

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №5, Том 10 / 2018, No 5, Vol 10 <https://esj.today/issue-5-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/36MMVN518.pdf>

Статья поступила в редакцию 01.10.2018; опубликована 21.11.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Дубров Д.Ю. Снижение интенсивности размерного износа режущих инструментов // Вестник Евразийской науки, 2018 №5, <https://esj.today/PDF/36MMVN518.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Dubrov D.Yu. (2018). Reducing the intensity of dimensional wear of cutting tools. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(10). Available at: <https://esj.today/PDF/36MMVN518.pdf> (in Russian)

УДК 621.681.7

Дубров Дмитрий Юрьевич

ООО «ДИАПАЗОН-1», Ростов-на-Дону, Россия

Старший научный сотрудник

Кандидат технических наук

E-mail: dus137@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=596107

Снижение интенсивности размерного износа режущих инструментов

Аннотация. Предложен метод снижения интенсивности размерного износа режущих инструментов путем автономного охлаждения зоны резания за счет фазовых переходов первого рода (испарения и плавления). При этом часть тепловой энергии расходуется на плавление рабочего вещества и затем отводится в окружающую среду. Установлено, что определение интенсивности изнашивания в качестве характеристики износа предпочтительнее, чем определение износа по задней поверхности, так как это позволяет применять единый подход к описанию процессов изнашивания задней и передней поверхностей.

Проведенные экспериментальные исследования работоспособности предложенной комплексной схемы охлаждения при исследованиях размерного износа подтверждают снижение температуры в зоне резания и, как следствие, размерного износа сменных многогранных пластин.

Ключевые слова: размерный износ; интенсивность размерного износа; двухфазная система охлаждения; тепловая труба; модуль; плавящееся вещество; сухое резание

При обработке резанием материалов малой теплопроводности существенно возрастает доля теплоты, поступающей в режущий клин инструмента, что приводит к повышению поверхностной и объемной температур в контактной зоне резания и способствует увеличению износа. Существующие традиционные методы снижения этих температур за счет применения смазывающе-охлаждающих технологических средств (СОТС) не всегда оказываются достаточно эффективными и не соответствуют современным требованиям, увеличивая при этом стоимость операций за счет издержек по разработке и эксплуатации систем подачи СОТС, себестоимости и затрат по их переработке и утилизации. Кроме того, использование СОТС наносит большой экологический ущерб окружающей среде, вызывает патологические изменения в организме человека (депрессия нервной системы, токсическое и канцерогенное воздействие). При обработке ряда материалов, особенно в аэрокосмической технике, СОТС могут оказывать негативное влияние и на технологическую наследственность детали. Поэтому в мировой практике металлообработки возникает вопрос, связанный с отказом от применения СОТС и переходом на «сухое» резание, при котором актуальной остается проблема снижения температуры инструмента. Одним из способов нетрадиционного охлаждения является поглощение тепла за счет изменения агрегатного состояния вещества (испарительное охлаждение открытого и закрытого типов, применение легкоплавких веществ), основанного на применении фазовых переходов первого рода. Опыт использования охлаждения с помощью фазовых переходов первого рода в других технических областях позволяет сделать вывод о возможности применения таких подходов к охлаждению сборных режущих инструментов [1-3]. На основе анализа литературных данных установлено, что способы снижения температуры резания с помощью фазовых переходов первого рода применительно к задачам обработки конструкционных материалов в настоящее время исследованы недостаточно [4-5].

Установлено, что эффективность технологических процессов определяется размерной стойкостью [6]. По данным [7-8] с физической точки зрения знание размерного износа в качестве характеристики износа предпочтительнее, чем определение износа по задней поверхности, так как это позволяет применять единый подход к описанию процессов изнашивания задней и передней поверхностей.

В соответствии с ГОСТ 27674-88 изнашивание классифицируется как процесс отделения материала с поверхности твердого тела. Следует отметить, что изнашивание – это, прежде всего процесс взаимодействия поверхностей, который сопровождается изменением механических свойств, структуры, фазового состава и химической активности поверхностных слоев. Износ, отнесенный к пути трения, объему выполненной работы, работе трения и т. д., является показателем интенсивности изнашивания. Износостойкость инструмента является одним из наиболее важных его качеств. Однако опыты по изучению интегральных характеристик износостойкости инструментов весьма трудоемкие, длительные и дорогие.

