

Технология и технологические машины

УДК 621.91.01

Экспериментальное определение усадки стружки при точении безвершинным резцом с радиусной задней поверхностью

А.В. Филиппов^{1,2}, Е.О. Филиппова²

¹ Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634055, Томск, Российская Федерация, просп. Академический, 2/4

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Томск, Российская Федерация, пр. Ленина, 30

Experimental study of chip shrinkage for radius rear surface turning tools

A.V. Filippov^{1,2}, E.O. Filippova²

¹ The Institute of Physics of Strength and Material Science, The Russian Academy of Sciences, 634055, Tomsk, Russian Federation, Academicheskyy Pr., 2/4

² The National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Russian Federation, Lenin Pr., 30



e-mail: avf@tpu.ru, katerinabosix@mail.ru



Определение усадки стружки является актуальной задачей, поскольку от этого зависит правильный выбор рациональных режимов обработки на этапе технологической подготовки производства. Кроме того, усадка позволяет определить не только изменение величины, но и интенсивность температурных и деформационных характеристик процесса резания. Описано экспериментальное определение усадки стружки при точении безвершинными резцами с радиусной задней поверхностью валов из стали 45. Приведена схема наружного продольного точения безвершинным резцом с радиусной задней поверхностью. Рассмотрены варианты резания с отрицательными и положительными значениями угла наклона лезвия. При этом переменными параметрами обработки являлись: подача в диапазоне 0,11...0,52 мм/об; глубина резания в диапазоне 0,1...0,5 мм, угол наклона лезвия инструмента в положительном и отрицательном диапазонах 30...60°. Графическими зависимостями представлено влияние параметров обработки безвершинными резцами на величину продольной и поперечной усадки стружки. По полученным результатам сформулированы выводы о степени влияния параметров безвершинного точения на величину и характер изменения параметров усадки стружки. Полученные результаты могут быть полезны при составлении технологического процесса механической обработки и проектировании режущего инструмента.

Ключевые слова: усадка стружки, безвершинный резец, деформация.



The determination of chip shrinkage is important because it contributes to the optimal choice of machining modes at the stage of process design. Additionally, the shrinkage makes it possible to determine not only the change of the value, but also the intensity of the temperature and

deformation characteristics during the cutting process. The article describes experimental study of the chip shrinkage when steel 45 shafts are machined using radius rear surface turning tools. The scheme for outer longitudinal turning using radius rear surface cutters is described. The cases with positive and negative cutter edge angles are examined. The following parameters are considered as variables: feed in the range of 0.11–0.52 mm/rev., cutting depth in the range of 0.1–0.5 mm, cutting tool angle in the positive and negatives ranges of 30–60°. The influence of the machining parameters on the longitudinal and transverse chip shrinkage is shown through graphs. Based on the results of the study, conclusions on the influence of the turning parameters on the degree and nature of the changes in chip shrinkage have been drawn. The results of the study can be useful for the design of technological process of machining operations and the design of cutting tools.

Keywords: chip shrinkage, oblique cutting, deformation.

Механическая обработка резанием — один из наиболее распространенных методов получения деталей в машино-, судо- и станкостроении. Точение безвершинными резцами является перспективным способом с точки зрения возможности повышения производительности и качества обработки резанием. Безвершинные резцы с радиусной задней поверхностью традиционно применяются в качестве ротационного инструмента, однако, как отмечено в [1], подобный инструмент склонен к вибрациям. В связи с этим исследование особенностей обработки радиусными безвершинными резцами без вращения режущей части является актуальной задачей.

Одним из способов оценки деформационных процессов, протекающих в зоне стружкообразования, является определение усадки стружки [2–4]. Популярность этого способа обусловлена простотой подготовки образцов и получения результатов [5], а также возможностью быстрой оценки температурных и деформационных характеристик процесса резания даже в производственных условиях без специального оборудования.

Цель работы — экспериментальное определение усадки стружки при точении безвершинным резцом с радиусной задней поверхностью.

Методика исследования. Процесс точения радиусным по задней поверхности безвершинным резцом схематично изображен на рис. 1 [6]. Важными особенностями работы таким инструментом являются: сложная форма сечения срезаемого слоя, которое в основном расположено ниже оси вращения заготовки, и переменная величина толщины срезаемого слоя вдоль лезвия инструмента [6].

