

# Технология и технологические машины

УДК 621.771.06:621.892

DOI 10.18698/0536-1044-2017-10-60-68

## Универсальный испытательный комплекс по определению триботехнических характеристик смазочных материалов на базе серийной машины трения СМЦ-2\*

М.В. Харченко, Р.Р. Дема, С.П. Нефедьев, О.А. Осипова

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 455000,  
Магнитогорск, Российская Федерация, пр-т Ленина, д. 38

## A Universal Test Facility for Determining Tribotechnical Characteristics of Lubricants Based on the Serial Friction Machine SMTs-2

M.V. Kharchenko, R.R. Dema, S.P. Nefediev, O.A. Osipova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education — Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
455000 Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin Ave., Bldg. 38



e-mail: kharchenko.mv@bk.ru, demarr78@mail.ru



В процессе создания новых или изучения свойств существующих смазочных и антифрикционных материалов трибологические испытательные установки для проведения лабораторных исследований играют значительную роль в определении как специальных требований и рекомендаций к технологии будущей эксплуатации, так и организациям-производителям данных материалов. В настоящее время при разработке новых видов смазочных и антифрикционных материалов, а также при испытании узлов трения используют более 150 различных методик, описанных отечественными (ГОСТ) и зарубежными (ASTM, ISO, DIN и др.) стандартами. Условная классификация средств испытаний, принятая в трибологии, включает в себя три группы: первая — приборы для определения физико-механических свойств поверхностей контактирующих элементов пары трения (твердомеры, дефектоскопы и др.); вторая — лабораторные машины и установки для испытания материалов на трение и износ, третья — стенды для испытания узлов трения. Однако для лабораторных машин, отнесенных ко второй группе классификации, на сегодняшний день отсутствуют методики, которые бы определяли антифрикционные и противозадирные свойства материалов с учетом динамики процесса трения: разгонов, торможения, темпов ускорения (замедления) и т. д. В связи с этим предложен оригинальный технический комплекс для лабораторных испытаний на трение и износ антифрикционных материалов, позволяющий проводить дополнительные триботехнические исследования.

\* Работа выполнена в рамках гранта 1384ГС1/22730 Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонда содействия инновациям).

**Ключевые слова:** машина трения, смазочный материал, методы испытаний, показатель износа, антифрикционные свойства, противозадирные свойства

**i** Tribological test facilities for conducting laboratory studies play a significant role in the process of creating new lubricants and antifriction materials, as well as studying properties of existing materials. These facilities are important both for defining special requirements and providing recommendations to develop technology for the future operation and manufacturing of these materials. At present, more than 150 different methods are used in developing new types of lubricating and antifriction materials as well as in friction unit testing. These methods are described by domestic (GOST) and foreign standards (ASTM, ISO, DIN, etc.). The conventional classification of test facilities adopted in tribology includes three groups: devices for determining physico-mechanical properties of the surfaces of contacting elements in a friction pair (hardness meters, flaw detectors, etc.); the second group comprising laboratory machines and installations for testing materials for friction and wear; and stands for testing friction units. However, for laboratory machines of the second classification group, there are currently no methods that would determine the antifriction and extreme pressure properties of the materials, taking into account the dynamics of the friction process, i.e. acceleration and deceleration, acceleration (deceleration) rate, etc.

**Keywords:** friction machine, lubricant, test methods, wear, antifriction properties, extreme pressure properties

В результате обзора технических средств и методик для проведения испытаний на трение и износ установлено, что для лабораторных машин до сих пор не разработано ни одной методики для определения антифрикционных и противозадирных свойств материалов с учетом динамики процесса трения: разгонов, торможения, темпов ускорения (замедления) и т. д.

Цель работы — представить универсальный технический комплекс для лабораторных испытаний на трение и износ различных антифрикционных материалов на базе серийной машины трения СМЦ-2, которая благодаря технической модернизации и усовершенствования аппаратной части позволяет выполнять дополнительные триботехнические исследования.

**Исходное состояние вопроса.** Первоначальное назначение машины трения СМЦ-2, установленное заводом-изготовителем, заключалось в проведении испытаний материалов на трение и износ и определении их антифрикционных свойств при трении скольжения и качения и нормальной температуре с фрикционными парами образцов диск-диск, диск-колодка, вал-втулка (рис. 1).

На рис. 2 приведена кинематическая схема машины трения СМЦ-2, основными узлами механической части которой являются электродвигатель 1, ременная передача 2, редуктор 3, муфта 4, откидная каретка 5, зубчатая передача 6, механизм нагружения 7 и индуктивный датчик момента трения 10. На валах редуктора и зубчатой передачи установлены образец 8 и контртело 9.

