

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧАСТИЦ ИЗНОСА МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

В статье описывается система компьютерного зрения, предназначенная для определения формы частиц износа по одному полутоновому изображению, полученному под микроскопом. Полученную информацию предполагается использовать для автоматической идентификации характера разрушений сплавов в условиях трения.

Ключевые слова: компьютерное зрение, частицы износа, продукты износа, полутоновое изображение, карта отражательной способности, игольчатая диаграмма, карта дальности, обработка изображений, частицы износа стали, продукты износа стали.

Постановка проблемы. Анализ частиц износа (продуктов износа), является очень информативным способом, позволяющим проанализировать разрушение материалов в условиях трения. Поскольку размер частиц не превышает 300 мкм, исследования проводятся с помощью микроскопа. Предметом изучения являются размеры и морфология частиц. При проведении систематических исследований растущий объем обрабатываемой информации требует автоматизации процесса с привлечением обработки изображений методами компьютерного зрения. Такая обработка, помимо сокращения сроков работы, способна придать более объективный характер проводимым исследованиям, и следуемым из них выводам. Например, обладая данными о морфологии частицы износа и поверхности трения, появляется возможность анализировать и прогнозировать наступление катастрофического износа, приводящего к выходу из строя деталей машин и механизмов.

Анализ последних исследований и публикаций. Авторами работ [1-3] проводились исследования по изучению продуктов износа высокоазотистых сталей (после предварительного наводороживания), работающими в контакте с конструкционной сталью. Химический состав и свойства исследуемых сталей приведены в табл. 1. Высокоазотистая сталь типа P900* имела аустенитную микроструктуру. Трибологические испытания проводили на стационарной лабораторной установке СМТ – 1 (2070). Скорость скольжения нижнего ролика составляла 1480 оборотов в минуту, а верхнего 1240 (проскальзывание составляло 15%). Нижний ролик (диаметр 42 мм) изготовлен из стали 1.0503 (Германия) С 45/Ск 45 (DIN), 1045 (США) (HRC = 60 ед.), аналог стали 45. А верхний ролик из высокоазотистой стали P900 твердостью 55 HRC. Линейная скорость верхнего ролика составляла 2,27 м/с, а нижнего 3,08 м/с.

Т а б л и ц а 1

Химический состав исследуемых сталей

№ п/п	Марка	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	N
1.	P900*	0.06	0.52	19.4	17.5	0.13	2.08	0.14	0.97
2.	Сплав 2	0.08	0.38	19.0	17.8	1.18	0.13	0.12	0.58
3.	1.0503**	0.42-0.5	0.17-0.37	—	0.25	0.25	—	—	—

* т.е. сталь типа P900,

**S до 0.04%, P до 0.035, C до 0.25, Cu до 0.25, As до 0.08.

Исследование продуктов износа проводили с помощью микроскопа Neophot 2 с подключением к нему ноутбука и цифровой камеры Canon EOS 30D. Это позволило определить размеры частичек износа и сфотографировать их в различных режимах освещения. Поверхности трения снимали на электронном микроскопе EVO-40XVP с системой микроанализа INCA Energy 350.

Размеры продуктов изнашивания составляли 20...30 мкм (при нагрузке $P = 400$ N), 40...50 мкм ($P = 50$ кг), однако иногда фиксировались частички длиной 100 мкм (рис.2а). После наводораживания сплава № 1, интенсивность изнашивания выросла в 5-ть раз (рис. 1, столбик 3), а размеры продуктов изнашивания составляли 350 мкм при $P = 250$ N (рис 2б), а при $P = 400$ N, линейные размеры продуктов изнашивания были 600...1000 мкм. Визуальное изучение частиц износа позволило определить то, что среди продуктов износа были и такие, чей размер был в пределах доли микрометра, или нескольких микрометров. На начальном этапе трения одна сторона частички износа была гладкой, а другая имеет следы вырывов (схватывания).

Цель работы – является разработка системы компьютерного зрения, предназначенной для определения формы частиц износа по одному полутоновому изображению, полученному под микроскопом.

Материалы и результаты исследования. Материалами работы являлись цифровые фотографии стальных частичек износа, полученные с помощью микроскопов. Программное обеспечение системы было написано на языке программирования Object Pascal в среде визуального программирования Delphi.

