

Власовец В.М.,  
Заец В.Н.,  
Карабин В.В.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. E-mail: zaietsvaleria@mail.ru

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕНИЙ В СЕЧЕНИИ ОБРАЗЦОВ ПРИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

УДК 679.18:536.7-531.3.07

*Выполнено обоснование достоверности теоретических значений напряжений в сечении образца при усталостных испытаниях и выполнено экспериментальное их подтверждение.*

*Установлено, что для принятой схемы испытаний на изгиб с кручением с увеличением прикладываемой нагрузки на образец II типа сечением 7,4 мм на 1 Н значение уровня напряжений в сечении образца возрастает на 2,52 МПа. Предложена зависимость, позволяющая прогнозировать уровень напряжений для малоциклового и многоциклового областей в сечении образца при увеличении нагрузки.*

**Ключевые слова:** *напряжённо-деформированное состояние, усталостные испытания, тензометрия.*

Тензометрирование машин, механизмов, изделий и деталей необходимо для оценки напряжённо-деформированного состояния и разработки комплекса мер по повышению их долговечности.

Для разработки комплекса мер по повышению долговечности деталей машин и механизмов важно иметь достоверную оценку их напряжённо-деформированного состояния. Существует множество методов для решения поставленной задачи: рентгеновский, поляризационно-оптический, муаровых полос и т.д. Одним из наиболее распространенных и широко используемых является тензометрический метод.

В нашем случае применялось электротензометрирование, как самый распространенный способ. Электротензометрирование осуществляется с помощью комплекса средств измерений – это меры, измерительные преобразователи и измерительные приборы. [1]

Тензометрирование проводится для измерения остаточных и внутренних напряжений. [2,3] Остаточные напряжения возникают в большинстве случаев при производстве, во время прокатки и других ТО, связанных с нагревом и охлаждением. Поля остаточных напряжений носят замкнутый объёмный характер и находятся в состоянии статического равновесия с полями соседних участков. [4] Релаксация напряжений медленная и не сопровождается изменением деформированного состояния. [5] Поэтому использование данного метода является оправданным.

**Цель работы** – оценить достоверность теоретических значений экспериментальным для использования данных в усталостных испытаниях.

**Методы исследований.** Для исследований использовали образцы для усталостных испытаний на машине типа НУ. Рабочая часть образцов была изготовлена не ниже 3-го класса точности. В качестве материала образцов исследовались стали 60С2А, закаленная в масле на твердость 55HRC, с последующим отпуском (содержит С – 0.57-0.65%, Si – 1.5-2%, Mn – 0.6-0.9%, Ni – до 0.25%, S – до 0.035%, P – до 0.035%, Cr – до 0.3%, Cu – до 0.2%). Среднее арифметическое поверхности профиля рабочей части Ra от 0,1-0,2 мкм. Биение образца не превышало 0,001.

При использовании схемы (рис 2в) величина деформации подвергается ряду последовательных преобразований в одном направлении. Для решения задач использовали

полу мост, 2 наклеивающихся датчика (типа 15ПКБ×100Ом) компенсационный  $R_3$  (на растяжение) и изгибающийся  $R_1$ , а питание осуществляет стабилизированный источник питания, выдерживающий 12В.