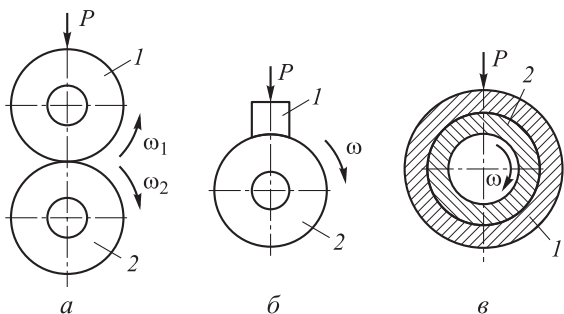


Рис. 1. Схема моделей взаимодействия фрикционных пар, реализуемых на машине трения СМЦ-2:

a — диск-диск; б — диск-колодка; в — вал-втулка;  
1 — образец; 2 — контртело; P — нагрузка;  
 $\omega_1, \omega_2, \omega$  — угловые скорости вращения

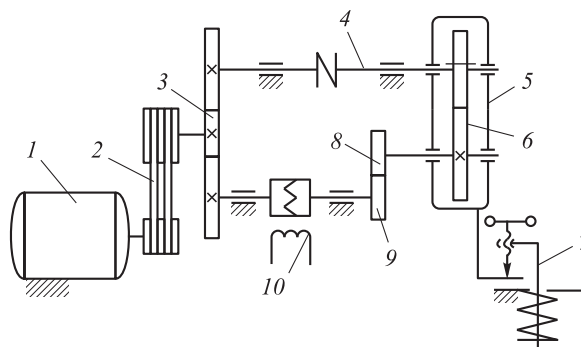


Рис. 2. Кинематическая схема машины трения СМЦ-2

Машина трения СМЦ-2 в стандартной комплектации имеет следующие недостатки:

- отсутствует возможность проведения испытания на определение антифрикционных и противозадирных свойств жидких смазочных материалов;
- использование потенциометра в качестве регистратора изменения исследуемой характеристики затрудняет снятие показаний и повышает погрешность исследований;
- применение частотного преобразователя, управляемого вручную, не обеспечивает плавного ускорения или торможения в автоматическом режиме;
- нет возможности регистрации характеристики загрузки главного привода установки по току и, как следствие, оценки момента на валу двигателя.

Выявленные недостатки машины трения СМЦ-2 не снижают ее значимости при проведении трибологических испытаний, однако их устранение позволит не только повысить их точность и число, но и создать новую методику испытаний на трение и износ при равноускоренном и равнозамедленном контактом взаимодействии фрикционных пар.

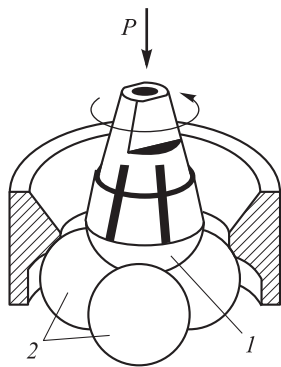


Рис. 3. Схема испытания смазочных материалов на четырехшариковой машине трения

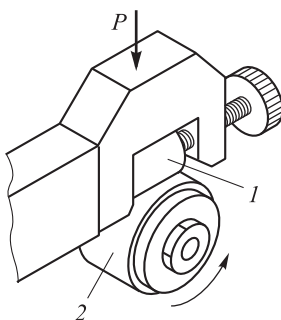


Рис. 4. Схема для определения фрикционного изнашивания по методу Рейчerta и Брюггера

В настоящее время для испытания материалов на трение и износ в основном используют зарубежные стандартизованные методики, среди которых наиболее распространенной является классификация методов испытаний DIN 50322. К простейшим и самым применяемым лабораторным установкам для испытаний смазочных материалов относятся четырехшариковая машина трения (рис. 3) и устройство для определения фрикционного изнашивания по методу Рейчerta и Брюггера (рис. 4).

**Четырехшариковая машина трения** (ГОСТ 9490–75, ГОСТ ISO 20623–2013) — одно из самых первых и хорошо известных испытательных устройств для жидких и пластичных смазочных материалов. Основные достоинства такой машины — низкая цена и простота проводимых измерений. Устройство, отличающееся простотой конструкции, позволяет определять показатель износа, коэффициент трения материала и критические нагрузки смазок и масел путем широко распространенных испытаний на свариваемость.