Карта дальности

Для описания формы поверхности распознаваемых графических объектов используется множество различных способов [4]. В данной работе применяется функция $z(x, y)$, заданная в декартовой прямоугольной системе координат. Плоскость x, y совпадает с плоскостью изображения, а ось z направлена к наблюдателю, как это принято в работе [5]. В компьютере функция $z(x, y)$ представлена в дискретном виде. В этом случае она называется *картой дальности*.

Игольчатая диаграмма

При восстановлении формы поверхности по единственному полутоновому изображению удобно пользоваться так называемой *игольчатой диаграммой* – проекцией единичных нормалей к поверхности объекта на плоскость изображения. Направление каждой нормали определяется всего двумя параметрами $p = \partial z / \partial x$ и $q = \partial z / \partial y$, поскольку эти векторы имеют единичную длину [5]. Если известна карта дальности $z(x, y)$, то по ней можно восстановить игольчатую диаграмму – достаточно найти первые частные производные p и q от этой функции. Обратная задача обладает неустойчивостью, однако методы регуляризации позволяют справиться с этой проблемой.

Карта отражательной способности

Чтобы однозначно решить задачу определения формы поверхности объекта по его единственному полутоновому изображению, необходимо располагать знаниями об отражательных свойствах поверхности и положении источника освещения. Эта информация содержится в *карте отражательной способности объекта* [5]. Карта отражательной способности представляет собой нормированную на единицу функцию $R(p, q)$, которая связывает яркость пикселя на изображении с соответствующей этому пикселю ориентацией элементарной площадки объекта.

В фотометрии различают диффузное и зеркальное отражение света от различных поверхностей. Поскольку частицы износа состоят из металла, они отражают свет зеркально. Однако, из-за того, что поверхности частиц не являются гладкими, это отражение огромного количества «зеркал», ориентации которых немного различаются. Такое отражение называется *глянцевым*. Для описания отражательной способности частиц износа в данной работе используется следующая индикатриса рассеяния

$$R(\beta) = (\cos \beta)^n, \quad (1)$$

где β – угол между направлением «чистого» зеркального отражения от элементарной площадки объекта и направлением на наблюдателя (осью z), n – положительное целое число. При $n \gg 1$ индикатриса (1) сильно вытянута вперед, что является характерным свойством глянцевого отражения. Параметр n является показателем этой вытянутости.

Использование теорем евклидовой геометрии позволяет получить формулу

$$\cos \beta = 2 \cos \alpha \cdot \cos \theta - \cos \gamma, \quad (2)$$

где α – угол между нормалью к элементарной площадке объекта и направлением на источник освещения, θ – угол между нормалью к элементарной площадке и направлением на наблюдателя (осью z), γ – угол между направлением на источник освещения и направлением на наблюдателя. Углы в правой части выражения (2) можно выразить через градиент функции $z(x, y)$ с помощью известных формул [5]:

$$\cos \alpha = \frac{1 + p_s p + q_s q}{\sqrt{1 + p^2 + q^2} \sqrt{1 + p_s^2 + q_s^2}}, \quad \cos \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}}, \quad \cos \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 + p_s^2 + q_s^2}},$$

где p_s, q_s – параметры, определяющие направление на источник освещения.

Этапы обработки изображения

Для получения формы поверхности частиц износа использовался следующий алгоритм. На исходном изображении (рис. 1а) выделялась область, соответствующая изучаемому объекту (рис. 1б). При этом использовалась высокая отражательная способность частиц износа по сравнению с фоном и методы порогового разделения [6].

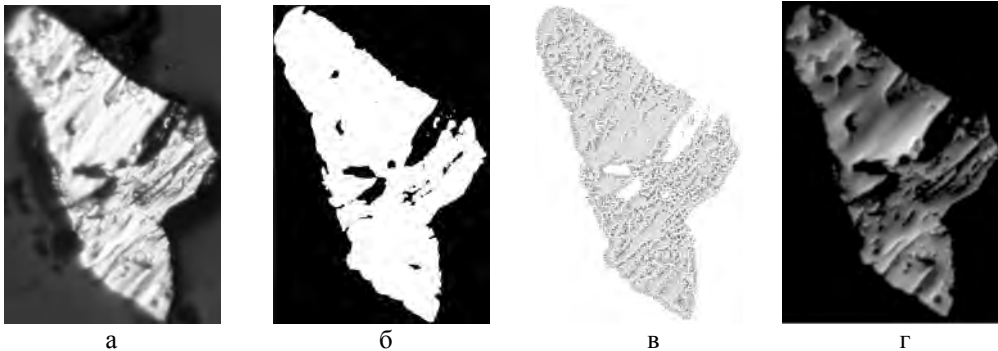


Рис. 1. Этапы обработки изображения: а – исходное изображение, б – бинарное изображение, в – игольчатая диаграмма, г – карта дальности

