

## **АНАЛІЗ ДАНИХ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ ШПИНДЕЛЬНИХ ОПОР НАСТІЛЬНОГО ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА**

<sup>1</sup>Одеська державна академія технічного регулювання та якості

*Проаналізовані експериментальні випробування шпindelних опор настільного універсального токарно-гвинторізного верстата моделі ТВ4 за методом теплового неруйнівного контролю. Вказані нормовані значення температури нагрівання, які використовується як визначальний параметр для контролю масла гідросистем та технічного стану опор шпindelного вузла металорізного верстата за методом теплового неруйнівного контролю. Запропоновано визначення технічного стану підшипників шпindelного вузла настільних токарно-гвинторізних верстатів тепловим методом із застосуванням нового критерію Боряка–Перетяки («БП») та визначального параметра — швидкості нагрівання об'єкта. Приводяться результати експериментальних випробувань працездатності верстата на холостому ході в контрольних точках місць розташування передньої та задньої опори шпindelля. Вивчено закономірності зміни отриманих значень температури нагрівання опор шпindelного вузла у часі та зміни значень швидкості нагрівання у часі під час випробувань без навантаження. Таким чином, експериментально підтверджено, що контроль за технічним станом шпindelного вузла настільного токарно-гвинторізного верстата ТВ4 можна здійснювати за скороченим терміном часу без навантаження в зоні регулярного нагрівання, а саме з 22 по 42 хвилину. Отримане емпіричне значення швидкості нагрівання дозволяє достовірно оцінювати можливість подальшої експлуатації досліджених підшипників кочення, що застосовуються як передня та задня опори шпindelного вузла настільного токарно-гвинторізного верстата ТВ4. Тепловий контроль за новим параметром швидкості нагрівання дає змогу скорочення технологічного часу для визначення працездатного технічного стану опор шпindelного вузла за рахунок економії часу до 5 разів та зробити випробування енергоефективними. Проведення оперативної діагностики регулювання опор шпindelного вузла за параметром швидкості нагрівання за критерієм «БП» дає змогу зниження витрат на електроенергію для випробування одного верстата за скороченим часом.*

**Ключові слова:** тепловий контроль, токарно-гвинторізний верстат, шпindelний вузол, підшипники кочення, енергоефективні технології, визначальний параметр, швидкість нагрівання.

### **Вступ**

Сучасні вимоги до проведення діагностики, контролю та випробувань механічних вузлів в усіх галузях промисловості України ставлять задачі розробки нових енергоефективних методів [1].

За вимогами стандарту [2], який поширюється на металорізальні верстати, встановлюються основні поняття і принципи класифікації верстатів по точності, загальні вимоги до випробувань на точність і загальні вимоги до методів перевірки точності. Точність металорізальних верстатів визначається трьома групами показників: показники, що характеризують точність обробки зразків виробів; показники, що характеризують геометричну точність верстатів; додаткові показники. До додаткових показників точності верстата відносяться здатність збереження відносного розташування виконавчих поверхонь, на які встановлюють верстатні пристрої та інструменти, в тому числі, за умови впливу тепла, що виникає під час роботи верстата у холостому ході. Перелік показників точності верстатів визначається стандартами на норми точності верстатів конкретних типів і технічними умовами, що діяли в період виготовлення верстата. Обов'язковому випробуванню на точність підлягає кожен виготовлений на заводі-виробнику верстат та верстат, зібраний після середнього та капітального ремонту. Складальні одиниці верстатів перевіряються на стендах.

Схеми і способи вимірювання геометричних параметрів металорізальних верстатів вказані в [3]. Конструкція верстатів повинна відповідати вимогам [4]. Випробування верстата на точність підприємством-виробником має проводитися після випробування верстата на холостому ході і в роботі згідно з вимогами стандарту [5] та після проведення необхідних регулювань відповідно до нормативно-технічної документації на верстат.

Під час випробувань металорізальних верстатів на холостому ході перевіряють механізми головного руху на усіх режимах. Для перевірки усталеної температури нагріву підшипників на максимальній швидкості обертання шпинделя верстат працює до 2 годин — до стабілізації температури усіх його механізмів, яка не повинна бути вище зазначеної в технічній документації. Для верстатів нормальної точності максимальна температура підшипників ковзання — 70 °С, інших механізмів — 50 °С, для масла гідросистем — 60 °С [6]. Для підшипників кочення встановлені допустимі значення параметра температури нагріву опор в залежності від класу точності верстата, які представлені в таблиці.