Исследование проводилось на токарно-винторезном станке 1К62. Заготовки из стали 45 предварительно протачивали до диаметра 38 мм. Затем за один проход с заданными режимами резания валы протачивали радиусным безвершинным резцом. Скорость резания во всех экспериментах составляла 95 м/мин.

Режущая часть инструмента представляла собой переточенную по задней поверхности сменную многогранную пластину из сплава Т5К10 (рис. 2). Радиус режущей кромки $R = 30$ мм.

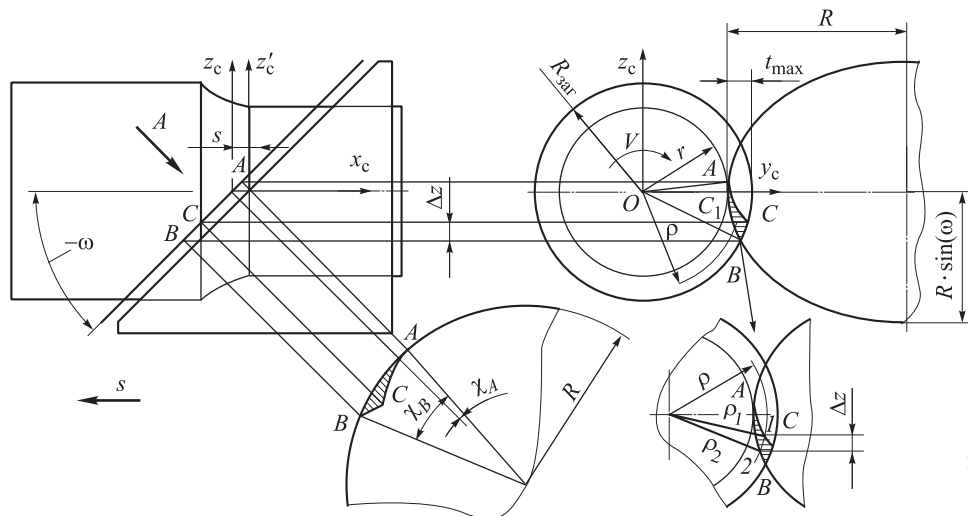


Рис. 1. Схема косоугольного точения безвершинным резцом с радиусной задней поверхностью [6]

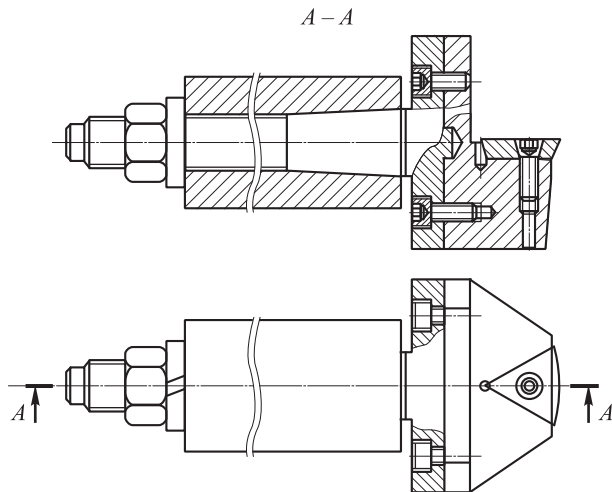


Рис. 2. Резец с радиусным лезвием

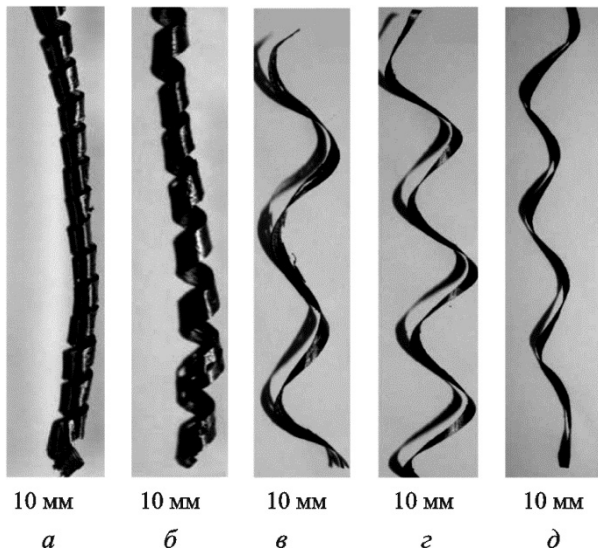


Рис. 3. Внешний вид стружки, полученной при точении радиусным резцом с углами наклона лезвия:
 а — $\omega = 30^\circ$; б — $\omega = 37,5^\circ$; в — $\omega = 45^\circ$; г — $\omega = 52,5^\circ$;
 д — $\omega = 60^\circ$

