

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/vol8-6.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/156TVN616.pdf>

Статья опубликована 31.01.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Снегирева К.К., Ершова И.В. Методика определения оптимальных условий резания инструментальных сталей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/156TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 621.91.01**

**Снегирева Ксения Константиновна**<sup>1,2</sup>

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Филиал в г. Северодвинск, Россия, Северодвинск<sup>3</sup>

Старший преподаватель кафедры «Технологии металлов и машиностроения»

E-mail: [ksesha-76@mail.ru](mailto:ksesha-76@mail.ru)

**Ершова Ирина Валерьевна**<sup>4</sup>

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Филиал в г. Северодвинск, Россия, Северодвинск

Старший преподаватель кафедры «Математики»

E-mail: [Irina-124@yandex.ru](mailto:Irina-124@yandex.ru)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_items.asp?id=765547](http://elibrary.ru/author_items.asp?id=765547)

## **Методика определения оптимальных условий резания инструментальных сталей**

**Аннотация.** Ресурс режущего инструмента, прежде всего, зависит от состояния рабочих поверхностей, в частности, значения шероховатости поверхности. Определить одновременное действие всех явлений, возникающих при резании, на качество обработанной поверхности крайне сложно. Поэтому целесообразно использовать комплексный параметр, суммарно оценивающий диссипативные и аккомодационные процессы в обрабатываемом материале при резании. В качестве такого параметра был использован коэффициент диссипации энергии, который ранее использовался лишь в теории и практике обработки металлов давлением.

Целью настоящего исследования являлось определение существования корреляционной связи между показателем качества поверхности, шероховатости, и коэффициентом диссипации энергии.

Суть выдвинутой гипотезы состояла в следующем: чем меньшая часть механической энергии, сообщаемая заготовке, рассеивается в виде тепла или диссипативных структурных преобразований, тем больше локализация деформации в зоне резания и благоприятнее условия стружкообразования.

---

<sup>1</sup> <https://www.facebook.com/profile.php?id=100000328869392>

<sup>2</sup> 164500, Архангельская область, г. Северодвинск, ул. Первомайская, д. 51, кв. 16

<sup>3</sup> 164500, Архангельская область, г. Северодвинск, ул. К. Воронина, д. 6

<sup>4</sup> <https://vk.com/id63644323>

Для проверки указанной гипотезы была разработана методика определения численных значений коэффициента диссипации энергии при обработке заготовок точением. А также спланирован и проведен однофакторный эксперимент. В качестве обрабатываемых материалов были выбраны стали У8 и ХВГ.

Полученные экспериментальные данные были обработаны при помощи методов математической статистики.

В результате эксперимента было обнаружено, что между коэффициентом диссипации энергии и шероховатостью обработанной поверхности существует обратная корреляционная связь, то есть чем меньше коэффициент диссипации энергии, тем лучше шероховатость обработанной поверхности. Это позволило утверждать о возможности использования коэффициента диссипации энергии в качестве критерия обрабатываемости сталей на чистовых операциях точением.

**Ключевые слова:** обработка резанием; инструментальные стали; шероховатость поверхности; коэффициент диссипации энергии; оптимальные условия резания; корреляционная связь; пластическая деформация

Не смотря на большое разнообразие современных инструментальных материалов, на машиностроительных предприятиях до сих пор широко используются инструментальные стали, что объясняется, прежде всего, их невысокой стоимостью.

Низколегированные стали в основном применяются для изготовления стержневых инструментов и технологической оснастки, поскольку обладают лучшей прокаливаемостью и меньшей деформацией при закалке [5]. Кроме того, из инструментальных сталей нередко изготавливают детали машин, например, золотники гидрораспределителей.