Четырехшариковая машина трения (см. рис. 3) представляет собой закрепленный в роликоподшипнике шарик 2, вращающийся с постоянной скоростью и контактирующий с тремя неподвижными шариками 1. На поверхность контакта наносят смазочный материал (жидкий или пластичный). Постепенно увеличивая осевую нагрузку  $P$ , и, соответственно, контактное давление, можно определить нагрузку сваривания, показатель износа и коэффициент трения. В процессе возрастания  $P$  на неподвижных роликах появляется пятно износа, характеризующее испытываемый смазочный материал [1].

**Устройства для определения фрикционного изнашивания по методу Рейчerta и Брюггера** (DIN 51347) являются основными инструментами для определения характеристик износостойкости водосмешиваемых и масляных смазочно-охлаждающих жидкостей, а также гидравлических масел и пластичных смазок. Большая часть металлургических предприятий проверяет соответствие износостойкости технологических и гидравлических масел заданным стандартам качества на основании экспериментальных методов Рейчerta или Брюггера. В устройствах, созданных на базе этих методов (см. рис. 4), с помощью системы рычагов прочно закрепленный цилиндрический вал 1 под действием осевой нагрузки  $P$  воздействует на

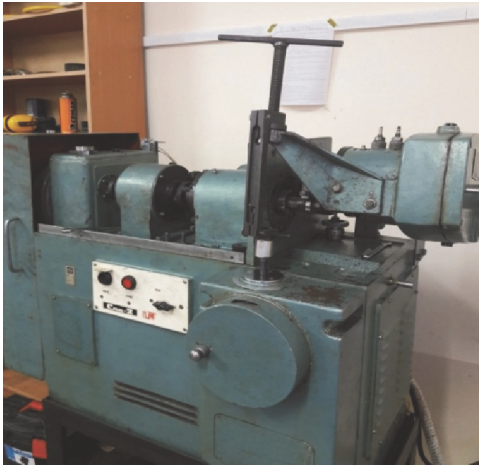


Рис. 5. Общий вид усовершенствованной машины трения СМЦ-2

контактное кольцо (КК) 2 в осевом направлении. Оси вращения КК и вала расположены перпендикулярно друг другу.

В методе Рейчерта только треть КК погружена в исследуемую жидкость, и кольцо вращается с постоянной скоростью, оставляя



Рис. 6. Блок контроллеров и устройства вывода информации

пятно износа эллиптической формы на поверхности вала. После прохождения КК каждые 100 м измеряется пятно износа. Смазывающая жидкость должна оставаться на поверхности контакта на протяжении всего эксперимента.

