

УДК 621.762:691:921

МАГНІТНО-АБРАЗИВНА ОБРОБКА КІНЦЕВОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

**Майборода В.С., д.т.н., проф., Плівак О.А., інж.,
Майданюк С.В., асс., Гейчук В.М., к.т.н., доц.
НТУУ "Київський політехнічний інститут"
м.Київ, вул. Перемоги, 37, корп.1.
E-mail: kvm@users.ntu-kpi.kiev.ua**

Рассмотрены возможности метода магнитно-абразивной обработки (МАО) твердосплавного концевой инструмента на примере сверл диаметром 16 мм в условиях больших магнитных щелей в магнитной системе типа «кольцевая ванна». Показано, что применение МАО позволяет с высокой эффективностью получать заданные микрогеометрию рабочих элементов сверл с шероховатостью передней поверхности на уровне $Ra=0,25$ мкм, задней $Ra=0,05-0,08$ мкм, калибрующей части $Ra=0,06-0,07$ мкм, и требуемый радиус округления режущих кромок.

Ключевые слова: магнито-абразивная обработка, эффективность, микрогеометрия кромок

Possibilities of method of magnetic abrasive machining of carbide end-cutting tool are considered on the example of drills by a diameter 16 mm in the conditions of large magnetic cracks in the magnetic system of type «circular bath». It is shown that application of magnetic abrasive machining allows with high efficiency to get set microgeometry of working elements of drills with the roughness of face of tool at level $Ra=0,25$ mkm, clearance at level $Ra=0,05-0,08$ mkm, finishing parts $Ra=0,06-0,07$ mkm, and required radius of rounding off of cutting edges.

Key words: method of magnetic abrasive machining, microgeometry, efficiency of working

Вступ. Проблема підвищення працездатності кінцевого різального інструменту традиційно вирішується багатьма шляхами, які спрямовано на:

- формування заданої геометрії робочих елементів, що враховує технологічні параметри і умови процесу обробки, оброблюваний матеріал, кінематику процесу різання [1,2];
- формування між оброблюваним матеріалом і матеріалом інструменту проміжних шарів у вигляді покриттів з градієнтними властивостями, введення в зону різання спеціальних технологічних середовищ [3];
- керування фізико-механічними властивостями поверхневого шару і робочих поверхонь різального інструменту та інше.

Аналіз попередніх досліджень. На сучасному рівні виробництва, з врахуванням підвищених вимог до різального інструменту значна увага приділяється стану мікрогеометрії робочих елементів інструменту. В значній мірі це стосується різального інструменту, який виготовляється з твердих сплавів, в особливості з врахуванням його високої твердості, крихкості і чутливості до концентративів напружень на поверхні. [4] Особливу увагу приділяють не тільки мікро топографії передніх і задніх поверхонь інструменту, які піддаються при різанні суттєвим термосиловим навантаженням, а і стану різального леза. Для досягнення високої ефективності роботи твердосплавного інструменту необхідно дотримання заданої форми різального леза, його макро- і мікрогеометрії, забезпечити на стадії виготовлення і заточення необхідний радіус заокруглення, відсутність на ньому мікроконцентративів. Для вирішення зазначених проблем в су-

часному виробництві використовують різноманітні способи, які в більшості не дозволяють комплексно вирішувати зазначені проблеми, або є досить коштовними. Одним з шляхів вирішення вказаних проблем при формуванні мікрогеометрії різального леза твердосплавного інструменту може бути магнітно-абразивна обробка (МАО). Попередні дослідження в цьому напрямку [5-9] показали перспективність методу обробки в рухомо-скоординованому абразиві, який формується в процесі обробки в інструмент силами магнітного поля. При цьому, однією з перспективних схем МАО, як зазначено в [7] є схема типу кільцева ванна з великими магнітними щілинами. Доведена доцільність застосування методу МАО при розміреному формуванні вхідних і вихідних кромок лопаток компресорів газотурбінних двигунів [10]. Виконані експериментальні дослідження і розрахунки кінематики процесу МАО деталей типа свердла дозволили визначити умови незатуплення різального леза свердел [11]. Окремі результати по впливу процесу МАО на стан кромок свердел з швидкорізальної сталі наведено в [12]. Проте комплексу робіт по визначенню особливостей обробки різальних лез деталей типу свердла виконано не було. Це стосується застосування методу МАО в умовах великих магнітних щілин при їх кільцевому розташуванні для розміреного формування радіусів заокруглення і цілеспрямованого впливу на мікрогеометрію кромок.