Наряду с режущей способностью, теплостойкостью и износостойкостью одним из важнейших требований, предъявляемым к инструментальным сталям является ее обрабатываемость в горячем и холодном состоянии. Несмотря на то, что обрабатываемость инструментальных сталей в основном зависит от химического состава, микроструктуры и теплопроводности материала, технологические режимы механической обработки таких материалов играют существенную роль при выполнении операций формообразования базировочных и рабочих поверхностей инструмента в общей технологии изготовления. От качества базировочных и рабочих поверхностей инструмента зависит не только качество изготавливаемой продукции, но и ресурс инструмента в процессе его эксплуатации. Важнейшим из таких показателей качества поверхности инструментов является шероховатость.

Для изучения технологических условий, обеспечивающих наилучшее значение указанного показателя, необходимо произвести анализ влияния огромного количества факторов, возникающих при обработке. Поэтому целью настоящего исследования являлось нахождение такого комплексного критерия, который позволил бы оценить влияние совокупности физических процессов и явлений, сопутствующих резанию, на шероховатость обработанной поверхности.

Процесс резания металла представляет собой интенсивную пластическую деформацию, локализованную в зоне вокруг места контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом. Развитая зона пластической деформации возникает, когда велики силы резания, так как часть материала срезается, а часть вдавливается в поверхность резания, что возможно, например, при использовании недостаточно заточенного инструмента.

В теории обработки металлов давлением существует параметр, позволяющий определить температурно-скоростные условия, приводящие к потере материалом макроскопической устойчивости, проявляющейся в локализации деформации в некоторых зонах обрабатываемого материала [2]. Этот параметр называется коэффициентом диссипации энергии  $\eta$ . По его величине судят о том, насколько вероятны явления диссипации энергии в открытых термодинамических системах при действии необратимых процессов, связанных с пластическим деформированием, что позволяет оценить вероятность локализации пластической деформации материала в некоторой зоне.

Для процесса обработки давлением процесс локализации пластической деформации является крайне негативным, поскольку приводит к трещинообразованию и разрушению обрабатываемого материала.

Для резания сокращение пластически деформированной зоны может свидетельствовать об уменьшении сил резания при прочих равных условиях. Это положительно отражается на качестве обработанной поверхности. Данная гипотеза, выдвинутая и обоснованная в [6, 8, 9], легла в основу настоящего исследования.

Для установления возможности использования коэффициента диссипации энергии в качестве критерия, позволяющего обобщенно оценивать протекание процесса резания, как процесса высокоскоростной пластической деформации, необходимо разработать методику нахождения его численных значений и установить степень корреляционной связи между величиной коэффициента диссипации и показателями качества обработанной поверхности.

Согласно существующей методике [2], коэффициент диссипации энергии является функцией напряжения и скорости деформации:

$$\eta = \frac{2m}{m+1}, \quad (1)$$

где:  $\eta$  - коэффициент диссипации энергии,  $m$  - показатель скоростной чувствительности:

$$m = \frac{\Delta \lg \tau}{\Delta \lg \dot{\epsilon}},$$

где:  $\tau$  - сдвигающее напряжение,  $\dot{\epsilon}$  - скорость деформации.

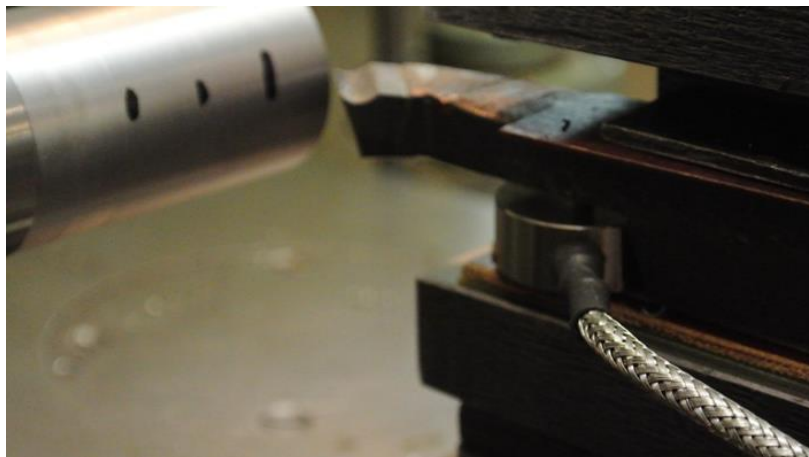
Зависимость сил резания и усадки стружки от напряжения сдвига и скорости деформации хорошо известна [10]. Для случая деформации по единственной плоскости сдвига при резании эта взаимосвязь имеет следующий вид:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\epsilon v}{\Delta x K_l}, \quad \tau = \frac{P_\tau \sin \phi}{ab},$$