Инструментальный передний угол для всех пластин $\gamma_{и} = 0^\circ$. Инструментальный задний угол при точении с отрицательными значениями угла наклона лезвия $\alpha_{и} = 25^\circ$, а при точении с положительными ω — $\alpha_{и} = 7,5^\circ$.

После обработки с выбранными режимами готовились шлифы поперечного сечения стружки.

В качестве параметров усадки стружки рассмотрены коэффициенты продольной ξ_L и поперечной усадки: утолщение ξ_a и уширение ξ_b стружки. Продольная усадка определялась весовым методом [7]. Утолщение рассчитывалось как отношение толщины стружки к толщине сечения срезаемого слоя, уширение — отноше-

ние ширины стружки к ширине сечения срезаемого слоя. Параметры стружки контролировались по оптическим изображениям, полученным на металлографическом микроскопе «ЛабоМет-1» с помощью цифровой камеры. Внешний вид стружки, полученной при точении радиусным резцом с различными углами наклона лезвия, представлен на рис. 3.

Основные результаты. Значения коэффициента продольной усадки стружки при различной величине подачи, изменяемой в пределах 0,11...0,52 мм/об, показаны на рис. 4. В случае точения с положительным углом наклона лезвия ω коэффициент ξ_L убывает с ростом подачи, в то время как при отрицательном значении ω отсутствует явная зависимость продольной усадки от подачи.

Значения коэффициента ξ_L при различной глубине резания, изменяемой в пределах 0,1...0,5 мм, изображены на рис. 4. При положительном значении угла ω наклона лезвия продольная усадка стружки не имеет однозначной зависимости от глубины резания. При отрицательном значении угла ω зависимость $\xi_L = f(t)$ имеет экстремум вблизи значения $t = 0,3$ мм.

Зависимости продольной усадки стружки от угла наклона лезвия: в отрицательном ($-30...-60^\circ$) и положительном ($30...60^\circ$) диапазонах представлены на рис. 5. В обоих случаях коэффициент ξ_L с увеличением угла ω наклона лезвия от 30 до 60° уменьшается.

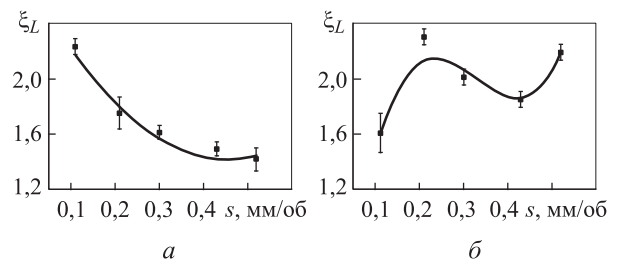


Рис. 4. Зависимость продольной усадки стружки от подачи ($t = 0,3$ мм; $D = 38$ мм):
 а — $\omega = 45^\circ$; б — $\omega = -45^\circ$

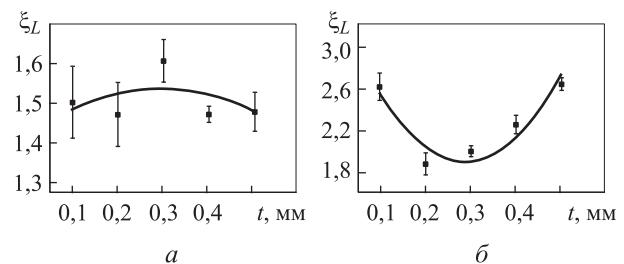


Рис. 5. Зависимость продольной усадки стружки от глубины резания ($s = 0,3$ мм/об, $D = 38$ мм):
 а — $\omega = 45^\circ$; б — $\omega = -45^\circ$

