

УДК 621.914.1

DOI: 10.25140/2411-5363-2020-2(20)-100-108

Володимир Кальченко, Віталій Кальченко, Ярослав Кужельний, Володимир Винник

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ
ОПОРНИХ ШИЙОК ТА КУЛАЧКІВ РОЗПОДІЛЬЧОГО ВАЛА
НА МОДЕРНІЗОВАНОМУ ВЕРСТАТІ ВЗ 208 Ф4**

Актуальність теми дослідження. Для того щоб сучасні вітчизняні автомобілебудівні та машинобудівні виробництва мали конкурентні переваги, необхідно розробляти нові способи фрезерування відповідальних поверхонь розподільчого вала.

Постановка проблеми. Для отримання заданих техніко-економічних показників під час фрезерування розподільчого вала, необхідно удосконалювати вже наявні або розробляти нові ефективні способи механічної обробки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існує спосіб чистового фрезерування кулачків розподільних валів зі схрещеними осями інструмента та деталі. При цьому чорнове та чистове фрезерування відбуваються за один установ. Також описано тривимірне геометричне моделювання процесів зняття припуску та формування кулачків розподільних валів. Крім цього, є спосіб фрезерування циліндричних поверхонь зі схрещеними осями деталі та інструмента. Особливість цього способу полягає в чорновій обробці торцем та периферією зуба фрези та чистовій обробці тільки периферією інструмента.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутність експериментального дослідження процесу фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала орієнтованим інструментом.

Постановка завдання. Експериментально дослідити процес фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала орієнтованим інструментом.

Виклад основного матеріалу. Наведено процес експериментального дослідження фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала на модернізованому верстаті ВЗ 208 Ф4.

Висновки відповідно до статті. Експериментально визначено потужність холостого ходу, активну потужність під час фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала залежно від величини припуску та кута орієнтації інструмента. Наведено розподіл температури під час процесу обробки. Шорсткість обробленої поверхні деталі знаходиться в межах $Ra = 0,32 - 0,63$ мкм.

Ключові слова: експериментальне дослідження; фрезерування; розподільчий вал; орієнтований інструмент; дискова фреза.

Рис.: 12. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Щоб мати конкурентні переваги, сучасним вітчизняним автомобілебудівним та машинобудівним виробництвам необхідно розробляти нові способи фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала. Відповідно, це підвищить продуктивність процесу обробки зі збереженням необхідної точності та якості деталі.

Постановка проблеми. Стан відповідальних поверхонь розподільчого вала впливає на працездатність, довговічність та безвідмовність різноманітних механізмів (наприклад, газорозподільчий механізм двигуна внутрішнього згорання). Для забезпечення необхідних вимог до якості та точності цих поверхонь деталі, потрібно покращувати вже створені або розробляти нові ефективні способи фрезерування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження процесу фрезерування циліндричних поверхонь наведені в роботах [1; 2; 3; 4].

Роботи [5; 6; 7] присвячені дослідженню механічної обробки зі схрещеними осями циліндричної деталі та інструмента.

У роботі [8] наведено спосіб чистового фрезерування кулачків розподільчих валів за один установ зі схрещеними осями інструмента та деталі, описано тривимірне геометричне моделювання процесів зняття припуску та формування відповідних поверхонь деталі.

У роботі [9] розглянуто спосіб фрезерування кулачків орієнтованим інструментом. Особливість даного способу полягає в тому, що чорнове та чистове фрезерування відбуваються за один установ. Також було наведене модульне тривимірне геометричне моделювання процесів зняття припуску з кулачків розподільчих валів та їх формування.

У роботі [10] описано спосіб фрезерування циліндричних поверхонь зі схрещеними осями вала та інструмента, при якому чорнова обробка відбувається торцевою частиною та периферією зуба фрези, а чистова обробка тільки периферійною частиною.

У роботі [11] наведені шліфувальні верстати для обробки розподільчих валів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутність експериментального дослідження процесу фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала орієнтованим інструментом.