В методе Брюггера КК вращается в течение 30 с при использовании 5 мл смазывающей

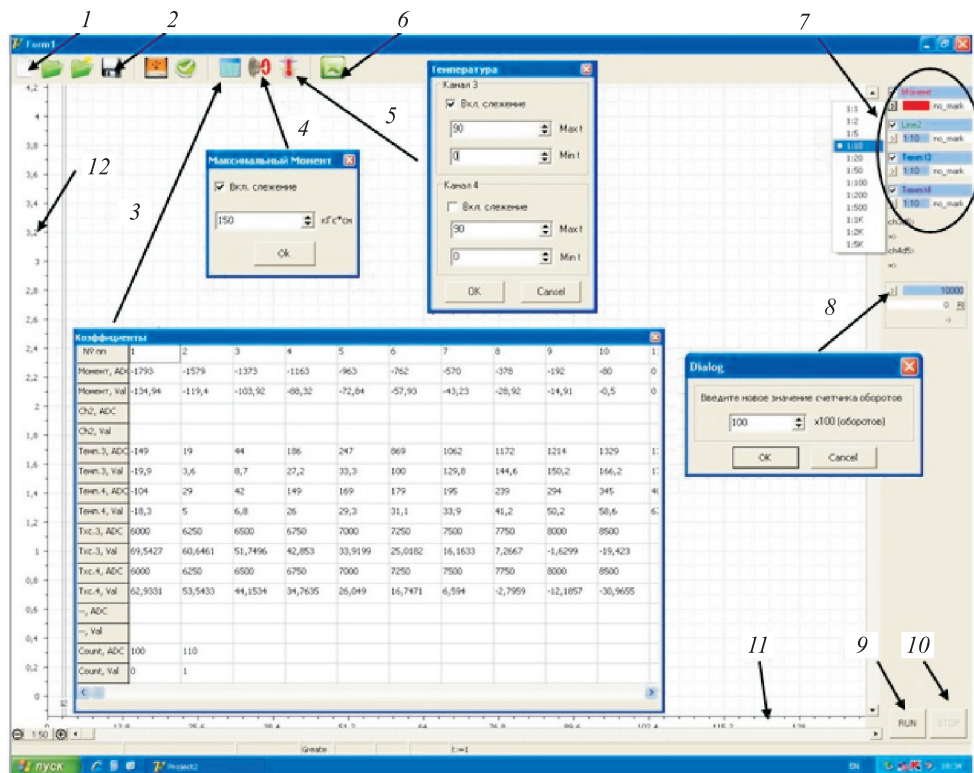


Рис. 7. Визуализация интерфейса программного комплекса универсальной машины трения СМЦ-2: 1 — кнопка создания нового эксперимента; 2 — кнопка сохранения результатов эксперимента; 3 — кнопка вывода тарировочных коэффициентов; 4, 5 и 8 — задатчик параметра — соответственно максимального момента трения, температуры и числа оборотов приводного вала универсального трибометра, — при превышении значения которого машина отключается, и дальнейшее проведение эксперимента автоматически останавливается; 6 — кнопка сохранения результатов в среде MS Excel с возможностью выбора объема сохраняемых данных; 7 — кнопки выбора масштаба отображения регистрируемых параметров; 9 — кнопка запуска эксперимента; 10 — кнопка останова эксперимента; 11 — шкала времени от начала эксперимента, с; 12 — шкала измеряемого (отслеживаемого) параметра

жидкости, которая должна покрывать поверхность трения во время испытания. Износ определяют исходя из его показателя. Этот метод исследования позволяет оценивать контактное давление на основании размера полученного пятна износа [1, 2].

Таким образом, известные мировые методики определения антифрикционных и противозадирных свойств смазочных материалов имеют ряд недостатков. Первый из них — отсутствие метода по определению свойств смазочных материалов во время процессов ускорения и торможения фрикционной пары, который бы не только демонстрировал антифрикционные и противозадирные свойства, но и позволял найти скорость формирования пленки между трущимися поверхностями, ее стойкость к сдвигу и несущую способность.

Второй недостаток — постоянство используемого материала (в основном это сталь ШХ-15 (ГОСТ 801–78)), из которого выполнены шарики (в машине трения) и кольца (в устройствах Рейчерта и Брюгера). Другими словами, в этих

методах не предусмотрены испытания смазочных материалов, работающих в контакте с модифицированными поверхностями трущихся тел, либо с восстановленными в результате ремонта и реновации. Одной из причин является сложность нанесения покрытий на сферическую поверхность шариков.

**Описание технической модернизации машины трения СМЦ-2.** Выявленные недостатки известных методов решены в машине трения СМЦ-2, прошедшей техническую модернизацию. Общий вид усовершенствованной машины трения представлен на рис. 5, а аппаратная часть и устройства вывода информации — на рис. 6.

Техническая модернизация включала в себя отказ от использования потенциометра архаичной конструкции, переход на полупроводниковые схемы управления сигналами, применение контроллеров для управления и слежения за несколькими исследуемыми параметрами одновременно. Кроме того, усовершенствованная

