

DOI:10.12737/article_5af5a731cf6e46.40427718

Райский В.В., канд. техн. наук, доц.,
Мельникова А.Я., канд. пед. наук, доц.
Башкирский государственный университет

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

meln-alena@yandex.ru

Высокие темпы развития мирового и российского машиностроения непрерывно связаны с внедрением в производство новых прогрессивных методов обработки металлов. Почти все современные машины и двигатели включают в себя ответственные резьбовые детали, условия работы которых требуют обеспечения высокой точности и повышения механических свойств резьбы. По функциональному назначению различают резьбы общего применения и специальные, предназначенные для соединения одного типа деталей определенного механизма. К специальной группе относятся резьбы: крепежные, кинематические (трапецидальная и прямоугольная), трубные и арматурные. В данной статье описывается устройство для нарезания точных резьб. Предлагаемое устройство может быть использовано в прецизионных резьбонарезных, резьбодоводочных, сверлильных и расточных станках. Повышение точности изготовления резьбы происходит за счет компенсации зазора по опорной поверхности инструментального шпинделя.

Ключевые слова: нарезание точных резьб, повышение точности изготовления резьбы, опорная поверхность, инструментальный шпиндель.

Введение. Операция токарной обработки, в результате которой образуются наружные или внутренние винтовые канавки с заданным профилем и размерами на цилиндрических или конических поверхностях, называется **нарезанием резьбы**. Формирование резьбы на металлических заготовках в виде тел вращения – одна из самых популярных, и в то же время сложных операций токарной обработки. Чтобы нарезание резьбы на токарном станке соответствовало техническому заданию, следует придерживаться технологии ее выполнения и не забывать о правилах безопасности.

Методология. Предлагаемое устройство предназначено, в основном, для нарезания точных резьбы. Это достигается за счет компенсации зазора по опорной поверхности инструментального шпинделя.

Устройство, показанное на рисунке 1, содержит полый приводной шпиндель 2, в полости которого установлены инструментальный шпиндель 1, пружина 7, втулка 8 с регулировочной гайкой 10. За счет осевого перемещения гайки 10 и втулки 8 пружина 7 сжимается. При сжатии пружины изменяется угол наклона поперечного сечения витков, имеющих трапецидальную форму. При этом крайние точки сечения витка пружины перемещаются в радиальном направлении, что компенсирует зазоры между наружной поверхностью пружины и приводным шпинделем, а также между внутренней поверхностью пружины и инструментальным шпинделем.

Устройство относится к станкостроению и может быть использовано в прецизионных резьбонарезных, резьбодоводочных, сверлильных и расточных станках.

Цель разработки – повышение точности изготовления резьбы за счет компенсации зазора по опорной поверхности инструментального шпинделя.

Основная часть. На рисунке 1 представлена опорная часть шпинделя резьбонарезного станка, на рисунке 2а – положение витка пружины и поперечного сечения витка при недеформированной пружине, на рисунке 2б – изменение положения витка пружины и поперечного сечения при сжатии пружины, на рисунке 3 – схема радиального перемещения полюса *O* поперечного сечения витка в продольной плоскости при сжатии пружины, на рисунке 4 – схема радиальных перемещений точек *A* и *B* многогранного поперечного сечения витков при вращении их вокруг полюса *O*, на рисунке 5 – размерная схема шпиндельного узла при наличии зазора в опоре *B* (рис. 5а) и при его отсутствии (рис. 5б).

Опорная часть шпиндельного узла резьбонарезного станка содержит инструментальный резьбовой шпиндель 1, установленный concentрично с зазором в приводном шпинделе 2, на консольном конце которого установлены шкив 3 ременной передачи и зубчатое колесо 4, соединенные с приводным шпинделем через силовой элемент – скользящую шпонку 5, которая установлена неподвижно относительно приводного шпинделя 2 с возможностью осевого перемещения относительно инструментального шпинделя

1. В зазоре между инструментальным шпинделем 1 и приводным шпинделем 2 концентрично им установлен центрирующий элемент 7, выполненный в виде витой пружины сжатия с осевой фиксацией одного из ее концов в приводном шпинделе 2. Другой конец пружины 7 выполнен с воз-

можностью ее контакта со втулкой 8, содержащей сквозной паз 9 для скользящей шпонки 5. Другим концом втулка 8 установлена с возможностью контакта с регулировочной гайкой 10. Гайка 10 расположена на приводном шпинделе 2, который установлен на подшипниках 11.

