

« »

***Аннотация.** Рассмотрены основные аспекты введения диагностирования в процесс проведения государственного технического осмотра. Осуществлен анализ достоверности статистических данных аварийности. Определены основные подходы к оценке социально-экономического эффекта обеспечения эксплуатационной безопасности транспортных машин.*

***Ключевые слова:** транспортная машина (ТМ), дорожно-транспортные происшествия (ДТП), государственный технический осмотр, техническое диагностирование, статистические данные аварийности, государственная автомобильная инспекция (ГАИ).*

Изменение конструкций эксплуатируемого автомобильного парка и развитие технологических возможностей диагностики вызывают потребность в периодическом пересмотре требований к эксплуатационной безопасности транспортных машин (ТМ) и методам ее проверки.

Учитывая масштабы ресурсов, привлекаемых для выполнения такой проверки автомобильного парка страны, и возможного ущерба от ее необъективного выполнения, субъективизм и ошибки при таких пересмотрах недопустимы.

В Украине, в качестве первоочередной задачи, необходимо разработать нормативно-методическое обеспечение технического осмотра ТМ с использованием средств технического диагностирования, включающего требования к производственно-технической базе и технологиям выполнения работ.

Учитывая тот факт, что в Украине практически отсутствуют достоверные статистиче-

ские данные аварийности вследствие технической неисправности ТМ, а также недостаточен практический опыт внедрения диагностики при проведении технического осмотра, авторы считают целесообразным подробно рассмотреть и использовать опыт Российской Федерации.

Это не должно быть слепым копированием или прямой проекцией проведенных в России исследований. Однако, учитывая тот факт, что большинство автомобильного парка Украины составляют конструкции российских заводов-изготовителей, опыт северного соседа следует максимально использовать [1, 2].

Целью данного исследования является определение основных аспектов введения диагностирования в процесс проведения государственного технического осмотра.

Авторы ставят перед собой задачу определения подходов к оценке социально-экономического эффекта обеспечения эксплуатационной безопасности транспортных машин.

В Российской Федерации введение диагностирования в государственный технический осмотр привело в первый же год внедрения к скачкообразному повышению в среднем на 50 % доли ТМ, бракуемых при осмотре с использованием средств технического диагностирования. Аналогичный результат ( $\approx 46\%$ ) в период с 2000 – 2005 годов был зафиксирован и в Украине.

Для оценки значимости достигнутого повышения числа ТМ с опасными неисправностями необходимо учитывать, что более чем у 56 % из них выявляется более одного несоответствия установленным требованиям. Однако динамика этого показателя на продолжительном периоде свидетельствует о заметном повышении безопасности ТМ, находящихся в эксплуатации: по данным выборочных обследований [3] 1990 – 1996 гг. одна и более опасных неисправностей была обнаружена у 78,2 % легковых и 86,9 % грузовых автомобилей. При этом у 91,3 % из указанного числа бракуемых ТМ было более одной неисправности. Это позволяет сделать вывод о позитивном воздействии включения диагностирования в технологии технического осмотра.

В последующие 3 – 4 года внедрения достигается постепенное последовательное, в среднем – на 70 – 80 % повышение доли ТМ, прошедших технический осмотр с первого раза. Это прямо свидетельствует о повышении эксплуатационной безопасности ТМ под влиянием включения диагностирования в процесс технического осмотра. Соответственно, наблюдается процесс снижения доли ТМ, бракуемых при втором и последующих представлениях на осмотр. Приведенные данные также отражают позитивное влияние включения диагностирования в технический осмотр на уровень подготовки ТМ к его прохождению, а с ним – и на среднестатистический уровень аварийности в реальных условиях эксплуатации.

Вместе с тем введение диагностирования усиливает расслоение автомобильного парка. За счет прекращения эксплуатации ТМ, небезопасных по своему техническому состоя-

нию, растет доля автомобилей, не допущенных к участию в дорожном движении.

В России к 2004 г. доля неэксплуатируемой части парка достигла 35 % против 15,9 % в 1994 г. В Украине к 2005 г., по результатам выборочного контроля по Харьковской области доля неэксплуатируемой части парка достигла 29 % против 8 % в 2000 г. Эта тенденция отражает негативные явления в экономике, но вместе с тем четко свидетельствует об эффективности системы допуска ТМ к дорожному движению. Она служит также косвенным подтверждением безопасности эксплуатируемой части парка в этот период [3].

