

УДК 620.16

## ВЛИЯНИЕ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ В УСЛОВИЯ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ВЫСОКОАЗОТИСТЫХ СТАЛЕЙ

<sup>1</sup>д.т.н., проф. Балицкий А.И., <sup>2</sup>к.т.н., доц. Колесников В.А.,  
<sup>3</sup>д.т.н., проф. Елиаш Я.

<sup>1</sup>Физико-механический институт имени Карпенко Г.В., г. Львов

<sup>2</sup>ГУ «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»

<sup>3</sup>Западнопоморский технологический университет, г. Щецин, Польша

Проведение комплексных триботехнических исследований в различных условиях трения, как новых материалов, так и уже применяемых, является актуальной задачей в современном прикладном материаловедении.

Ранее нами исследовалась износостойкость высокоазотистых сталей в условиях трения качения [1–4].

Трибологические испытания проводили на стационарной лабораторной установке СМТ – 1 (2070). Её конструкция позволяет изменять скорость скольжения валов, что позволило провести эксперименты с 0%, 15% и 20 % проскальзыванием. Так скорость скольжения нижнего ролика составляла 1480 оборотов в минуту, а верхнего 1240. Нижний ролик (диаметр 42 мм) изготовлен из конструкционной стали (HRc = 52-55 ед.), аналог стали 45. А верхний ролик из высокоазотистой стали типа DDT 68 твердостью 45 HRc (диаметр 35 мм). Линейная скорость верхнего ролика составляла 2,27 м/с, а нижнего 3,08 м/с.

Таблица 1

**Химический состав исследуемых сталей**

№ п/п	Марка	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	N
1.	Сплав 1*	0.08	0.38	19.0	17.8	1.18	0.13	0.12	0.58
1.	Сплав 2**	0.42- 0.5	0.17- 0.37	–	0.25	0.25	–	–	–

\* т.е. сталь типа DDT68

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

Ширина роликов составляла 1 см. Потери массы образцов определяли, взвешиваем на аналитических весах RADWAGWAA 160 с точностью 0,0001 г. Структуру сталей исследовали металлографическим, рентгеновским и электронно-микроскопическим методами анализа.

Структурно-фазовий аналіз проводили на установці ДРОН-3, в ізлученні ( $\text{CuK}_\alpha$ ).

В умовах сухого тріння приведений знос (при однаковій нарузці) для високоазотистого сталі склав 0,0994713 г на 1000 метрів шляху при 20 % проскальзвання і 0,07346 г на 1000 метрів шляху при 0 % проскальзвання. Для конструкційної сталі ці показники склали відповідно 0,106917 г на 1000 метрів шляху і 0,07677 г на 1000 метрів шляху. Таким образом, з збільшенням проскальзвання з 0% до 20 % інтенсивність изнашивания збільшилася в 1,35 раз для високоазотистого сталі і 1,4 раз для конструкційної сталі. В даному випадку підтвердилася закономірність, спостережувана для інших матеріалів, о том, що з збільшенням проскальзвання збільшується інтенсивність изнашивания. Так, наприклад, лабораторні експерименти показують, що в найбільшій ступені швидкість зносу коліс залізнодорожного транспорту залежить від величини проскальзвання. П.Клейтон разом з Д. Дэнксом і П. Болтоном виконали класическу серію робіт по дослідженню пари колісно-рельсових сталей при каченні з проскальзванням [5].

Однако, слід відзначити і той факт, що незважаючи на те, що твердість конструкційної сталі була вище на 7-10 одиниць по шкалі Роквелла, високоазотиста сталь показала більш високу зносостійкість.

#### *Литература*

1. Balyts'kyi O.I., Kolesnikov V.O. Investigation of wear products of high nitrogen manganese steels // Materials Science (Springer). – 2009, vol. 45, N 4. – P.576–581.
2. Valerii Kolesnikov, Aleksandr Balitskii, Jacek Eliasz Tribological properties of high nitrogen steels after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa Volume XC/2010. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – OLPAN, 2010, 116–121p.
3. Study of the wear resistance of high-nitrogen steels under dry sliding friction // O. I. Balyts'kyi, V. O. Kolesnikov and J. Eliasz // Materials Science, Vol. 48, No. 5, March, 2013 P. 642–646.
4. Балицький О.І., Колесніков В.О., Еліаш Я. Дослідження руйнування ненаводнених та наводнених сплавів в умовах тертя кочення // Проблеми тертя та зношування. – 2012. – № 58. – С. 32–37.
5. Баубеков Е.Е. Влияние скорости и проскальзывания колеса и рельса на износ [Електронний ресурс]. Publishing house Education and Science. Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/25\\_NNP\\_2009/Tecnic/50178.doc.htm](http://www.rusnauka.com/25_NNP_2009/Tecnic/50178.doc.htm).