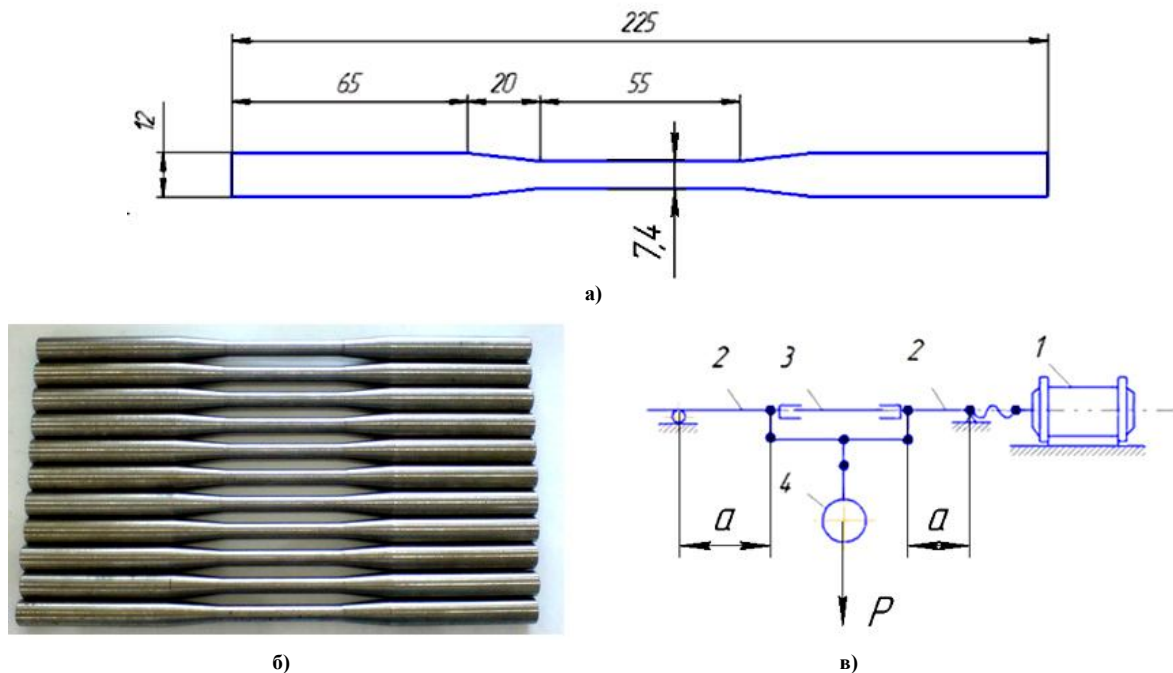


Рис 1. Эскиз образца (а) и фото нескольких образцов (б) для усталостных испытаний;  
 в) – схема машины типа НУ для усталостных испытаний:  
 1 – электродвигатель, 2 – шпиндели, 3 – образец, 4 – нагрузка.

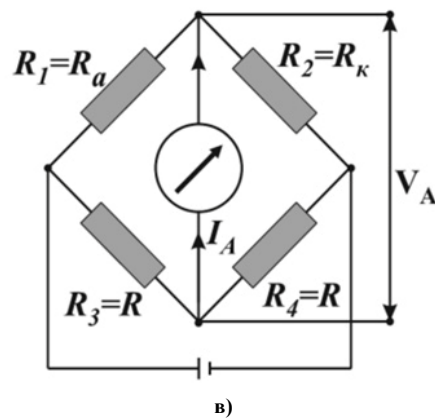


Рис 2. Оборудование для тензометрирования: а) – образец с 2 датчиками типа 15ПКБ×100 Ом,  
 б) – фото прибора, согласно схеме, в) – схема соединения тензодатчиков.

Замеры проводились сначала на не установленном образце без нагрузки. Потом устанавливались на машину НУ и замерялись без нагрузки и с нагрузкой. Образец устанавливался на машину НУ и проводились измерения без нагрузки и при статическом нагружении. Результаты измерений приведены на рис 3.