**Допустимі значення температури нагріву зовнішнього кільця підшипника кочення**

Клас точності верстата	Н	П	В	А	С
Допустима температура нагріву зовнішнього кільця підшипника, °С	70	50	40	35	28

Процес випробувань верстатів є енерговитратним процесом, у зв'язку з тим, що для визначення параметра температури нагріву підшипників та масла гідросистеми застосовується тепловий метод неруйнівного контролю. Цей метод передбачає тривалі, протягом 2 годин, витрати енергоносіїв потужним електроприводом верстата для досягнення сталою значення температури його елементів. Таким чином, потрібні чималі витрати електроенергії на випробування одного верстата. Тому вдосконалення методу випробувань металорізальних токарних верстатів в напрямку його енергоефективності є актуальною науковою проблемою, яка потребує відповідного рішення.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

В галузі машинобудування тепловий контроль, за визначальним параметром температури нагріву механічного вузла, є найбільш затребуваним та технологічно доступним методом неруйнівного контролю [7].

Метод базується на властивості механічного вузла нагріватися при відхиленні від номінального режиму роботи [8]. Визначальним параметром технічного стану є температура нагріву об'єкта. Проте, інерційність цього методу не дає можливість оперативного визначення порушення працездатного стану вузла. Тому використання методу потребує значних витрат енергоносіїв для досягнення стаціонарного теплового режиму об'єкта та можливості проведення вимірювань усталеної температури. Так, під час проведення стендових випробувань для контролю технічного стану редукторів пасажирських вагонів, необхідно досягнення сталої температури редуктора. Для забезпечення придатного стану для проведення вимірювань температури редуктора необхідно забезпечити усі режими випробування: до 1 години без навантаження, при споживанні електроприводом стenda на забезпечення обертання колісної пари до 10 кВт електроенергії, та до 2 годин під навантаженням до 40 кВт. Наприкінці випробувань температура нагріву працездатних опор не повинна перевищувати нормативного значення 70 °С.

Тепловий метод неруйнівного контролю використовують для діагностики металорізальних верстатів на майже усіх етапах його життєвого циклу.

Одним з джерел утворення тепла в токарному верстаті є шпindelна бабка, зокрема місця розташування підшипників шпинделя, через тертя між її деталями. Температура в різних точках корпусу бабки змінюється в межах від 10 до 50 °С. Температура валів і шпинделів на 30...40 % вище середньої температури корпусних деталей, в яких вони змонтовані. Значне нагрівання шпindelних бабок призводить до зниження точності верстата через зміни положення їх осей внаслідок теплової деформації елементів вузла [9].

Для уведення верстата в експлуатацію після ремонту технічним регламентом ремонтних робіт передбачена типова номенклатура операцій контролю. Повинна бути проведена перевірка рівня вібрацій, шуму, нагріву підшипників, які значною мірою залежать від величин зазорів в шпindelних опорах. Особливо важливий контроль шпинделя, зокрема перевірка величин зазорів в підшипниках передньої і задньої опор шпинделя. У складеному верстаті після ремонту збільшення зазору до неприйнятних величин негативно позначається на точності обробки, призводить до під-

вищення вібрацій та появи підвищеного шуму; занадто мала величина зазору підвищує втрати на тертя в підшипнику і під час роботи на високих швидкостях проявляється в нагріванні опор, що недопустимо. Після завершення регулювання величини зазору до необхідного значення верстат обкатують на високих швидкостях протягом години. У процесі обкатки контролюють температуру передньої і задньої опор шпинделя. Вимірювання рівня вібрації і температури підшипників після складання проводять за допомогою датчиків спеціальної конструкції [10].