Внедрение диагностирования в технический осмотр в Украине в период его наиболее интенсивного осуществления с 2000 по 2005 гг. привело к последовательному монотонному снижению в среднем на 2,5 % ежегодного числа административных правонарушений, заключающихся в управлении транспортным средством при наличии неисправностей и условий, при которых запрещена их эксплуатация.

Сравнительно невысокие темпы повышения эксплуатационной безопасности ТМ, значительно уступающие темпам расширения охвата диагностированием при техническом осмотре, объясняются временными рамками проведения этого мероприятия. За пределами наработки от прохождения технического осмотра до ближайшего выполнения ТО основного вида с наибольшей трудоемкостью (для ТС российских конструкций это ТО-2) эксплуатационная безопасность ТМ подвергается таким изменениям, что результаты осмотра следует считать устаревшими.

Действующие периодичности технического осмотра законодательно установлены такими, что при интенсивной эксплуатации ТМ его результаты уже не отражают наличия опасных неисправностей на пробеге более 20 % от межосмотрового для легковых автомобилей, до 40 % – для городских автобусов и 70 % – для грузовых автомобилей. В результате от 50 до 70 % ТМ допускаются к дорожному движению без подтверждения отсутствия у них опасных неисправностей.

Выборочные проверки транспортных потоков в России и Украине, выполненные в 1983 – 1990 гг. свидетельствуют о неудовлетвори-

тельной эксплуатационной безопасности от 30 до 80 % ТМ. Однако в статистике ГИБДД и ГАИ этих стран на неудовлетворительное техническое состояние ТМ приходится 2,0 – 2,2 % всех ДТП. Это в три раза меньше доли административных правонарушений в обеих странах, приходящихся на управление ТМ с неисправностями, влияющими на безопасность дорожного движения.

Так, в Украине число административных правонарушений, заключающихся в управлении ТМ с опасными неисправностями (248 тыс. в год), примерно соответствует выявленным случаям управления ТМ в состоянии алкогольного опьянения (251 тыс. в год). Однако количество ДТП по причине управления транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения достигает 11,3 % против 2% по причине неудовлетворительного технического состояния.

Если дефекты и неровности дорожного покрытия фиксируются в качестве главной причины 10,5 %, то в качестве сопутствующей неудовлетворительные дорожные условия фигурируют в 24,8 % ДТП. Однако неудовлетворительное техническое состояние ТМ как сопутствующая причина ДТП статистикой вообще не учитывается. Причинами тому является невозможность осуществления автотехнической экспертизы эксплуатационной безопасности 55 % ТМ, ставших участниками ДТП, а также сложность и высокая стоимость ее проведения.

Одной из основных причин искажений статистических данных аварийности со стороны ГАИ является отсрочка в получении результатов автотехнической экспертизы уже после регистрации ДТП. В статистическую отчетность попадают данные о предположительных причинах, фиксируемых сотрудниками ГАИ непосредственно на месте ДТП. Результаты экспертизы появляются значительно позже, а отчетные данные впоследствии не корректируются.

В результате фиксируемый статистикой уровень аварийности по причине неудовлетворительного технического состояния включает только наиболее очевидные случаи выявляемых визуально на месте происшеств-

вия опасных неисправностей ТМ. Возможности регистрации опасных неисправностей в качестве причины ДТП ограничивает еще и степень повреждений ДТП, поскольку экспертизе в этих случаях не всегда удается подтвердить наличие таких неисправностей. В результате ежегодно фиксируемые статистикой ГАИ ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ представляют собой выборку, не превышающую 25 – 20 % от реального числа таких происшествий.

Тем не менее, даже эти приблизительные данные отражают определенную тенденцию к снижению аварийности по данной причине в период внедрения технического осмотра с диагностированием. С 2001 по 2005 годы общий уровень аварийности в Российской Федерации неуклонно повышался. На этом фоне статистика ГАИ МВД России с 1998 г. зафиксировала тенденцию к снижению показателей аварийности по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ, синхронному с поэтапным введением диагностирования в процесс технического осмотра, но меньшему по темпам. К сожалению, аналогичные статистические данные в Украине отсутствуют.