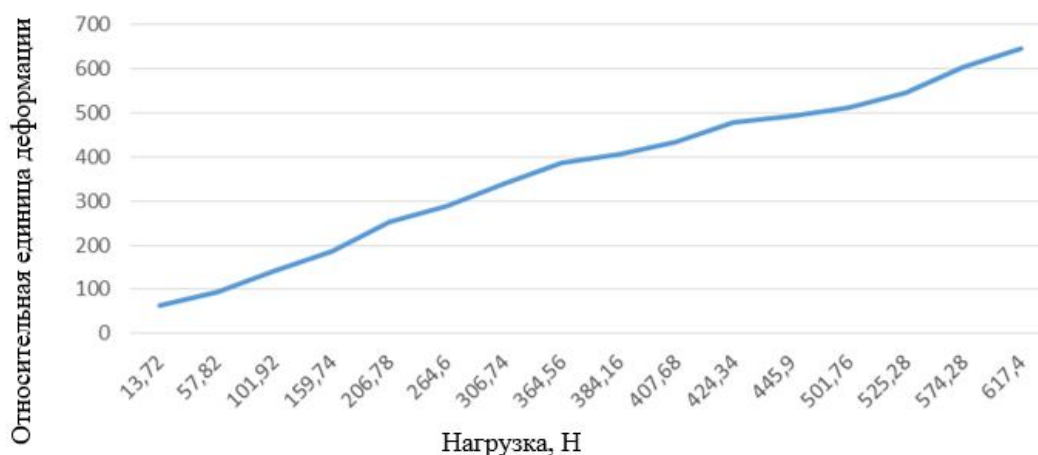


Рис 3. Результаты измерений с помощью прибора ИДЦ-1

В случае чистого изгиба нормальные напряжения вычисляются по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_x}, \quad (1.1)$$

где  $M$  – момент, который равен  $P \times a$ , ( $P$  – нагрузка, прикладываемая на образец, Н);  
 $W_x$  – осевой момент поперечного сечения в зоне чистого изгиба (равен  $0,1 \times d^3$ , где  $d$  – диаметр сечения, см).

Таким образом формула расчета теоретических напряжений:

$$\sigma_{\max} = \frac{P \times a}{2 \times 0,1 \times d^3} \quad (1.2)$$

Для полученных экспериментальных значений напряжений воспользовались известной зависимостью [1]:

$$\sigma = E \times \varepsilon, \quad (1.3)$$

где  $\varepsilon$  – показания прибора ИДЦ-1; ЕОД-относительная единица деформации;

$E$  – модуль продольной упругости  $2,12 \times 10^6$  МПа;

Результаты расчетов и экспериментальных изменений приведены на рис 4.

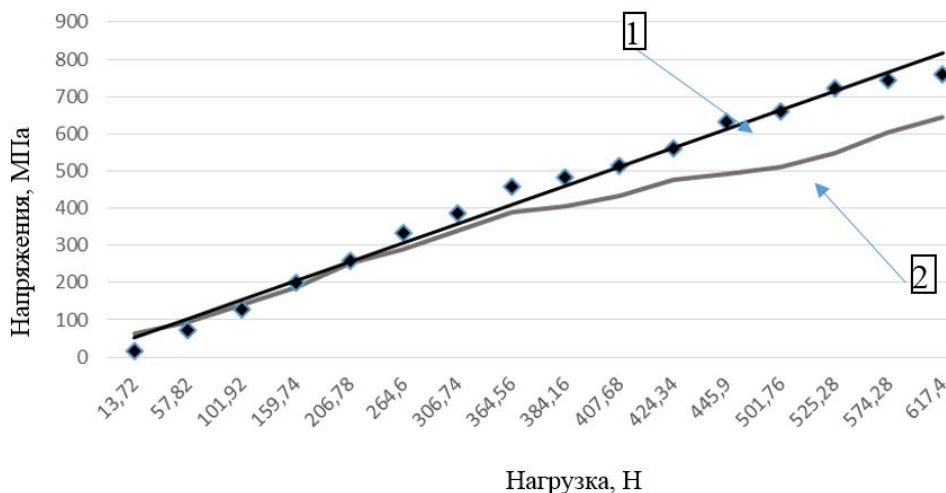


Рис 4. Расчетное значение напряжений в сечении образца: 1- теоретические данные, 2 – расчетные данные.

Некоторые расхождения можно объяснить формой образца (круглой, маленького диаметра), качеством клея, способом наклейки, разбросом характера упругости и тд.

Так методом разности квадратов построена зависимость напряжений от нагрузки приведена а рис 5.