## Зміст

<b>РОЗДІЛ 1 НОВІ МАТЕРІАЛИ І ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІІ</b> .....	10
<b>Гутько Ю.И., Бер Р., Колесников В.А.</b> Технологии прототипирования в литейном производстве .....	10
<b>Балицкий А.И., Колесников В.А., Елиаш Я.</b> Влияние проскальзывания в условиях трения качения на износостойкость высокоазотистых сталей .....	12
<b>Попов В.М., Латынин А.В.</b> Повышения прочности клеевых соединений на основе клеев, модифицированных воздействием комбинированных физических полей .....	14
<b>Калинина Н.Е, Мусина Е.А., Вилищук З.В., Григорчук Н.П., Павлов Д.Р.</b> Модифицирующий эффект в литейных силуминах.....	16
<b>Бечке К.В., Санин А.Ф.</b> Формирования интерметаллидных упрочняющих фаз в порошковом алюминиевом сплаве .....	18
<b>Лужецький В.С., Горб'як Т.М.</b> До оцінювання міцності труби дефектного газопроводу за підходами механіки руйнування.....	20
<b>Мандзюк І.А., Присяжна К.О., Диха О.В.</b> Перспективи розробки змашувальних матеріалів технічного призначення а основі відновлювальної природної сировини .....	21
<b>Павловський Ю.В., Яким Р.С., Павловська Н.Т., Островський І.П.</b> Нові низькорозмірні матеріали на основі SiGe .....	24
<b>Пижев І.М., Клименко В.Г.</b> Збереження властивостей металів з нано- та субмікрокристалічною структурою при плоскому торцевому шліфуванні .....	26
<b>Колесников В.А.</b> Развитие вычислительного материаловедения: современные тенденции и перспективы.....	28
<b>Защепкина Н. Н., Терентьева Н. Р.</b> Респираторная защита человека от негативного влияния окружающей среды.....	30
<b>Вітренко В.О., Чесноков О.В., Чорна В.І.</b> Силова взаємодія інструменту з оболонкою при ротаційному витяганні оболонкових деталей без навмисного стоншування .....	33

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Державний заклад**

**«Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»  
Територіальне управління Держгірпромнагляду у Луганській області  
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля**

**Луганська регіональна торгово-промислова палата**

**Державна інспекція ядерного регулювання України**

**Департамент освіти та молоді Луганської міської ради**

**Інститут хімічних технологій СНУ ім. В. Даля**

**Українська інженерно-педагогічна академія**

**Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України**

**Наукова рада НАН України з проблеми**

**«Фізико-хімічна механіка матеріалів»**

**Західнопоморський технологічний університет**

**м. Щецин(Польща)**

**ПрАТ «Інститут «Спецавтоматика»**

**НВМСП «ОПЫТ»**

**НОВІ МАТЕРІАЛИ І ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ,  
ОХОРОНА ПРАЦІ І ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА**

---

*Матеріали Всеукраїнської науково-практичної  
Інтернет-конференції  
з міжнародною участю*

*4 квітня 2014 року, м. Луганськ*

**Луганськ  
ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»  
2014**

УДК [67 +331.45 + 378] – 048.35

ББК 30 + 65.246 + 74.48

Н73

**Редакційна колегія:**

- Чесноков О. В.** – д-р техн. наук, професор;  
**Орешкін М. В.** – д-р с.-г. наук, ст. наук. співробітник;  
**Колесніков В. О.** – канд. техн. наук, доцент;  
**Бурдун В. В.** – канд. пед. наук, доцент;

**Нові матеріали** і перспективні технології,  
Н73 охорона праці і професійна освіта : матеріали Всеукр.  
наук.-практ. інтернет-конф. з міжнар. участю  
(м. Луганськ, 4 квіт. 2014 р.). – Луганськ : Вид-во  
ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2014. – 196 с.

Збірник містить матеріали доповідей провідних науковців, наукових співробітників, викладачів, пошукувачів, аспірантів України та зарубіжжя. Представлені роботи, які висвітлюють актуальні питання та сучасний стан і напрями впровадження матеріалів і перспективних технологій, актуальні питання охорони праці, професійної та технологічної освіти.

Для студентів ВНЗ, аспірантів та наукових працівників.

Матеріали надруковано мовою оригіналу у авторській редакції. Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за об'єктивність добору і точність викладених фактів, за використання відомостей, що не підлягають відкритому опублікуванню.

**УДК [67 + 331.45 + 378] – 048.35**

**ББК 30 + 65.246 + 74.48**

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Луганського національного університету імені Тараса Шевченка  
(протокол № 9 від 25 квітня 2014 року)*

© Колектив авторів, 2014  
© ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2014

**Нові матеріали і перспективні технології, охорона праці і професійна освіта** – матеріали конференції.

У збірнику статей проведено аналіз проектування та технологічного забезпечення властивостей нових матеріалів. Акцентовано увагу на перспективному використанні матеріалів, що володіють підвищеними експлуатаційними властивостями. Розглянуто наноструктуровані сталі і сплави, композиційні матеріали, а саме наноккомпозити, високоазотисті сталі та інші. Приведено короткий огляд властивостей нових матеріалів. Наведені зростаючі можливості обчислювального матеріалознавства та застосування адитивних технологій і 3D принтерів.

