

## Editorial Committee

### Editor-in-chief

Radchenko S.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof.

### Editor-in-chief Assistants:

Barsukov G.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Podmasteryev K.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Polyakov R.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Shorkin V.S. Doc. Sc. Ph. – Math., Prof.

### Member of editorial board:

Bukhach A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Dunaev A.V. Doc. Sc. Tech., Assist. Prof. (Russia)

Dyakonov A.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Zapomel Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Czech Republic)

Zubchaninov V.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kopylov Yu.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kuzichkin O.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kukhar V.D. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Lavrynenko V.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Li Shengbo. Cand. Sc. Tech., Assist. Prof. (China)

Mirsalimov V.M. Doc. Sc. Ph. – Math., Prof. (Azerbaijan)

Osadchy V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Pilipenko O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Raspopov V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Savin L.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Smolenzev V.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Soldatkin V.M. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Starovoitov A.L. Doc. Sc. Ph. – Math., Prof. (Belarus)

Stepanov Yu.S. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Heifets M.I. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belarus)

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

## Address

302030, Oryol region, Oryol, st.

Moskovskaya, 34

+7 (905) 169 88 99

<https://oreluniver.ru/science/journal/fipptt>

E-mail: [radsu@rambler.ru](mailto:radsu@rambler.ru)

Journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. The certificate of registration PI № FS77-67029 from 30.08.2016

Index on the catalogue of the

«Pressa Rossii» 29504

on the websites [www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)

and [www.aks.ru](http://www.aks.ru)

© Orel State University, 2022

The journal is indexed in the system of the Russian Science Citation Index (RSCI), and also in international systems Chemical Abstracts and Google Scholar.

In accordance with the letter of the Higher Attestation Commission dated December 6, 2022 No. 02-1198 "On the List of Peer-Reviewed Scientific Publications", the journal Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology, as a publication included in the international Chemical Abstracts database, is equated to publications of the K1 category.

## Contents

### Theoretical mechanics and its applications

- Sorkin V.S., Vilchevskaya E.N., Romashin S.N., Khoroshilova M.V. Method for determining damage in elastic material..... 3

### Mechanics of deformable solids, dynamics and strength

- Vorobyev V.I., Zlobin S.N., Izmerov O.V., Kopylov S.O., Krygina E.P. Analysis of methods for detecting locomotive boxing..... 14
- Tikhomirov V.V., Izmerov M.A., Gornostaeva A.G. Numerical-experimental method of estimation contact stiffness of flat joint..... 23

### Machine-building technologies and equipment

- Kudryavtsev S.V., Tarapxanov A.S. Analysis and control of the reaming process in using of nanocoatings..... 32
- Zemlyanushnov N.A., Zemlyanushnova N.Y., Dorohov D.O. Theoretical study of shot blasting effect on change springs geometric parameters during contact predeformation..... 38
- Barsukov G.V., Stepanov Yu.S., Belkin E.A., Frolenkova L.Yu., Kozhus O.G., Bobrik A.I. Implementation of an effective numerical calculation method surface roughness of the part after abrasive processing in the form of a set of programs for conducting computational experiment..... 48
- Barsukov G.V., Kozhus O.G., Shorkin V.S., Yakushina S.I. Features of mathematical modeling of adhesion coatings and abrasive grains in designing the process of waterjet cutting..... 56

### Machine Science and Mechatronics

- Gorin A.V., Rodichev A.Yu., Yakunina M.A., Serebrennikov A.D. Simulation of a rotor support assembly with pilot conical bearing..... 63
- Bondarenko M.E., Polyakov R.N., Tokmakova M.A., Rodicheva I.V. Diagnostics of a combined bearing assembly with a lobed gas dynamic bearing..... 69
- Savin L.A., Shutin D.V., Kazakov Y.N., Li Shengbo Problems of structural synthesis of tribotronic bearings..... 76
- Fetisov A.S., Shutin D.V., Smetanin M.N., Nastepanin K.K. Experimental analysis of the accuracy of determination the rotor position in sliding bearings..... 85
- Rodichev A.Yu., Polyakov R.N., Vasiliev K.V., Minaeva E.M. Investigation of the possibility of using artificial neural networks for the diagnosis of rotary support nodes..... 91

### Devices, biotechnical systems and technologies

- Petrenko A.A., Kublanov V.S. Neuroelectrostimulation as a method of increasing working memory and attention parameters..... 96
- Bryanskaya E.O. Possibilities of using convolutional neural networks to classify the states of the maxillary sinuses in digital diaphanography..... 106
- Bondareva L.A., Selikhova V.D. Artificial microclimate as a means of countering the spread of infections and maintaining human comfort..... 112
- Kostenkova M.Yu., Sidorova M.A. Automated patient control using cognitive graphics methods in the ICU..... 122

### Monitoring, Diagnostics, Testing and Quality Management

- Kachanov A.N., Kamensky V.V., Kachanov N.A. Method of monitoring the electromagnetic situation in the sanitary protection zone of the overhead power line..... 130

### Materials of the international scientific and technical conference «Dynamics, reliability and durability of mechanical and biomechanical systems»