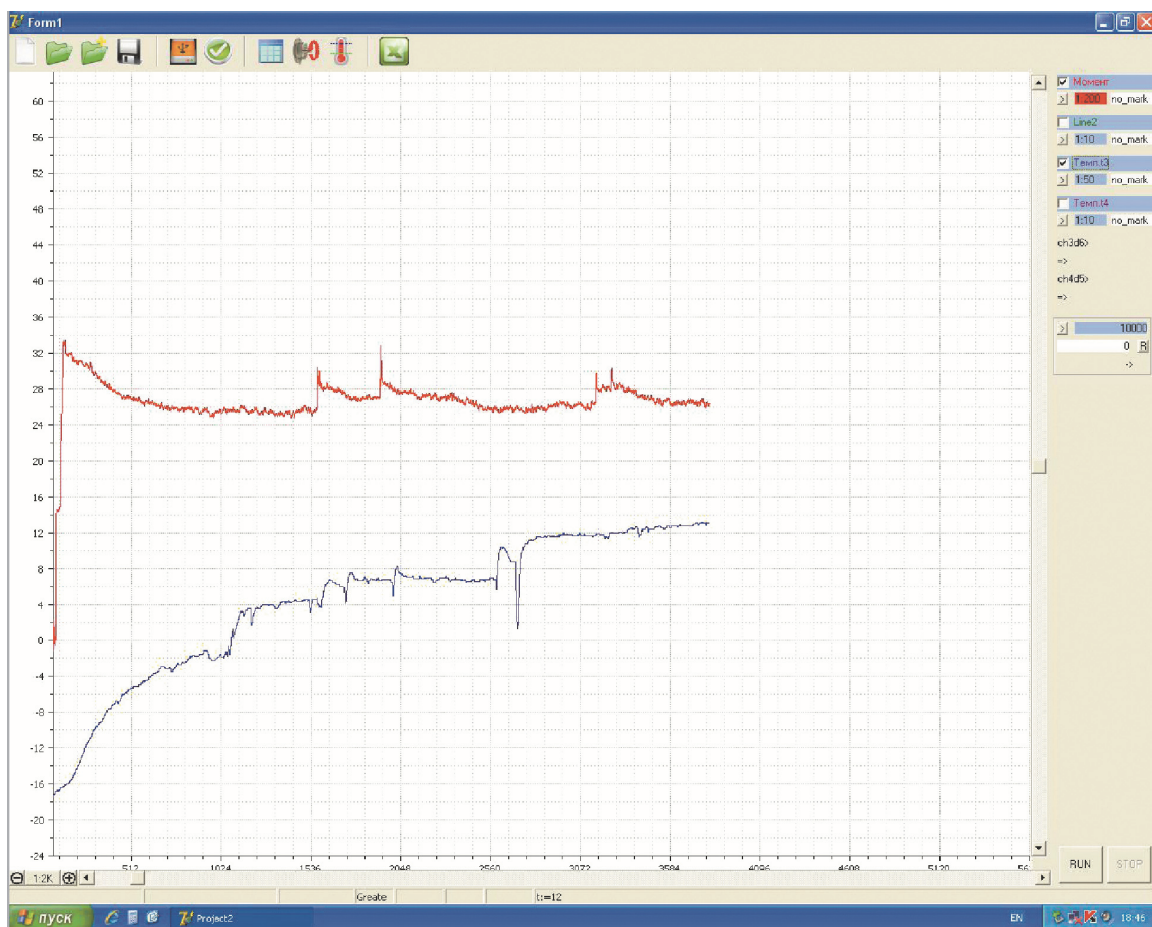


Рис. 8. Пример отображения регистрируемых параметров в процессе проведения эксперимента

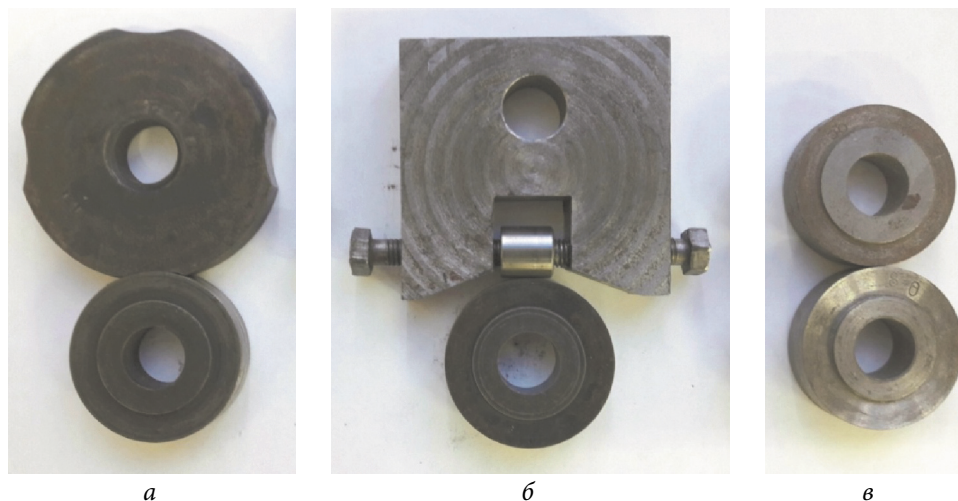


Рис. 9. Оригинальная оснастка для испытания жидких и пластичных смазочных материалов на антифрикционные (а, в) и противозадирные (б) свойства

на силовая часть: установлен частотный преобразователь тока электродвигателя, на каждую из его трех фаз смонтирована двухканальная система регистрации энергосиловых параметров (напряжения и тока) для определения изменения загрузки главного привода в процессе эксперимента. Управление всем комплексом параметров осуществляется через интерфейс с помощью специально созданной программы для ЭВМ (рис. 7). Пример отображения параметров в ходе эксперимента приведен на рис. 8.