Исследование интенсивностей изнашивания может быть выполнено с меньшими затратами материалов и времени, если определять интенсивности износа по передней и задним

поверхностям $\delta_{Lz} = \frac{dh_z}{dL}$, $\delta_{Lr} = \frac{dh_r}{dL}$, то интенсивность размерного износа составит $\delta_{L_{hr}} = \frac{dh_r}{dL}$.

В связи с этим для определения влияния предложенной КСО на величину размерного износа были проведены сопоставимые эксперименты по обработке титанового сплава ВТ3-1 резцами ВК6 без охлаждения и с КСО. Резание производилось на станке с ЧПУ модели 16К20Ф3. Так как конструкция станка не позволяет использовать прибор Макарова [6], была применена специальная методика (рис. 1).

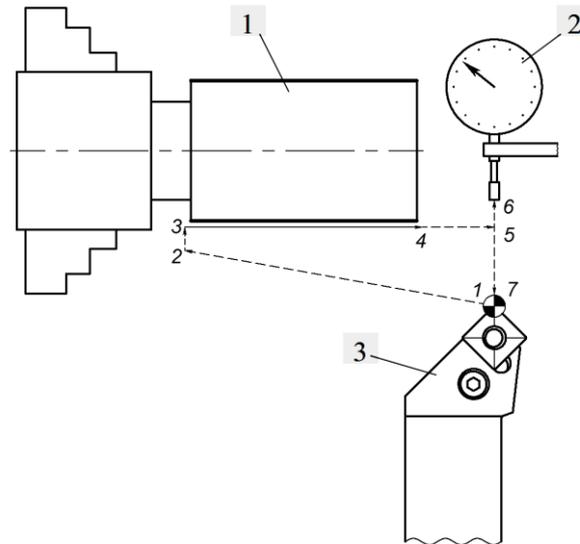


Рисунок 1. Методика измерения размерного износа резца
(1 – деталь; 2 – индикатор 1-ИГМ; 3 – сборный резец, оснащённый СМП)

Суть методики заключалась в том, что после определенного пути резания резец перемещался до контакта с измерительным стержнем индикатора

1-ИГМ с ценой деления 1 мкм. Перед началом работы фиксировалось начальное положение стрелки индикатора, а после прохода и остывания резца – конечное. Разница между начальным и конечным показаниями определяла размерный износ. Каждое измерение повторялось 5 раз и рассчитывалось среднее значение.

При проведении экспериментальных исследований сравнивался размерный износ СМП, работающих без охлаждения и износ пластин при интенсивном отводе тепла, осуществляемом с помощью тепловой трубы в контейнер с плавящимся веществом. С этой целью был сконструирован и изготовлен сменный модуль к стандартному сборному резцу (рис. 2) [9].

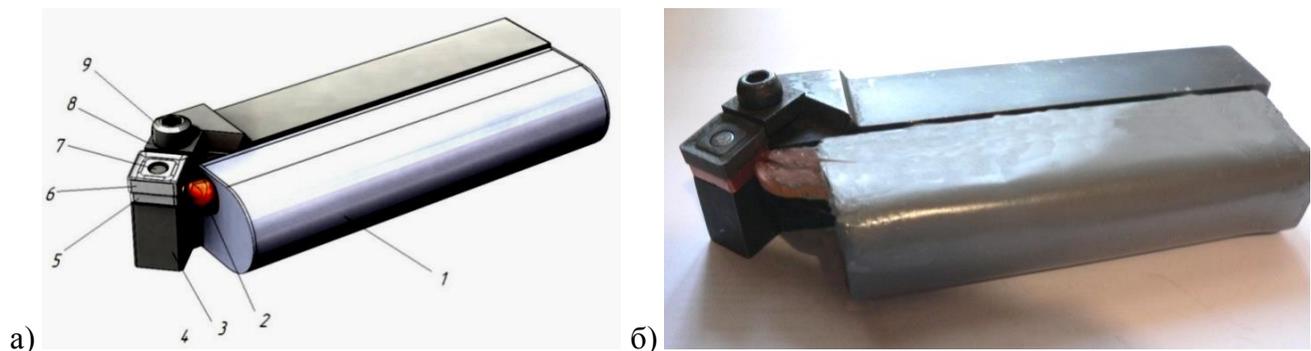


Рисунок 2. а) – резец с модулем охлаждения (1 – контейнер с плавящимся веществом; 2 – тепловая труба; 3 – державка); б) – фотография резца с модулем

По формуле (1) был определен объем контейнера с плавящимся веществом (сплав Розе).