где:  $\epsilon$  - относительный сдвиг,  $v$  - скорость резания,  $\Delta x$  - толщина переходной пластически деформированной зоны,  $K_l$  - коэффициент усадки стружки,  $P_\tau$  - сила сдвига,  $\phi$  - угол наклона условной плоскости сдвига,  $a$  и  $b$  - соответственно толщина и ширина срезаемого слоя.

Для определения указанных величин был проектирован экспериментальный стенд [6]. Главная составляющая силы резания определялась с помощью тензодатчика модели СММ2-

K200, установленного под резцом (рисунок 1), соединенного с цифровой тензостанцией модели ZET 017. Коэффициент усадки стружки вычислялся весовым методом. Шероховатость обработанной поверхности определялась с помощью профилометра модели SJ 201. Значение величины переходной пластически деформированной зоны устанавливалось при помощи лабораторно микроскопа МПБ-2. Остальные величины определялись расчётным путем.



**Рисунок 1.** Тензометрический стенд для определения главной составляющей силы резания при обработке ножевых валов из сталей У8 и ХВГ (фото сделано Снегирёвой К.К. в лаборатории металлорежущих станков филиала САФУ в г. Северодвинске)

При проведении экспериментальных исследований вращение заготовки из стали У8 и ХВГ осуществлялось со скоростями 160-2000 об/мин. Обработка проводилась резцами с твердыми сплавами ВК8 и Т15К6

Был реализован план эксперимента, представленный в таблице 1.

**Таблица 1**

**План экспериментальных исследований**

№ п/п	Скорость вращения шпинделя, об/мин.	Обрабатываемый материал	Материал режущей части резца
1 - 12	160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000	У8	Т15К6
13 - 24	160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000	У8	ВК8
25 - 36	160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000	ХВГ	Т15К6
37 - 48	160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000	ХВГ	ВК8

Коэффициент диссипации энергии при этом рассчитывался по формуле (1).

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках 2 - 5. Графики (рис. 2 - 5) построены авторами в табличном процессоре Excel.