Затем вычислялась игольчатая диаграмма объекта (рис. 1в), на основании которой рассчитывалась карта дальности (рис. 1г). Карта дальности представлена таким образом, что чем светлее пиксель изображения, тем ближе в этом месте поверхность объекта к наблюдателю. Карта дальности содержит информацию о форме поверхности частицы износа, которая в данной системе является выходом.

Построение игольчатой диаграммы

Координаты нормалей к поверхности объекта для некоторых пикселей можно однозначно восстановить по изображению. Это относится к нормальям на ограничивающем объект контуре, на разрывах непрерывности поверхности, и на «бликах» – самых ярких точках на поверхности объекта. На контуре и на разрывах непрерывности нормали лежат в плоскости x, y и направлены ортогонально линии контура или разрыва. Блики соответствуют ярким пятнам на изображении, поскольку здесь направление на наблюдателя и направление зеркального отражения совпадают. Нормали в этих точках, в соответствии с законом Альхазена, лежат в плоскости, задаваемой направлениями на источник освещения и на наблюдателя, их положение симметрично относительно этих направлений.

Нормали в остальных точках определяются с помощью численного итеративного метода, предложенного в работе [7]:

$$f_{kl}^{n+1} = \bar{f}_{kl}^n + \lambda [E_{kl} - R_s(f_{kl}^n, g_{kl}^n)] \partial R_s / \partial f, \quad (3)$$

$$g_{kl}^{n+1} = \bar{g}_{kl}^n + \lambda [E_{kl} - R_s(f_{kl}^n, g_{kl}^n)] \partial R_s / \partial g, \quad (4)$$

где $f = \frac{2p}{1 + \sqrt{1 + p^2 + q^2}}$, $g = \frac{2q}{1 + \sqrt{1 + p^2 + q^2}}$ – координаты стереографической проекции [5], E_{kl} – яркость пикселя с координатами k, l на изображении; R_s – карта отражательной способности, выраженная в стереографических координатах; n – номер итерации, \bar{f} , \bar{g} – локальные средние f и g , определяемые по формулам:

$$\bar{f}_{kl} = (1/5) \cdot (f_{k+1,l} + f_{k,l+1} + f_{k-1,l} + f_{k,l-1}) + (1/20) \cdot (f_{k+1,l+1} + f_{k+1,l-1} + f_{k-1,l-1} + f_{k-1,l+1}),$$

$$\bar{g}_{kl} = (1/5) \cdot (g_{k+1,l} + g_{k,l+1} + g_{k-1,l} + g_{k,l-1}) + (1/20) \cdot (g_{k+1,l+1} + g_{k+1,l-1} + g_{k-1,l-1} + g_{k-1,l+1}).$$

Вычисление карты дальности

Если известны значения p и q , мы можем восстановить $z(x, y)$ путем интегрирования вдоль произвольных кривых на плоскости

$$z(x, y) = z(x_0, y_0) + \int_{(x_0, y_0)}^{(x, y)} (pdx + qdy).$$

Однако p и q восстанавливаются по зашумленным данным. Поэтому интеграл может зависеть от выбора пути. Так как известны и p , и q , мы реально имеем больше информации, чем необходимо. Это позволяет использовать метод оптимизации для нахождения поверхности, наилучшим образом соответствующей неидеальным оценкам градиента [5]. В данной работе для этой цели использовался следующий итеративный алгоритм:

$$z_{kl}^{n+1} = \bar{z}_{kl}^n - (1/2) \cdot (p_{k+1,l} - p_{k-1,l} + q_{k,l+1} - q_{k,l-1}), \quad (5)$$

где $\bar{z}_{kl} = (1/5) \cdot (z_{k+1,l} + z_{k,l+1} + z_{k-1,l} + z_{k,l-1}) + (1/20) \cdot (z_{k+1,l+1} + z_{k+1,l-1} + z_{k-1,l-1} + z_{k-1,l+1})$.