Статистичні дані про відмови технологічних систем свідчать про те, що час простоїв обладнання з ЧПК через незапланований знос і поломку різального інструмента становлять до 50 % часу робочої зміни. При цьому, простої, зумовлені відмовами обладнання, не перевищують 6 % робочого часу. Тому вкрай актуальним є отримання діагностичної інформації в сучасному верстатобудуванні, яке можна поділити на три напрямки застосування систем діагностики, що відрізняються галузями використання і періодичністю. Оперативна діагностика призначена для відстеження стану найважливіших вузлів і процесів на верстаті в реальному часі. Тестова діагностика передбачає періодичне отримання інформації про стан найважливіших вузлів і зміни в налаштуваннях. Дослідна діагностика призначена для вивчення фізичних процесів, що визначають зв'язок функціональних параметрів технологічного обладнання та відповідних процесів з діагностичними параметрами, які потім використовуються в оперативній діагностиці. Найважливішим етапом автоматизації оперативної діагностики є оснащення верстатів вбудованими джерелами інформації про стан найважливіших вузлів і якості перебігу самого технологічного процесу. Ці проблеми розглянуті в багатьох роботах, що пропонують найрізноманітніші підходи до їх вирішення, наприклад [11].

В основі побудови системи теплового діагностування верстата лежить завдання прогнозування його теплових характеристик. Прогнозування теплових характеристик верстата дозволяє вирішити завдання скорочення тривалості його натурних випробувань на етапах доведення і експлуатації. Авторами [12] визначено, що для прогнозування температурних переміщень і сталих температур в умовах безперервного режиму роботи верстата з похибкою до 5 % тривалість натурних теплових випробувань становить подвійне значення першої температурної моди. Для оцінки першої температурної моди повинен використовуватися метод апроксимації теплових характеристик верстатів, що використовує одну моду і експериментальні значення температур і температурних переміщень за умови регулярного режиму нагрівання верстата. На точність визначення першої температурної моди і першої моди температурних переміщень верстата найбільше впливають точність визначення початку регулярного режиму і тривалість натурних теплових випробувань.

Для знаходження шляхів вирішення проблеми енергоємності випробувань за тепловим методом неруйнівного контролю автором цієї статті проведена дослідна діагностика вузлів тертя устаткування різного призначення. Зокрема, розпочато серію експериментальних досліджень на підтвердження придатності нового критерію Боряка–Перетяки («БП») для визначення технічного стану металорізальних верстатів, який дає змогу скоротити час для теплового контролю. Так, в результаті експериментальних випробувань з вивчення режиму нагріву підшипників кочення шпиндельного вузла двох діючих настільних вертикально-свердлильних металорізальних верстатів марки НС-12А та 2А106П визначено придатність діагностичного критерію «БП», який заснований на визначальному параметрі швидкості нагрівання, для визначення працездатного стану підшипників шпиндельного вузла. Це дає змогу скоротити час діагностики з 120 до 33 хвилин та майже в чотири рази скоротити витрати електроенергії [13].

*Мета досліджень* — знайти енергоефективну діагностичну модель теплового контролю механічних вузлів для зниження енергозатрат.

*Задачею, яку потрібно вирішити*, є вдосконалення методу теплового контролю опор шпиндельних вузлів настільних токарно-гвинторізних верстатів з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності технологій.

### Результати дослідження

Для виконання поставленої задачі автором проведені дослідження з визначення технічного стану підшипників шпиндельного вузла настільного токарного верстата ТВ4 на холостому ході тепловим методом неруйнівного контролю із застосуванням нового критерію «БП», оснований на визначальному параметрі — швидкості нагрівання підшипника. Потужність верстата 1 кВт, максимальна частота обертання вала шпинделя — 1500 об/хв.

Якість регулювання підшипників шпинделів перевіряють по температурі нагріву підшипників

під час роботи верстата з максимальною частотою обертання шпинделя на холостому ході. Швидке нагрівання підшипника вказує на надмірний натяг під час регулювання. Під час випробувань металорізальних верстатів нормальної точності визначальним параметром теплового контролю технічного стану верстата є температура нагріву шпиндельних опор. Гранично допустиме значення температури в режимі стабілізації не має перевищувати 50 °С. [2].

Експериментальні випробування токарно-гвинторізного настільного верстата ТВ4 проводилися на холостому ході за температури навколишнього середовища 15 °С.



Рис. 1. Контрольні точки для вимірювання температури нагріву підшипників шпиндельного вузла верстата ТВ4

Через кожну хвилину на відстані 15 см від контрольних точок «1» — передньої опори шпинделя та «2» — задньої опори шпинделя (рис. 1) безконтактним методом вимірювались значення температури.