Мета роботи. Визначення можливостей керованої МАО кромок різальних лез твердосплавного кінцевого різального інструменту типа свердла.

Матеріал і результати досліджень. Експериментальні дослідження проводили на свердлах $\varnothing 16$ мм, з довжиною робочої частини 50 мм, виготовлені з двохкарбідного твердого сплаву з PVD-покриттям типу (Ti,Al)N після їх переточування по заднім поверхням. Ескіз робочої частини свердел наведено на рис.1.

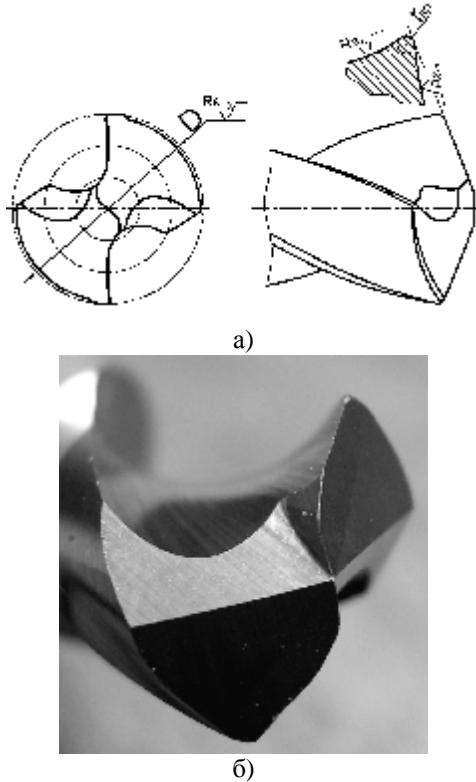


Рисунок 1 – Робоча частини свердла: а) ескіз робочої частини; б) зовнішній вигляд

В попередніх дослідженнях було показано можливість заокруглення (притуплення) гострих кромки, видалення з них мікрозаусенок, розполірування задирок. При чому для цього можливо використання процесу MAO як в режимах стікання, так і натікання на оброблювані поверхні [6-9]. Перспективною схемою MAO є схема з кільцевим розташуванням зон обробки [13]. При визначенні умов MAO враховували результати досліджень, наведених в [9,14].

Магнітно-абразивну обробку виконували порошками двох типів ПР Р6М5 з розміром частинок 160/100 мкм і порошком Феромап з розміром частинок 200/100 мкм з додаванням 2-3% алмазної пасти АСМ 3/2 [9]. Кожний зразок інструменту піддавався багаторічній обробці з аналізом після кожної стадії стану мікрогеометрії робочих елементів свердла. Контролювали шорсткість калібруючої стрічки, передньої і задньої поверхонь свердел, величину радіусу різальної кромки, її зовнішній вигляд. Швидкість MAO підтримували в діапазоні 1,8-2,8 м/с. Варіювали часом обробки на кожній стадії від 30 с до 3 хв. при умовах переміщення оброблюваних зразків як в режимі стікання, так і натікання на оброблювані поверхні. Магнітна індукція в робочих зонах при MAO свердел скла-

дала 0,3 Тл у вільних магнітних щілинах. Після кожної стадії MAO виконували додаткове вимірювання поверхневої твердості деталей за Вікерсом (зусилля вдавлювання складало 2 Н).