Для выполнения дополнительных исследований и изучения фрикционного взаимодействия тяжело нагруженных пар трения, описанных в работах [3–10], не предусмотренных какой-либо из существующих методик для машины трения СМЦ-2 была изготовлена оснастка (рис. 9).

С помощью серии экспериментов на усовершенствованной конструкции машины трения СМЦ-2 и представленной дополнительной оснастки в настоящее время исследователи ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» разрабатывают дополнения к основным положениям теории внешнего трения в области динамических процессов изнашивания.

**Результаты модернизации.** После модернизации точность измерения исследуемых параметров составляет:

- $\pm 0,015$  Н·м для момента трения;
- $\pm 0,5$  % для силы тока, что соответствует мировым стандартам, применяемым на совре-

менных промышленных предприятиях металлургии и машиностроения;

- $\pm 1$  °С для температуры, определяемой с помощью термопар и бесконтактных пирометров.

Количество регистрируемых входящих сигналов в единицу времени по каждому из исследуемых параметров равно четырем измерениям в секунду.

## Выводы

1. Полученные в результате модернизации машины трения СМЦ-2 технические характеристики позволят не только проводить исследования на трение и износ по известным отечественным и мировым стандартам, но и расширить их более современными и точными методиками.

2. Кроме того, существующие методики в большинстве случаев дают лишь приближенный результат и хороши в тех случаях, где происходит взаимодействие материала детали непосредственно с абразивом (зуб ковша экскаватора, лемех плуга и т. д.) или со смазочным материалом (методики по ГОСТ 23.207–79, ГОСТ 23.208–79 и ГОСТ 9490–75) и в данном случае исследование трибологических характеристик на машине трения СМЦ-2 позволит устранить недостаток данных методов заключающийся в отсутствие возможности воспроизводства реальных условий эксплуатации фрикционной пары тяжело нагруженного узла трения.

## Литература

- [1] Манг Т., Дрезель У., ред. *Смазки. Производство, применение, свойства. Справочник*. Санкт-Петербург, Профессия, 2010. 943 с.
- [2] Чичинадзе А.В., ред. *Трение, износ и смазка (трибология и триботехника)*. Москва, Машиностроение, 2003. 576 с.
- [3] Абрамов А.Н., Харченко М.В., Дема Р.Р., Пельмская И.С., Харченко А.А. Исследование влияния различных режимов смазывания валков стана горячей прокатки на межвалковый момент трения с помощью физического моделирования процесса на лабораторной установке. *Производство проката*, 2016, № 12, с. 8–12.
- [4] Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Белый А.Н., Дема Р.Р., Кадошников В.И., Нефедьев С.П., Харченко М.В., Амиров Р.Н., Разумов М.С., Серебровский В.И. Исследование адгезионных свойств покрытия, полученного методом деформационного плакирования гибким инструментом. *Химическое и нефтегазовое машиностроение*, 2016, № 11, с. 34–39.
- [5] Kharchenko M.V., Dema R.R., Bilichenko V.I. Energy reduction technologies based on the lubricant supply in the roll contact system «quarto» during the hot strip rolling. *Materials Science Forum*, 2016, т. 870, с. 446–453.
- [6] Харченко М.В., Румянцев М.И., Дема Р.Р. *Трение в процессах ОМД. Влияние смазочного материала на уменьшения трения при широкополосной горячей прокатке. Методы оценки напряженно-деформированного состояния*. Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова, 2015. 111 с.
- [7] Платов С.И., Румянцев М.И., Дема Р.Р., Харченко М.В. Эффективность процесса горячей прокатки с подачей смазочного материала между опорным и рабочим валками на непрерывном широкополосном стане горячей прокатки 2000 ОАО «ММК». *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*, 2011, № 4, с. 19–21.
- [8] Дема Р.Р., Харченко М.В., Мустафин В.А., Амиров Р.Н., Романенко Д.Н., Терехин Е.П., Кожухов А.А. Разработка технологии широкополосной горячей прокатки с использованием системы подачи технологической смазки. *Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство. Матер. 13-й Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием*, Старый Оскол, 23–25 ноября 2016 г., Изд-во Старооскольского технологического института (филиала) МИСиС, 2016, с. 44–48.
- [9] Дема Р.Р., Амиров Р.Н., Харченко М.В., Харченко А.А., Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Белый А.Н. Определение воздействующих параметров на эффективность работы системы подачи технологической смазки непрерывных широкополосных станов горячей прокатки. *Вестник Донецкого национального технического университета*, 2016, № 4(4), с. 27–31.
- [10] Харченко М.В., Пельмская И.С. Оценка эффективности процесса горячей чистовой прокатки с использованием системы подачи технологической смазки. *Черная металлургия*, 2013, № 11(1367), с. 46–50.