С учетом количества теплоты, затраченной в период нагрева, получим

$$V = \frac{q\rho \times \tau}{\rho \times [\lambda + c_T \times (T_{пл} - T_C) + c_{ж} \times (T_{ж.доп.} - T_{пл})]}, \quad (1)$$

где:

$q\rho$ – мощность теплоты, выделяемая режущей пластиной;

τ – время работы резца;

ρ – плотность вещества;

$T_{пл}$ – температура плавления вещества;

T_c – температура окружающей среды;

$c_{ж}$ – теплоемкость жидкой фазы вещества;

c_t – теплоемкость твердой фазы вещества;

λ – удельная теплота плавления вещества;

$T_{ж, доп.}$ – допустимая средняя температура жидкой фазы вещества;

V – объем.

В качестве примера рассчитаем объем камеры для $q_p = 100$ Вт

$$\tau = 575 \text{ с}; \rho = 9720 \text{ кг/м}^3; T_{пл} = 94 \text{ }^\circ\text{C}; T_c = 20 \text{ }^\circ\text{C}; c_{ж} = 172 \text{ Дж/кг} \times \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_t = 172 \text{ Дж/кг} \times \text{ }^\circ\text{C}; \lambda = 54100 \text{ Дж/кг}; T_{ж, доп.} = 120 \text{ }^\circ\text{C}.$$

В данном случае объем камеры $V = 0,00009 \text{ м}^3$.

$$\delta = \left(\frac{4 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{\frac{V \cdot \alpha}{60}}} \right) \cdot \frac{\lambda_p}{\lambda}$$

По методике [10] нами определено количество теплоты, поступающей в резец в единицу времени при обработке различных материалов (ВК 6; $t = 1$ мм; $s = 0.2$ мм/об; $v = 100$ м/мин). Очевидно, что время, в течение которого в контейнере расплавится плавящееся вещество, зависит от размеров контейнера и от количества теплоты, поступающей в резец и определяемого обрабатываемым материалом (рис. 3).

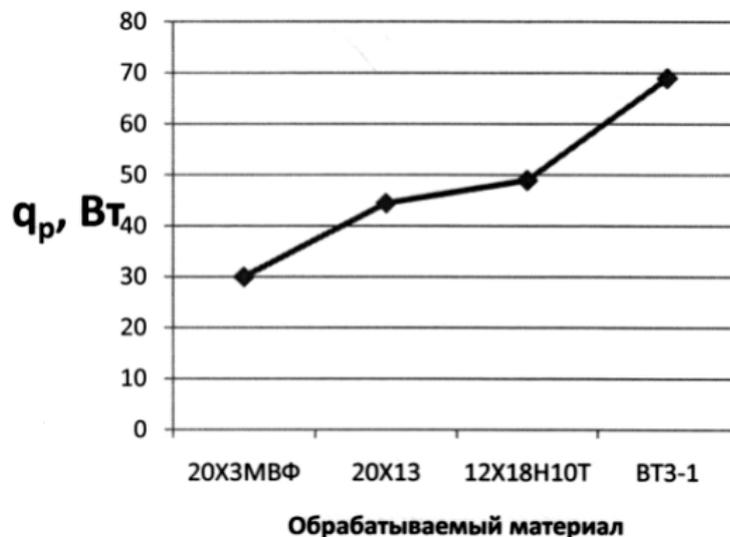


Рисунок 3. Количество теплоты, поступающей в резец в единицу времени, при обработке различных материалов (ВК 6; $t = 1$ мм; $s = 0.2$ мм/об; $v = 100$ м/мин)

Как показали дальнейшие расчеты по формуле (1) время работы резца (τ , мин) до полного расплавления сплава Розе в контейнере определяется количеством теплоты, поступающей в резец в единицу времени (рис. 4).