Программное обеспечение

На основании изложенной теории была разработана система компьютерного зрения, позволяющая определять форму частиц износа по полутоновым изображениям, полученным с помощью микроскопа. Программное обеспечение системы было написано на языке программирования Object Pascal в среде визуального программирования Delphi.

Входом системы является изображение частицы износа, а выходом – карта дальности, которая содержится в памяти компьютера и может быть представлена в виде полутонового изображения, предназначенного для контроля человеком. На рис. 2 показаны изображения двух частиц износа и соответствующие им карты дальности, определенные с помощью компьютера.

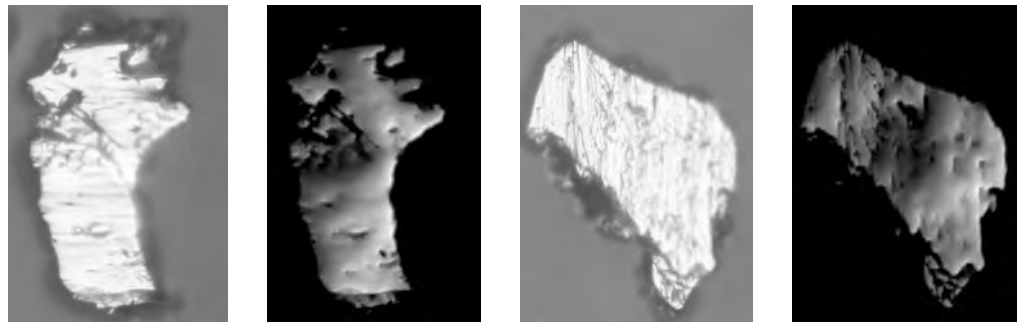


Рис. 2. Исходные изображения и соответствующие им карты дальности двух стальных частиц износа

Выводы

На основании изложенной теории была разработана система компьютерного зрения, позволяющая определять форму частиц износа сталей по полутоновым изображениям, полученным с помощью микроскопа. Программное обеспечение системы было написано на языке программирования Object Pascal в среде визуального программирования.

ния Delphi. Полученные результаты позволяют восстанавливать форму поверхности частиц износа сталей по одному полутоновому изображению, что дает возможность автоматизировать процесс идентификации характера разрушения металлических материалов в условиях трения. Дальнейшее исследование в этом направлении будет посвящено вопросам разработки критериев для классификации характера разрушения стальных материалов в условиях трения, и созданию программного обеспечения для осуществления такой классификации в автоматическом режиме.

Л и т е р а т у р а

1. Balyts'kyi O.I. Investigation of wear products of high nitrogen manganese steels [Text] / O. I. Balytskyi, V. O. Kolesnikov // *Materials Science (Springer)*. – 2009, vol. 45, N 4. – P.576 - 581.
2. Колесников В.А., Балицкий А.И., Хмель Я. Особенности морфологии продуктов износа высокоазотистых сталей до наводороживания и после, в условиях сухого трения // Вісник Східно-українського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2009. – № 6(136). – Частина 2. – С.185 - 192.
3. Kolesnikov V.O. Investigation of the wear products of high-nitrogen steel after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XA/2010. *Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture* – OLPAN, 2010, 10A,271 -275 p. <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot10a/Kolesnikov.pdf>.
4. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход/ Дэвид Форсайт, Жан Понс [пер. с англ. А.В. Назаренко, И.Ю. Дорошенко]. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
5. Хорн Б.К.П. Зрение роботов/ Бертольд Клаус Поль Хорн [пер. с англ. И.М. Бродской, Е.Ю. Зуевой, А.Ю. Каргашина]. – М.: Мир, 1989. – 487 с.
6. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB/ Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс [пер. с англ. В.В. Чепыжова]. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
7. Ikeuchi K., Horn B. K. P., Numerical Shape from Shading and Occluding Boundaries, Artificial Intelligence, 17, Nos. 1-3, 141-184 (1981).

