



## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ (ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ) ЦЕНТР НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования  
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244,  
тел./факс: (846) 332-19-31, e-mail: pnms3@mail.ru

### НОВЫЙ СПОСОБ И ПРОГРАММНО – АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СКЛЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИЗНАШИВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ



НТЦ «Надежность» Самарского государственного технического университета (СамГТУ) является межотраслевым научно-техническим подразделением, разрабатывающим НИР и ОКР по проблемам конструкции, эксплуатации, технического обслуживания, модернизации, ремонта, обеспечения ресурса и надежности узлов трения технологических, энергетических и транспортных машин.

Способ и склерометрический программно-аппаратурный комплекс позволяют оценивать микротвердость, пластичность, энергию активации пластической деформации и накапливаемую повреждаемость поверхностей усталостного, радиационного и др. повреждений в эксплуатации или при испытаниях.

Схема и фотография склерометрического программно-аппаратурного комплекса показана на рис. 1.

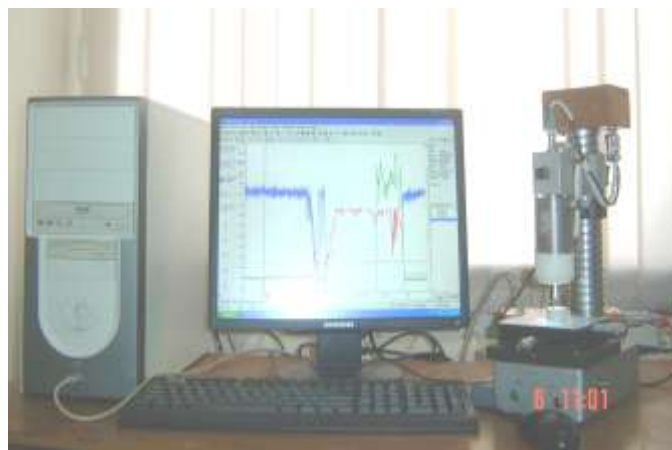
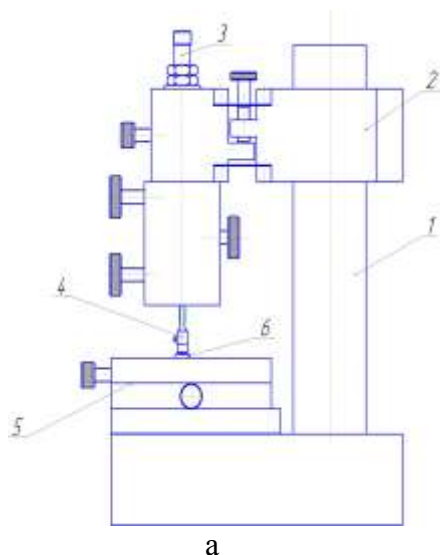


Рис.1. Склерометрический программно-аппаратурный комплекс:  
а – схема: 1 - базовая стойка; 2 - узел подвеса блока индентора; 3- датчик вертикальных перемещений индентора; 4 - индентор; 5 - микрометрический столик; 6 - испытываемый образец;  
б - фото программно-аппаратурного комплекса.

Устройство рабочего блока склерометра приведено на рис.2.