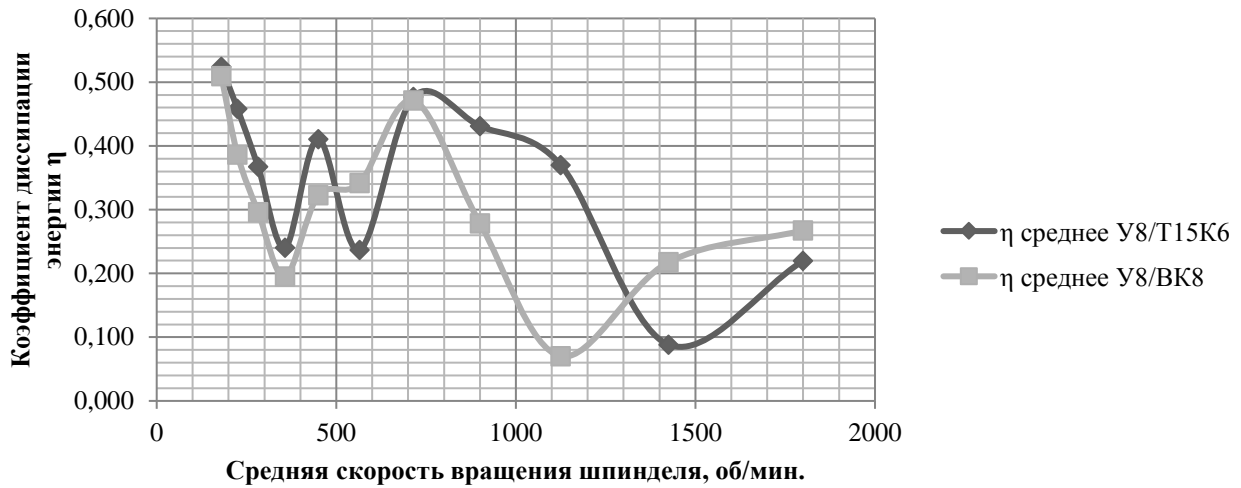


Рисунок 2. Значения коэффициента диссипации энергии  $\eta$  при обработке стали У8

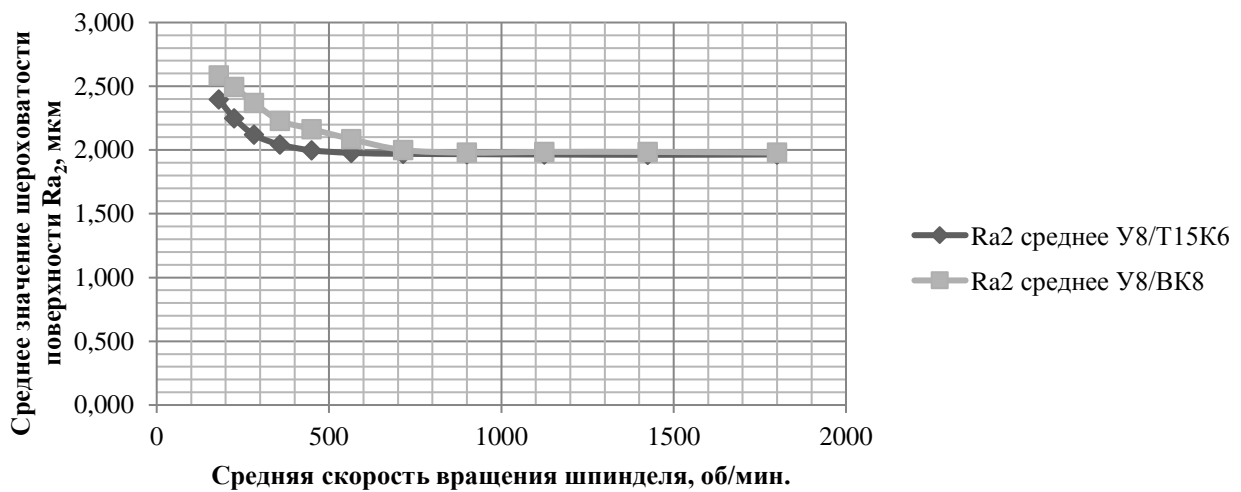


Рисунок 3. Средние значения шероховатости обработанной поверхности  $Ra_2$  при обработке стали У8

