



.....

# «CAMSTech-2020: Современные достижения в области материаловедения и технологий»

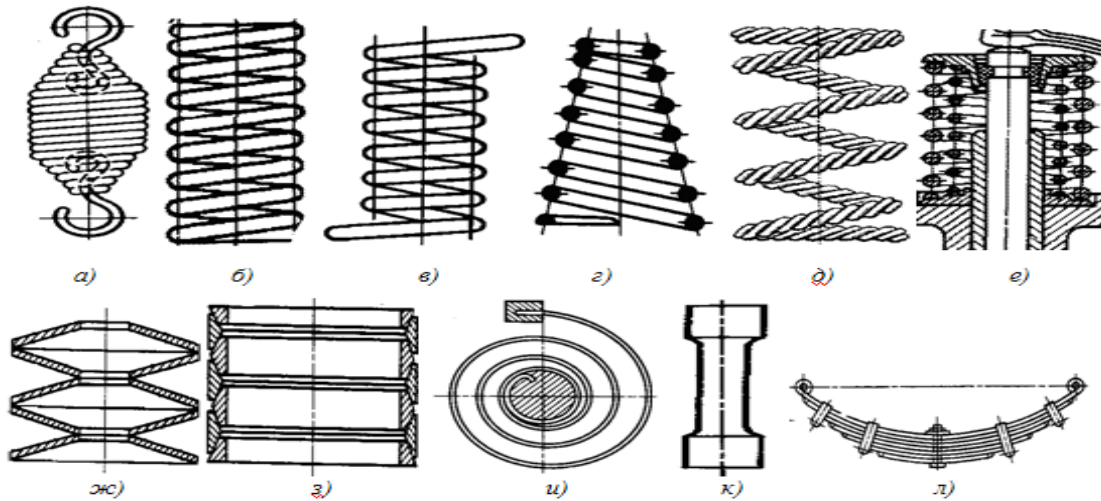
.....

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

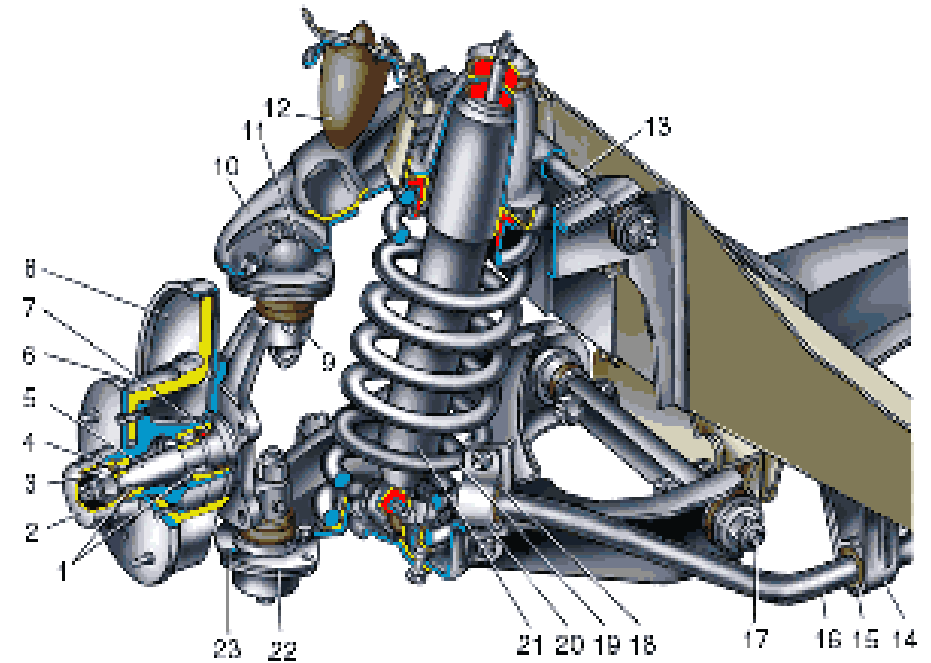
Е.Ю. Ремшев, С.А. Войнаш, Г. Е. Кокиева, И.А. Тетерина,  
В.А. Соколова, А.С.Кривоногова и Ю.А. Пушков

# Актуальность

В транспортном машиностроении широко используются упругие элементы, работающие при статической, динамической и циклической нагрузках. К упругим элементам предъявляется требование по обеспечению заданных эксплуатационных свойств в установленных пределах в течение длительного времени. Наиболее широкое распространение в механизмах находят пружины растяжения, сжатия, кручения с различным профилем и из различных материалов. Основными эксплуатационными свойствами упругих элементов являются прочность, релаксационная стойкость и высокие упругие характеристики. Существующая методика оценки релаксационной стойкости упругих элементов заключается в построении релаксационной кривой по результатам измерений силы до и после циклических нагрузок. Недостатками такой методики является: оценка релаксационной стойкости выборочной партии упругих элементов, значительная трудоемкость и энергозатраты, связанные с осуществлением контроля.