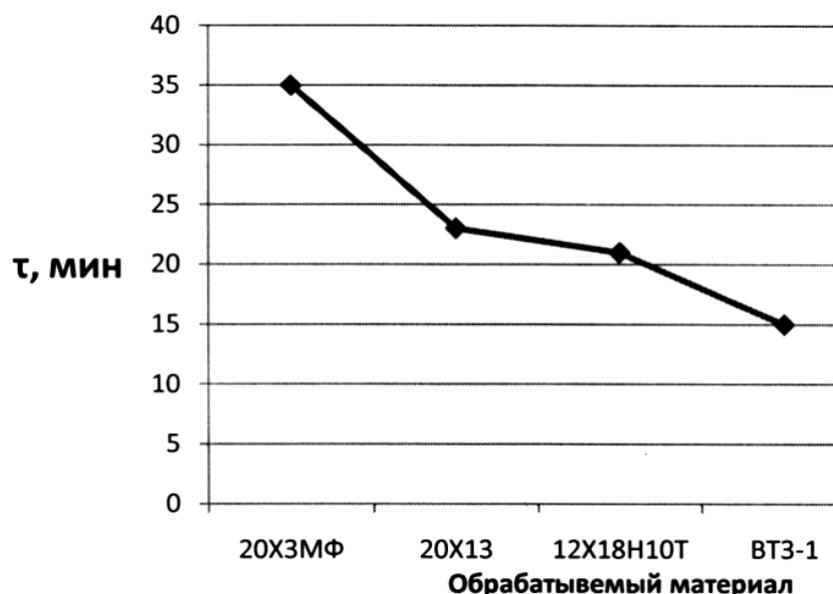
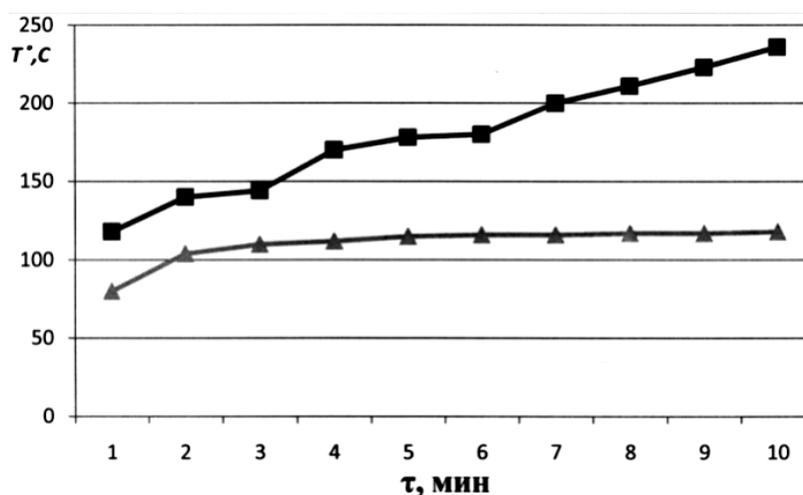


Рисунок 4. Время работы инструмента до полного расплавления сплава Розе при обработке различных материалов (ВК 6; $t = 1$ мм; $s = 0.2$ мм/об; $v = 100$ м/мин)

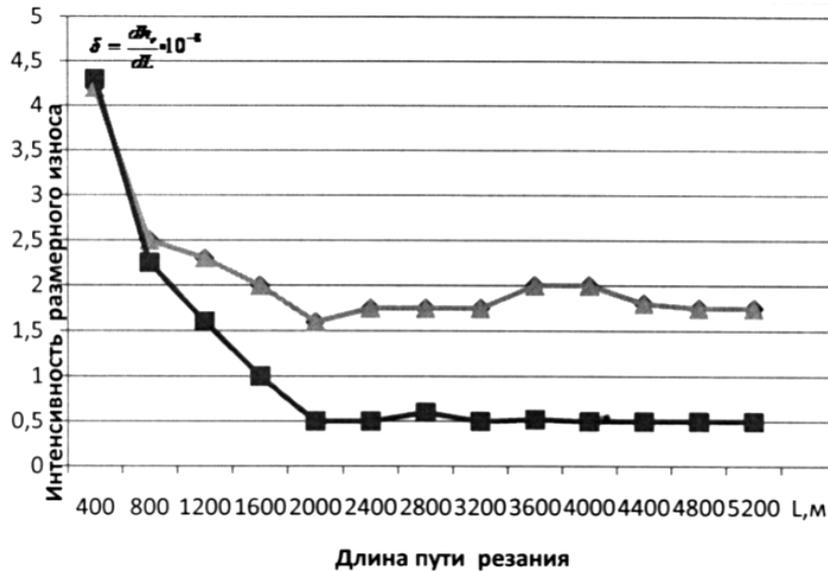
В дальнейшем определена экспериментальная зависимость влияния комплексной системы охлаждения на температуру под опорной поверхностью режущей пластины (рис. 5). Температура измерялась с помощью стандартной термопары «хромель-копель» (ТХК).