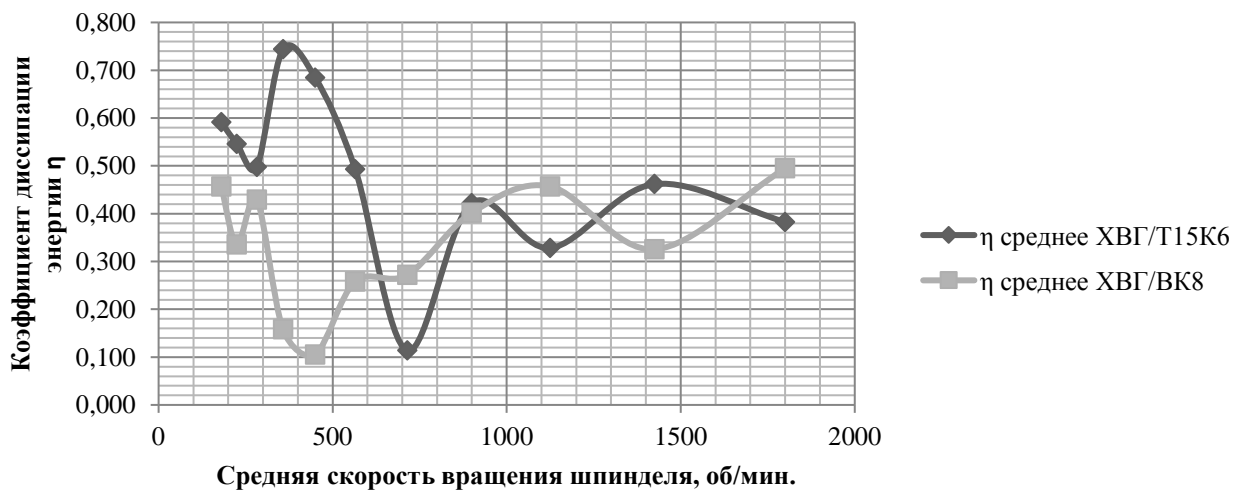
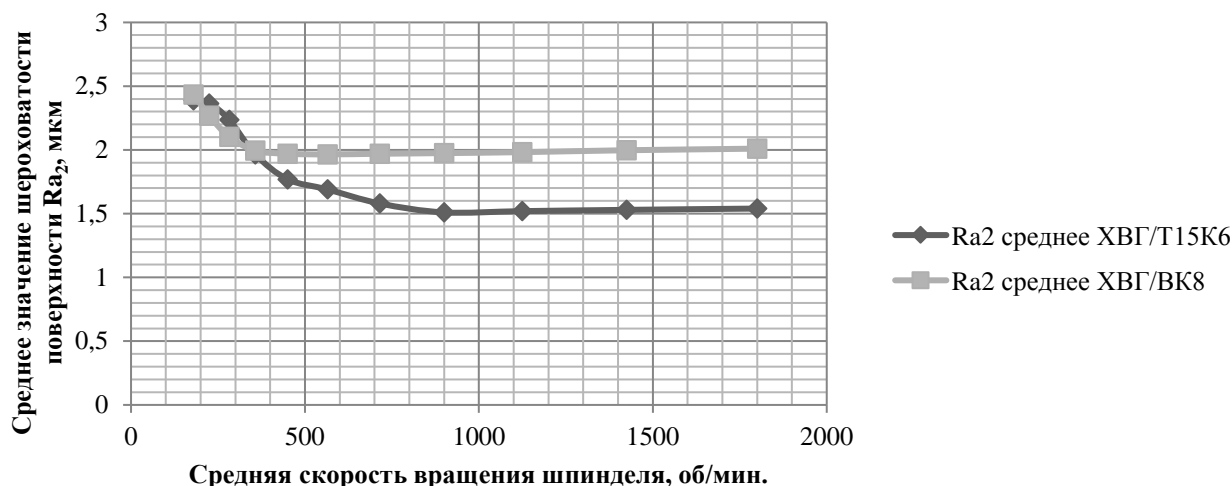


Рисунок 4. Значения коэффициента диссипации энергии  $\eta$  при обработке стали XBG



**Рисунок 5.** Средние значения шероховатости обработанной поверхности  $Ra_2$  при обработке стали ХВГ

Были определены коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между коэффициентом диссипации энергии  $\eta$  и величиной уменьшения шероховатости поверхности  $\Delta Ra$  при обработке. Полученные значения приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена**

№ п/п	Обрабатываемый материал	Материал режущей части резца	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, $\rho$
1	У8	Т15К6	-0,527
2	У8	ВК8	-0,564
3	ХВГ	Т15К6	-0,732
4	ХВГ	ВК8	-0,607