В расчетах снижения ущерба от ДТП помимо безвозвратных потерь, связанных с гибелью и ранением людей, повреждениями ТМ и дорожных сооружений, обязательно должна учитываться экологическая составляющая. Эффективность применения диагностирования при техническом осмотре, учитывая опыт России, должна определяться, прежде всего, снижением аварийности по причине неудовлетворительного технического состояния и затратами бюджетных средств на решение этой проблемы. В оптимальном варианте эти затраты должны быть меньше, чем величина ущерба от ДТП.

Следует отметить тот факт, что и в России, и в Украине на реализацию внедрения диагностирования (переоснащение производственно-технической базы и подготовку кадров) бюджетные средства не выделялись. Лишь разработка нормативных документов, их согласование и утверждение в России проводились за счет федерального бюджета. Указанные затраты оказались на четыре порядка ниже полученного годового экономического эффекта от внедрения диагностирования в

процесс технического осмотра и затрат инвесторов.

Исходя из изложенного можно сделать важный вывод, что в Украине финансирование обеспечения безопасности дорожного движения должно идти по пути привлечения инвестиций от различных заинтересованных организаций или частных лиц.

Для оценки эффекта от внедрения диагностирования в процесс технического осмотра используем статистические данные аварийности ГИБДД МВД России [3, 4] и выборочные данные по Украине (Харьковская обл.) [5]. К ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ были отнесены только те происшествия, в которых указанная причина была признана главной или единственной. Кроме того, в 55 % ДТП повреждения ТМ исключали проведение послеаварийной автотехнической экспертизы, а с нею и возможности проверки веса данной причины в таких происшествиях.

Поэтому использование данных статистики аварийности позволят определить нижнюю границу самой осторожной оценки минимального достигаемого эффекта от внедрения диагностирования в процесс технического осмотра.

Согласно статистике с 1998 года отмечается снижение показателей аварийности по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ по мере увеличения степени охвата автомобильного парка диагностированием при проведении технического осмотра.

Этот период характеризуется сокращением числа ДТП в обеих странах по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ, погибших и раненных в них, регистрируемых в условиях незавершенного внедрения технического осмотра с диагностированием, когда охват представляемых на осмотр транспортных средств составлял от 20 % в 2001, до 52 % в 2006 годах. Статистические данные приведены в табл. 1.

**Таблица 1** Динамика показателей аварийности в период введения в России государственного технического осмотра с использованием средств диагностирования

Годы	Количество ДТП и пострадавшие в них люди из-за неудовлетворительного технического состояния ТМ						
	ДТП			Погибшие		Раненные	
	Количество	В % ( $\pm$ ) по сравнению с предыдущим годом	В % от общего числа ДТП	Количество	В % ( $\pm$ ) по сравнению с предыдущим годом	Количество	В % ( $\pm$ ) по сравнению с предыдущим годом
2000	4558	-26,8	2,8	1026	-23,6	5530	-25,7
2001	4166	-8,6	2,6	951	-7,3	5077	-8,2
2002	3866 64*	-7,2 -	2,5 -	921 15*	-3,2 -	4731 79*	-6,8 -
2003	3712 62*	-4,0 -3,2*	2,3 2,1*	855 14*	-7,2 -7,1*	4703 76*	-0,6 -3,9*
2004	3605 60*	-2,9 -3,2*	2,0 1,9*	806 12*	-5,7 -16,0*	4637 72*	-1,4 -5,6*
2005	4365 54*	+21,1 -11*	2,1 0,87*	855 9*	+6,1 -18,1*	5728 67*	+23,5 -6,9*
2006	3780	-13,4	1,8	737	-13,8	4908	-14,3

*Примечание.* \* данные по Украине (Харьковская обл.).

В частности, для характеристики стохастических связей показателей численности ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ и расширения охвата автомобильного парка диагностированием при техническом осмотре получено гиперболическое уравнение регрессии вида

$$Y = 3438 + \frac{6836}{X} - \frac{6240}{X^2}. \quad (1)$$

Допустимость использования гиперболического уравнения регрессии подтверждает результат расчета коэффициента корреляции  $r = -0,9144$ . Полученное значение достаточно близко к  $-1$ , что свидетельствует о близости аппроксимирующей зависимости к линейной.

