляется регулировка устройства с целью соблюдения требуемых напряжений изгиба. Необходимые напряжения устанавливаются при помощи изменения величины прогиба пластины в крайнем положении. Эта величина регулируется путем перемещения регулировочного винта кривошипа 6 в Т-образном пазе рис. 7. Требуемая величина прогиба контролируется по индикатору часового типа 15, установленному в штативе (опоре крепления) 14. После того, как требуемая величина прогиба выставлена и проконтролирована, индикатор снимается во избежание его повреждения при работе усталостной машины.

## 5

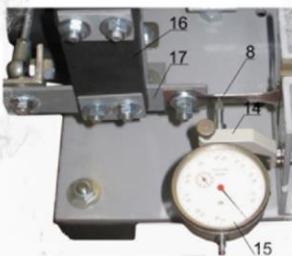


Рис. 7. Механизм передачи изгибающего усилия образцу  
 8 – испытываемый образец;  
 14 – опора крепления индикатора часового типа;  
 15 – индикатор часового типа;  
 16 – опора приводной пластины;  
 17 – приводная пластина.

Усталостная машина состоит из: стального основания 1, с четырьмя резиновыми ножками 2 для снижения вибрации. На основании закреплен асинхронный электродвигатель 3, на валу которого при помощи шпонки и стопорного винта крепится маховик 4. Маховик имеет Т-образный паз 5, по которому может перемещаться и фиксироваться кривошип 6 приводного штока 7. Приводной шток крепится через наконечник 18 при помощи болтового соединения к концу приводной пластины 17, которая передает усилие свободному концу образца 8, в свою очередь, закрепленному в держателе 9. Фиксация оборотов маховика осуществляется при помощи оптического датчика 10. Для предотвращения повреждения усталостной машины в случае поломки образца предусмотрен защитный проводник 11, соединенный через испытуемый образец с катушкой пускателя. В случае поломки образца происходит размыкание цепи питания катушки и напряжение с двигателя мгновенно снимается, однако, маховик продолжает вращаться по инерции еще несколько оборотов. Во избежание повреждения приводного штока в случае поломки образца, он имеет предохранительную опору 13, которая поддерживает шток даже при отсутствии образца и опору приводной пластины 16. Во избежание случайного включения машины при ее настройке или обслуживании предусмотрен выключатель безопасности 12, который включен в сеть питания двигателя.

Прогиб образца устанавливается по индикатору часового типа ИЧ-5 (15), установленному на опоре крепления 14. Наконечник приводного штока представляет собой шаровую опору, обладающую 3-мя степенями свободы в пределах нормальной работы машины. В силу своего конструктивного исполнения наконечник препятствует возникновению дополнительного скручивающего момента, действующего на образец, за счет чего достигается максимальное приближение к нагружению в условиях прямого чистого изгиба. Блок управления усталостной машиной представляет собой отдельный щит. На лицевой панели блока управления расположены: кнопки «СТАРТ», «СТОП», «СБРОС», «БЛОКИРОВКА СБРОСА» автоматический выключатель питания, панель счетчика импульсов.

## 5



Органы управления

Рис. 8. Пульт управления усталостной машиной

Число требуемых циклов нагружения программируется на счетчике импульсов СИ8 (рис. 8). После установки требуемого числа циклов нагружения и сохранения его в энергонезависимой памяти прибора на панели индикатора загорается число, соответствующее установленному объему испытаний. И загорается красный индикатор K1, свидетельствующий о подаче напряжения на цепи старта испытаний. При последующем нажатии на кнопку «ПУСК» осуществляется запуск двигателя. При нажатии на кнопку «СТОП» происходит размыкание цепи питания двигателя и он останавливается. Для дальнейшей работы необходимо нажать кнопку «ПУСК». На панели также имеется кнопка «СБРОС» и кнопка «БЛОКИРОВКА СБРОСА». При одновременном нажатии на кнопки «СБРОС» и «БЛОКИРОВКА СБРОСА» происходит установка запрограммированного показания счетчика циклов и обнуление счетчика времени. Программирование счетчика импульсов осуществляется при нажатии кнопки «ПРОГ.» и кнопок «>>», «<<». При нажатии кнопки «>>» в режиме «работа» на индикаторе будет отображаться текущая частота циклов в Гц. При нажатии на кнопку «<<» на индикаторе будет отображаться время наработки в формате ЧЧ:ММ с момента последнего сброса.

#### Индикаторы

При подаче питания на устройство и включенном автоматическом выключателе горит красный индикатор «СЕТЬ». При готовности блока управления загорается красный индикатор K1 на блоке управления и осуществляется подача напряжения питания на рабочие цепи, загорается красный индикатор «РАБОТА». При нажатии на кнопку «ПУСК» красный индикатор «РАБОТА» сменяется зеленым «РАБОТА», напряжение подается на двигатель. При нажатии на кнопку «СТОП» в режиме «РАБОТА» зеленый индикатор «РАБОТА» сменяет красный индикатор «РАБОТА» и отключается питание двигателя, но цепи управления по-прежнему остаются запитанными (режим «ГОТОВ»). При отключении устройства от сети последнее значение количества циклов и времени наработки сохраняются в энергонезависимой памяти счетчика импульсов.