а - винтовая растяжения, б - винтовая сжатия, в - винтовая кручения, г - фасонная, д - многожильная, е - составная, ж - тарельчатая, з - кольцевая, и - спиральная, к - стержневая, л - листовые рессоры



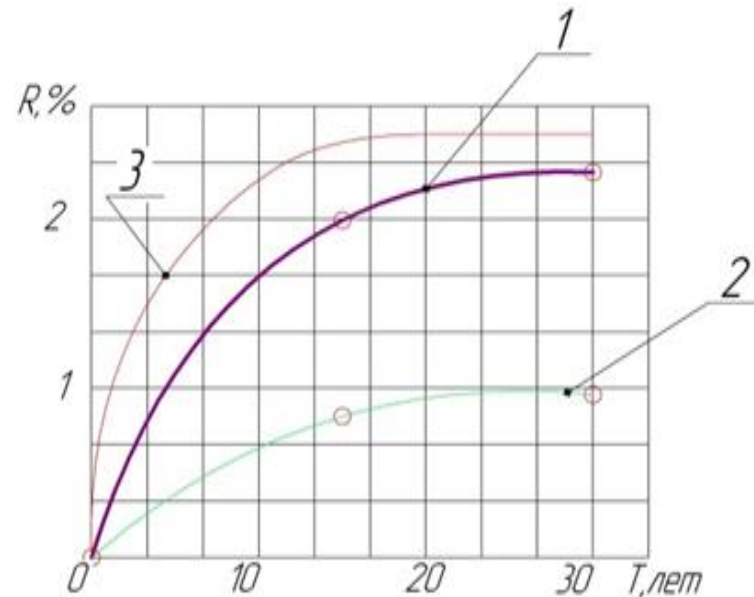
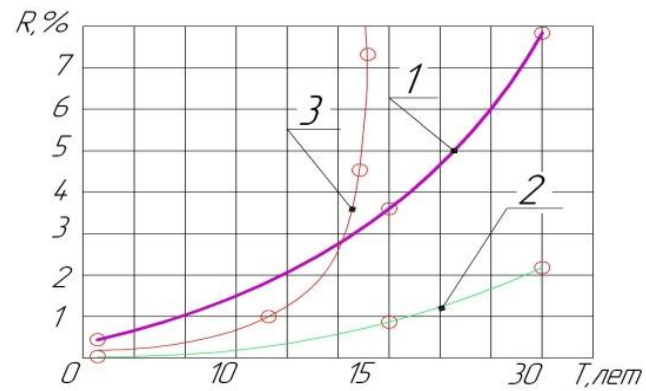
- Передняя подвеска автомобиля
- 1 – подшипники ступицы передних колес; 2 – колпаки ступиц; 3 – регулировочные гайки; 4 – шайбы; 5 – цапфы поворотных пальцев; 6 – ступицы колес; 7 – сальники; 8 – тормозные диски; 9 – поворотные кулаки; 10 – верхние рычаги подвесок; 11 – корпуса подшипников верхних опор; 12 – буферы хода сжатия; 13 – оси верхних рычагов подвески; 14 – кронштейны креплений штанг, стабилизаторов; 15 – подушки штанг стабилизаторов; 16 – штанги стабилизаторов; 17 – ось нижних рычагов; 18 – подушки штанг стабилизаторов; 19 – пружины подвески; 20 – обоймы закрепления штанг амортизаторов; 21 – амортизаторы; 22 – корпуса подшипников нижних опор; 23 – нижний рычаг подвесок.