Аналогичным образом стохастические связи показателей числа погибших в ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ и расширения охвата автомобильного парка диагностированием при государственном техническом осмотре характеризует гиперболическое уравнение регрессии вида

$$Y = 725 + \frac{3420}{X} - \frac{7200}{X^2}. \quad (2)$$

Результат расчета коэффициента корреляции  $r = -0,9754$  и в данном случае подтвердил допустимость использования гиперболического уравнения регрессии, а полученное близкое к  $-1$  значение свидетельствует о близости аппроксимирующей зависимости к линейной.

Стохастические связи показателей числа раненных в ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния транспортных средств и расширения охвата автомобильного парка диагностированием при государственном техническом осмотре характеризует гиперболическое уравнение регрессии вида

$$Y = 4467 + \frac{8504}{X} - \frac{68140}{X^2}. \quad (3)$$

И в данном случае получено несколько меньшее, но также достаточно близкое к  $-1$  значение коэффициента корреляции  $r = -0,8420$ . Полученные результаты обра-

ботки статистических данных свидетельствуют о наличии выраженной стохастической зависимости снижения аварийности по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ с динамикой расширения охвата автомобильного парка диагностированием при государственном техническом осмотре в этот период. Это подтверждает действенность влияния на безопасность дорожного движения внедрения диагностирования при проведении государственного технического осмотра.

С 1999 по 2004 год аварийность по причине неудовлетворительного технического состояния в России значительно снизилась: число ДТП – на 9,3 % (с 4166 до 3780), число погибших на 214 или на 22,5 % и раненных – на 169 или 3,3 %. Указанное снижение достигнуто на фоне продолжающегося общего повышения аварийности в стране.

Этому снижению аварийности соответствует сокращение социально-экономического ущерба не менее чем на 682, 4 млн. рублей. При этом общий ущерб от аварийности в 2005 году достиг 321,6 млрд. руб./год, а средняя величина ущерба от одного фиксируемого статистикой ДТП составляет 1574409,96 руб./ДТП. Это нижняя граница экономической оценки среднего ущерба от одного ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ, поскольку степень тяжести таких происшествий является наибольшей и превышает среднюю величину по всем иным причинам.

Остальные слагаемые снижения ущерба от эксплуатации автомобильного транспорта, в том числе и его экологической составляющей, в данной оценке не учитывались.

Опыт России по внедрению диагностирования в процесс государственного технического осмотра за последние пять лет позволяет рассчитывать на снижение социально-экономического ущерба от ДТП и от вредного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду в Украине.

1. Суковичин В.И. Периодический технический осмотр транспортных средств.

- Обзорная информация.– М.: НИЦ ГАИ МВД России. – 1996. – Вып. 1. – 36 с.
2. Савин Б.М., Капустин А.В. Внедрение новых методов проверки технического состояния при проведении государственного технического осмотра транспортных средств // Грузовое и легковое хозяйство. – 2001. – № 6. – С. 9 – 13.
  3. Государственный доклад по безопасности дорожного движения за 2005 г. // Стоп-газета. – 2006. – № 9 (53), сентябрь. – С. 1 – 23.
  4. Дорожно-транспортные происшествия в России (2005 г.). Информационно-ана-

литический сборник. – М.: ГУ ГИБДД СОБ МВД России, 2006. – 100 с.

5. Паша И.К., Фесенко Г.И. Анализ и меры предупреждения дорожно-транспортных происшествий с участием неисправных автомобилей // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. – Харьков. – Вып. 25. – 2004. – С. 95 – 98.

Рецензент: Н.Я. Говорущенко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 19 ноября 2007 г.

УДК 620.178.151.6

***Аннотация.** Предложены формулы для расчета универсальной и истинной нанотвердости, по которым предлагается оценивать твердость поверхностных слоев деталей машин толщиной до 200 нанометров.*

***Ключевые слова:** наноиндентирование, универсальная нанотвердость, истинная нанотвердость, размерный эффект.*

Для современного машиностроения, и автомобилестроения в частности, характерно усложнение конструкций и условий эксплуатации, что обусловило более высокие требования к механическим свойствам материалов. Возникла необходимость создания новых материалов с использованием высоких технологий. При этом рабочий слой таких деталей может достигать нескольких нанометров. В этом случае речь идет о нанобъемных слоях на поверхности, для которых наиболее точной, а иногда и единственно возможной характеристикой оценки механических свойств является нанотвердость.