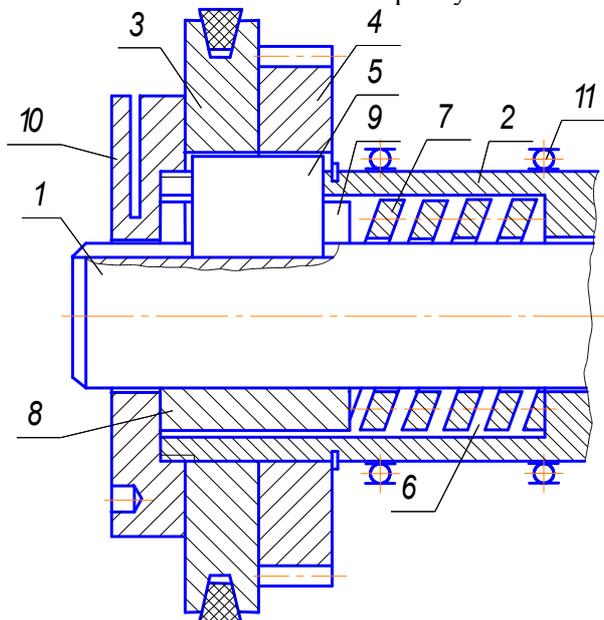


Рис. 1. Опорная часть шпинделя

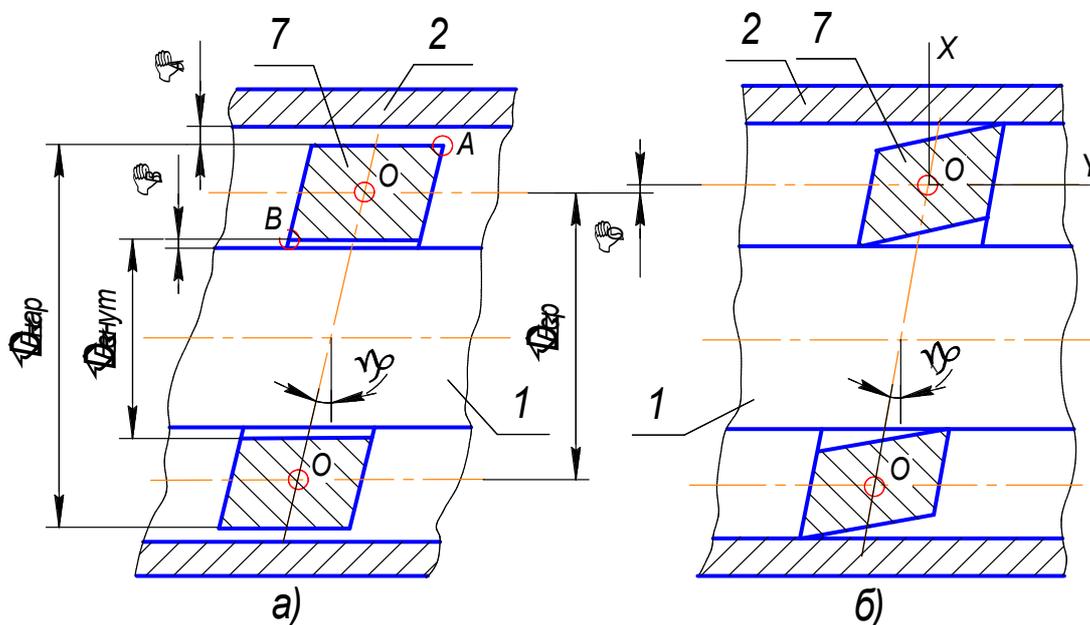


Рис. 2. Положение витка пружины

Вторая опора инструментального шпинделя установлена в приводном шпинделе, аналогичном приводному шпинделю 2, и является резьбовой, как показано на рисунке 5.

Опорная часть шпиндельного узла работает следующим образом.