## References

- [1] *Smazki. Proizvodstvo, primenenie, svoistva. Spravochnik* [Lubricants and Lubrication]. Ed. Mang T., Drezel' U. Saint Petersburg, Professia publ., 2010. 943 p.
- [2] *Trenie, iznos i smazka (tribologiya i tribotekhnika)* [Friction, wear and lubrication (tribology and triboengineering)]. Moscow, Mashinostroenie publ., 2003. 576 p.
- [3] Abramov A.N., Kharchenko M.V., Dema R.R., Pelymskaia I.S., Kharchenko A.A. Issledovanie vlianiia razlichnykh rezhimov smazyvaniia valkov stana goriachei prokatki na mezhvalkovyi moment treniia s pomoshch'iu fizicheskogo modelirovaniia protsessa na laboratornoi ustanovke [Different condition influence study of roller lubrication of hot-rolling mill on roller-to-roller friction torque by physical simulation of process on laboratory facility]. *Proizvodstvo prokata* [Rolled Products Manufacturing]. 2016, no. 12, pp. 8–12.

- [4] Levantsevich M.A., Maksimchenko N.N., Belyi A.N., Dema R.R., Kadoshnikov V.I., Nefed'ev S.P., Kharchenko M.V., Amirov R.N., Razumov M.S., Serebrovskii V.I. Issledovanie adgezionnykh svoystv pokrytiia, poluchennogo metodom deformatsionnogo plakirovaniia gibkim instrumentom [Study of adhesion properties of the coating obtained by deformation chadding with flexible instrument]. *Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie* [Chemical and Petroleum Engineering]. 2016, no. 11, pp. 34–39.
- [5] Kharchenko M.V., Dema R.R., Bilichenko V.I. Energy reduction technologies based on the lubricant supply in the roll contact system «quarto» during the hot strip rolling. *Materials Science Forum*, 2016, vol. 870, pp. 446–453.
- [6] Kharchenko M.V., Rumiantsev M.I., Dema R.R. *Trenie v protsessakh OMD. Vliianie smazochnogo materiala na umen'sheniia treniia pri shirokopolosnoi goriachei prokatke. Metody otsenki napriazhenno-deformirovannogo sostoiianiia* [Friction in the processes of OMD. The influence of lubricant on friction reduction in broadband hot rolling. Methods of assessing stress-strain state]. Magnitogorsk, Nosov MSTU publ., 2015. 111 p.
- [7] Platov S.I., Rumiantsev M.I., Dema R.R., Kharchenko M.V. Effektivnost' protsessa goriachei prokatki s podachei smazochnogo materiala mezhdu opornym i rabochim valkami na nepreryvnom shirokopolosnom stane goriachei prokatki 2000 OAO «MMK» [Efficiency hot rolling process with use lubricant materials between backup and work rolls on continuous wide-strip hot rolling mill 2000]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2011, no. 4, pp. 19–21.
- [8] Dema R.R., Kharchenko M.V., Mustafin V.A., Amirov R.N., Romanenko D.N., Terekhin E.P., Kozhukhov A.A. Razrabotka tekhnologii shirokopolosnoi goriachei prokatki s ispol'zovaniem sistemy podachi tekhnologicheskoi smazki. Sovremennyye problemy gornometallurgicheskogo kompleksa [Development of technology of broadband hot rolling using the supply system of the technological lubricant]. *Nauka i proizvodstvo materialy trinadtsatoi Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern problems of mining and metallurgical complex. Science and production of materials for the thirteenth All-Russian scientific-practical conference with international participation]. Stary Oskol, 23–25 November 2016, Starooskol'skogo tekhnologicheskogo instituta (filiala) MISiS publ., 2016, pp. 44–48.
- [9] Dema R.R., Amirov R.N., Kharchenko M.V., Kharchenko A.A., Levantsevich M.A., Maksimchenko N.N., Belyi A.N. Opredelenie vozdeistvuiushchikh parametrov na effektivnost' raboty sistemy podachi tekhnologicheskoi smazki nepreryvnykh shirokopolosnykh stanov goriachei prokatki [Determination of parameters influencing the efficiency of the supply system for technological lubrication in continuous wide hot rolling mills]. *Vestnik Donetskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik Donetsk National Technical University]. 2016, no. 4(4), pp. 27–31.
- [10] Kharchenko M.V., Pelymskaia I.S. Otsenka effektivnosti protsessa goriachei chistovoi prokatki s ispol'zovaniem sistemy podachi tekhnologicheskoi smazki [Evaluation of efficiency of process of hot finish rolling with the use of the feed system of the technological lubricant]. *Chernaia metallurgiiia* [Ferrous metallurgy]. 2013, no. 11(1367), pp. 46–50.