В последние годы для определения твердости материалов все шире используется метод непрерывного индентирования, достаточно полно разработанный в 1960 – 70 гг. в СССР, где он был более известен как метод кинетической твердости [1]. Сущность метода кинетической твердости заключается в том, что в исследуемый материал внедряется индентор и при этом регистрируют два параметра: нагрузку и глубину внедрения индентора. Твердость определяют как частное от деления нагрузки на площадь поверхности отпечатка или его проекции. В настоящее время стандартами Евросоюза также предусмотрено кинетическое индентирование для

определения твердости, при этом придерживаются следующих уровней определения твердости [2, 3]:

1-макроуровень:

$$2 N < F < 30\,000 N; \quad (1)$$

2-микроуровень:

$$F < 2 N; h > 200 \text{ nm}; \quad (2)$$

3-наноуровень:

$$h < 200 \text{ nm}, \quad (3)$$

где  $F$  – нагрузка,  $h$  – глубина индентирования.

Вполне очевидно, что 1-й уровень наиболее соответствует общепринятому термину макротвердость, 2-й – микротвердость, 3-й уровень логично назвать нанотвердостью.

Весьма важным является изучение зависимости твердости от нагрузки именно в диапазоне индентирования, соответствующего наноуровню. Сохраняются ли при наноиндентировании явления размерного эффекта, характерные для микро- и макроиндентирования. Ответ на этот вопрос является весьма актуальным.

Целью данной работы является определение нанотвердости материалов при различных нагрузках индентирования и выявление размерного эффекта при наноиндентировании.

При использовании в качестве индентора пирамиды Берковича, универсальную твердость рассчитывают по формуле (4) согласно [2, 3] и схеме индентирования, приведенной на рис. 1.

$$HB_{\text{ун}} = \frac{F}{S_{\text{бок}}} = \frac{F}{26,4342 \cdot h^2}, \text{ мН/нм}^2 \quad (4)$$

где  $F$  – сила сопротивления внедрению пирамиды, мН;  $h$  – глубина внедрения пирамиды, нм;  $S_{\text{бок}}$  – площадь боковой поверхности внедренной части индентора, нм<sup>2</sup>.

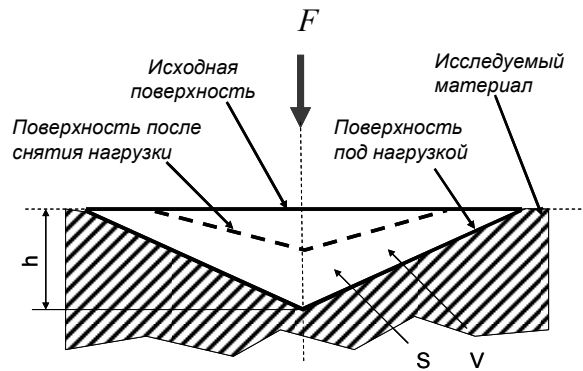


Рис. 1. Схема измерения универсальной и истинной нанотвердости пирамидой Берковича:  $F$  – сила сопротивления внедрению индентора, Н;  $h$  – глубина внедрения индентора, мм;  $V$  – объем внедренной части индентора, мм<sup>3</sup>;  $S$  – площадь поверхности внедренной части индентора, мм<sup>2</sup>

Истинную твердость согласно [4] рассчитывают по формуле

$$HB_{\text{ист}} = \frac{F}{V} = \frac{F}{10,31 \cdot h^3}, \text{ мН/нм}^3 \quad (5)$$

где  $F$  – сила сопротивления внедрению пирамиды, мН;  $h$  – глубина внедрения пирамиды, нм;  $V$  – объем внедренной части индентора, нм<sup>3</sup>.

По данным наноиндентирования на приборе Nano-Hardness Tester-NHT таких материалов, как нанокристаллическая пленка TiSiN, кремний (100), поликристаллическая медь, приведенным авторами в работе [5], по формулам (4) – (5) получены зависимости нанотвердости от глубины наноиндентирования, которые представлены на рис. 2, 3.