Вращение от электродвигателя (не показано) через шкив 3 ременной передачи и шпонку 5 передается одновременно с одинаковыми окружными скоростями инструментальному шпинделю 1, приводному шпинделю 2, установленным на нем зубчатому колесу 4 и регулировочной гайке 10, а также установленным в зазоре между шпинделями 1 и 2

пружине 7 и втулке 8. Инструментальный шпindel 1 совершает вращательное движение с заданной окружной скоростью от электродвигателя и поступательное движение от перемещения в резьбовой опоре. При этом инструментальный шпindel

1 имеет только продольное перемещение относительно приводного шпинделя 2 пружины 7, втулки 8 и скользящей шпонки 5.

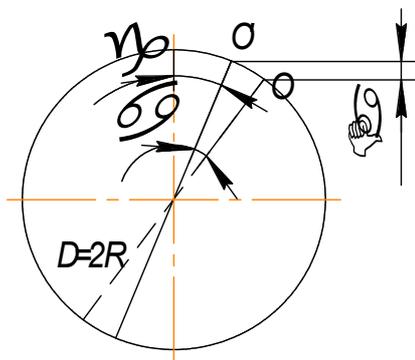


Рис. 3. Схема перемещения полюса O

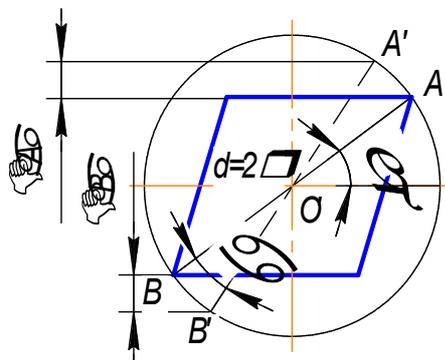


Рис.4. Схема перемещений точек A и B сечения пружины

Настройку опоры инструментального шпинделя производят следующим образом (см. рис. 1). Осевым перемещением регулировочной гайки 10 обеспечивают сжатие пружины 7 и выборку зазоров соответственно между внутренней поверхностью приводного шпинделя 2 и наружной поверхностью пружины 7 и между наружной поверхностью инструментального шпинделя 1 и внутренней поверхностью пружины 7.

Это происходит следующим образом (см. рис. 2 и 3). При сжатии пружины 7 след плоскости витка O-O в продольном сечении изменяет свое положение, а именно меняется угол наклона следа плоскости витка к оси пружины 7 (первоначальный угол наклона γ изменяется на угол γ_1). При этом сечение витка пружины 7 поворачивается относительно точки O пересечения диагонали AB сечения витка с окружностью среднего диаметра пружины D_{cp} , называемой полюсом O.

Точка B, являющаяся наиболее удаленной от полюса O точкой сечения витка на внутреннем диаметре пружины $D_{внут}$, и точка A, являющаяся наиболее удаленной от полюса O точкой сечения витка на наружном диаметре пружины $D_{нар}$ совершают вращательные движения вокруг полюса O.

При повороте плоскости витка пружины на угол $\alpha = \gamma - \gamma_1$ точки A и B, поворачиваясь на этот же угол вокруг полюса O, имеют радиальные перемещения относительно среднего диаметра пружины ΔA и ΔB . Радиальные перемещения ΔB компенсируют зазор между наружной поверхностью инструментального шпинделя 1 и внутренней поверхностью пружины 7, а радиальные перемещения ΔA – между внутренней поверхностью приводного шпинделя 2 и наружной поверхностью пружины 7.

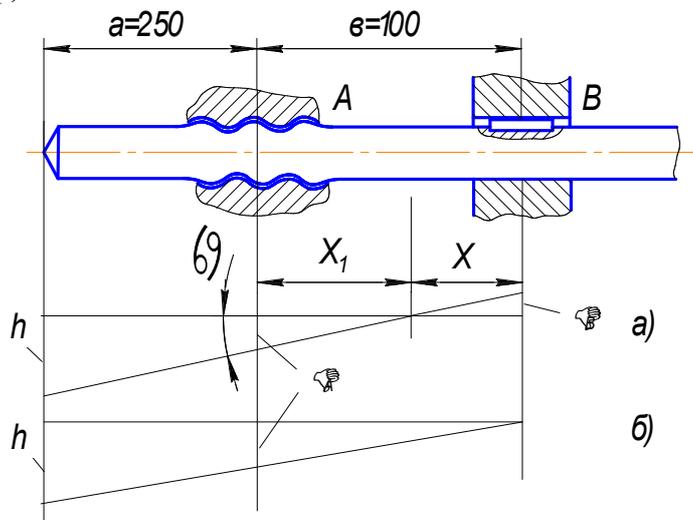


Рис. 5. Размерная схема шпиндельного узла

Изменение следа плоскости витка O-O своего положения при сжатии пружины 7 способствует изменению положения точек A и B на