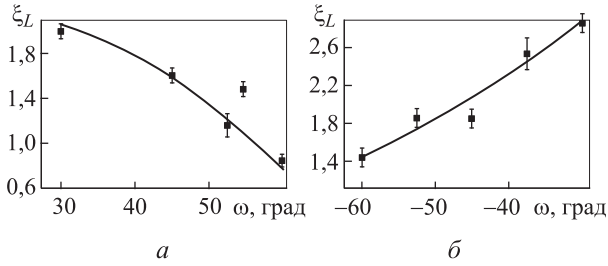


Рис. 6. Зависимость продольной усадки стружки от угла наклона лезвия ($t = 0,3$ мм, $s = 0,3$ мм/об, $D = 38$ мм):
 $a - \omega > 0$; $b - \omega < 0$

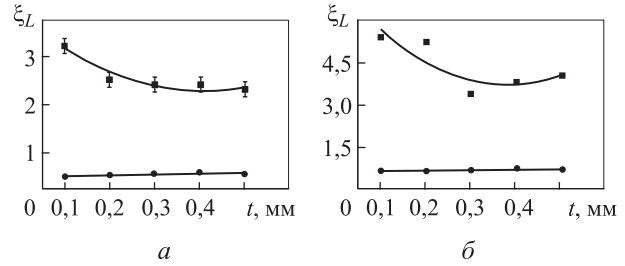


Рис. 8. Зависимость утолщения ξ_a (■) и уширения ξ_b (●) стружки от глубины резания ($s = 0,3$ мм/об, $D = 38$ мм):
 $a - \omega = 45^\circ$; $b - \omega = -45^\circ$

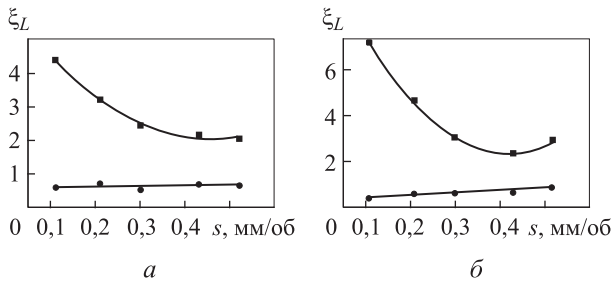


Рис. 7. Зависимость ξ_a (■) утолщения и уширения ξ_b (●) стружки от подачи ($t = 0,3$ мм, $D = 38$ мм):
 $a - \omega = 45^\circ$; $b - \omega = -45^\circ$

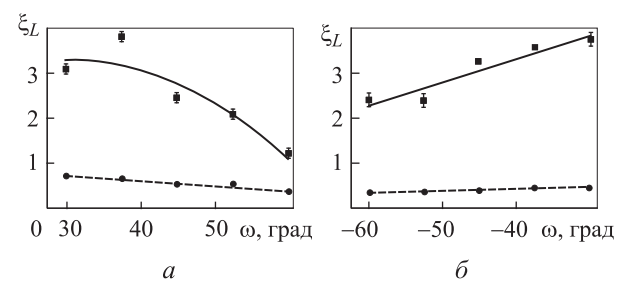


Рис. 9. Зависимость утолщения ξ_a (■) и уширения ξ_b (●) стружки от угла наклона лезвия ($t = 0,3$ мм, $s = 0,3$ мм/об, $D = 38$ мм):
 $a -$ положительный диапазон; $b -$ отрицательный диапазон

Зависимость продольной усадки стружки от угла наклона лезвия показана на рис. 6.

Зависимости коэффициентов утолщения ξ_a и уширения ξ_b стружки от подачи приведены на рис. 7. Как видно на рисунке, при положительном и отрицательном значении угла наклона лезвия с увеличением подачи коэффициент утолщения убывает до значения $s = 0,4$ мм/об, после чего начинает возрастать. Уширение стружки в меньшей степени зависит от подачи. С повышением подачи происходит незначительное увеличение ξ_b .

Зависимости коэффициентов утолщения ξ_a и уширения ξ_b стружки от глубины резания показаны на рис. 8. С увеличением глубины резания t утолщение стружки уменьшается в случае точения с положительной величиной угла ω . При отрицательном значении угла наклона лезвия (рис. 8, б) зависимость $\xi_a = f(t)$ имеет экстремум с минимумом при $t = 0,3$ мм. Коэффициент уширения стружки с увеличением глубины резания незначительно повышается.