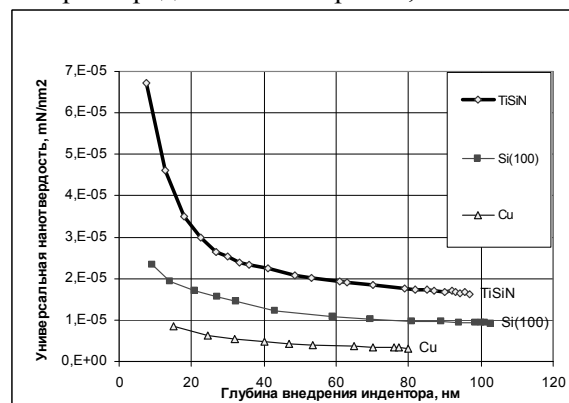


Рис. 2. Зависимость универсальной нанотвердости разных материалов от глубины внедрения индентора

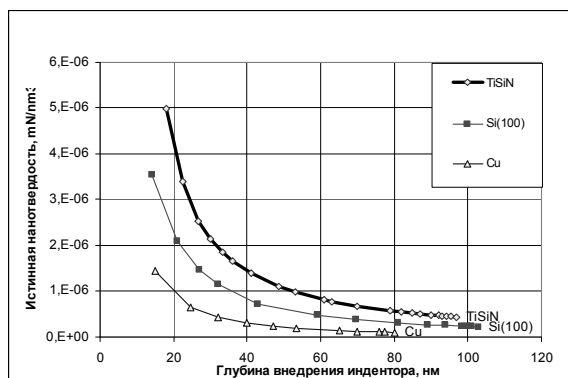


Рис. 3. Зависимость истинной нанотвердости разных материалов от глубины внедрения индентора

Как следует из графиков, представленных на рис. 2, 3, характер изменения универсальной и истинной нанотвердости в зависимости от глубины внедрения индентора подобен и позволяет идентифицировать материалы по нанотвердости. При этом более высокие значения нанотвердости соответствуют малым нагрузкам, а с увеличением нагрузки на индентор нанотвердость монотонно уменьшается. Подобные явления при индентировании различных материалов получили название «размерный эффект». При объяснении этого эффекта высказываются следующие основные гипотезы [6]:

- 1 – влияние внешних вибраций;
- 2 – наклеп поверхности при полировке;
- 3 – увеличение относительной погрешности измерения размеров отпечатка;
- 4 – большая относительная доля упругого восстановления для маленького отпечатка;
- 5 – индентирование «бездислокационных объемов» с твердостью, приближающейся к теоретическому пределу, когда размер отпечатка соизмерим с междислокационными расстояниями;
- 6 – наклеп во время индентирования;
- 7 – влияние границ зерен и включений;
- 8 – влияние несовершенства индентора;
- 9 – изменение отношения поверхности контакта к индентируемому объему;
- 10 – наличие «краевого» эффекта – дополнительной изгибной деформации по краю отпечатка и др.

Характер изменения универсальной и истинной нанотвердости образцов из TiSiN, Si(100), Cu в зависимости от глубины внедрения индентора подобен и позволяет четко идентифицировать образцы по нанотвердости в широком диапазоне нагрузок и глубин внедрения индентора. С увеличением глубины индентирования универсальная и истинная нанотвердость значительно уменьшается, что позволяет утверждать о присутствии размерного эффекта и при наноиндентировании. До настоящего времени не найдено убедительного и однозначного объяснения причин возникновения размерного эффекта при наноиндентировании.

1. Булычев С.И., Алехин В.П. Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
2. DIN 50359-1. Prüfung metallischer Werkstoffe – Universalhärteprüfung. Teil 1: Prüfverfahren.
3. DIN EN ISO 14577-1. Metallische Werkstoffe – Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter. Teil 1: Prüfverfahren.
4. Мощенок В.И., Тарабанова В.П., Глушкова Д.Б. Спосіб оцінки твердості матеріалу. Пат. України UA 74654 C2, G01N3/40. Заявл. 30.12.2003. Опубл. 16.01.2006. Бюл. №1. – 3 с.
5. Петржик М.И., Штанский Д.В., Левашов Е.А. Современные методы оценки механических и трибологических свойств функциональных поверхностей. Материалы X Международной научно-технической конференции «Высокие технологии в промышленности России». – М.: ОАО ЦНИТИ «Техномаш», 2004. – С. 311 – 318.
6. Федосов С.А., Пешек Л. Определение механических свойств материалов микроиндентированием: Современные зарубежные методики. – М.: Физический факультет МГУ, 2004. – 100 с.

Рецензент: А.И. Пятак, профессор, д. ф.-м. н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 22 ноября 2007 г.



