

# СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗНОСОУСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

**И. Н. Дембовский, А. Д. Богдан**

*Белорусский государственный университет, г. Минск;  
igordembovskii@mail.ru, bohdanalenad@gmail.com;  
науч. рук. – А. В. Богданович, д-р техн. наук, проф.*

В рамках задания 35 ГНТП «Эталоны и научные приборы» на 2016–2018 гг. в БГУ разработано новое оборудование для износоусталостных испытаний – персональный испытательный центр, который предназначен для проведения экспериментальных исследований характеристик сопротивления усталости и износостойкости, в том числе при комплексном нагружении, в учебных и исследовательских лабораториях учреждений высшего образования (научный руководитель задания – М. А. Журавков). Персональный испытательный центр имеет компактные размеры, малый вес и позволяет проводить основные типы износоусталостных испытаний, обеспечивает с высокой точностью регистрацию и обработку данных, получаемых в ходе эксперимента, на основе современных методов измерения и анализа.

**Ключевые слова:** персональный испытательный центр; износоусталостные испытания; характеристики сопротивления износоусталостным повреждениям; программное обеспечение.

## ПЕРСОНАЛЬНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

В лабораторных условиях сопротивление износоусталостным повреждениям изучают, как правило, при испытании малоразмерных моделей силовых систем. Такие испытания проводят на оригинальных машинах для износоусталостных испытаний. В результате испытаний определяют количественные характеристики сопротивления износоусталостным повреждениям [1].

На базе ряда изобретений созданы и по заказам потребителей разработаны (ООО «НПО ТРИБОФАТИКА», ОАО «Гомсельмаш») следующие машины для износоусталостных испытаний: машина СИ-01 (испытания на фрикционно-механическую усталость); машина СИ-02 (испытания на контактно-механическую усталость); полнокомплектная машина СИ-03 (испытания на фрикционно-механическую и контактно-механическую усталость); испытательный центр SZ-01 (установлен в лаборатории прикладной механики БГУ) [2].

В рамках задания 35 ГНТП «Эталоны и научные приборы» на 2016–2018 гг. в БГУ разработан персональный испытательный центр (далее – центр, рис. 1), который предназначен для проведения экспериментального определения характеристик сопротивления износоусталостным по-

вреждениям и исследования закономерностей таких повреждений в учебных и исследовательских лабораториях учреждений высшего образования (научный руководитель задания – М.А. Журавков).

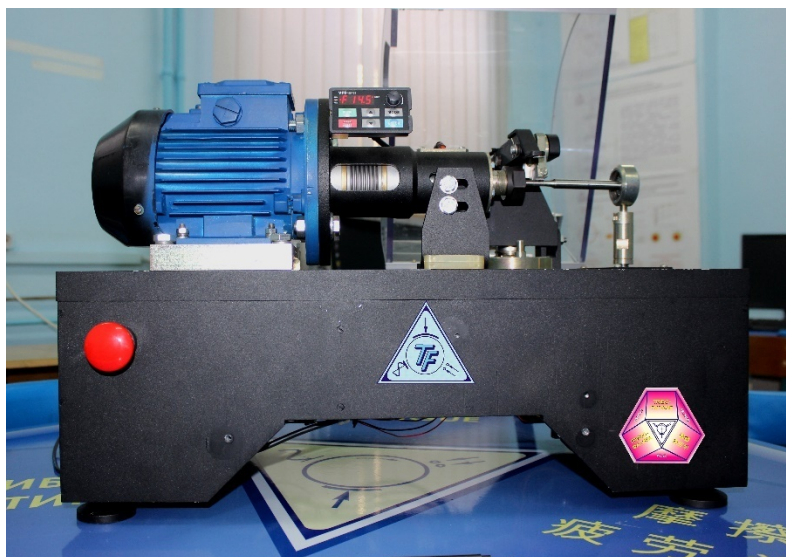


Рис. 1. Персональный испытательный центр: общий вид

При разработке центра были поставлены следующие задачи:

- Конструкция центра должна иметь настольное исполнение с соответствующей миниатюризацией размеров и минимизацией веса, обеспечивать удобство установки и съема образцов, защиту оператора от возможных разрушений испытуемых элементов, свободный доступ к местам, подлежащим техническому обслуживанию, а также замену вышедших из строя частей без существенной разборки и доработки центра.

- Центр должен быть спроектирован по модульному принципу с возможностью трансформации в специализированные испытательные установки для отдельных видов испытаний (в зависимости от набора используемых модулей).

- Аппаратный комплекс информационно-управляющей системы базируется на IBM-совместимом персональном или промышленном компьютере.

Созданный в соответствии с этими требованиями центр получился компактным и сравнительно легким при сохранении функционала испытательных машин серии СИ и SZ-01. Достичь этого удалось в том числе благодаря новой системе нагружения с использованием эксцентриковых механизмов и легкому цельному корпусу из алюминиевого сплава. Также была реализована новая система закрепления образцов, имеющих цилиндрическую посадочную поверхность в шпинделе, что значительно снижает трудоемкость их изготовления. Центр служит для реализации

всех стандартных методов износоусталостных испытаний – на механическую, контактную, контактно-механическую, фрикционную и фрикционно-механическую усталость. Все испытания проводятся при частоте 3000 об/мин.