Из анализа полученного графического материала можно сделать следующие выводы:

1. Согласно разработанной методике функция зависимости коэффициента диссипации энергии от скорости обработки имеет несколько ярко выраженных максимумов и минимумов.
2. Минимальное значение коэффициента диссипации энергии соответствует наилучшему значению показателя качества поверхности, то есть минимальному, установившемуся значению шероховатости обработанной поверхности.
3. Между коэффициентом диссипации энергии и величиной разности шероховатости поверхности до и после обработки существует обратная корреляционная связь при уровне значимости  $\alpha = 0,1$  для стали У8 и  $\alpha = 0,05$  для стали ХВГ.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что экспериментально подтверждено существование корреляционной связи между коэффициентом диссипации энергии и параметрами шероховатости обработанной поверхности. Это позволяет использовать указанный коэффициент как комплексный критерий оценки эффективности обработки и создает предпосылки для проектирования технологических диаграмм, позволяющих выбирать оптимальные условия обработки инструментальных сталей при изготовлении металлорежущих инструментов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Варгасов Н.Р., Малыгин В.И., Мюллер О.Д. Физические основы обработки металлов резанием: учебное пособие. - СПб.: ГМТУ, 1992. - 54 с.
2. Варгасов Н.Р., Рыбин В.В. Оптимизация температурно-скоростных режимов деформирования высокопрочных сплавов по критерию диссипации энергии // Сб. науч. тр. СПбГТУ, 2001. - С. 10 - 22.
3. Кремлева Л.В., Методика расчета коэффициента диссипации энергии при резании материалов / К.К. Снегирева, И.В. Ершова // Вестник МГТУ «СТАНКИН». - ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» №4 (31), 2014. - С. 119 - 122.
4. Кремлева Л.В., Определение оптимальных режимов обработки инструментальных сталей резанием / К.К. Снегирева, И.В. Ершова // Вестник МГТУ «СТАНКИН». - ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» №1 (32), 2015. - С. 30 - 40.
5. Материаловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. 7-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 648 с.: ил.
6. Снегирева К.К. Использование анализатора спектра ZET 017 для определения оптимальных режимов обработки резанием стали ХВГ / К.К. Снегирева, Е.А. Колупаев // Техника и технология современных производств: сборник статей Международной научно-практической конференции. - Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. - С. 106 - 108.
7. Снегирева К.К. Математическое моделирование процессов обработки резанием инструментальных сталей / К.К. Снегирева, И.В. Ершова // Интеграция науки и образования: сборник статей Международной научно-практической конференции (13 - 14 июня 2014 г., г. Уфа). - Уфа: РИО ОМЕГА САЙНС, 2014. - С. 164 - 166.
8. Снегирева К.К. Улучшение обрабатываемости резанием инструментальной стали ХВГ // Актуальные вопросы развития науки: сборник статей Международной научно-практической конференции. 14 февраля 2014 г.: в 6 ч. Ч. 1 / отв. ред. А.А. Сукиасян. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. - С. 158 - 160.
9. Снегирева К.К., Колупаев Е.А. Улучшение обрабатываемости резанием сталей и сплавов // Наука и образование XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции. 31 мая 2013 г.: в 5 ч. Ч. 2 / отв. ред. Р.Г. Юсупов. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. - С. 223 - 226.
10. Ящерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания: учеб. 2-е изд., испр. и доп. - Мн.: Новое знание, 2006. - 512 с.: ил. (Техническое образование).

**Snegireva Ksenia Konstantinovna**

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov  
Severodvinsk branch, Russia, Severodvinsk  
E-mail: [kshesha-76@mail.ru](mailto:kshesha-76@mail.ru)

**Ershova Irina Valerievna**

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov  
Severodvinsk branch, Russia, Severodvinsk  
E-mail: [Irina-124@yandex.ru](mailto:Irina-124@yandex.ru)

## **The method for determination of the best conditions of cutting of instrument steel**

**Abstract.** The service life of a cutting tool depends after all on the condition of working surfaces, and surface roughness in particular. Estimation of the combined effect of all cutting factors on the quality of treated surface is extremely difficult. For this reason it is practical to apply the complex parameter which will estimate both dissipation and accommodation processes in a treated piece when cutting. Energy dissipation coefficient which was earlier experienced only in theory and practice of pressure shaping was used as such complex parameter.