Зависимости утолщения ξ_a и уширения ξ_b стружки от угла наклона лезвия в положительном и отрицательном диапазонах изображены на рис. 9. В обоих случаях с увеличением угла ω от 30 до 60° утолщение стружки уменьшается. Коэффициент уширения от угла наклона лезвия не имеет явной зависимости.

Отсутствие в отдельных случаях однознач-

ной зависимости усадки стружки от рассматриваемых параметров (глубины резания, подачи, угла наклона лезвия) свидетельствует о сложности процессов, протекающих в зоне резания и определяющих деформирование срезаемого слоя. В частности, это можно объяснить изменением параметров сечения срезаемого слоя [6, 8] и геометрии лезвия инструмента [9, 10] при различном сочетании параметров безвершинного точения (s, t, ω).

Значение коэффициента утолщения стружки больше единицы следует отнести к малой толщине срезаемого слоя при точении в рассматриваемом диапазоне глубины резания, подачи и угла наклона лезвия [6]. В результате срезания тонкого слоя происходит надавливание материала заготовки перед инструментом, из-за этого срезанная стружка имеет толщину большую, чем теоретическая.

Наклонное положение инструмента способствует надавливанию лежащих выше слоев материала на лежащие ниже, в результате чего уменьшается уширение (ширина) стружки и увеличивается ее утолщение (толщина).

Выводы

1. Точение безвершинными резцами с радиусной задней поверхностью имеет характерную особенность: уширение стружки меньше

единицы соответствует утолщению больше единицы. При работе резцами с вершиной эти параметры имеют противоположные значения.

2. На коэффициент продольной усадки стружки наибольшее влияние оказывает угол наклона лезвия. С изменением ω в рассматриваемых диапазонах значение ξ_L изменяется в 2–2,75 раза.

3. На коэффициент утолщения стружки наибольшее влияние оказывает подача, с изменением которой от 0,11 до 0,52 мм/об значение ξ_a изменяется в 2–3 раза.

4. Коэффициент ξ_b от рассматриваемых параметров мало зависит. Изменение ξ_b в рассматриваемом диапазоне глубины резания, подачи и угла наклона лезвия составляет 10...20 %.

Литература

- [1] Бобров В.Ф., Иерусалимов Д.Е. *Резание металлов самовращающимися резцами*. Москва, Машиностроение, 1972. 110 с.
- [2] Швецов И.В. Определение усадки стружки при разных значениях скорости резания. *Вестник машиностроения*, 2005, № 2, с. 72–73.
- [3] Некрасов Р.Ю., Путилова У.С., Корешкова Е.В., Харитонов Д.А. Модель системы напряжений и параметров деформирования срезаемого слоя в зоне резания. *Системы. Методы. Технологии*, 2013, № 4, с. 83–87.
- [4] Попов А.А., Солоха А.И., Чазов П.А. Особенности деформации стружки в процессе точения безвершинными резцами. *Современные проблемы науки и образования*, 2014, № 4. URL: www.science-education.ru/118-13966 (дата обращения 25 января 2015).
- [5] Филиппов А.В. Определение параметров сечения срезаемого слоя при косоугольном точении безвершинным резцом с радиусной задней поверхностью. *СТИН*, 2014, № 11, с. 24–28.
- [6] Полетика М.Ф. *Теория резания: Ч. 1: Механика процесса резания*. Томск, Изд-во ТПУ, 2001. 202 с.
- [7] Филиппов А.В. Определение параметров сечения срезаемого слоя при косоугольном точении безвершинным резцом. *СТИН*, 2014, № 4, с. 21–25.
- [8] Филиппов А.В. К расчету «допустимой» геометрии при безвершинном косоугольном точении. *Современные проблемы науки и образования*, 2013, № 5. URL: www.science-education.ru/111-10066 (дата обращения 18 ноября 2014).
- [9] Петрушин С.И., Филиппов А.В. Анализ геометрии косоугольного обтачивания безвершинными резцами. *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*, 2013, № 2, с. 8–14.
- [10] Filippov A.V. Constructing model of oblique cutting edge. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 379, pp. 139–144.