Мета статті. Метою статті є експериментальне дослідження процесу фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала на модернізованому верстаті ВЗ 208 Ф4.

Виклад основного матеріалу. Фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала проводили на модернізованому верстаті ВЗ 208 Ф4 (рис. 1). Застосовувалась дискова трьохстороння фреза 160×18×32 (рис. 2). Матеріал інструмента Р6М5.



a



б

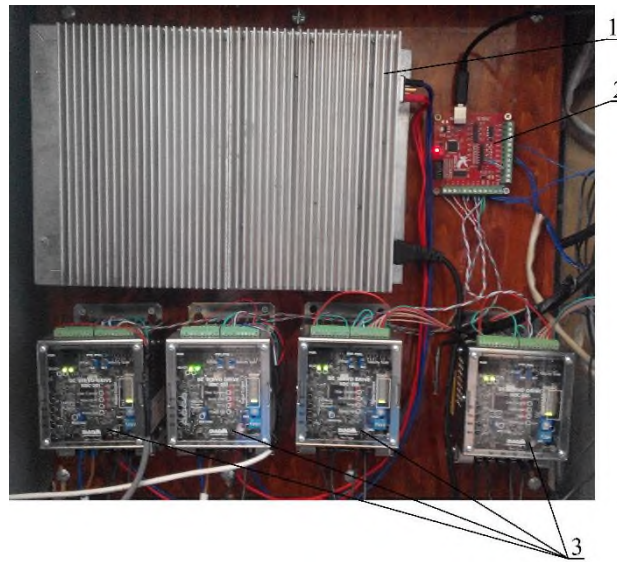
Рис. 1. Загальний вигляд модернізованого верстата ВЗ 208 Ф4:

а – вид з переду; б – вид з боку

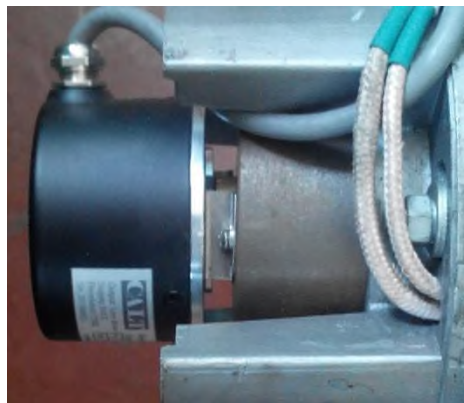


Рис. 2. Загальний вигляд фрези

Модернізація верстата полягала в установці електронної системи керування (рис. 3).



а



б

*Рис. 3. Електронна система керування:
а – основні елементи системи керування; б – інкодер;
1 – блок живлення; 2 – контролер; 3 – драйвер*

Проводився процес фрезерування (рис. 4) опорних шийок та кулачків розподільчого вала (рис. 5), матеріал деталі – Сталь 18ХГТ. Обробка проводилась торцем та периферією фрези.



Рис. 4. Процес фрезерування розподільчого вала



Рис. 5. Оброблювальна деталь

Під час обробки була визначена потужність холостого ходу (рис. 6) та активна потужність (рис. 7, 8). Фрезерування здійснювалось із різним припуском: 0,1; 0,2 та 0,3 мм та з кутами орієнтації інструмента 0° та 5° .