The purpose of this investigation is to define the relationship between surface quality and energy dissipation coefficient.

The hypothesis is as follows: the less mechanical energy conveyed to a piece is dissipated as heat or structural transformation, the more deformation is localized in the cutting area and more efficient is chip formation.

In order to investigate the hypothesis, the method of determination of energy dissipation coefficients for lathe turning operations has been developed. Also, one factor experiment was pre-planned and carried out. U8 and KhVG steels were chosen for treatment by hard alloys T15K6 and VK8.

The obtained data has been processed by means of mathematical statistical methods.

The experiment discovered inverse correlation relationship between energy dissipation coefficient and roughness of treated surface, meaning that the lesser energy dissipation coefficient causes better roughness of treated surface. This prompts to conclude that energy dissipation coefficient may be a criteria of steel processability by way of fine lathing.

**Keywords:** cutting; instrument steel for; surface roughness; energy dissipation coefficient; optimum cutting conditions; correlation; plastic deformation



## REFERENCES

1. Vargasov N.R., Malygin V.I., Myuller O.D. Physical basics of metal cutting: Student's book. - St. Petersburg, 1992. - 54 p.
2. Vargasov N.R., Rybin V.V. Optimization of temperature and speed of high-strength alloy deformation depending on energy dissipation. Sbornik nauchnykh trudov. St. Petersburg, 2001. - pp. 10 - 22.
3. Kremleva L.V., The method of energy dissipation factor calculation in material cutting / Snegireva K.K., Ershova I.V. // Vestnik MGTU «STANKIN». - FGBOU VPO Moscow State University of Technology STANKIN No.4 (31), 2014 - pp. 119 - 122.
4. Kremleva L.V., Choosing best cutting parameters for steel treatment / Snegireva K.K., Ershova I.V. // Vestnik MGTU «STANKIN». - FGBOU VPO Moscow State University of Technology STANKIN No.1 (32), 2015 - pp. 30 - 40.
5. Arzamasov B.N., Makarova V.I., Mukhin G.G. Materials technology. - Moscow, 2005. - 648 p.
6. Snegireva K.K. Use of ZET 017 spectrum analyzer for choosing the best cutting parameters for treatment of KhVG steel / K.K. Snegireva, E.A. Kolupaev // Equipment of technology of contemporary production facilities: Collection of Articles from the International Scientific and Technical Conference. - Penza: Privolzhskiy Dom znaniy, 2014. - pp. 106 - 108.
7. Snegireva K.K. Mathematic modelling of the processes for tool steel cutting treatment / K.K. Snegireva, I.V. Ershova // Integration of science and education: Collection of Articles from the International Scientific and Technical Conference (13 - 14 June 2014, Ufa). - Ufa, RIO OMEGA SCIENCE, 2014. - pp. 164 - 166.
8. Snegireva K.K. Improvement of KhVG steel machineability by cutting. Important issues of science development: Collection of Articles from the International Scientific and Technical Conference. February 14, 2014: in 6 parts, Part 1. - Ufa, 2014. - pp. 158 - 160.
9. Snegireva K.K., Kolupaev E.A. Improvement steel and alloys machineability by cutting. XXI century science and education: Colletction of Articles from the International Scientific and Technical Conference. May 31, 2013: Part 2. - Ufa, 2013. - pp. 223 - 226.
10. Yascheritsyn P.I., Fel'dshteyn E.E., Kornievich M.A. Theory of cutting. - Minsk, 2006. - 512 p.