Для здійснення прямих вимірювань значень температури використовувався переносний пірометр GM 300 з похибкою вимірювання температури  $\pm 1,5$  °С. Випробування проводились тільки на максимальній частоті обертання, у зв'язку з тим, що невелика потужність електроприводу настільного верстата не дозволяла відстежити динаміку зростання температури на малій частоті обертів через низьку інтенсивність нагрівання.

Значення швидкості нагрівання підшипників шпиндельного вузла  $\vartheta$  обчислювалось за формулою

$$\vartheta = \Delta T / \Delta t, \quad (1)$$

де  $\Delta T$  — абсолютний ланцюговий приріст контрольних вимірів температури, °С;  $\Delta t$  — інтервал часу між контрольними вимірюваннями температури, хв.

Для наочності, отримані результати експериментальних випробувань показані у вигляді графічної функціональної залежності температури від часу (рис. 2) та швидкості нагрівання від часу (рис. 3).

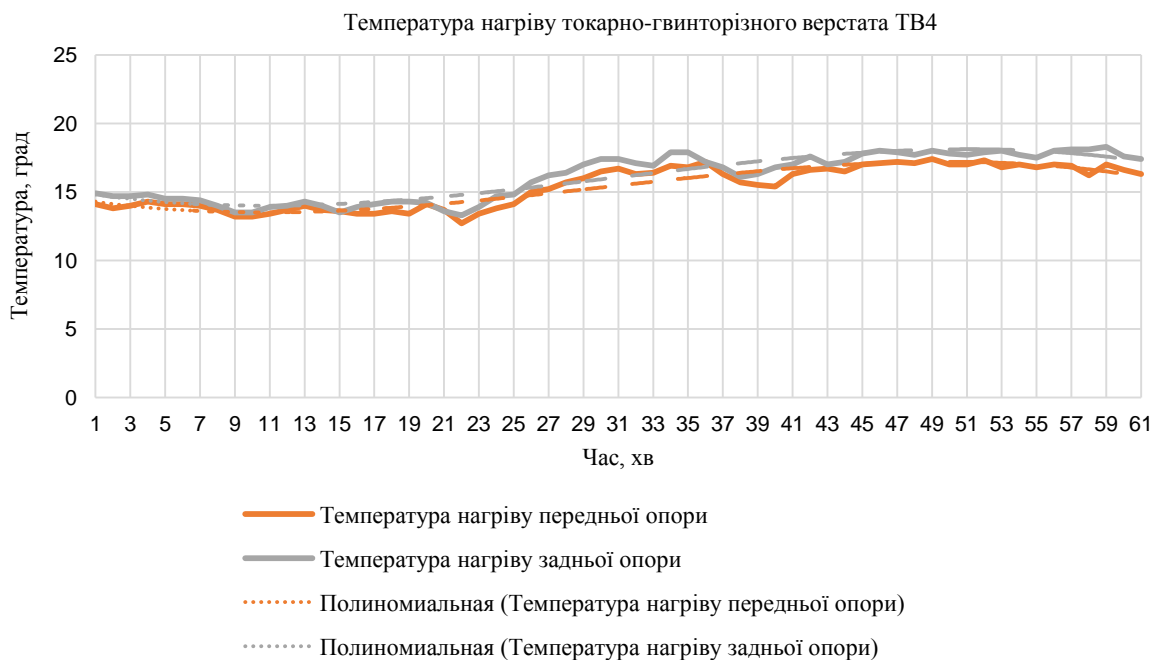


Рис. 2. Температура нагріву опор шпиндельного вузла токарного верстата ТВ4

З графіків на рис. 2 випливає, що під час випробувань без навантаження настільного токарно-гвинторізного верстата ТВ4 залежність температури нагріву від часу носить нелінійний характер і достовірно описується поліномом третього степеня. Величина достовірності апроксимації графіка

температури нагріву передньої опори  $R = 0,86$ , температури нагріву задньої опори  $R = 0,87$ , що свідчить про достовірність апроксимації.