■ – без использования комплексной системы охлаждения, ▲ – с использованием комплексной системы охлаждения

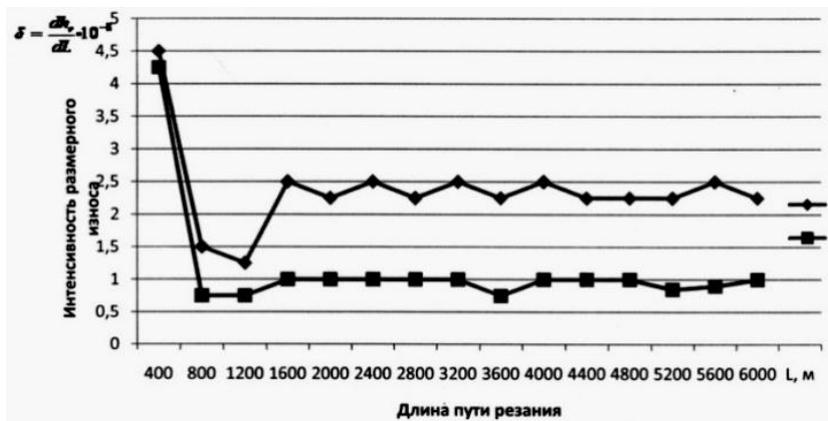
Рисунок 5. Зависимость температуры под опорной поверхностью режущей пластины от времени работы (BT3-1 – ВК 6) при $t = 0,5$ мм, $s = 0,05$ мм/об, $v = 98$ м/мин

Как видно, уже после 3-й минуты работы резца при использовании предложенной комплексной системы охлаждения, наблюдается стабилизация температуры под режущей пластиной (порядка 100°C), что меньше на $40-60^{\circ}\text{C}$, чем при резании без использования комплексной системы. Это позволяет существенно снизить интенсивность размерного износа (рис. 6, 7).



-♦-♦- без охлаждения; -■-■- с двухфазной комплексной системой охлаждения

Рисунок 6. Интенсивность размерного изнашивания (BT3-1-BK 6; $V = 32$ м/мин; $S = 0,1$ мм/об; $t = 0,5$ мм)



-♦-♦- без охлаждения; -■-■- с двухфазной комплексной системой охлаждения

Рисунок 7. Интенсивность размерного изнашивания (BT3-1-BK 6; $V = 46$ м/мин; $S = 0,1$ мм/об; $t = 0,5$ мм)

Из анализа приведенных данных можно сделать вывод о том, что интенсивность размерного изнашивания $\delta = \frac{dh_r}{dL} \cdot 10^{-8}$ во многом определяется интенсивностью роста температуры резания $\frac{dT}{d\tau}$. При фазовом переходе первого рода изменяется количество запасенной внутренней энергии. Именно этим можно объяснить характер полученных зависимостей температуры и интенсивности размерного износа от времени работы инструментов, оснащенных КСО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Тепловые трубы для охлаждения и термостатирования радиоэлектронной аппаратуры / В.А. Алексеев, В.А. Арефьев. – М.: Энергия, 1979. – 128 с.
2. Алексеев В.А. Новый тип тепловых аккумуляторов для охлаждения радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов / В.А. Алексеев, А.Е. Карабин [Электронный ресурс]. – Труды МАИ. – 2011. – Вып.49. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=28050>, свободный. – Загл. с экрана. – № гос. рег. ФС77-58560. – 23.04.2015.
3. Палий А.В., Шевченко К.В. Численное исследование теплоотода с изменением агрегатного состояния рабочего вещества // Инженерный вестник Дона, No1 (2018) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4648.
4. Dubrov Dmitry Y. The use of cutters with two-phase cooling devices in the processing of titanium alloys / Yuri S. Dubrov, Dmitry Y. Dubrov // Second International conference «Heat pipes for space application» 15-19 September 2014 Moscow, Russia {Электронный ресурс www.heatpipe.ru}.
5. Дубров Д.Ю. Повышение периода стойкости сборных резцов испарительным охлаждением при сухом резании [Текст]: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Дмитрий Юрьевич Дубров. – Брянск. – 2015. – 19 с.
6. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов / А.Д. Макаров. – М.: Машиностроение, 1966. – 263 с.
7. Верещака А.С. Резание материалов: учеб. / А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: Высш. шк., 2009. – 535 с.
8. Кушнер В.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник / Верещака А.С., Схиртладзе А.Г., Негров Д.А., Бургонова О.Ю. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 260 с.
9. Дубров Д.Ю., Дубров Ю.С., Осаченко М.Д. Повышение качества обработанной поверхности при сухом резании // Качество и жизнь. 2018. – №1. С. 15-19.
10. Патент на полезную модель №183364 Российская Федерация, МПК В23Q 11/10 (2006.01) Модуль охлаждения токарного резца (Д.Ю. Дубров, Б.Ч. Месхи, В.Л. Гапонов и др. – №2018109119; заявл.14.03.2018; опубл. 19.09.2018. Бюл. №26.
11. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.