среднем диаметре пружины 7, а именно, полюс O удаляется от оси пружины 7 в точку O' на величину ΔO при повороте следа плоскости витка O-

О пружины 7 на угол α (см. рис. 3 и 4). При этом сечение витка (см. рисунок 2) имеет поворот относительно полюса О на тот же угол α . В результате точка В имеет радиальное перемещение вниз относительно полюса О, а точка А – вертикальное перемещение вверх относительно полюса О. Таким образом, общее радиальное перемещение точки А составит сумму перемещений: перемещения точки О на среднем диаметре при сжатии пружины 7 – ΔO и перемещения точки А от вращения вокруг полюса О – $\Delta \alpha A$:

$$\Delta A = \Delta O + \Delta \alpha \quad (1)$$

где величины $\Delta \alpha$ в общем случае, например, при использовании формы сечения витка в виде трапеции, определенные для точек А и В, не равны друг другу. Для формы сечения витка, показанной на рисунках 2 и 4 (параллелограмм)

$$\Delta \alpha A = \Delta \alpha B = \Delta \alpha \quad (2)$$

Общее радиальное перемещение точки В:

$$\Delta B = |\Delta O - \Delta \alpha B| \quad (3)$$

При этом возможны варианты:

1) $\Delta O > \Delta \alpha B$ и $\Delta \alpha B < 0$.

2) $\Delta O = \Delta \alpha B$ и $\Delta B = 0$, т. е. радиальное перемещение точки В равно нулю.

3) $\Delta O < \Delta \alpha B$ и $\Delta \alpha B > 0$, т. е. имеет место компенсация зазора.

Перечисленное зависит от положения и величины радиус-вектора ρ (см. рисунок 4) по отношению к полюсу О' в точке пересечения диагонали АВ сечения витка с измененной окружностью среднего диаметра пружины.

Рассчитаем предельное значение полярных координат полярной оси ρ , при которых конструкция будет работоспособна, т. е. при которых $\Delta \alpha B > 0$ и зазор по внутренней поверхности пружины 7 компенсируется при ее сжатии.

$$\Delta_{\text{нар}} = \left(\rho \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + R \cdot \sin \left(\gamma - \frac{\alpha}{2} \right) \sqrt{\sin^2 \alpha + (1 - \cos \alpha)^2} \right) \quad (11)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авторское свидетельство СССР № 1060362, кл. В 23 G1/16. 1982.

2. Антонюк В. Е., Королев В. А., Башеев С. М. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. Минск: Беларусь, 1969. 392 с.

3. Биргер И. А., Иосилевич Г. Б. Резьбовые и фланцевые соединения. М.: Машиностроение, 1990. 368 с.

4. Горелов В.М. Геометрия режущих инструментов. 3-е изд. Свердловск: Урало-сибирское отд. МАШГИЗа, 1957. 54 с.

Для этого, в качестве граничного, используем условие

$$\Delta O = \Delta \alpha B, \quad (4)$$

Тогда

$$\varphi = \arccos \left[\sin \left(\gamma - \frac{\alpha}{2} \right) \frac{R}{\rho} \right] - \frac{\alpha}{2} = \varphi_1 \quad (5)$$

Другим граничным является условие

$$\Delta B = \Delta \alpha B - \Delta O \quad (6)$$

При полной компенсации зазора $\Delta_{\text{вн}}$ по внутренней поверхности пружины 7 при повороте витка на угол α

$$\Delta B = \Delta_{\text{вн}} \quad (7)$$

тогда

$$\varphi = \arccos \frac{\Delta_{\text{вн}}}{\frac{\sqrt{\sin^2 \alpha + (1 - \cos \alpha)^2}}{\rho}} - \frac{\alpha}{2} = \varphi_2 \quad (8)$$