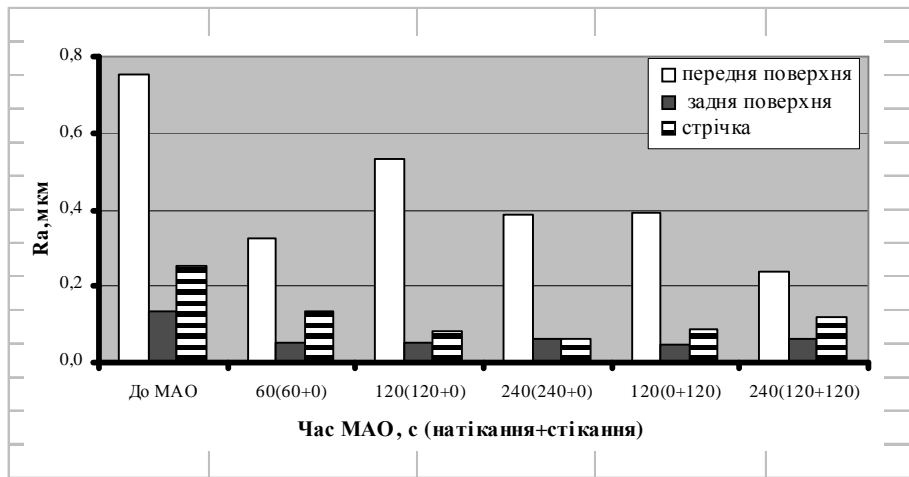
Для визначення радіусу заокруглення різальної кромки було розроблено методику, яку реалізовано на базі профілометра моделі 296 виробництва заводу Калібр, який приєднано до ЕОМ. Процес вимірювань виконували в режимі зіскоку щупа профілометра з різального леза як з боку передньої, так і задньої поверхонь і подальшої обробки отриманих результатів.

Методика вимірювань складалась з наступних етапів:

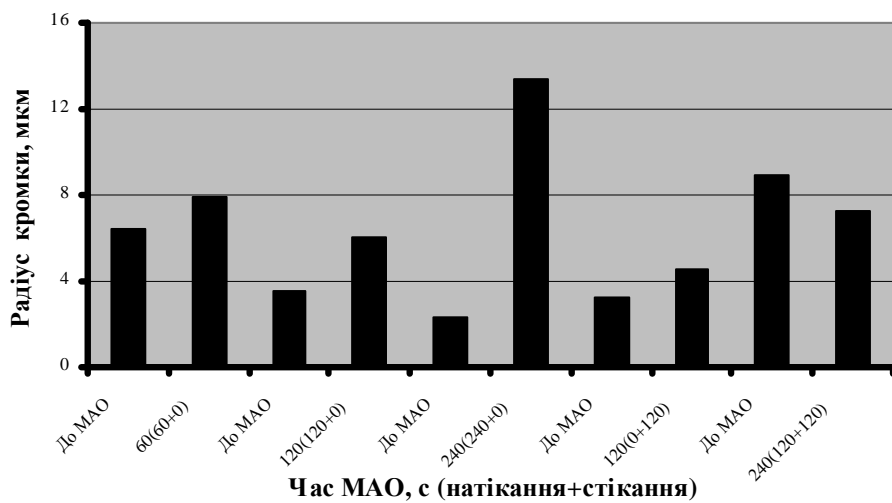
- попередньому таруванні вертикальних і горизонтальних переміщень щупа профілометра. Вертикальні переміщення тарувалися за допомогою плоскопаралельних кінцевих мір довжини, горизонтальні переміщення – за допомогою міри шорсткості з регулярним профілем;
- перевірка отриманих даних тарування за допомогою набору каліброваних валиків, діаметри яких близькі до величин радіуса заокруглення різальної кромки. При таруванні радіуса заокруглення враховували реальні геометричні параметри вимірювального щупа профілометра;
- безпосереднє вимірювання радіуса заокруглення різальної кромки. Радіус заокруглення вимірювався при переміщенні щупа профілометра по передній і задній поверхням в напрямку, ортогональному до різальної кромки;
- безпосередній розрахунок і визначення дійсно радіуса заокруглення різальної кромки за допомогою розробленої програми в системі MathCAD, яка забезпечує визначення радіуса заокруглення з урахуванням геометричних параметрів щупа. При визначенні реального радіуса заокруглення враховували результати, отримані при зіскоку з боку передньої і задньої поверхонь.

На першій стадії було досліджено вплив часу MAO при обробці порошком ПР Р6М5, швидкості обертання деталей навколо вісі кільцевої ванни 1,8 м/с, в умовах натікання і стікання з робочих поверхонь. Отримані результати по шорсткості, зміні величини радіуса заокруглення різальних кромки і поверхневій твердості наведено на рис. 2.