References

1. Balyts'kyi O.I. Investigation of wear products of high nitrogen manganese steels [Text] / O. I. Balytskyi, V. O. Kolesnikov // *Materials Science (Springer)*. – 2009, vol. 45, N 4. – P.576 - 581.
2. Kolesnikov V.A., Balickij A.I., Hmel' Ja. Osobennosti morfologii produktov iznosa vysokoazotistyh stalej do navodorazhivaniya i posle, v usloviyah suhogo treniya // Visnik Shidno-ukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja // Vid-vo SNU im. V.Dalja, 2009. – № 6(136). – Chastina 2. – S.185 - 192.
3. Kolesnikov V.O. Investigation of the wear products of high-nitrogen steel after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XA/2010. *Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture* – OLPAN, 2010, 10A,271 -275 p. <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot10a/Kolesnikov.pdf>.
4. Forsajt D. Komp'juternoe zrenie. Sovremennyy podhod/ Djevid Forsajt, Zhan Pons [per. s angl. A.V. Nazarenko, I.Ju. Doroshenko]. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'jams», 2004. – 928 s.
5. Horn B.K.P. Zrenie robotov/ Bertol'd Klaus Pol' Horn [per. s angl. I.M. Brodskoj, E.Ju. Zuevoj, A.Ju. Kargashina]. – M.: Mir, 1989. – 487 s.
6. Gonsales R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v srede MATLAB/ R. Gonsales, R. Vuds, S. Jeddins [per. s angl. V.V. Chepyzhova]. – M.: Tehnosfera, 2006. – 616 s.
7. Ikeuchi K., Horn B. K. P., Numerical Shape from Shading and Occluding Boundaries, Artificial Intelligence, 17, Nos. 1-3, 141-184 (1981).

Погорелов О.О., Колесніков В.О., Балицький О.І.

Обробка зображень частинок зносу методами комп'ютерного зору

У статті описується система комп'ютерного зору, призначена для визначення форми частинок зносу за допомогою одного півтонового зображення, одержаного під мікроскопом. Отриману інформацію передбачається використовувати для автоматичної ідентифікації характеру руйнувань сплавів в умовах тертя.

Ключові слова: комп'ютерний зір, частинки зносу, продукти зношування, півтонове зображення, карта відбивної здатності, голчата діаграма, обробка зображень, карта дальності, частинки зносу сталі, продукти зносу сталі.

Pogorelov O.O., Kolesnikov V.O., Balitskij O.I.

Wear particles images processing by methods of computer vision

The system of computer vision, intended for determination wear particles shape with help of one shading image got under a microscope, is described in the article. It is assumed to use obtained information for automatic identification of alloys destructions nature in the conditions of friction.

Keywords: computer vision, particles of wear, products of wear, shading image, reflectance map, needle map, depth map, particles of steel wear, products of steel wear.

Погорелов О.О., д.т.н. проф., кафедри комп'ютерних наук Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Луганськ);

Колесніков В.О., к.т.н., доц., зав. кафедри інженерних дисциплін, зам. декана з наукової роботи Краснодонського факультету інженерії та менеджменту Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Луганськ);

Балицький О.І., д.т.н. проф., зав. відділом водневої стійкості матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України (м. Львів).

Рецензент: Ульшин В.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри системної інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Луганськ).

УДК 621.833.5

Н.Л. Утутов, А.П. Карпов, С.Ю. Ефанов

г. Луганск

О ФУНКЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

В статье получена функция передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма с учетом начального угла поворота кривошипа от линии, проходящей через ось вращения кривошипа и ползун в его максимальном удалении от оси вращения кривошипа. Рис. 3, ист. 3.

Постановка задачи. Кривошипно-ползунные механизмы широко применяют в различных отраслях машиностроения. Геометрический расчет этих механизмов проводят в основном аналитическими и графо-аналитическими методами. Определенную трудность в аналитических расчетах составляет определение функции передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма, от которой зависит кинематическая характеристика механизма.