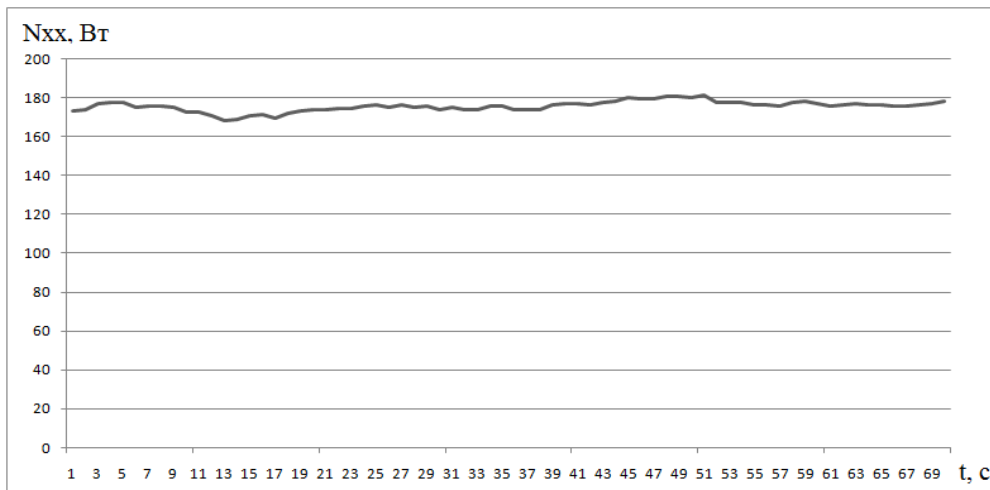
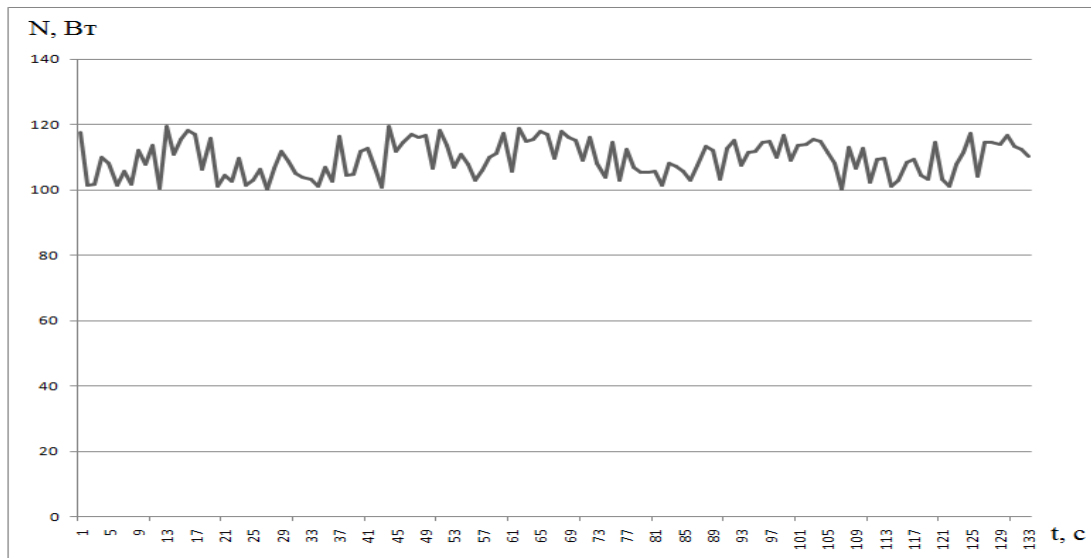
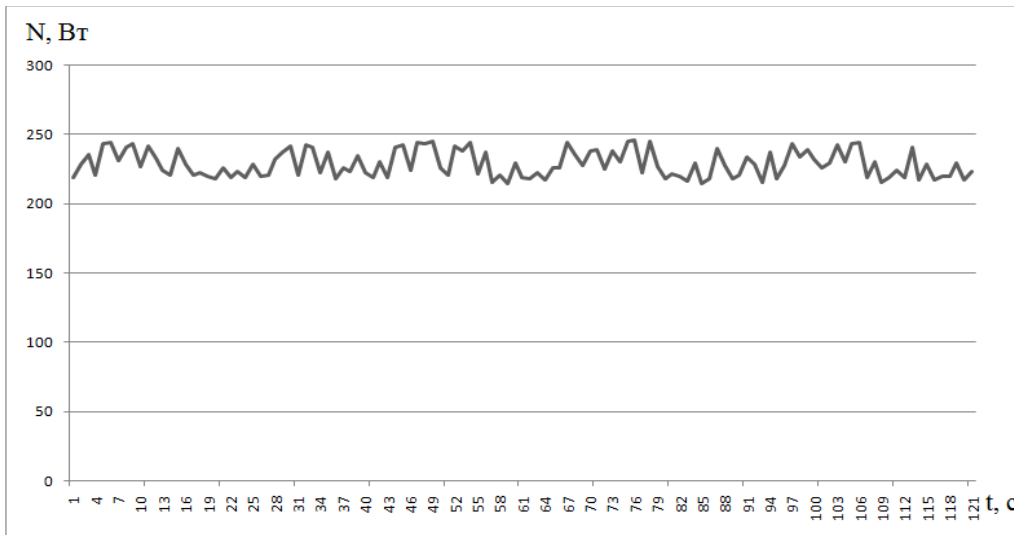