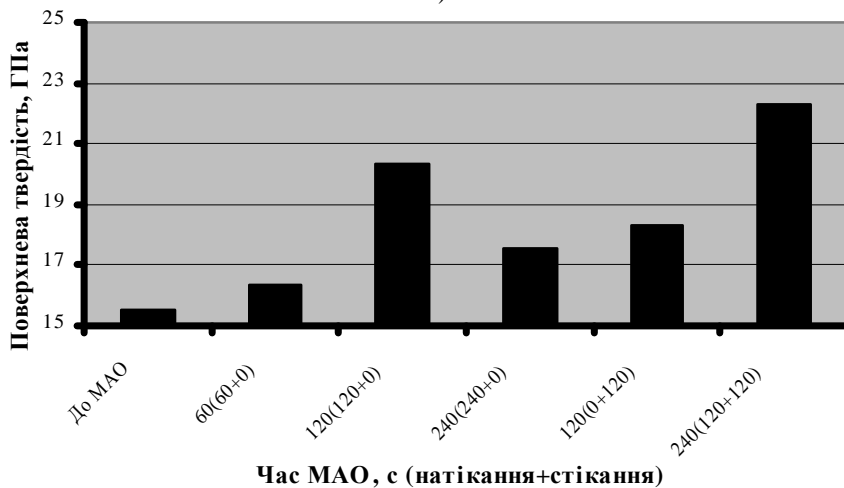
Показано, що шорсткість робочих поверхонь свердел знижується до рівня $Ra=0,3-0,5$ мкм переважно за рахунок видалення з поверхні тонкого дефектного шару і процесів мікропластичного деформування. Підтвердженням цьому факту є підвищення поверхневої твердості (рис2. в) до 16-22 ГПа при вихідній твердості 15 ГПа. Встановлено, що при тривалості процесу MAO в режимі натікання 120 с мають місце максимальні значення поверхневої твердості, у той час як збільшення часу обробки до 240 с призводить до зниження твердості, але при комбінованому режимі обробки на протязі 240 с – 120 с в режимі натікання і 120с в режимі стікання дозволяє отримати найбільші значення поверхневої твердості.



а)



б)



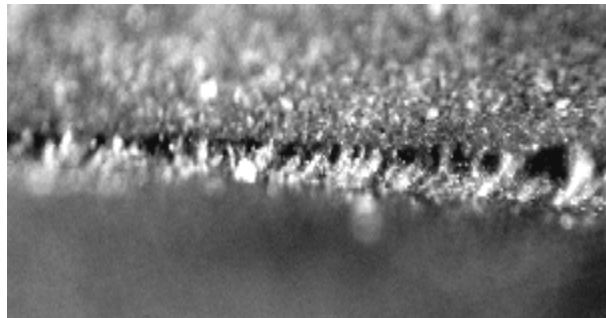
в)

Рисунок 2 – Зміна величини шорсткості робочих поверхонь (а), радіусів заокруглення різальних кромки (б) і поверхневої твердості (в) свердел при різній тривалості MAO порошком ПР Р6М5 в режимах натікання і стікання

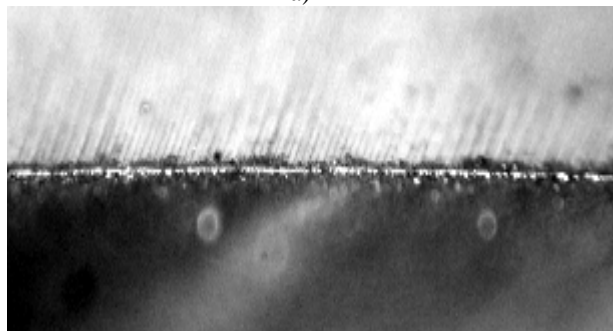
Зазначений факт може бути пов'язаний з особливостями деформаційної перебудови поверхневого шару і потребує додаткових досліджень. Отримані результати не суперечать результатам, наведеним в [5, 7, 9]. Аналіз даних по зміні величини радіусів заокруглення різальних кромки показав, що процес

MAO в режимі натікання, рекомендований в [7,8] для формування кромки лопаток ГТД призводить до заокруглення різальних кромки, тобто до їх притуплення, а в режимі стікання при застосуванні порошку ПР Р6М5 практично не впливає на величину радіусу. Це пояснюється низькою абразив-