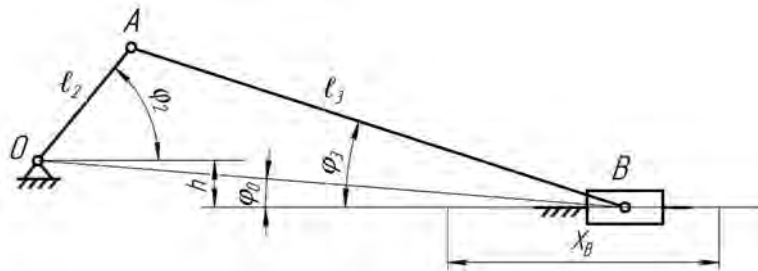


Рис. 1. Кривошипно-ползунный механизм

Состояние вопроса. В книге С.Н. Кожевникова [1] приведено уравнение функции передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма (рис. 1):

$$i_{42} = \frac{\sin(\phi_2 + \phi_3)}{\cos \phi_3}, \quad (1)$$

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

В І С Н И К

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№11 (165)
Частина 2
2011**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2011

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 11(165) 2011

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ
РАЗІВ НА РІК

Засновник

Східноукраїнський національний
університет імені Володимира Даля

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 11(165) 2011

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES
A YEAR

Founder

of the Volodymyr Dal East Ukrainian
National University

Журнал зареєстровано
в Міністерстві юстиції України

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 15607-4079ПР
від 18.08.2009 р.

Registered by the Ministry
of Yustice of Ukraine

Registration Certificate
KB № 15607-4079ПР
dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №5 2010 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.), (Бюл. ВАК №7 2011 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, економічних, історичних, хімічних та фізико-математичних наук* відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія: Голубенко О.Л., член-кор. Національної академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор), Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Арлінський Ю.М., докт. фіз-мат. наук, Бер Р., докт. техн. наук., професор університету ім. Отто фон Гюріке, Магдебург, Німеччина, Будіков Л.Я., докт. техн. наук., Бузько І.Р., докт. екон. наук, Гадушова З., професор, декан факультету мистецтв університету Філософа Костянтина в Нитрі, Словачія, Галстян Г.А. докт. хім. наук, Голубничий П.І., докт. фіз-мат. наук, Гончаров В.М., докт. техн. наук, Довжук І.В., докт. іст. наук, Житна І.П., докт. екон. наук, Іджер М., докт. техн. наук., професор Познанського технічного університету, Польща, Красовські Е., професор університету природничих наук в Любліні, редактор наукового видання Теки і MOTROLU, Козаченко Г.В., докт. екон. наук, Кондратов С.О., докт. хім. наук, Кудюков Ю.П., докт. хім. наук, Куліков Ю.А., докт. техн. наук, Лазор Л.І., докт. юр. наук, Литвиненко В.Ф., докт. істор. наук, Максимов В.В., докт. екон. наук, Михайлюк В.П., докт. іст. наук, Нагорний Б.Г., докт. соціол. наук, Носко П.Л., докт. техн. наук, Петров О.С., докт. техн. наук, Рач В.А., докт. техн. наук, Рей Р.І., докт. техн. наук, Суханцева В.К., докт. філос. наук, Тюпало М.Ф., докт. хім. наук, Ульшин В.О., докт. техн. наук, Чапка М., докт. екон. наук, професор, іноземний член-кор. Національної академії педагогічних наук України, Польща, Шевченко Г.П., член-кор. Національної академії педагогічних наук України, докт. пед. наук., Хорошко В.О., докт. техн. наук.

Відповідальний за випуск: В.М. Грібанов

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 2 від 28.10.2011 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2011
© Of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2011