- Godzhaev Z.A., Malakhov I.S. Application of adaptive MEV undercarriage systems to reduce vibration activity from the bearing surface..... 138
- Tigiste R.D., Ablaev A.R. Analysis of vessels shell and tube heat exchangers using..... 143
- Golenkov V.A., Radchenko S.Y., Dorohov D.O. Influence of the history of deformation and heat treatment modes on the mechanical properties of 0.05 mm thick nickel tapes..... 149
- Strelyanaya Yu.O. Ensuring the stability of the quality parameters of parts on heavy lathing machines through the application of the dynamic stabilization system..... 157
- Bokhonsky A.I., Varminskaya N.I., Ryzhkova N.P. Study of nonlinear oscillations of the physical pendulum of a wave power facility..... 165
- Vasyutenko A.P., Balakin A.I. Inductive measuring system to flat-grinding machine..... 171
- Efremova L.S., Chemakina T.L., Kuzmina A.V. Comparison of production capacities of shipbuilding companies in the Crimea..... 177
- Krugovoy A.N. Investigation of the processes of deformation of the chest during cardiopulmonary resuscitation..... 187
- Nemenko A.V., Nikitin M.M. Long-term prediction of a fail-free finishing of a part..... 192

The journal is included in the «List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for obtaining the scientific degree of the candidate of sciences, for the academic degree of the doctor of sciences» of the Higher Attestation Commission for the following groups of scientific specialties:

**05.02.02.** Mechanical engineering of drive systems and machine parts (technical sciences), **05.02.18.** Theory of mechanisms and machines (technical sciences), **05.02.23.** Standardization and product quality management (technical sciences), **2.2.4.** Instruments and measurement methods (by types of measurements) (technical sciences), **2.2.5.** Navigation devices (technical sciences), **2.2.8.** Methods and devices for monitoring and diagnosing materials, products, substances and the natural environment (technical sciences), **2.2.11.** Information-measuring and control systems (technical sciences), **2.2.12.** Devices, systems and products for medical purposes (technical sciences), **2.5.3.** Friction and wear in machines (technical sciences), **2.5.4.** Robots, mechatronics and robotic systems (technical sciences), **2.5.5.** Technology and equipment for mechanical and physical-technical processing (technical sciences), **2.5.6.** Engineering technology (technical sciences), **2.5.7.** Technologies and machines for forming (technical sciences).

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

УДК 531.01

DOI: 10.33979/2073-7408-2022-356-6-3-13

В.С. ШОРКИН, Е.Н. ВИЛЬЧЕВСКАЯ, С.Н. РОМАШИН, М.В. ХОРОШИЛОВА

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В УПРУГОМ МАТЕРИАЛЕ

**Аннотация.** В работе предложен метод определения распределения определенного вида повреждений – плоских дефектов, на которых сохраняется непрерывность поля перемещений и классических напряжений, но нарушается непрерывность поля градиентов перемещений. Предполагается, что такие дефекты возникают в металлах на межзеренных границах их структуры как при упрочнении, так и при изменении напряженно-деформированного состояния. В основе метода лежит предположение о том, что в этих условиях наличие дефектов снижает потенциальную энергию по сравнению с состоянием в их отсутствии. Предложенный метод построен на основе локального приближения нелокальной модели однородных изотропных упругих сред. Нелокальная модель базируется на учете парных и тройных потенциальных взаимодействий бесконечно малых частиц сплошной среды на конечных расстояниях. Параметры потенциалов связаны аналитическими выражениями с материальными характеристиками материала в локальном приближении и могут быть определены на основании данных экспериментов. Это дает возможность использовать результаты данной работы в практических расчетах.

**Ключевые слова:** упрочнение, фазовый переход, изменение свойств, дефект, поврежденность, нелокальная и локальная теории, межчастичные потенциальные взаимодействия.

### Введение

Нагружение упругого материала, в результате которого он испытывает малые деформации, изменение его механических свойств, например, в результате упрочнения пластическим деформированием [1], может быть причиной зарождения в нем дефектов различной природы. Из них могут развиваться микротрещины [2 - 4].

Если упрочнена только часть тела, то граница упрочнения также может быть повреждена [5-7]. Общей чертой дефектов, как в первом, так и во втором случаях, до развития их в микротрещины, является сохранение сплошности материала. При этом при пересечении их плоскости характерно наличие несоответствия атомных решеток и напряжений несоответствия [5 - 8].

Прогнозирование вероятности возникновения и распространения таких дефектов, которые могут перерасти в микротрещины при больших нагрузках, является актуальной задачей. Ее решению посвящена данная работа.

Имеется ряд моделей, учитывающих структурные изменения конструкционных материалов и возникающие в результате этого дефекты (например, [5, 9 -11, 12 – 18]).

В соответствии с подходами этих моделей на границе раздела фаз с различными свойствами возникает разрыв поля деформаций при сохранении непрерывности поля смещений. Этими фазами могут быть матрица и включение в композиционном материале, упрочненная и неупрочненная части одного материала, его зерна и кристаллиты. Необходимо отметить, что описанию дефектных сред, отражающих существование дислокаций и требование сплошности, посвящены также работы [19 - 21].

В [8] вдоль всей межфазной границы допускается чередование участков когерентности, полу-когерентности и несогласованности решеток. Возможность такого чередования учитывалась в работе [22] для оценки поврежденности адгезионного контакта упругих материалов с разными свойствами в предположении о том, что такому контакту соответствует непрерывность не только поля перемещений, но и его градиента при переходе через межфазную границу. Метод работы [22] построен на использовании градиентной теории линейно упругих материалов, использующей в качестве кинематических характеристик не только первый, но и второй градиенты перемещений. В его рамках предполагается также, что среда обладает начальным напряженным состоянием. Этот метод использован и в данной работе.