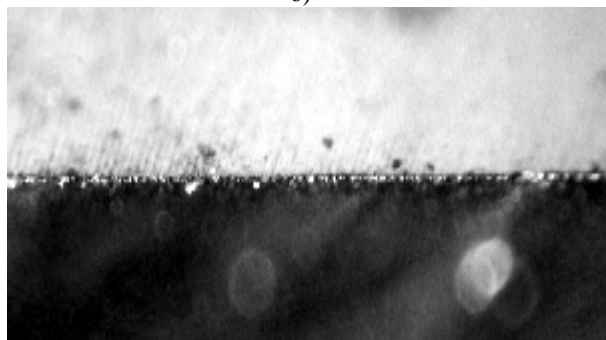
ною спроможністю застосовуваного порошкового матеріалу при MAO твердосплавних свердел, в наслідок того, що інтегральна твердість частинок порошку менша за твердість оброблюваного матеріалу, а форма частинок практично сферична, в зв'язку з чим процес обробки відбувається переважно за рахунок мікропластичних деформацій [14] і видалення дефектних, більш м'яких тонких шарів матеріалу з поверхні свердел. Зовнішній вигляд різальної кромки до і після MAO порошком ПР Р6М5 з розміром частинок 160/100 мкм в режимі натікання і стікання наведено на рис. 3.



а)



б)



в)

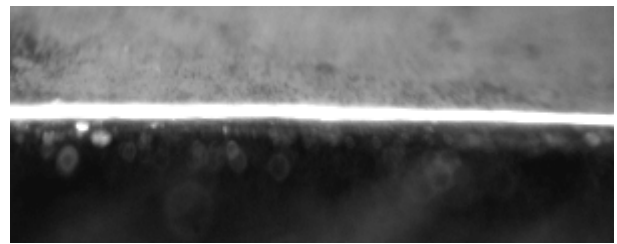
Рисунок 3 – Зовнішній вигляд різальної кромки у вихідному стані (а) і після MAO порошком ПР Р6М5; обробка в режимі натікання на робочі поверхні (б) і в режимі стікання (в), збільшення $\times 10$

З метою збільшення абразивно-поліруючої спроможності МАІ на другій стадії MAO свердел використовували порошок Ферромап з розміром частинок 200/100 мкм з додаванням 2-3% алмазної пасту АСМ 3/2. Обробку виконували при швидкостях MAO, яка рекомендована для MAO твердо-

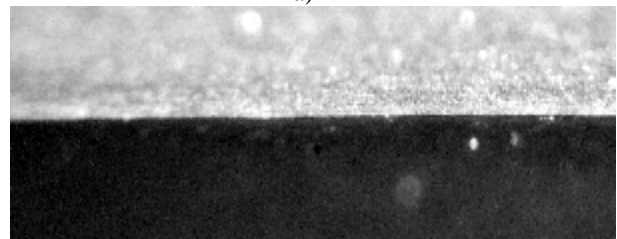
сплавних виробів в діапазоні 2,5-2,8 м/с як в режимі стікання, так і в режимі натікання, а час обробки складав 240 с, що є достатнім для формування оптимального мікрорельєфу твердосплавного інструменту [9].

Після другої стадії обробки на передній поверхні отримана шорсткість з $Ra=0,25-0,3$ мкм, на задній $Ra=0,05-0,08$ мкм, а на калібруючій частині (стрічка свердла) $Ra=0,06-0,07$ мкм. При чому наведені результати було отримано при MAO як в режимі стікання, так і натікання на робочі поверхні свердел. Аналіз зміни величини радіусів заокруглення показав, що MAO в режимі стікання дозволяє отримати радіус різальної кромки 5-7 мкм, в той час як в режимі натікання відбувається суттєве збільшення величини радіусу до 35-38 мкм.

Після другої стадії MAO свердел при визначенні їх поверхневої твердості встановлено її сталі зростання до 20-26 ГПа. Зовнішній вигляд робочих елементів свердел після другої стадії MAO наведено на рис.4. Обробка радіусів величиною 5-7 мкм в режимі натікання порошком Ферромап 200/100 мкм з алмазною пастою 3/2 мкм призводить до збільшення величини радіусу. При чому коригування часом MAO дозволяє прогнозовано формувати необхідний радіус.