Схема испытаний на контактно-механическую усталость приведена на рис. 2, а. Реализуется 2 метода испытаний (без проскальзывания):

1. Метод испытаний в условиях реализации прямого эффекта. Изгибающая нагрузка ступенчато изменяется в широком диапазоне до усталостного разрушения образца. Контактная нагрузка постоянна.

2. Метод испытаний в условиях реализации обратного эффекта. Контактная нагрузка ступенчато изменяется в широком диапазоне. Изгибающая нагрузка постоянна.

Контактная и изгибающая нагрузки могут задаваться как ступенчатым изменением на заданную величину в зависимости от числа циклов, так и в виде повторяющихся блоков. В частном случае, если изгибающая нагрузка не прикладывается, то реализуется испытание на контактную усталость, если контактная нагрузка не прикладывается, то реализуется испытание на механическую усталость.

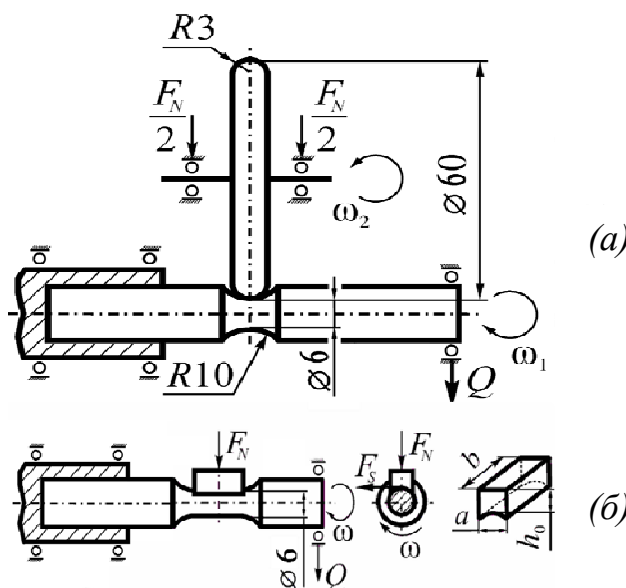


Рис. 2. Схема износоусталостных испытаний  
 а) Схема испытаний на контактно-механическую усталость  
 б) Схема испытаний на фрикционно-механическую усталость

Схема испытаний на фрикционно-механическую усталость приведена на рис. 2, б. Реализуется 2 метода испытаний (аналогично испытаниям на контактно-механическую усталость) [3]. Если изгибающая нагрузка не прикладывается, то получим испытание на фрикционную усталость,

если контактная нагрузка не прикладывается, то имеем испытание на механическую усталость.

При усталостном разрушении образца (достижение предельного состояния) центр автоматически выключается. В ходе испытания фиксируются значения контактной и изгибающей нагрузки, износ (сближение осей), сила трения скольжения, общий уровень вибрации, частота вращения образца, суммарное количество оборотов образца, а также предусмотрено измерение температуры в зоне контакта образца и контрообразца.

После завершения испытания результаты, полученные в ходе эксперимента, выводятся в виде таблиц и графиков, при этом в автоматическом режиме создается протокол испытания. Все измерения ведутся в каждой из 8 точек, равномерно расположенных по периметру опасного сечения образца.

Благодаря эффективной информационно-управляющей системе центр способен регистрировать, обрабатывать и передавать на ПК результаты со скоростью 400 измерений в секунду по всем задействованным в испытании датчикам. В связи с этим программное обеспечение центра включает в себя сложную систему конечной обработки данных, проверки их корректности и устранения возникающих сбоев. Программное обеспечение центра включает в себя также удобный пользовательский интерфейс.

#### **Библиографические ссылки**

1. *Богданович А. В., Щербаков С. С., Мармыш Д. Е.* Лабораторный практикум по экспериментальной механике : учеб.-метод. пособие для магистрантов. Минск, 2017.
2. Испытательный центр SZ-01 : руководство по эксплуатации SZ.000.000 РЭ. Гомель, 2013.
3. Трибофатика. Методы износоусталостных испытаний. Испытания на фрикционно-механическую усталость (Стандарт Беларуси) [Текст]. СТБ 1448–2004. Минск, 2004.

### **МОДУЛИ УПРУГОСТИ И ТВЕРДОСТЬ КОРТИКАЛЬНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ: НАНОИНДЕНТИРОВАНИЕ ОБРАЗЦА БЕДРЕННОЙ КОСТИ**

**А. И. Ершова**

*Белорусский государственный университет, г. Минск;  
annaersh1994@gmail.com;  
науч. рук. – С. М. Босяков, канд. физ.-мат. наук, доц.*

В настоящей работе определены модуль упругости и твердость (по Виккерсу) для различных квадрантов (переднего, внешнего, заднего и внутреннего) поперечного