Аналіз зміни температури опор шпindelного вузла як функції від часу показав, що:

а) під час випробувань без навантаження залежність зміни температури від часу носить нелінійний характер і достовірно описується поліномом третього степеня;

б) тепловиділення в задній опорі істотніші, ніж в передній. Цей ефект пояснюється суттєвим впливом пасової передачі, що використовується в якості приводного елемента шпindelного вузла;

в) перегрів передньої опори по відношенню до задньої, становив  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , за середньої температури навколишнього середовища в  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

г) від початку випробувань до 22 хвилини спостерігаються нестабільні коливання температури, а на 9 та 22 хвилини падіння температури на  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що пов'язано зі зміною термодинамічного стану верстата та відповідає зоні неупорядкованого нагріву;

д) максимальний приріст температури нагріву припадає на діапазон від 22 до 35 хвилини, що відповідає зоні регулярного нагріву, яка характеризується різким зростанням значень температури;

е) з 45 хвилини починається стабілізація температури нагріву опор шпindelного вузла;

ж) абсолютний базовий приріст температури нагріву передньої опори склав  $\Delta T_{\text{п}} = 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , задньої опори —  $\Delta T_{\text{з}} = 2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Незначний приріст температури нагріву опор пояснюється малою потужністю електропривода верстата та відсутністю навантаження під час роботи на холостому ході;

з) по завершенні експериментальних випробувань опор шпindelного вузла температура передньої опори склала  $T_{\text{п}} = 16,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , задньої —  $T_{\text{з}} = 17,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Згідно з вимогами [2] значення температури нагріву опор нижче  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  що відповідає працездатному стану підшипників шпindelного вузла.

На основі отриманих значень температури нагріву верстата в контрольних точках визначено швидкість нагрівання шпindelних опор за формулою (1). Результати розрахунків подані на рис. 3.

Швидкість нагрівання шпindelного вузла токарно-гвинторізного верстата ТВ4

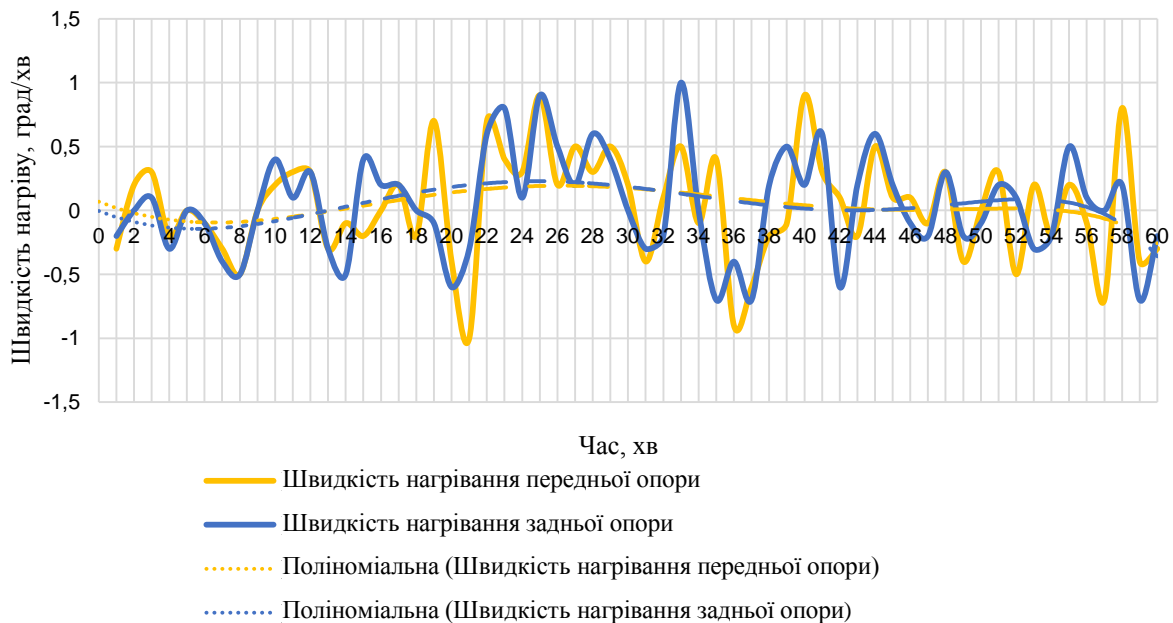


Рис. 3. Швидкість нагрівання опор шпindelного вузла токарного верстата ТВ4

З графіків на рис. 3 випливає, що під час випробувань без навантаження токарно-гвинторізного верстата ТВ4 залежність швидкості нагрівання від часу носить нелінійний характер і достовірно описується поліномом шостого степеня. Величина достовірності апроксимації графіка температури нагріву передньої опори  $R = 0,1$ , а температури нагріву задньої опори  $R = 0,06$ .

Аналіз швидкості нагрівання опор шпindelного вузла як функції від часу показав:

а) амплітуда коливань швидкості нагрівання в задній опорі шпинделя більш істотна, ніж в передній;

б) значення швидкості нагрівання задньої опори шпинделя сягає  $1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ , передньої опори —  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ ;

в) від початку випробувань до 22 хвилини, тобто, в зоні неупорядкованого нагрівання, спостерігається нестабільна амплітуда коливань швидкості нагрівання опор;

- г) максимальні значення швидкості нагрівання знаходяться в межах від 22 до 42 хвилини, що відповідає зоні регулярного нагріву;
- д) з 45 хвилини починається затухання амплітуди коливань графіка швидкості нагрівання опор шпиндельного вузла, що свідчить про початок стабілізації температури;
- е) максимальне значення швидкості нагрівання опор в працездатному стані становить  $1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ ;
- ж) значення швидкості нагрівання працездатного підшипника шпиндельного вузла настільного токарно-гвинторізного верстата ТВ4 відповідає межах області допустимих значень критерію «БП», який становить  $\text{БП} \leq 1,1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ .

Аналіз отриманих результатів експериментальних випробувань дозволив зробити такі висновки. Часова зона, придатна для теплового контролю токарно-гвинторізних верстатів ТВ4, починається з 22 хвилини, що відповідає початку зони регулярного нагріву. Ця межа характеризується початком постійного зростання значень температури, а також стабілізацією коливань значень швидкості нагрівання та її максимальної амплітуди. З 42 хвилини починається стабілізація температури та затухання амплітуди коливань значень швидкості нагрівання.

Залежність температури нагріву опор від часу не є інформативним, бо зміни на графіку носять неявний характер, тому ця залежність не придатна для оперативного контролю та визначення часової зони дострокового прийняття рішення про технічний стан опор шпиндельного вузла. Тепловий метод неруйнівного контролю за визначальним параметром температури нагріву опор шпиндельного вузла інерційний та потребує до 2 годин для отримання результату випробувань.

Тепловий контроль за визначальним параметром швидкості нагрівання опор інформативніший та дає змогу прийняти дострокове рішення про технічний стан підшипникового вузла в часовому інтервалі регулярного нагріву, який придатний для оперативної діагностики та знаходиться в межах від 22 до 42 хвилини.

Таким чином, з'являється можливість проводити оперативний тепловий контроль вузлів тертя за критерієм «БП», що дає змогу зробити випробування енергоефективними за рахунок скорочення технологічного часу на випробування та зниження витрат на електроенергію. Крім того, з'являється можливість переходу від планово-попереджувальних ремонтів металорізальних верстатів до ремонту за станом.

Метод теплової діагностики механічних редукторів за параметром швидкості нагрівання за критерієм «БП» захищено патентом на корисну модель [14].

### Висновки

Поставлена задача вдосконалення методу теплового контролю опор шпиндельних вузлів настільних токарних верстатів з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності технологій вирішена таким чином:

1. Запропоновано тепловий контроль технічного стану шпиндельного вузла токарно-гвинторізного верстата ТВ4 проводити за новим визначальним параметром — швидкістю нагрівання вузла тертя.
2. З метою оптимізації проведення випробувань токарно-гвинторізного верстата ТВ4 шляхом скорочення часу випробувань, запропоновано оптимальний час для контролю за параметром швидкості нагрівання від 22 до 45 хвилини.
3. Граничне значення параметра швидкості нагрівання для працездатних та придатних до експлуатації підшипників шпиндельного вузла настільних токарно-гвинторізних верстатів не має перевищувати  $1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ . Це значення відповідає межах області допустимих значень критерію «БП», який становить  $\text{БП} \leq 1,1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ .

*Практичне значення отриманих результатів:*

1. Скорочення часу випробувань з 90...120 хвилин до 22...45 хвилин дає змогу до 5 разів скоротити час випробувань. Це зменшує час простою обладнання, економить електроенергію на проведення випробувань, підвищує оперативність технічної діагностики.
2. Під час проведення приймальних випробувань настільних токарно-гвинторізних верстатів є можливість дострокового прийняття рішення про працездатний стан підшипників шпиндельного вузла за критерієм «БП».
3. Проведення теплового контролю за критерієм «БП», заснованим на новому визначальному параметрі теплового контролю — швидкості нагрівання об'єкта, дає змогу проводити оперативний контроль регулювання підшипників шпиндельного вузла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Кабінет Міністрів України. (2016, груд. 28). *Постанова № 1056, Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2017-2021 роки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1056-2016-%D0%BF>. Дата звернення: Січ. 12, 2019.
- [2] ГОСТ 8-82, *Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность* (с изменениями № 1, 2, 3). Москва: Государственный комитет СССР по контролю качества продукции и стандартам, 1982, 14 с.
- [3] ГОСТ 18097-93 (ИСО 1708-8-89), *Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности*. Минск, Беларусь: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996, 20 с.
- [4] ДСТУ 2807-94, *Устаткування метало- та деревообробне. Загальні вимоги безпеки і методи випробувань*. Київ: Держстандарт України, 1996, 66 с.
- [5] ГОСТ 7599-82, *Станки металлообрабатывающие. Общие технические условия / Metal-working machines. General specifications*. Москва: Издательство стандартов, 1982, 22 с.
- [6] А. П. Попов, Ю. Ю. Комаров та Т. И. Фоля, *Эксплуатация и испытания металлорежущих станков*. Москва, Россия: МГУПС (МИИТ), 2015, 51 с.
- [7] Н. О. Перетяка, «Вдосконалення методики стендових випробувань редукторів пасажирських вагонів,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 2, с. 83-90, 2017.
- [8] К. Ф. Боряк, та Н. О. Перетяка, «Температурний контроль при випробуваннях редукторів редукторно-карданного приводу підвагонних генераторів струму,» *Зб. наук. праць Одеської держ. акад. техн. регулювання та якості*, № 1 (6), с. 53-58, 2015.
- [9] В. А. Олещук, и Н. Ю. Любимов, «Измерения осевого зазора в опорах шпиндельного узла токарного станка при вводе его в эксплуатацию после ремонта,» *Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета*, № IV-1(20), с. 1-3, 2014.
- [10] Д. Ю. Дубров, Ю. С. Дубров, и Д. А. Сыромятников, «О возможности стабилизации температуры шпиндельного узла металлорежущего станка,» *Интернет-журнал «Науковедение»*, т. 9, № 6, 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [naukovedenie.ru/PDF/155TVN617.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/155TVN617.pdf) (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
- [11] М. П. Козочкин, и Ф. С. Сабиров, «Задачи технической диагностики при создании и эксплуатации технологического оборудования,» *Вестник УГАТУ*, т. 16, № 4 (49), с. 98-104, 2012.
- [12] А. Н. Поляков, и А. Г. Кравцов, «Автоматизированная система прогнозирования тепловых характеристик станка,» *Вестник КГУ*, № 2, с. 81-86, 2005.
- [13] Н. О. Перетяка, та К. Ф. Боряк, «Вдосконалення методу теплового контролю шпиндельних опор настільних вертикально-свердильних верстатів,» у *Коллективная монография трудов международной конференции «Наука, исследование, развитие / Science, research, development*, Belgrade (Serbia), т. 12, 2018, с. 25-33.
- [14] К. Ф. Боряк, та Н. О. Перетяка, «Спосіб теплової діагностики механічних редукторів,» *МПК G01M 13/02 (2006.01)*. № 129692, Жовт. 11, 2018.

Рекомендовано кафедрою галузевого машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.02.2019

**Перетяка Наталія Олександрівна** — канд. техн. наук, старший викладач кафедри метрології та метрологічного забезпечення, e-mail: [peretyakanataa@gmail.com](mailto:peretyakanataa@gmail.com).