а)



б)

Рисунок 4 - Зовнішній вигляд робочих елементів свердел після другої стадії MAO обробка в режимі натікання на робочі поверхні (а) і стікання (б) порошком Ферромап з додаванням алмазної пасту АСМ 3/2

Встановлено, що час MAO практично лінійно визначає зменшення радіусів за умов попередньо сформованої шорсткості передніх і задніх поверхонь свердел, яка в значній мірі буде визначатися типом, додатками і розмірами використовуваних для MAO магнітно-абразивних порошоків.

В результаті обробки свердел на третій стадії при часі MAO в діапазоні 30-240 с встановлено, що поверхнева твердість практично не змінюється і залишається на рівні 20-23 ГПа.

Висновки. Проведені дослідження по МАО робочих елементів твердосплавних свердел після їх переточування показали доцільність застосування запропонованого методу. Показано можливість методу по ефективному обробленню свердел з забезпеченням шорсткості на передній поверхні інструменту на рівні $Ra=0,25$ мкм, на задній $Ra=0,05-0,08$ мкм і на калібруючій частині (стрічка свердла) $Ra=0,06-0,07$ мкм, а також формування заданого радіусу заокруглення різальних кромки. При цьому відзначається збільшення поверхневої твердості виробів до рівня 20 ГПа і більше.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ДАНІ

1. Равська Н.С., Родін П.Р., Ніколаєнко Т.П., Мельничук П.П. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2000. - 332 с.
2. Равська Н.С., Мельничук П.П., Касьянов А.Г., Родін Р.П. Технологія інструментального виробництва. Підручник для студентів. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 555 с.
3. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. - М.:Машиностроение, 1993. - 336 с.
4. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. - Киев: Наукова думка, 1984. - 328 с.
5. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента. - Л.:Машиностроение. - 1986. - 176с.
6. Ефремов В.Д., Ящерицин П.И. Технологическое обеспечение качества рабочих кромок инструмента и деталей. - Мн.: БАТУ, 1997. - 251 с.
7. Майборода В.С. Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхонь. Дисс. ... докт.техн.наук. - Київ, 2001. - 404с.
8. Степанов О.В. Исследование процесса формирования магнитно-абразивного порошкового инструмента для обработки деталей сложной геометрической формы. Дисс... к.т.н. - Киев, 1997. - 145 с.
9. Уляненко Н.В. Підвищення працездатності твердосплавного інструменту шляхом застосування магнітно-абразивного оброблення та нанесення зносостійких покриттів. Дисс. к.т.н. - Киев, 2006. - 167 с.
10. Спосіб магнітно-абразивної обробки. Патент України на винахід №18814 В24В 31/112 /Майборода В.С., Степанов О.В., Андронов О.В. та ін. №95321339. Опубл.25.12.97.Бюл.№6.
11. Магнітно-абразивна обробка осьового і кінцевого різального інструменту. 5.Дослідження впливу умов базування деталей на зміну геометричних характеристик різальних кромки свердел при магнітно-абразивній обробці / В.С.Майборода, Д.В.Хроновский, В.І.Солодкий, Н.В.Уляненко // Наукові вісті НТУУ "КПІ" - 2002. - №5. -С.69-73.
12. Дюбнер Л.Г., Майборода В.С., Ивановский А.А. Магнитно-абразивная обработка концевого режущего инструмента //Вестник национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт". Машиностроение.-вып.44.-2003.-С.107-108.
13. Спосіб магнітно-абразивного об'ємної обробки. Патент України на винахід №25441 А, В24В31/112 /В.С.Майборода, В.М.Гейчук, О.В.Степанов, №95094329. Заявлено 29.09.95. Опубл. 03.100.98., Бюл.№6.
14. Застосування магнітно-абразивної обробки для зміцнення різального інструменту /В.С.Майборода, Н.В.Уляненко, Л.Г.Дюбнер та ін. // Вісник ЖДТУ - 2003.-№3(27). - С.22-31.

Стаття надійшла 01.02.2007р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Саленком О.Ф.