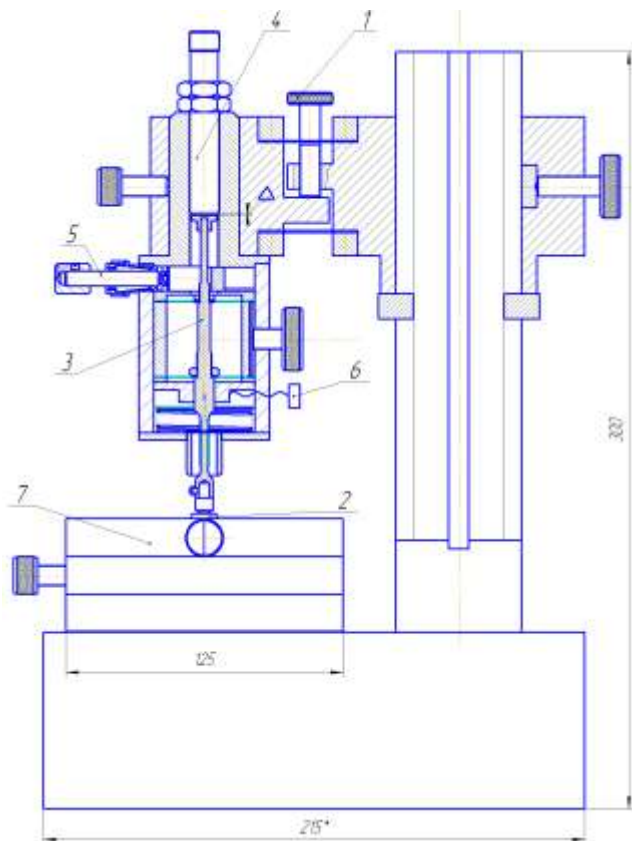


Рис.2. Устройство склерометра.

При проведении испытаний выполняют следующие процедуры:

1. С помощью привода настройки – 1 производят касание индентором поверхности испытываемого образца – 2. Касание наблюдают на экране компьютера, как сигнал от смещения оси индентора – 3 относительно безконтактного датчика – 4.

2. После касания, клиновым механизмом – 5, индентор внедряют в поверхность на заданную глубину –  $h$  (например,  $h=3$  мкм и др). Производят царапание, при котором автоматически измеряется величина деформационного усилия и длина царапины.

Фотография и схема царапин приведена на рис.3.

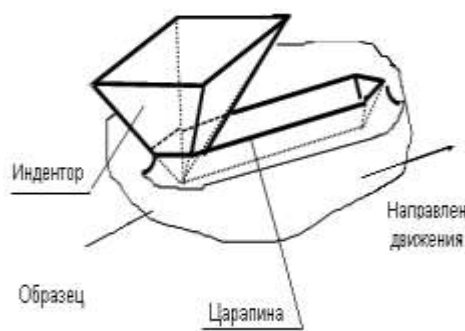
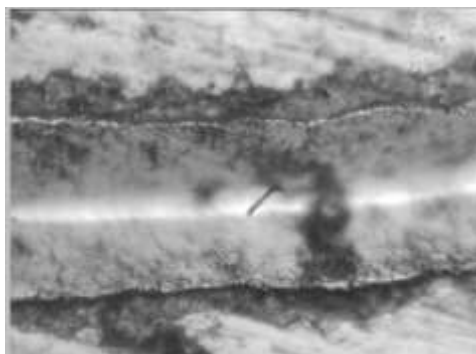


Рис.3. Фотография и схема царапины.

Приведенная процедура позволяет оценить следующие характеристики потенциала поверхностного слоя деталей:

1. Характеристику пластичности –  $U_{\text{деф}}$ .

$U_{\text{деф}}$  имеет физический смысл удельной работы пластической деформации и характеризует пластичность материала

$$U_{\text{деф}} = \frac{A_{\text{деф}}}{V_{\text{деф}}}, \text{ кДж/мм}^3, \quad (1)$$

где  $A_{\text{деф}}$  - работа, совершенная при выполнении царапины (кДж);  
 $V_{\text{деф}}$  - объем деформации ( $\text{мм}^3$ ).

2. Энергию активации пластической деформации –  $U_0$ , кДж/моль, которая входит в уравнение долговечности [1,2,3].

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{kT}\right), \text{ час.} \quad (2)$$

3. Структурно-чувствительный коэффициент -  $\gamma$ , определяют после оценки  $U_0$  по уравнению (2).

4. Микротвердость -  $H\mu$ .  $H\mu = 0,03784 \frac{F}{h^2}$ , (3)

где  $h$  – ширина царапины,  $F$  – усилие внедрения индентора.

5. Накопленную энергию повреждаемости –  $U_e (t_{\text{нараб}})$ .

По результатам оценки  $U_e$  производят прогнозирование остаточного ресурса, для чего на контролируемой детали (конструкции), через заданные интервалы времени наработки, производят повторные испытания: результаты наносят на диагностический график, рис.4, а затем экстраполируют до линии  $U_{e \text{ пред.}}$ . Пересечение  $U_{e \text{ пред.}}$  с экстраполируемой величиной нарастающей повреждаемости  $U_e (t_{\text{нараб}})$  отсекает на графике время исчерпания ресурса –  $t_{\text{остат.}}$ .

На рис.4 приведена программная реализация методики оценки остаточного ресурса изнашиваемых деталей машин.