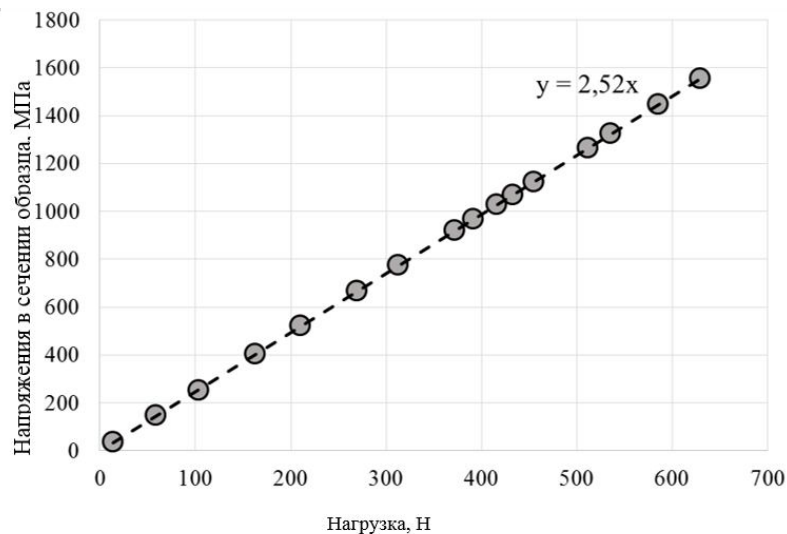


Рис 5. Расчетное значение напряжений в сечении образца.

### Выводы

Доказали возможность исследования аппарата нагружения усталостной машины НУ для проведения дальнейших исследований.

Установлено, что для принятой схемы испытаний на изгиб с кручением с увеличением прилагаемой нагрузки на образец II типа сечением 7,4 мм на 1 Н значение уровня напряжений в сечении образца возрастает на 2,52 МПа. Предложена зависимость, позволяющая прогнозировать уровень напряжений в малоцикловых и многоцикловых областях в сечении образца при увеличении нагрузки.

### Литература

1. Тензометрия в машиностроении: справочное пособие под ред. Р.А. Макарова – Москва - «Машиностроение», 1975г - 286с.
2. Хэйвуд, Р. Б. Проектирование с учетом усталости / Р. Б. Хейвуд. - М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
3. Финк К., Рорбах Х. "Измерение напряжений и деформаций", Москва: Машгиз, 1963 г.
4. Власовец В.М., Заец В.Н./Моделирование процессов термической обработки катаных шаров из стали эвтектоидного состава//Новые материалы и технологии в машиностроении/ Под общей редакцией Е.А.Памфилова. Сборник научных трудов. Выпуск 20. – Брянск:БГИТА,2014. – 98с.
5. Власовец В.М, Заец В.Н. Моделирование напряжённо-деформированного состояния вокруг включений карбидов при охлаждении эвтектоидной стали в условиях нестационарной теплопроводности. Вестник ХНТУСХ. Вып № 163, 2015г – 264с.

### Summary

Vlasovets V.M., Zaets V.N., Karabin V.V. Methods of assessing the stresses in the

section specimens under fatigue tests

*Achieved theoretical substantiation of reliability stress in the cross section of the sample values for fatigue tests performed and their experimental confirmation.*

*It is found that the test circuit for the received torsional bending with an increase in applied load on the sample type II cross-section of 7.4 mm by 1 H-level voltage value in the sample section increases by 2.52 MPa. A dependence to predict the stress level in the low-cycle and the cycle region in the cross section of the sample with increasing load.*

**Keywords:** stress-strain state, fatigue tests, strain measurement.

### References

1. Tenzometriya v mashinostroenii: spravochnoe posobie pod red. R.A. Makarova – Moskva - «Mashinostroenie», 1975g - 286s.
2. Heyvud, R. B. Proektirovanie s uchetom ustalosti / R. B. Heyvud. - M.: Mashinostroenie, 1969. – 504 s.
3. Fink K., Rorbah X. "Izmerenie napryazheniy i deformatsiy", Moskva: Mashgiz, 1963 g.
4. Vlasovets V.M., Zaets V.N./Modelirovanie protsessov termicheskoy obrabotki katannyih sharov iz stali evtektoidnogo sostava//Novyye materialy i tehnologii v mashinostroenii/ Pod obschey redaktsiey E.A.Pamfilova. Sbornik nauchnyih trudov. Vyipusk 20. – Bryansk: BGITA,2014. – 98s.
5. Vlasovets V.M, Zaets V.N. Modelirovanie napryazhYonno-deformirovannogo sostoyaniya vokrug vklyucheniya karbidov pri ohlazhdenii evtektoidnoy stali v usloviyah nestatsionarnoy teploprovodnosti. Vestnik HNTUSH. Vyip 163, 2015g – 264s.