Рис. 6. Потужність холостого ходу

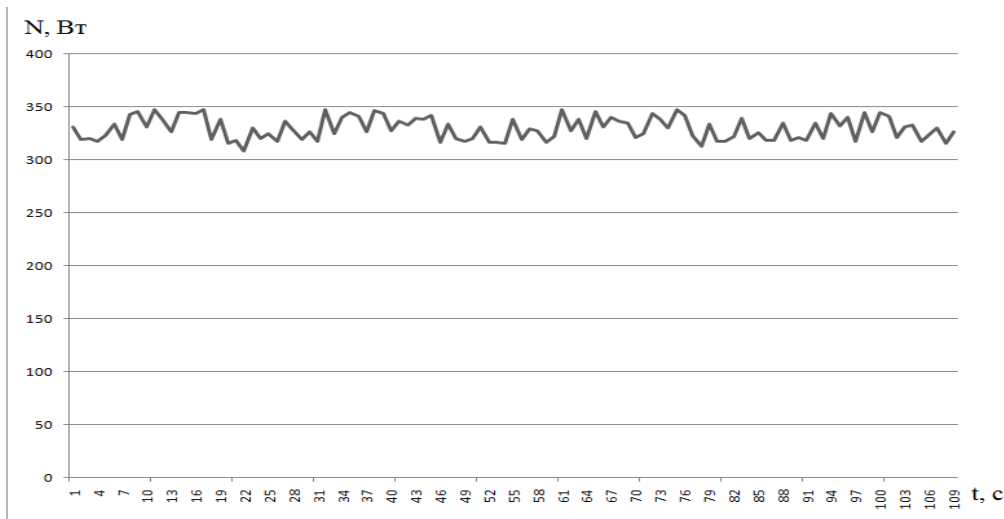


а

Рис. 7. Активна потужність під час фрезерування з припуском на обробку 0,1 мм (а) 0,2 мм (б) та 0,3 мм (в), кут орієнтації інструмента 0°

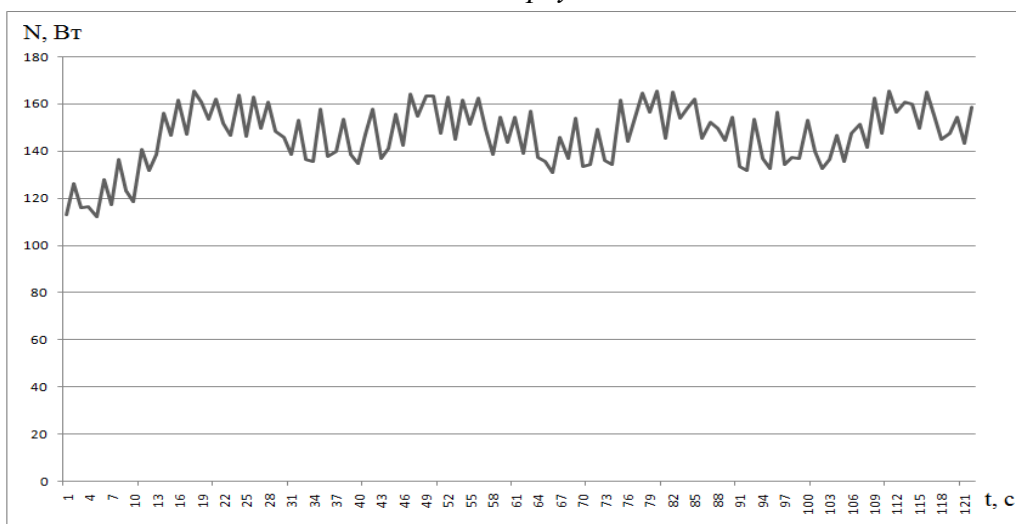


б



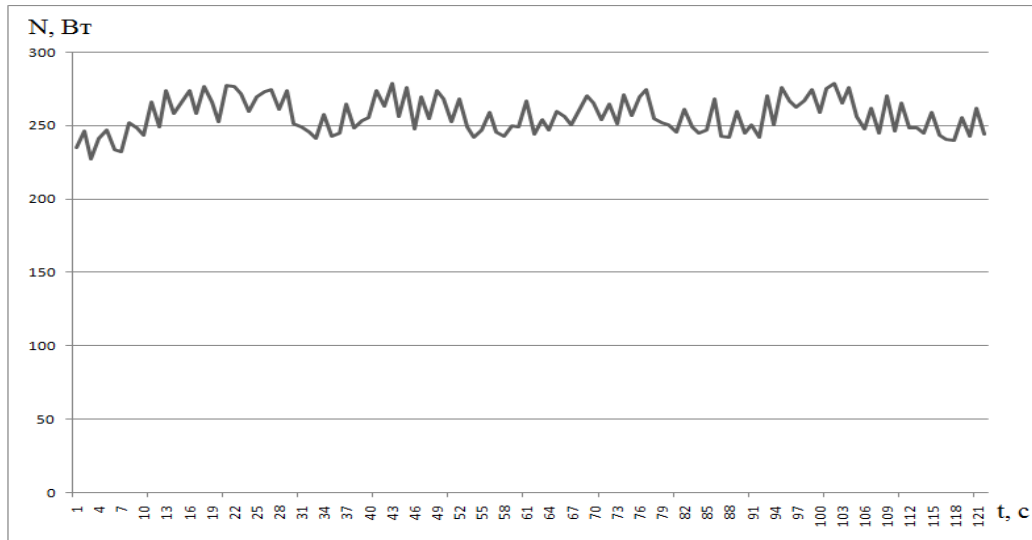
в

Рис. 7, аркуш 2

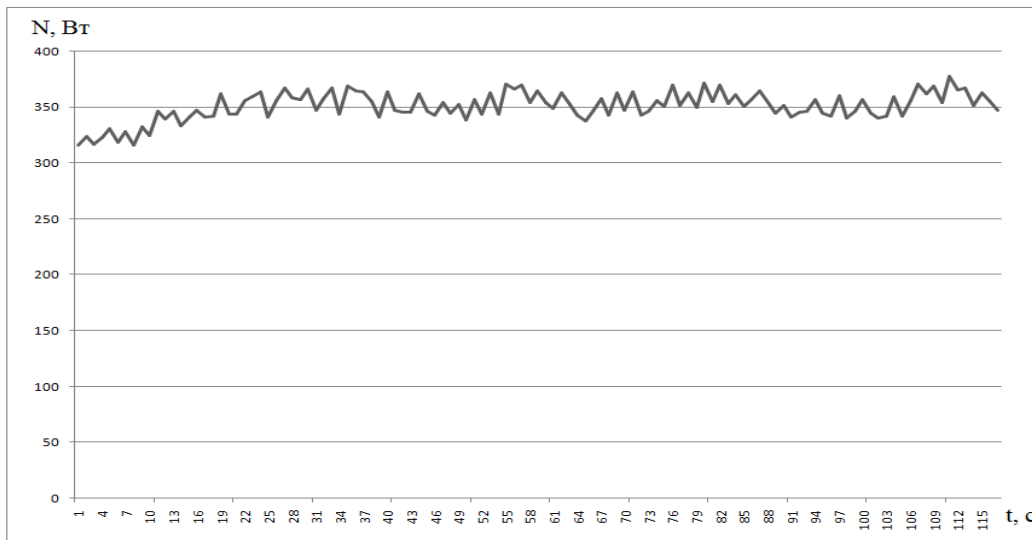


а

Рис. 8. Активна потужність під час фрезерування з припуском на обробку 0,1 мм (а) 0,2 мм (б) та 0,3 мм (в), кут орієнтації інструмента 5°



б



в

Рис. 8, аркуш 2

Для вимірювання потужності під час обробки застосовувався аналізатор потужності С.А 8220 (рис. 9), а для визначення розподілу температури використовувався тепловізор моделі ULIRVISION TI-384 (рис. 10).



Рис. 9. Аналізатор потужності С.А 8220



Рис. 10. Тепловізор моделі ULIRVISION TI-384

На рис. 11 наведено розподіл температури під час фрезерування розподільчого вала.

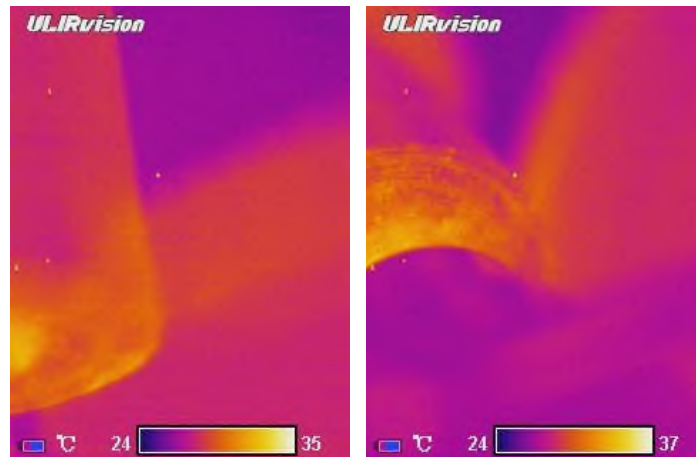


Рис. 11. Розподіл температури під час фрезерування розподільчого вала

Використовуючи портативний профілометр Pocket Surf, було визначено шорсткість R_a поверхні розподільчого вала. Згідно з результатами вимірювання (рис. 12), величина шорсткості обробленої поверхні розподільчого вала знаходиться в межах $R_a = 0,32 - 0,63$ мкм.



Рис. 12. Вимірювання шорсткості обробленої поверхні деталі

Висновки відповідно до статті. Експериментально досліджено процес фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала на модернізованому верстаті ВЗ 208 Ф4. При цьому способу фрезерування чорнова обробка здійснюється торцем інструмента, а чистова – периферією.

Було виміряно потужність холостого ходу, активну потужність під час фрезерування з різними припусками на обробку (0,1; 0,2 та 0,3 мм) та з різними кутами орієнтації інструмента (0° та 5°). Наведено розподіл температури під час процесу фрезерування.

Величина шорсткості обробленої поверхні розподільчого вала згідно із результатами вимірювання знаходиться в межах $R_a = 0,32 - 0,63$ мкм.

Розбіжність результатів, які отримали при експериментальному та теоретичному дослідженні процесу фрезерування опорних шийок та кулачків розподільчого вала орієнтованим інструментом, знаходиться в межах 9 %.

Список використаних джерел

1. Полетаев В. А., Волков Д. И. Особенности стружкообразования при фрезеровании и фрезоточении тел вращения. *Инженерный журнал*. 2001. № 7. С. 18–21.
2. Полетаев В. А. Конструктивные особенности приводов подачи станков для кругового фрезерования. *Инженерный журнал*. 2001. № 8. С. 63–64.
3. Грязев М. В., Степаненко А. В. Перспективные технологии обработки поверхностей вращения фрезерованием. *Известия ТулГУ. Серия Технические науки*. 2010. 2, ч. 1. С. 130–136.
4. Грязев М. В., Степаненко А. В. Фрезерование наружных цилиндрических поверхностей торцевой фрезой. *Известия ТулГУ. Серия Технические науки*. 2010. 2, ч. 1. С. 140–148.
5. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boyko S. V., Sira N. M. Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. *Acta Mechanica et Automatica*. 2017. Vol. 11, No. 1(39) P. 58–63. DOI: 10.1515/ama-2017-0009.