Выводы. Таким образом, при заданном значении ρ , для обеспечения работоспособной конструкции, т. е. конструкции, обеспечивающей компенсацию зазора по внутренней поверхности пружины 7, угол φ может изменяться в пределах: от

$$\varphi_1 = \arccos \left(\sin \left(\gamma - \frac{\alpha}{2} \right) \cdot \frac{R}{\rho} \right) - \frac{\alpha}{2} \quad (9)$$

до

$$\varphi_2 = \arccos \frac{\Delta_{\text{вн}}}{\frac{\sqrt{\sin^2 \alpha + (1 - \cos \alpha)^2 + R \sin \left(\gamma - \frac{\alpha}{2} \right)}}{\rho}} - \frac{\alpha}{2} \quad (10)$$

Причем, значение φ_1 не должно включаться в диапазон изменения угла φ , так как при этом радиальное перемещение равно нулю, т. е. $\varphi_1 < \varphi < \varphi_2$. При заданном значении $\Delta_{\text{вн}}$ расчетное значение угла φ_2 позволяет рассчитать и построить сечение витка пружины, который при повороте на угол α полностью компенсирует зазор по внутренней поверхности пружины 7. При этом целесообразно вести расчет по максимальному значению зазоров $\Delta_{\text{вн}}$ и $\Delta_{\text{нар}}$, что гарантирует полную компенсацию зазоров по внутренней и наружной поверхностям пружины 7. При этом

5. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник. 6-е изд. М.: Машиностроение, 1971. 384 с.

6. Грановский Г.И. Металлорежущий инструмент. Конструкция и эксплуатация: справочное пособие. М.: МАШГИЗ, 1952. 281 с.

7. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора: справочник. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. 464 с.

8. Жигалко Н.И., Киселев В.В. Проектирование и производство режущих инструментов. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 400 с.

9. Козин Б.Г., Третьяков В.Б. Резьбообработка: справочник. М.: МАШГИЗ, 1963. 103 с.

10. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования: в 2 т. Под общ. ред. В. И. Бакуменко. М.: Машиностроение, 1997. 2 т.
11. Лашнев С.И. Профилирование инструментов для обработки винтовых поверхностей. М.: Машиностроение, 1965. 150 с.
12. Лепихов В.Г. Самоустанавливающиеся инструменты. М.: Машиностроение, 1974. 80 с.
13. Мягков В.Д. Допуски и посадки: справочник. 4-е изд. перераб. и доп. М.-Л.: Машиностроение, 1966., 770 с.
14. Общетехнический справочник. Под ред. Е. А. Скороходова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982, 415 с.
15. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник: в 3 т. Т.2. Ч.2. Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А. С. Проников, Е. И. Борисов, В. В. Бушуев и др.; Под общ. ред. А. С. Проникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана; Машиностроение, 1995. 320 с.
16. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1986. 336 с.
17. Самохвалов Я.А., Левицкий М.Я., Григораш В. Д. Справочник техника-конструктора. 3-е изд., перераб. и доп. Киев: Техніка, 1978. 592 с.
18. Справочник конструктора-инструментальщика: справочник. Под общ. ред. В. И. Баранчикова. М.: Машиностроение, 1994. 560 с.
19. Тарабасов Н.Д., Учайев П.Н. Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций: справочник. М., Машиностроение, 1983. 239 с.
20. Фрумин Ю.Л. Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент. М.: Машиностроение, 1963. 164 с.
21. Юликов М.И., Горбунов Б.И., Колесов Н.В. Проектирование и производство режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1987, 296 с.
22. Якухин В.Г., Ставров В. А. Изготовление резьбы: Справочник. М.: Машиностроение, 1989, 192 с.

Информация об авторах

Райский Виталий Валентинович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования.

E-mail: hellrv@mail.ru.

Башкирский государственный университет.

Россия, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32.

Мельникова Алевтина Яковлевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования.

E-mail: meln-alena@yandex.ru.

Башкирский государственный университет.

Россия, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32.

Поступила в марте 2018 г.