Статья поступила в редакцию 10.05.2017



## Информация об авторах

**ХАРЧЕНКО Максим Викторович** (Магнитогорск) — кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Механика». ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (455000, Магнитогорск, Челябинская область, Российская Федерация, пр. Ленина, д. 38, e-mail: kharchenko.mv@bk.ru).

**ДЕМА Роман Рафаэлевич** (Магнитогорск) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технологии обработки давлением и машиностроения». ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (455000, Магнитогорск, Челябинская область, Российская Федерация, пр. Ленина, д. 38, e-mail: demarr78@mail.ru).

**НЕФЕДЬЕВ Сергей Павлович** (Магнитогорск) — кандидат технических наук. ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (455000, Магнитогорск, Челябинская область, Российская Федерация, пр. Ленина, д. 38, e-mail: sergeynefedeyeff@gmail.com).

**ОСИПОВА Ольга Александровна** (Магнитогорск) — старший преподаватель кафедры «Механика». ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (455000, Магнитогорск, Челябинская область, Российская Федерация, пр. Ленина, д. 38, e-mail: ocipova\_1977@mail.ru).

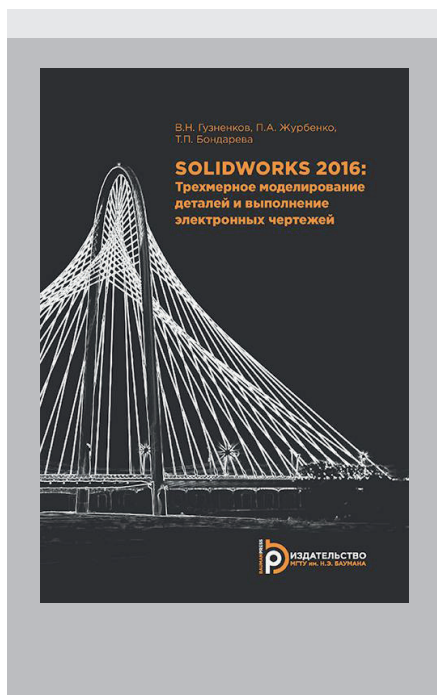
## Information about the authors

**KHARCHENKO Maksim Viktorovich** (Magnitogorsk) — Candidate of Science (Eng.), Senior Lecturer, Department of Mechanics. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education — Nosov Magnitogorsk State Technical University (455000 Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin Ave., Bldg. 38, e-mail: kharchenko.mv@bk.ru).

**DEMA Roman Rafaelevich** (Magnitogorsk) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Metal Forming Machines and Technology. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education — Nosov Magnitogorsk State Technical University (455000 Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin Ave., Bldg. 38, e-mail: demarr78@mail.ru).

**NEFEDIEV Sergey Pavlovich** (Magnitogorsk) — Candidate of Science (Eng.), Doctoral Candidate. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education — Nosov Magnitogorsk State Technical University (455000 Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin Ave., Bldg. 38, e-mail: sergeynefedeyeff@gmail.com).

**OSIPOVA Olga Aleksandrovna** (Magnitogorsk) — Senior Lecturer, Department of Mechanics. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education — Nosov Magnitogorsk State Technical University (455000 Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin Ave., Bldg. 38, e-mail: ocipova\_1977@mail.ru).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана  
вышло в свет учебное пособие  
**В.Н. Гузнецкова, П.А. Журбенко, Т.П. Бондаревой**  
**«SolidWorks 2016. Трехмерное моделирование  
деталей и выполнение электронных чертежей»**

Рассмотрены вопросы, связанные с использованием системы автоматизированного проектирования SolidWorks в курсе «Инженерная графика»: построение электронных геометрических моделей и выполнение электронных чертежей деталей.

Издание подготовлено с учетом требований государственных стандартов Единой системы конструкторской документации на основе опыта преподавания дисциплины «Компьютерная графика» на кафедре «Инженерная графика» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов высших технических учебных заведений.

**По вопросам приобретения обращайтесь:**

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.  
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;  
press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru