

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

В статті викладена інформація актуальності використання шпиндельних вузлів на газових опорах, що підвищує їх експлуатаційні характеристики. Запропонований метод підвищення характеристик шпиндельних вузлів для підвищення якості продукції.

### ВСТУП

Однією з важливих проблем сучасного машинобудування є досягнення високої точності, жорсткості, вібростійкості та надійності металообробних верстатів. Одним з найбільш відповідальних вузлів верстата є його шпиндельний вузол, який постійно бере участь у русі формоутворення, завжди піддаючись експлуатаційним навантаженням.

Вже на стадії проектувальних розрахунків необхідно створення таких вузлів та елементів металообробних верстатів, які б протягом усього експлуатаційного періоду забезпечували задану точність обробки. Дослідження [1–3] з оцінювання впливу різних чинників на точність обробки говорять, що її до 80 % визначає шпиндельний вузол. Оскільки рух формоутворення здійснюється шпинделем і шпиндельними опорами, то саме вони вносять вирішальний внесок у вихідні характеристики верстатів.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

В сучасних конструкціях шпиндельних вузлів використовують опори кочення, ковзання, гідродинамічні, гідростатичні, газостатичні та електромагнітні підшипники.

Таблиця 1 – Характеристики підшипникових опор

Тип підшипникових опор	Модель / Потужність холостого ходу $N$ , кВт	Радіальне та осьове биття шпинделя $\Delta$ , мкм	Шорсткість оброблюваної поверхні $R_a$ , мкм	Некруглість оброблюваної поверхні $\Delta r$ , мкм	Швидкісний параметр $d \times n$ , мм $\times$ хв <sup>-1</sup>
Підшипники кочення	Ш 24/15 0,7 кВт	1	0,32	1	0...1 $\times 10^6$
Гідродинамічні підшипники	Ш 24/15 3,5 кВт	0,5	0,16	0,5	0,1 $\times 10^6$ ...1 $\times 10^6$
Гідростатичні підшипники	ЭГС 24/25 4,5 кВт	0,05	0,08	0,2	0...1,5 $\times 10^6$
Газостатичні підшипники	А 24/25 1,9 кВт	0,05	0,04	0,5	0...2,5 $\times 10^6$
Електромагнітні підшипники		0,1...0,5	Шорст. - 0,08; хвиляст. - 0,3...0,6	1,5-3	0...4 $\times 10^6$

Кожен тип шпиндельних опор має свої переваги та недоліки, які в свою чергу визначають область їх раціонального використання. В таблиці 1 наведено основні характеристики для визначення потрібного типу підшипників залежно від необхідної точності та частоти обертання [4–5].

За цим більшої актуальності набувають завдання підвищення ефективності механічної обробки, вирішення яких сприяє зниженню трудових витрат, зменшенню експлуатаційних витрат, підвищенню продуктивності окремих операцій, автоматизації обробки складних деталей. Найбільш прийнятним шляхом підвищення точності і продуктивності, зниження обсягу довідних робіт і собівартості виготовлення деталей є застосування високошвидкісної обробки, що дозволяє оптимізувати процес механічної обробки. До високошвидкісної обробки відносяться зміни в конструкції шпиндельних

вузлів металообробних верстатів, здатних працювати на швидкостях обертання і лінійних переміщень, що у багато разів перевищують режими при простій обробці, а також системи ЧПК з більш високою швидкістю розрахунку траєкторії і сучасні конструкції інструменту [6].

Аналіз промислових конструкцій високошвидкісних шпиндельних вузлів на опорах з газовим мащенням показує, що до їх складу входять радіальні та упорні газостатичні підшипники (рис. 1, 2). Різні питання розробки і досліджень високошвидкісних шпинделів з підшипниками з газовим мащенням розглянуто в низці робіт [7, 8].

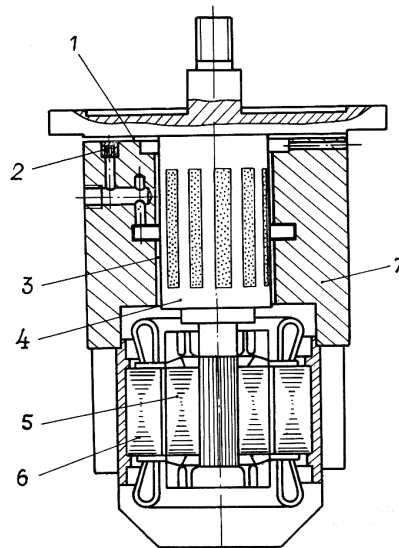


Рисунок 1 – Електрошпindel на осьовому газовому підвісі з поздовжніми канавками

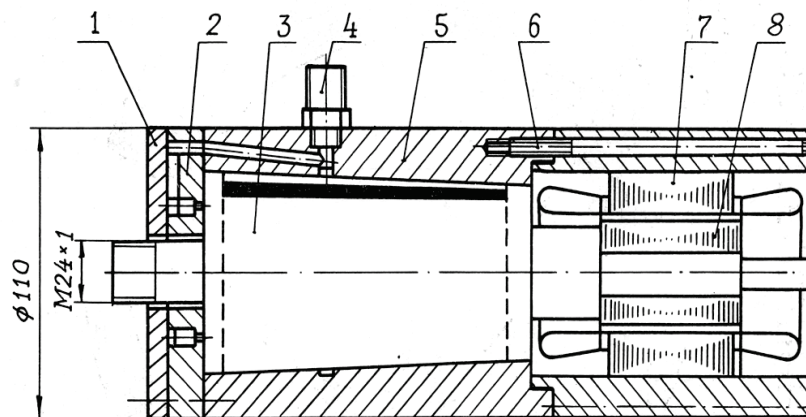


Рисунок 2 – Конструкція тихохідного шпинделя на газостатичних підшипниках з поздовжніми канавками

Найбільш важливими експлуатаційними характеристиками таких опор є жорсткість мастильного шару, відновлювальний момент від перекосу осі шпинделя і несуча здатність, вплив яких на результати механічної обробки добре відомі на практиці. Тому проблема конструювання газових опор, що дозволяють забезпечити високі вихідні характеристики шпиндельних вузлів і тим самим розробляти конкурентоспроможне металооброблювальне обладнання підвищеної продуктивності, має першорядне значення в промисловості.

Як один із шляхів підвищення частоти обертання та статичних характеристик шпиндельного вузла, була запропонована конструкція шпиндельного вузла на газостатичних опорах з канавками змінної глибини на валу опори. Це дозволило створити в підшипниках більш стійкий несучий шар газу внаслідок збільшення корисної площі подачі газу та тим самим збільшити експлуатаційні характеристики шпиндельних вузлів.

Газові підшипники здатні надійно працювати при високій і низькій температурі і вологості, їх застосування виключає забруднення навколишнього середовища, зменшує рівень шуму і вібрації. Такі підшипники практично позбавлені зносу, тому високі вихідні характеристики точності обертання шпинделя зберігаються практично протягом всього терміну експлуатації металорізальних верстатів.

### ВИСНОВКИ

Аналіз сучасних досягнень в цій області привів до необхідності розробки та широкого використання підшипників з газовим мащенням. Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів обумовлюються використанням основних положень механіки рідини і газу, теоретичної механіки, теорії коливань, теорії автоматичного регулювання, математичного апарату теорії звичайних диференціальних рівнянь, чисельних методів, методів багатокритеріальної оптимізації. Подальших досліджень та вдосконалення конструкції потребує проблема їх малої навантажувальної здатності та значних витрат газу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Добровольский Г. Г. Применение опор с газовой смазкой в шпинделях и поворотных столах для станков сверхвысокой точности / Г. Г. Добровольский, В. С. Крячек // Исследование и применение опор скольжения с газовой смазкой : Всесоюзное координационное совещание, 12 – 14 мая 1983 г. : тезисы докл. – Винница, 1983. – С. 57.
2. Шейнберг С. А. Опоры скольжения с газовой смазкой / С. А. Шейнберг, В. П. Жедь, М. Д. Шишеев. – М. : Машиностроение, 1969. – 331 с.
3. Пинегин С. В. Прецизионные опоры качения и опоры с газовой смазкой. Справочник / С. В. Пинегин, А. В. Орлов, Ю. Б. Табачников. – М. : Машиностроение, 1984. – 216 с. – (Основы проектирования машин).
4. Пинегин С. В. Статические и динамические характеристики газостатических опор / С. В. Пинегин, Ю. Б. Табачников, И. Е. Синенков. – М. : Наука, 1982. – 265 с.
5. Карпов В. С. Динамические характеристики вертикальных газовых подшипников с профилированной поверхностью вала / В. С. Карпов, О. Н. Тихоненкова // Исследование и применение опор скольжения с газовой смазкой : Всесоюзное координационное совещание, 12 – 14 мая 1983 г. : тезисы докл. – Винница, 1983. – С. 46 – 47.
6. Металлорежущие станки : учебник для машиностроительных вузов / под ред. В. Э. Пуша. – М. : Машиностроение, 1985. – 256 с.
7. Федотов В. О. Газові підвіси шпиндельних вузлів : монографія / В. О. Федотов, І. В. Федотова. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 244 с.
8. Жедь В. П. Применение в промышленности опор с газовой смазкой / В. П. Жедь, С. В. Пинегин, Ю. Б. Табачников // Станки и инструмент. – 1977. – № 12. – С. 1–3.

### REFERENCES

1. Dobovolckiy G. G. Primenenie opor s gazovoy smazkoy v shpindelyh i povorotnyh stolah dly stankov sverhvysokey tochnosti / G. G. Dobovolckiy, V. S. Krychek // Issledovanie i primeneniye opor skolgeniy s gazovoy smazkoy: Vsesoyuznор koordinacionnoe sovechanie, 12 – 14 maya 1983 g. : tezis dokl. – Vinnitsa, 1983. – p. 57.
2. Sheinberg S. A. Opory skolgeniya s gazovoy smazkoy / S. A. Sheinberg, V. P. Ged, M. D. Shishev. – M. : Mashinostroenie, 1969. – 331 p.
3. Pinegin S. V. Precizionnye opory kacheniy s gazovoy smazkoy. Spravochnik / S. V. Pinegin, A. V. Orlov, Y. bB. Tabachnikov. – M. b: Mashinostroenie, 1984. – 216 p. – (Osnovy proektirovaniy mashin).
4. Pinegin S. V. Sticheskie i dinamicheskie harakteristiki gazostaticheskikh opor / S. V. Pinegin, Y. B. Tabachnikov, I. E. Sinenkov. – M. : Nauka, 1982. – 265 p.
5. Karpov V. S. Dinamicheskie haracteristiki vertikalnyh gazovyh podshipnikov s profilirovanoy poverhnostiy vala / V. S. Karpov, O. N. Tihinenkova // Issledovanie i primeneniye opor skolgeniy s gazovoy smazkoy : Vsesoyuznор koordinacionnoe sovechanie, 12 – 14 maya 1983 g.: tezis dokl. – Vinnitsa, 1983. – P. 46–47.
6. Metaloreguschie stanki : Uchebnik dly mashinostroitelnyh vtuzov / pod red. V. E. Pusha – M. : Mashinostroenie, 1985. – 256 p.
7. Fedotov V. O. Gazovi pidvisy shpyndelnyh vuzliv : monograhii / V. O. Fedotov, I. V. Fedotova. – Vinnitsiy : VNTU, 2010. – 244 p.

8. Ged V. P. Primenenie v promyshlennosti opor s gazovoy smazkoy / V. P. Ged, S. V. Pinegin, Y. B. Tabachnikov // Stanki i instrument. – 1977. – № 12. – P. 1–3.

**І. В. Віштак<sup>1</sup>, Є. О. Кобилянський<sup>1</sup>**

## **АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

В статті викладено інформацію актуальності використання шпindelних вузлів на газових опорах, що підвищує їх експлуатаційні характеристики. Запропонований метод підвищення характеристик шпindelних вузлів для підвищення якості продукції.

Об'єкт дослідження – високошвидкісний шпindelний вузол та газова опора.

Мета роботи – визначення впливу конструкцій газових опор на покращення експлуатаційних характеристик шпindelних вузлів.

Аналіз сучасних досягнень в машинобудуванні привів до необхідності розробки та широкого використання підшипників з газовим мащенням. Зміна конструктивних параметрів газової опори приводить до покращення експлуатаційних характеристик шпindelного вузла, чим покращує якість продукції.

Подальших досліджень та вдосконалення конструкції потребує проблема їх малої навантажувальної здатності та значних витрат газу.

**Ключові слова:** високошвидкісний шпindelний вузол; газова опора; опора кочення; експлуатаційна характеристика шпиделя.

Віштак Інна Вікторівна, Вінницький національний технічний університет, асистент кафедри безпеки життєдіяльності ВНТУ, e-mail: [inna.vishtak@rambler.ru](mailto:inna.vishtak@rambler.ru), тел. +380978966113, Україна, 21021, м. Вінниця.

Кобилянський Євгеній Олександрович, Вінницький національний технічний університет, інженер кафедри безпеки життєдіяльності ВНТУ, e-mail: [Jen4Y@yandex.ru](mailto:Jen4Y@yandex.ru), тел. +380963678462, Україна, 21020, м. Вінниця, вул. Михайловського 71, кв. 2.

**I. V. Vishtak<sup>1</sup>, E. O. Kobylyansky<sup>1</sup>**

## **ACTUALITY OF HIGH SPEED SPINDLE COMPONENTS FOR IMPROVING PRODUCT QUALITY**

<sup>1</sup>Vinnytsya National Technical University

The urgency of development high-speed spindle units on gas bearings which increases their performance, is offered in the article. The method is proposed to increase performance spindle units for improving product quality.

A research object is high-speed spindle units and gas-bearing.

A purpose of work is determining of the effect of the construction of gas bearings for improving the performance of spindle units.

Analysis of modern advances in engineering has led to the need for the development and widespread use of gas bearings with lubrication. Changing the design parameters of the gas bearing leads to improve the performance of spindle unit, the improved product quality.

Further research needs and improving the design problem of low load capacity and significant costs of gas.

**Keywords:** high-speed spindle unit; gas-bearings; rolling-bearings; performance spindle.

Vishtak Inna Viktorivna, the Vinnytsya National Technical University, assistant of Department of Life Safety of VNTU, e-mail: [inna.vishtak@rambler.ru](mailto:inna.vishtak@rambler.ru), tel. +380978966113, Ukraine, 21021, Vinnytsya.

Kobylyansky Evgeny Alexandrovich, Vinnytsia National Technical University, Department of life safety engineer VNTU, e-mail: Jen4Y@yandex.ru, tel. +380963678462, Ukraine, 21020, m. Vinnytsya, Myhaylovskoho st. 71/2.

**И. В. Виштак<sup>1</sup>, Е. А. Кобылянский<sup>1</sup>**

## **АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШПИДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

В статье изложена информация актуальности использования шпиндельных узлов на газовых опорах, повышающих их эксплуатационные характеристики. Предложен метод повышения характеристик шпиндельных узлов для повышения качества продукции.

Объект исследования – высокоскоростной шпиндельный узел и газовая опора.

Цель работы – определение влияния конструкций газовых опор на улучшение эксплуатационных характеристик шпиндельных узлов.

Анализ современных достижений в машиностроении привел к необходимости разработки и широкого использования подшипников с газовой смазкой. Изменение конструктивных параметров газовой опоры приводит к улучшению эксплуатационных характеристик шпиндельного узла, чем улучшает качество продукции.

Дальнейших исследований и совершенствования конструкции требует проблема их малой нагрузочной способности и значительных затрат газа.

**Ключевые слова:** шпиндельный узел; газовая опора; опора качения; эксплуатационные характеристики шпинделя.

Виштак Инна Викторовна, Винницкий национальный технический университет, ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности ВНТУ, e-mail: [inna.vishtak@rambler.ru](mailto:inna.vishtak@rambler.ru), тел. +380978966113, Украина, 21021, г. Винница.

Кобылянский Евгений Александрович, Винницкий национальный технический университет, инженер кафедры безопасности жизнедеятельности ВНТУ, e-mail: Jen4Y@yandex.ru, тел. +380963678462, Украина, 21020, г. Винница, ул. Михайловского 71, кв. 2.