Dubrov Dmitry Yuryevich

The limited liability company «RANGE-1», Rostov-on-Don, Russia
E-mail: dubrov.d@don-product.ru

Reducing the intensity of dimensional wear of cutting tools

Abstract. The method of reducing the intensity of dimensional wear of cutting tools by Autonomous cooling of the cutting zone due to phase transitions of the first kind (evaporation and melting) is proposed. In this case, part of the thermal energy is spent on melting the working substance and then discharged into the environment. The experimental studies of the efficiency of the proposed complex cooling system in studies of dimensional wear confirm the decrease in temperature in the cutting zone and, as a consequence, the dimensional wear of replaceable multi-faceted plates.

Keywords: dimensional wear; intensity of dimensional wear; two-phase cooling system; heat pipe; module; melting substance; dry cutting

REFERENCES

1. Alexeev V.A. Heat pipes for cooling and temperature control of electronic equipment / V.A. Alekseev, V.A. Aref'ev. – M.: Energy, 1979. – 128 p.
2. Alekseev V.A. New type of thermal device for cooling the RA-bioelectronic equipment spacecraft / V.A. Alekseev, A.E. Karabin [Electronic resource]. – Proceedings of the MAI. – 2011. – Vol.49. – Access mode: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=28050>, free. The title. from the screen. – № state.reg. FS77-58560. – 23.04.2015.
3. P., K.V. Shevchenko Numerical study of the heat sink with a change in the aggregate state of the working substance // Engineering West-nick don, No1 (2018) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4648.
4. Dubrov Dmitry Y. the use of cuts with two-phase cooling devices in the process of titanium alloys / Yuri Dubrov, Dmitry Y. Dubrov // Second international conference Heat pipes for space application 15-19 September 2014 Moscow, Russia {Electronic resource www.heatpipe.ru}.
5. Dubrov D.U. Increase the lifespan of teams of cutters vaporizer NYM cooling when dry cutting [Text]: abstract of Diss. ... kand.tech.Sciences: 05.02.07 / Dmitry Dubrov. – Bryansk. – 2015. – 19 p.
6. Wear and durability of cutting tools / – Moscow: Mechanical Engineering, 1966. – 263 p.
7. Vereshchaka A.S., the Cutting of materials: proc. / A.S. Vereshchaka, V.S. Kushner. – M.: Higher. SHK., 2009. – 535 p.
8. Kushner V.S. Science and technology of structural materials: a textbook / Vereshchaka.S., Skhirtladze A.G., Negroid. A., Burgonov O.Yu. – Omsk: Publishing house Omgutu, 2005. – 260 p.
9. Dubrov D.Yu., Dubrov Y.S., Isachenko M.D. improving the quality of educa botanas surface when dry cutting Quality and life. 2018. – №1. P. 15-19.
10. Utility Model Patent No. 183364 Russian Federation, IPC B23Q 11/10 (2006.01) Cooling tool for the turning tool (D.Yu. Dubrov, B.Ch. Meskhi, V.L. Gaponov, etc. – No. 2014109119; decl. 03/14/2018; published on 9/19/2018, Bulletin No. 26.
11. Reznikov. Thermal processes in technological systems. Reznikov, L. Reznikov. – Moscow: Mechanical Engineering, 1990. – 288 p.