6. Сіра Н. М. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесів зняття припуску та формоутворення під час шліфування зі схрещеними осями циліндричного вала й абразивного круга. *Технічні науки та технології*. 2016. № 3 (5). С. 67–75.

7. Development of a model of tool surface dressing when grinding with crossed wheel and cylindrical part axes / Kalchenko V. et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. Vol. 3, No. 1 (105). P. 23–29.

8. Следнікова О. С., Винник В. О., Скляр В. М., Аксьонова О. О. Модульне 3D моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при фрезеруванні кулачків зі схрещеними осями інструмента та деталі. *Технічні науки та технології*. 2019. № 1 (15). С. 53–62.

9. Следнікова О. С., Винник В. О., Скляр В. М., Аксьонова О. О. Модульне тривимірне моделювання процесів зняття припуску та формоутворення при фрезеруванні кулачків орієнтованим інструментом. *Технічні науки та технології*. 2019. № 2 (16). С. 34–43.

10. Кальченко В. В., Сіра Н. М., Кальченко Д. В., Аксьонова О. О. Дослідження процесу фрезерування циліндричних поверхонь зі схрещеними осями інструмента та вала. *Технічні науки та технології*. 2018. № 4 (14). С. 18–27.

11. Шлифование распределительных валов кругами из кубического нитрида бора. *Перспект фирмы «Junker maschinen» на станки «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrath. Germany, 2006. 8 с. URL: www.junker-group.com.

References

1. Poletaev, V. A., Volkov, D. I. (2001). Osobennosti struzhkoobrazovaniia pri frezerovanii i frezotochenii tel vrascheniia [Features of chip formation during milling and milling rotation bodies]. *Inzhenernyi zhurnal – Engineering magazine*, 7, 18–21 [in Russian].

2. Poletaev, V. A. (2001). Konstruktivnyie osobennosti privodov podach stankov dlya krugovogo frezerovaniya [Design features of feed drives for circular milling machines]. *Inzhenernyi zhurnal – Engineering magazine*, 8, 63–64 [in Russian].

3. Gryazev, M. V., Stepanenko, A. V. (2010). Perspektivnyie tehnologii obrabotki poverkhnostei vrascheniia frezerovaniem [Promising technologies for surface treatment of milling]. *Izvestiia TulGU. Seriya Tehnicheskie nauki – News of TulSU. Series Engineering*, 2 (1), 130–136 [in Russian].

4. Gryazev, M. V., Stepanenko, A. V. (2010). Frezerovanie naruzhnyih tsilindricheskikh poverkhnostey tortsovoy frezoy [Milling of external cylindrical surfaces with face milling cutter]. *Izvestiia TulGU. Seriya Tehnicheskie nauki – News of TulSU. Series Engineering*, 2 (1), 140–148 [in Russian].

5. Kalchenko, V. V., Yeroshenko, A. M., & Boyko, S. V. (2017). Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. *Acta Mechanica et Automatica*, 11 (1 (39)), 58–63 [in English].

6. Sira, N. M. (2016). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesiv zniattia pryusku ta formoutvorennia pid chas shlifuvanni zi skhreshchenymy osiamy tsylindrychnoho vala y abrazyvnoho kruha [Modular 3D-modeling of tools, processes of stock removal and shaping in grinding with crossed axes of cylindrical shaft and abrasive wheel] *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 3 (5), 67–75 [in Ukrainian].

7. V. Kalchenko, V. Kalchenko, O. Kalchenko, N. Sira, D. Kalchenko, V. Morochko, V. Vynnyk. (2020). Development of a model of tool surface dressing when grinding with crossed wheel and cylindrical part axes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (105)), 23–29 [in English].