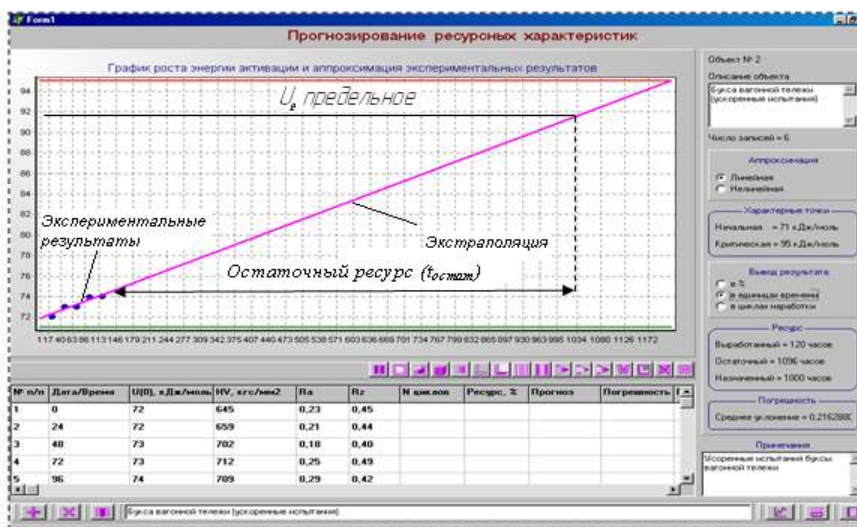


Рис.4. Программная реализация оценки остаточного ресурса.

Предельную повреждаемость  $U_{e \text{ пред.}}$  находят склерометрированием вблизи трещины разрушенного образца при усталостных испытаниях, как показано на рис.5.

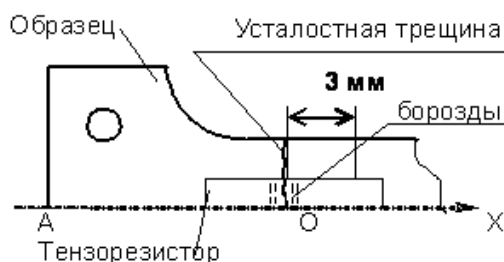


Рис.5. Оценка энергии повреждаемости материала в зоне разрушения плоского образца.

Потенциальными потребителями программно-аппаратурных склерометрических комплексов являются предприятия аэрокосмического комплекса, общего и других отраслей машиностроения, а также сфера технической эксплуатации, обслуживания и ремонта технологических, энергетических и транспортных машин.

Предложенный способ позволяет осуществлять неразрушающий контроль состояния поверхностей деталей узлов трения; исследовать кинетику накопления повреждаемости поверхности при контактной усталости и изнашивании, выбирать оптимальные методы и режимы различных видов упрочняющих обработок и покрытия, подбирать смазочные материалы.

Способ и программно-аппаратурный комплекс для оценки активационных характеристик пластичности и прогнозирования остаточного ресурса материалов, деталей машин и конструкций защищены Патентами РФ №№ 21667454, 2119165, 2277232 и 2282174.

**Авторский коллектив: д.т.н., проф. Громаковский Д.Г., д.т.н., проф. Богомолов Р.М., к.т.н., доц. Ибатуллин И.Д., к.т.н., доц. Ковшов А.Г., Шигин С.В.**

#### Библиографический список

1. Журков С.Н. Проблемы прочности твердых тел. Вестник АН СССР, 1957, №11. -С.78-82.
2. Громаковский Д.Г. Разработка кинетической модели изнашивания поверхностей при трении.// Проблемы машиностроения и автоматизации. 1993, №6. - С.28-33.
3. Федоров В.В. Термодинамические аспекты прочности и разрушения твердых тел. Ташкент: Изд. ФАН УзССР, 1979. - 526с.

#### **Финансовые реквизиты университета**

Научно-исследовательская часть ГОУ ВПО СамГТУ

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

ИНН 6315800040 КПП 631631001

УФК по Самарской области г. Самара (НИЧ ГОУ ВПО СамГТУ  
л/с 03421199520)

ГРКЦ ГУ Банка России по Самарской области г. Самара

Р/с 40503810100001000006, БИК 043601001

ОКПО 02068396, ОКВЭД 73.10, 73.20, ОКАТО 36401000000

ОГРН 1026301167683 от 15.12.02г.