Розглянуто застосування інтеграційного підходу до формування професійних вмінь і навичок у майбутніх інженерів - педагогів. Відзначено організаційні передумови розвитку системи ступеневої підготовки кваліфікованих фахівців. Наведено приклади підвищення якості проведення аудиторних занять за рахунок автоматизації методів контролю засвоєння матеріалу студентами. Розглянуто методи проведення навчального процесу (в тому числі інноваційні) при підготовці працівників, що виконують висотно - верхолазні роботи. Розглянуто питання охорони та безпеки праці, а також інформаційної безпеки. Розглянуто особливості охорони праці при промисловому виготовленні нових матеріалів, у навчальних закладах технічного та гуманітарного профілів. Результати досліджень радіаційної безпеки Донецького кряжа і його відрогів і басейну річки Сіверський Донець. Проаналізовано пожежна безпека промислових, транспортних та інноваційних об'єктів.

*Ключові слова:* матеріали, технології, прикладне матеріалознавство, охорона праці, педагогіка, інновації, трудове навчання, професійне навчання.

**Новые материалы и перспективные технологии, охрана труда и профессиональное образование** - материалы конференции.

В сборнике статей проведен анализ проектирования и технологического обеспечения свойств новых материалов. Акцентируется внимание на перспективном использовании материалов обладающих повышенными эксплуатационными свойствами. Рассмотрены наноструктурированные стали и сплавы, композиционные материалы наноккомпозиты, высокоазотистые стали и другие. Сделан краткий обзор свойств новых материалов. Приведены возрастающие возможности вычислительного материаловедения и применения аддитивных технологий и 3D принтеров.

Рассматривается применение интеграционного подхода к формированию профессиональных умений и навыков у будущих инженеров - педагогов. Отмечены организационные предпосылки развития системы ступенчатой подготовки квалифицированных специалистов. Приводятся примеры повышения качества проведения аудиторных занятий за счет автоматизации методов контроля усвоения материала студентами. Рассмотрены методы

проведения учебного процесса (в том числе инновационные) при подготовке работников выполняющих высотно-верхолазные работы. Рассмотрены вопросы охраны и безопасности труда, а также информационной безопасности. Рассмотрены особенности охраны труда при промышленном изготовлении новых материалов, в учебных заведениях технического и гуманитарного профилей. Результаты исследований радиационной безопасности Донецкого кряжа и его отрогов и бассейна реки Северский Донец. Проанализирована пожарная безопасность промышленных, транспортных и инновационных объектов.

*Ключевые слова:* материалы, технологии, прикладное материаловедение, охрана труда, педагогика, инновации, трудовое обучение, профессиональное обучение.

### **New materials and advanced technology, labor and professional education - proceedings.**

The collection of articles analyzes the design and technological support for the properties of new materials. The attention is focused on the prospective use of materials with enhanced performance characteristics. It considers nanostructured steels and alloys, composites, nanocomposites, and other high-nitrogen steels. There is a brief review of the properties of new materials. The increasing possibility of computational materials science and application of additive technologies and 3D printers are examined.

The work defines the application of an integrated approach to the formation of professional skills of future engineers - teachers. It marks organizational prerequisites for the development of speed training of qualified specialists. There are examples of improving the quality of classroom teaching owing to the automation of the control methods of material acquisition by students.

It studies the methods of the educational process (including innovation ones) in the preparation of workers doing high-altitude steeplejack work. Health and safety problems, as well as information security are also included. The work makes a careful study of the features of labor protection in the industrial manufacturing of new materials, in technical schools and schools pertaining to the humanities. It presents the results of studies of radiation safety of the Donets Ridge and its spurs and Seversky Donets Basin. The fire safety of industrial, transport and innovative facilities was analyzed.

*Keywords:* materials, technology, applied materials, labor safety, pedagogy, innovations, job training, vocational training.

Наукове видання

**НОВІ МАТЕРІАЛИ І ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ,  
ОХОРОНА ПРАЦІ І ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА**

*Матеріали Всеукраїнської науково-практичної  
Інтернет - конференції  
з міжнародною участю*

*4 квітня 2014 року, м. Луганськ*

**Відповідальний за випуск:**  
д. т. н., проф. О. В. Чесноков

**Комп'ютерне макетування:**  
О. О. Кириленко

---

Здано до складання 31.03.2014 р. Підписано до друку 30.04.2014 р.  
Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Гарнітура TimesNewRoman.  
Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 12,15. Наклад 200 прим. Зам. № 00.

---

**Видавець і виготовлювач**  
**Видавництво Державного закладу**  
**«Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»**  
вул. Оборонна, 2, м. Луганськ, 91011. Тел./факс: (0642) 58-03-20.  
e-mail: [alma-mater@list.ru](mailto:alma-mater@list.ru)  
*Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3459 від 09.04.2009 р.*



Балицкий А.И., Колесников В.А., Елиаш Я. Влияние проскальзывания в условиях трения качения на износостойкость высокоазотистых сталей // Нові матеріали і перспективні технології, охорона праці і професійна освіта *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю 4 квітня 2014 року, м. Луганськ.* - 12-13 с.

Вплив прослизання в умовах тертя кочення на зносостійкість високоазотних сталей.

The effect of slippage under rolling friction on the wear resistance of high-nitrogen steels.