© Райский В.В., Мельникова А.Я., 2018

V.V. Raitskiy, A.Ya. Melnikova
DEVICE FOR THREADING

High rates of development of the world and Russian mechanical engineering are continuously connected with introduction in production of new progressive methods of metal processing. Almost all modern machines and engines include important threaded parts, the working conditions of which require high accuracy and improved mechanical properties of the thread. Functional purpose distinguish threads of General application and special, intended for connection of one type of details of the certain mechanism. The special group includes threads: fastening, kinematic (trapezoidal and rectangular), pipe and reinforcing. This article describes a device for cutting precise threads. The proposed device can be used in precision threading, threading, drilling and boring mills. Improving the accuracy of the thread is due to the compensation of the clearance on the bearing surface of the tool spindle.

Keywords: *precise threading, improving the accuracy of thread production, support surface, tool spindle.*

REFERENCES

1. Copyright certificate USSR № 1060362, kl B 23 G1/16. 1982.

2. Antoniuk V.E., Korolev V.A., Basaev S.M. Constructor's Reference for the calculation and design of machine tools. Minsk: Belarus, 1969, 392 p.

3. Birger I.A., Iosilevich G.B. Threaded and flanged connections. Moscow: Mechanical Engineering, 1990, 368 p.
4. Gorelov V.M. Geometry of cutting tools. 3rd ed. Sverdlovsk: Ural-Siberian otd. Mashgiz, 1957, 54 p.
5. Gorodkin A.K. Fixtures for Metalworking machine tools: reference book. 6th ed. Moscow: Mechanical Engineering, 1971. 384c.
6. Granovskii G.I. Metal cutting tools. Design and operation: reference manual. M.: MASHGIZ, 1952. 281 p.
7. Girov R.I. Constructor's Reference: reference book. L: mechanical engineering, leningr. otdnie, 1983, 464 p.
8. Zhigalko N.I., Kiselev V.V. Design and production of cutting tools. Minsk: the highest school, 1975. 400 p.
9. Kozin B.G., Tretyakov V.B. Threading: Handbook. M.: MASHGIZ, 1963, 103 p.
10. Constructor's Reference of non-standard equipment: 2 T. under the general editorship of V. I. Bakumenko. M: Mechanical Engineering, 1997, 2 Vol.
11. Lashnev S.I. Profiling of tools for processing screw surfaces. M.: Mechanical Engineering, 1965, 150 p.
12. Lepikhov V.G. Self-Aligning tools. Moscow: Mechanical Engineering, 1974, 80 p.
13. Myagkov V.D. Tolerances and planting: reference book. 4th ed. Rev. and extra. M.-L.: Engineering, 1966., 770 p.
14. Technical Handbook. ed. by E. A. Skorokhodov. 2-e Izd., Rev. and extra. M.: Mechanical Engineering, 1982, p. 415
15. The design of machine tools and machine tool systems. Reference book textbook: in 3 t. T. 2. Part 2. Calculation and design of components and elements of machines. A. S. Pronikov, E. I. Borisov, V. V. Bushuev and others; Under the General editorship of A. S. Pronikova. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Bau-man; mechanical engineering, 1995, 320 p.
16. Reshetov D.N., Portman V.T. Accuracy of machine tools. M.: Mechanical Engineering 1986, 336 p.
17. Samokhvalov A.Y., Levitsky M. a., Handbook technician. 3rd ed. Kiev: Techno, 1978, 592 p.
18. Handbook of the designer-toolmaker the manual. Under the General editorship of V.I. Baranchikova. M.: Mechanical Engineering, 1994, 560 p.
19. Tarabanov N.D., Uchaev P.N. Design of parts and assemblies mechanical engineering-governmental structures. Handbook. M., Mechanical Engineering, 1983, 239 p.
20. Frumin Y.L. High-performance threading tools. Moscow: Mechanical Engineering, 1963, 164 p.
21. Yulikov M.I., Gorbunov B.I., Kolesov N.B. Design and production of re-binder tool. Moscow: Mechanical Engineering, 1987, 296 p.
22. Yakuhin V.G., Stavrov V.A. Threading. Handbook. M.: Mechanical Engineering, 1989, 192 p.

Information about the author

Vitaliy V. Raikiy, PhD, Assistant professor.

E-mail: hellrv@mail.ru.

Bashkir state University.

Russia, 450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Zaki Validi, 32.

Alevtina Y. Melnikova, PhD, Assistant professor.

E-mail: hellrv@mail.ru

Bashkir state University.

Russia, 450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Zaki Validi, 32.

Received in March 2018