<i>П. Л. Носко, В.Е. Шисман, А.П. Карпов, Л.М. Чокнадий</i> МОДЕЛЬ СОВМЕЩЕНИЯ СХВАТА МАНИПУЛЯТОРА С ОБЪЕКТОМ	176
<i>Ю.И. Статывка, А.С. Тимошин</i> НЕКОТОРЫЕ АЛГОРИТМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ	182
<i>О.А. Погорелов, В.А. Колесников, А.И. Балицкий</i> ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧАСТИЦ ИЗНОСА МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ.....	187
<i>Н.Л. Утутов, А.П. Карпов, С.Ю. Ефанов</i> О ФУНКЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ КРИВОШИПНО- ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА	192
<i>Т.А. Шинкарева, А.И. Гедрович</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ.....	196
<i>В.П. Шишов, П.Л. Носко, А.А. Муховатый</i> ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ С УЛУЧШЕННЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ГЕОМЕТРО- КИНЕМАТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ В ОКОЛОПОЛЮСНОЙ ЗОНЕ	198
<i>В.П. Шишов, П.Л. Носко, А.А. Муховатый, Ю.А. Склад</i> ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА ИСХОДНОГО КОНТУРА ЗУБЬЕВ ПРЯМОЗУБЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ПРИ СМЕЩЕНИИ ИСХОДНОГО КОНТУРА.....	207
<i>В.А. Плахотник, Л.Д. Мелконов, Г.Л. Мелконов</i> МЕХАНИЗМ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТЕРМОФРИКЦИОННОМ РЕЗАНИИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ.	212
<i>Г.Л. Мелконов, Л.Д. Мелконов, В.А. Плахотник</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ИСПО- ЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ 4-Х ШПИНДЕЛЬНОЙ ШЛИФО- ПОЛИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ.....	218
<i>М.Д. Солодовник, Н.В. Клипаков</i> ЗАДАЧА О ДВИЖЕНИИ ПОИСКОВОГО ДИСКА ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	223
<i>Oleksandr Baiev, Valentine Lazurik</i> ADVANTAGES OF NEURAL NETWORKS FOR DERIVING AN ELECTRONS SPECTRUM FROM DEPTH-CHARGE CURVE.....	228
<i>Ю.Г. Качан, В.В. Степкин, Ю.Б. Спекторова</i> О ПРОБЛЕМЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ПЕЧЕЙ.....	237
<i>Д.С. Клочан, А.В. Калюжный, П.Ю. Войлов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СВЕТОСОБИРАНИЯ В ПЛОСКИХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ С МАЛЫМ ОТНОШЕНИЕМ ПЛОЩАДИ ВХОДНОГО ОКНА ФОТОПРИЕМНИКА К ВЫХОДНОМУ ОКНУ ДЕТЕКТОРА.....	240
<i>Tetiana Malykhina</i> USAGE OF X-RAY MICROTOMOGRAPHY FOR VISUALIZATION AND CHARACTERIZATION OF MICROSTRUCTURES	246
<i>В.Ю. Солдатенко, Э.В. Жариков</i> МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	250

ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 11 (165) 2011
Частина 2

Науковий журнал

Відповідальний редактор	В.М. Грібанов
Редактори	О.О. Мартинцева
Технічний редактор	Т.М. Дроговоз
Оригінал-макет	М.В. Кліпаков

Підписано до друку 28.10.2011 р.
Формат 70 x 108 1 /16. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк лазерний. Умов. друк. арк. 27,5. Обл. друк. арк. 28,4.
Наклад 300 прим. Вид. №2694. Замовлення №454 . Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а,
Телефон (0642) 41-34-12. Факс (0642) 41-31-60.
E-mail: uni@snu.edu.ua

Надруковано у видавництві «НОУЛІДЖ»
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК №2884 від 26.06.2007
91051, м. Луганськ, кв. Якіра, 3/316,
тел. (050) 475-35-13, e-mail: nickvnu@gmail.com

Погорелов О.А., Колесников В.А., Балицкий А.И. Обработка изображений частиц износа методами компьютерного зрения // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2011. – № 11(165) Частина 2. – с. 187 - 192.

https://www.researchgate.net/publication/336604576_VISNIK_Shidnoukrainskogo_nacionalnog_o_universitetu_imeni_VOLODIMIRA_DALA_No11_165_Castina_2_2011

https://kolesnikov.ucoz.com/load/pogorelov_o_a_kolesnikov_v_a_balickij_a_i_obrabotka_izobrazhenij_chastic_iznosa_metodami_kompjuternogo_zrenija/1-1-0-154

https://researchworker.ucoz.ru/load/pogorelov_o_a_kolesnikov_v_a_balickij_a_i_obrabotka_izobrazhenij_chastic_iznosa_metodami_kompjuternogo_zrenija/1-1-0-272

https://www.researchgate.net/publication/337008131_Pogorelov_OA_Kolesnikov_VA_Balickij_AI_Obrabotka_izobrazhenij_chastic_iznosa_metodami_komputernogo_zrenia_Visnik_Shidnoukrainskogo_nacionalnogo_universitetu_imeni_Volodimira_Dala_Vid-vo_SNU_im_VDala_2011