8. Sliednikova, O. S, Vynnyk, V. O. & Sklyar V. M. (2019). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesu zniattia pryusku ta formoutvorennia pry frezeruvanni kulachkiv zi skhreshchenymy osiamy instrumenta ta detali [Modular 3D modeling of tools, process of adaptation removal and forming at milling the cams with crossing tools and details]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 1 (15), 53-62 [in Ukrainian].

9. Sliednikova, O.S, Vynnyk, V.O. & Sklyar V.M. (2019). Modulne tryvymirne modeliuvannia protsesiv zniattia pryusku ta formoutvorennia pry frezeruvanni kulachkiv oriietovanyim instrumentom [Modular three-dimensional modeling of the process of removal of the allowance and formation during the milling of cams oriented tool] *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 2 (16), 34-43 [in Ukrainian].

10. Kalchenko, V. V., Sira N. M. & Kalchenko, D. V. (2018). Doslidzhennia protsesu frezeruvannia tsylindrychnykh poverkhon zi skhreshchenymy osiamy instrumenta ta vala [Investigation of the milling cylindrical surfaces process with tool and shaft crossed axes]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 4 (14), 18–17 [in Ukrainian].

11. Shlifovanie raspredelitelnykh valov krugami iz kubicheskogo nitrida bora [Grinding camshafts with cubic boron nitride circles] (2006). *Prospekt firmy «Junker maschinen» na stanki «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000» – Prospectus of the company «Junker maschinen» on machine tools «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany [in Russian]. URL: www.junker-group.com.

UDC 621.914.1

Volodymyr Kalchenko, Vitalii Kalchenko, Yaroslav Kuzhelnyi, Volodymyr Vynnyk

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE PROCESS OF MILLING THE SUPPORT NECKS AND CAMS OF THE CAMSHAFT ON AN UPGRADED MACHINE VZ 208 F4

Urgency of the research. In order for modern domestic automobile and machine-building productions to have competitive advantages, it is necessary to develop new methods of milling the responsible surfaces of the camshaft.

Target setting. To obtain the specified technical and economic indicators during the milling of the camshaft, it is necessary to improve existing or develop new effective methods of machining.

Actual scientific researches and issues analysis. There is a method of finishing milling the cams of the camshafts with crossed tool axes and parts. In this case, roughing and finishing milling take place in one run. Three-dimensional geometric modeling of the processes of allowance removal and shaping the cams of camshafts is also described. In addition, there is a method of milling cylindrical surfaces with crossed axes of the part and the tool. The peculiarity of this method is the roughing of the end and periphery of the tooth of the cutter and finishing only the periphery of the tool.

Uninvestigated parts of general matters defining. Lack of experimental research of the process of milling the support necks and cams of the camshaft with an oriented tool.

The research objective. Experimentally investigate the process of milling the support necks and cams of the camshaft with an oriented tool.

The statement of basic materials. The process of experimental research of milling the support necks and cams of the camshaft on a modernized machine VZ 208 F4 initiated.

Conclusions. The power of idling, active power during milling of support necks and cams of a camshaft depending on the size of an allowance and an angle of orientation of the tool are experimentally defined. The temperature distribution during the processing is given. The roughness of the processed surface of the part is in the range of $Ra = 0,32 - 0,63 \mu m$.

Keywords: experimental research; milling; camshaft; oriented tool; disc cutter.

Fig.: 12. References: 11.

Кальченко Володимир Віталійович – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector in scientific and pedagogical work, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vvkalchenko74@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9072-2976>

ResearcherID: G-6752-2014

Кальченко Віталій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Vitalii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head road Transport Industry and Mechanical Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kalchenkovi@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9850-7875>

ResearcherID: G-9477-2014

Кужельний Ярослав Володимирович – кандидат технічних наук, викладач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kuzhelnyi Yaroslav – PhD in Technical Sciences, teacher of the Department of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5269-8557>

ResearcherID: J-1127-2016

Винник Володимир Олександрович – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035 Україна).

Vynnyk Volodymyr – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vovavynnyk7@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4179-5765>

ResearcherID: F-8938-2016