References

- [1] Bobrov V.F., Ierusalimov D.E. *Rezanie metallov samovrashchajushchimisya reztsami* [Cutting metal itself rotating cutters]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1972. 110 p.
- [2] Shvetsov I.V. Opredelenie usadki struzhki pri raznykh znacheniiakh skorosti rezaniia [Determination of chip shrinkage at the different cutting speed values]. *Vestnik mashinostroeniia* [Russian Engineering Research]. 2005, no. 2, pp. 72–73.
- [3] Nekrasov R.Iu., Putilova U.S., Koreshkova E.V., Kharitonov D.A. Model' sistemy napriazhenii i parametrov deformirovaniia srezaemogo sloia v zone rezaniia [Model of the system of strains and cut-down layer deformation parameters in the cutting zone]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies]. 2013, no. 4, pp. 83–87.
- [4] Popov A.A., Solokha A.I., Chazov P.A. Osobennosti deformatsii struzhki v protsesse tocheniia bezvershinnyimi reztsami [Features of strain in the chip turning straight-edge cutters]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia* [Modern problems of science and education]. 2014, no. 4. Available at: www.science-education.ru/118-13966 (accessed 25 January 2015).
- [5] Filippov A.V. Opredelenie parametrov secheniia srezaemogo sloia pri kosougol'nom tochenii bezvershinnyim reztsom s radiusnoi zadnei poverkhnost'iu [Defining the parameters of the

- cross section of the shear layer at oblique turning bezvershinnym cutter radiuses rear surface]. *STIN* [Russian Engineering Research]. 2014, no. 11, pp. 24–28.
- [6] Poletika M.F. *Teoriia rezaniia: Ch.1: Mekhanika protsessa rezaniia* [Cutting Theory: Pt. 1: Mechanics of the cutting process]. Tomsk, TPU publ., 2001. 202 p.
- [7] Filippov A.V. Opredelenie parametrov secheniia srezaemogo sloia pri kosougol'nom tochenii bezvershinnym reztsom [Defining the parameters of the cross section of the shear layer at oblique turning bezvershinnym cutter]. *STIN* [Russian Engineering Research]. 2014, no. 11, pp. 21–25.
- [8] Filippov A.V. K raschetu «dopustimoi» geometrii pri bezvershinnom kosougol'nom tochenii [To calculation «permissible» geometry with an oblique cutting straight-edge]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia* [Modern problems of science and education]. 2013, no. 5. Available at: www.science-education.ru/111-10066 (accessed 18 November 2014).
- [9] Petrushin S.I., Filippov A.V. Analiz geometrii kosougol'nogo obtachivaniia bezvershinnymi reztsami [The analysis of the geometry of oblique turning peak less cutters]. *Obrabotka metallov (tekhnologiia, oborudovanie, instrumenty)* [Processing of metals (technology, equipment, tools)]. 2013, no. 2, pp. 8–14.
- [10] Filippov A.V. Constructing model of oblique cutting edge. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 379, pp. 139–144.

Статья поступила в редакцию 17.04.2015

Информация об авторах

ФИЛИППОВ Андрей Владимирович (Томск) — младший научный сотрудник лаборатории физики упрочнения поверхности. Институт физики прочности и материаловедения СО РАН; ассистент кафедры технологии машиностроения. Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, Томск, Российская Федерация, пр. Ленина, 30, e-mail: avf@tpu.ru).

ФИЛИППОВА Екатерина Олеговна (Томск) — аспирант кафедры «Теоретической и экспериментальной физики». Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, Томск, Российская Федерация, пр. Ленина, 30, e-mail: katerinabosix@mail.ru).

Information about the authors

FILIPPOV Andrey Vladimirovich (Tomsk) — Junior Research Associate, Laboratory of Physics of Surface Hardening. The Institute of Physics of Strength and Material Science, The Russian Academy of Sciences; assistant Department of Mechanical Engineering Technology. The National Research Tomsk Polytechnic University (634050, Tomsk, Russian Federation, Lenin Pr., 30, e-mail: avf@tpu.ru).

FILIPPOVA Ekaterina Olegovna (Tomsk) — Post-Graduate, Department of Theoretical and Experimental Physics. The National Research Tomsk Polytechnic University (634050, Tomsk, Russian Federation, Lenin Pr., 30, e-mail: katerinabosix@mail.ru).