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса

**N. O. Peretiaka<sup>1</sup>**

## Analysis of Thermal Control Data Spindle Supports Desktop Screw-Cutting Lathe

<sup>1</sup>Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality

The article provides an analysis of the experimental tests of spindle supports of a benchtop universal lathe-screw-cutting machine model TB4 using the method of thermal non-destructive testing. The specified normalized values of the heating temperature, used as a determining parameter for monitoring the oil of hydraulic systems and the technical condition of the supports of the spindle assembly of the cutting machine, using the method of thermal non-destructive testing. The paper proposes the determination of the technical condition of bearings of the spindle assembly of desktop lathe-cutting machines using the thermal method using the new Boryak-Peretyaka criterion ("BP") and the determining parameter — the object heating rate. The results of experimental tests of the machine at idle speed at the control points of the front and rear spindle bearing are given. The laws governing changes in the obtained values of the temperature of the support of the spindle assembly in time and changes in the values of the heating rate in time during the tests without load are studied. Thus, it has been experimentally confirmed that it is possible to exercise control over the technical condition of the spindle unit of the desktop screw-cutting machine TB4 for the reduced time without load in the zone of regular heating, namely from 22 to 42 minutes. The obtained empirical value of the heating rate makes it possible to reliably estimate the possibility of further exploitation of the studied rolling bearings used as the front and rear support of the spindle unit of the TB4 desktop turning



screw cutter. Thermal control on the new parameter of heating rate allows reducing the technological time to determine the operational technical condition of the spindle mount supports by saving time 5 times and making the tests energy-efficient. Conducting on-line diagnostics of the regulation of the supports of the spindle assembly according to the heating speed parameter according to the "BP" criterion allows reducing the cost of electricity for testing one machine at the reduced time.

**Keywords:** thermal control, turning screw cutter, spindle assembly, rolling bearings, energy-efficient technologies, determining parameter, heating rate.

*Peretiaka Nataliia O.* — Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Metrology and Metrological Support, e-mail: peretyakanataa@gmail.com

**Н. А. Перетьяка<sup>1</sup>**

## **Анализ данных теплового контроля шпиндельных опор настолярного токарно-винторезного станка**

<sup>1</sup>Одесская государственная академия технического регулирования и качества

*Проанализированы экспериментальные испытания шпиндельных опор настольного универсального токарно-винторезного станка модели ТВ4 методом теплового неразрушающего контроля. Указанные нормированные значения температуры нагрева, используемые в качестве определяющего параметра для контроля масла гидросистем и технического состояния опор шпиндельного узла металлорежущего станка методом теплового неразрушающего контроля. В работе предложено определение технического состояния подшипников шпиндельного узла настольных токарно-винторезных станков тепловым методом с применением нового критерия Борьяка-Перетьяки («БП») и определяющего параметра — скорости нагрева объекта. Приводятся результаты экспериментальных испытаний работоспособности станка на холостом ходу в контрольных точках мест расположения передней и задней опоры шпинделя. Изучены закономерности изменения полученных значений температуры нагрева опор шпиндельного узла во времени и изменения значений скорости нагрева во времени при испытаниях без нагрузки. Таким образом, экспериментально подтверждено, что контроль за техническим состоянием шпиндельного узла настольного токарно-винторезного станка ТВ4 возможно осуществлять по сокращенному времени без нагрузки в зоне регулярного нагрева, а именно с 22 по 42 минуту. Полученное эмпирическое значение скорости нагрева позволяет достоверно оценивать возможность дальнейшей эксплуатации исследованных подшипников качения, применяемые в качестве передней и задней опоры шпиндельного узла настольного токарно-винторезного станка ТВ4. Тепловой контроль по новому параметру скорости нагрева позволяет сократить технологическое время для определения работоспособного технического состояния опор шпиндельного узла за счет экономии времени в 5 раз и сделать испытания энергоэффективными. Проведение оперативной диагностики регулирования опор шпиндельного узла по параметру скорости нагрева по критерию «БП» позволяет снизить затраты на электроэнергию для испытания одного станка по сокращенному времени.*

**Ключевые слова:** тепловой контроль, токарно-винторезный станок, шпиндельный узел, подшипники качения, энергоэффективные технологии, определяющий параметр, скорость нагрева.

*Перетьяка Наталья Александровна* — канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры метрологии и метрологического обеспечения, e-mail: peretyakanataa@gmail.com