# Методы решения

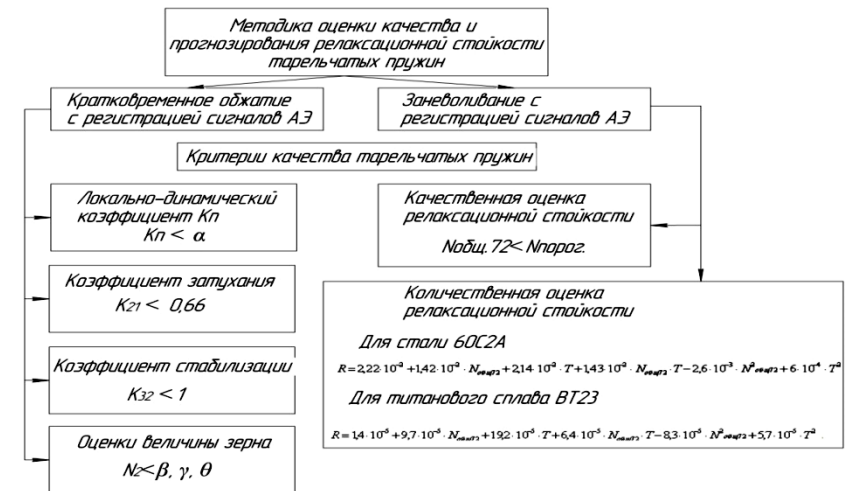
- Методы, алгоритмы,

$$y = 2,22 \cdot 10^{-2} + 1,42 \cdot 10^{-2} \cdot x_1 + 2,14 \cdot 10^{-2} \cdot x_2 + 1,43 \cdot 10^{-2} \cdot x_1 \cdot x_2 - 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot x_1^2 + 6 \cdot 10^{-4} \cdot x_2^2$$



# Базовая технология оценки релаксационной стойкости ТП

- Недостатки базовой технологии:
- оценка релаксационной стойкости выборочной партии пружин;
  - испытанные изделия нельзя эксплуатировать в дальнейшем;
  - значительная трудоемкость и энергозатраты.



# Выводы

## Результаты, внедрение

1. Разработана технология, обеспечивающая повышение надежности (по показателю безотказности) прогнозирования релаксационной стойкости пружин в 1,5..2,0 раза, увеличение производительности исследований качества микроструктуры в 2,0..2,5 раза, увеличение точности исследуемой микроструктуры до 6-7 балла (патент №2469310 «Способ прогнозирования релаксационной стойкости тарельчатых пружин» - опубликовано 10.12.2012 г. Бюл. №34 ).
2. Установлены закономерности изменения уровня сигналов акустической эмиссии в зависимости от наличия и развития дефектов, релаксационной стойкости и микроструктуры пружин
3. Разработаны рекомендации по практическому использованию результатов исследования и построена научно- обоснованная методика прогнозирования релаксационной стойкости тарельчатых пружин из сталей и титановых сплавов на базе установленных закономерностей изменения сигналов АЭ.
4. Технология прогнозирования релаксационной стойкости тарельчатых пружин внедрена в технологический процесс изготовления в виде отдельного контрольного блока предэксплуатационной подготовки изделия на предприятии ОАО «НПП Пружинный центр», ООО «ПРО ФЕРРУМ», ГОЗ «Обуховский завод» получен патент на изобретение .

Предложенная математическая модель позволяет на этапе технологического заготовки (стадия подготовки изделия к эксплуатации) по уровню сигналов акустической эмиссии количественно оценивать релаксацию пружин на весь период эксплуатации и гарантировать работу подвески. Экспериментальные результаты и математическое моделирование показали, что пружины из стали 60С2А с большей интенсивностью склонны к релаксации ( $R \leq 7\%$ ), чем из перспективного титанового сплава ВТ23 ( $R \leq 2,2\%$ ) при циклических испытаниях (9000 циклов) в пределах рабочих нагрузок. Разработанная методика оценки релаксационной стойкости может быть использована в производстве пружин разных конструкций. Математические модели прогнозирования релаксационной стойкости пружин являются составной частью методики оценки качества и прогнозирования релаксационной стойкости методом акустической эмиссии [3,4]. Разработанная методика имеет ряд преимуществ по сравнению с существующей: методика встраивается в технологический процесс изготовления пружин; проверка подвергается каждая пружина изготовленной партии; разработанная методика требует меньше временных, энергетических и материальных затрат; позволяет качественно оценить наличие дефектов в материале пружины; оценить уровень релаксационной стойкости на длительный период эксплуатации; количественно оценить значение релаксации на определенном этапе эксплуатации.

# Контакты

Ремшев Евгений Юрьевич  
ООО «ПРО ФЕРРУМ»  
E-mail: [remshev@mail.ru](mailto:remshev@mail.ru)

I МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
КРАСНОЯРСК  
30 июля 2020

**«CAMSTech-2020: Современные  
достижения в области материаловедения  
и технологий»**