

*Міністерство освіти і науки України
АН Вищої освіти України
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Херсонська державна морська академія
Національна металургійна академія України
Київський національний університет технологій та дизайну
Донбаська державна машинобудівна академія
Одеський національний політехнічний університет
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Луцький національний технічний університет
Сумський державний університет
Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Центральноукраїнський національний технічний університет
Чернігівський національний технологічний університет
Вінницький національний технічний університет
Вінницький національний аграрний університет
Донецький національний технічний університет
Союз машиностроителей Болгарии
Державне підприємство науково-дослідний інститут
нафтопереробної та нафтохімічної промисловості «МАСМА»
Державний концерн «Укроборонпром»
Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України
ДП «Херсонстандартметрологія»
Херсонська торгово промислова палата*

Матеріали

**III-ої Міжнародної науково-практичної конференції
"Сучасні технології промислового комплексу-2017"
Вересень 12, 2017 – Вересень 17, 2017**

Materials

**III International scientific-practical conference
"Current technologies of industrial complex – 2017"
September 12, 2017 – September 17, 2017**



ОФІЦІЙНІ ПАРТНЕРИ І СПОНСОРИ:



Херсон – 2017 р.

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології промислового комплексу", випуск 3. – Херсон: ХНТУ, 2017. – 269 с.

В матеріалах конференції викладені нові теоретичні і прикладні результати щодо застосування сучасних інноваційних технологій у промисловому комплексі регіонів та машинобудуванні України. Розглянуті проблеми в галузях: технології машинобудування, обробки матеріалів тиском, технології нанесення та обробки покриттів, виробництві нових матеріалів, зміцнення та відновлення деталей машин, системного аналізу та математичного моделювання складних об'єктів, проблем надійності та енергозбереження, захисту довкілля, екологічної безпеки, ресурсозберігаючих технологій.

Викладені практичні рекомендації по використанню результатів досліджень і дослідно-конструкторських розробок в машинобудуванні. Даний збірник є виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень провідних вчених України, викладачів, аспірантів та студентів ВНЗ.

Збірник розрахований на наукових і інженерно-технічних робітників ВНЗ, конструкторських організацій і промислових підприємств.

Відповідальний за випуск: Розов Ю.Г., д.т.н., професор.
Комп'ютерне макетування: Дмитрієв Д.О., Ткач В.О.

Адрес редакційної колегії: 73008, м. Херсон, Бериславське шосе, 24, Херсонський національний технічний університет, корп. № 3, ауд. № 223.

ISBN 978-966-2207-54-5

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.

© Херсонський національний технічний університет, 2017

Настасенко В.А. НОВЫЙ ВИД РАЗРАБОТКИ СБОРНЫХ ОТРЕЗНЫХ РЕЗЦОВ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН	186
Проценко В.О., Клементьева О.Ю. ПІДВИЩЕННЯ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ СУДНОВИХ ГІДРОПРИВОДІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ СПОЛУЧНИХ МУФТ	188
Носуленко В.І., Шмельов В.М., Юр'єв В.В. ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ДУГОЮ ВІД ГЕОМЕТРІЇ ТА РОЗМІРІВ ЕЛЕКТРОДА-ІНСТРУМЕНТА	189
Павленко А.А., Анисимов В.Н. ПОЛИМЕР-СИЛИКАТНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА	192
Добріян М.О., Правда А.О. БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ТРАВЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ КУПРАХЛОРИДНИМИ РОЗЧИНАМИ	193
Правда А.О., Ларін В. І. МОДИФІКУЮЧИЙ ВПЛИВ ДОБАВОК НА ЕЛЕКТРОКРИСТАЛІЗАЦІЮ МІДІ З КИСЛИХ НИЗЬКОКОНЦЕНТРОВАНИХ РОЗЧИНІВ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	195
Rudenko N. A. COMPARISON VARIOUS PORE FORMERS USING FOR PRODUCTION POROUS POWDER PARTS	199
Савченко Д.М., Петришин А.І., Холявік О.В. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РІЗКИ ТОНКОСТІННИХ ТРУБ НА ДЕТАЛІ ТА НАПІВФАБРИКАТИ	201
Сапон С.П., Космач О.П., Федориненко Д.Ю., Цеков Б.В., Безручко В.М., Музичка Д.Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ШПИНДЕЛЕМ НА ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ	204
Свяцький В.В., Скрипник О.В. ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ГЛИБОКОГО СВЕРДЛІННЯ	207
Скрипник О.В., Свяцький В.В. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРАТИВ ДВООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ	210
Селуянова Т.А., Тулученко Г.Я. ФЕНОМЕН РУНГЕ В ЗАДАЧАХ АПРОКСИМАЦІЇ	212
Сокіл Н.І., Серкіз О.Р., Зінько Р.В. МІШКОЗАШИВАЛЬНА ЛІНІЯ ДЛЯ НАПОВНЕНИХ МІШКІВ	213

УДК 621.9.06: 621.822.176

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ШПИНДЕЛЕМ НА ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ

Сапон С.П.¹, Космач О.П.¹, Федориненко Д.Ю.¹,
Цеков Б.В.², Безручко В.М.¹, Музичка Д.Г.³

¹ Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів

² ТОВ «ПЕТ Технолоджіс Україна», м. Чернігів

³ Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Вступ. Підвищення енергоефективності, продуктивності машинобудівного виробництва є актуальною проблемою в умовах ринкових цін на енергоносії. Зниження енергоспоживання і втрат енергії є одними із пріоритетів енергетичної політики у світі та Україні.

Актуальність досліджень. Обсяг енергії, що використовується в Україні для виробництва одиниці товарів і послуг, у 3,8 рази перевищує середнє значення для Європейського Союзу. В механообробному виробництві проблема ефективного використання енергоресурсів та підвищення продуктивності виробництва безпосередньо пов'язана з процесом механічної обробки на верстатах. На сьогодні існуючі методологічні підходи до проектування обробних верстатів та технологій механічної обробки орієнтовані переважно на забезпечення їх показників якості, продуктивності, надійності, ергономічності, безпеки. При цьому показники енергоефективності розглядаються як другорядні або зовсім не враховуються, що на сьогодні є неприпустимим при створенні нових або удосконаленні існуючих верстатів та технологій механічної обробки. Компонування сучасних обробних верстатів з вузлів та систем різного функційного призначення обумовлює певні особливості та диференційованість в підходах до дослідження їх енергоефективності. Тому, незважаючи на накопичений світовий та вітчизняний досвід, проблема ефективного використання обробних верстатів з точки зору зменшення енергоспоживання є актуальною для сучасного машинобудування України.

Результати досліджень. В роботі проведено дослідження енергоефективності вузлів, процесів та систем прецизійного токарного верстата з шпинделем на гідростатичних опорах з метою підвищення ефективності енерговикористання. Основною гіпотезою дослідження було припущення про значний вплив експлуатаційних параметрів гідравлічних опор ковзання шпindelного вузла та технологічних навантажень на показники енергоспоживання приводу головного руху та системи живлення гідравлічних шпindelних опор.

За результатами аналізу конструкцій та робочих процесів у гідравлічних опорах ковзання здійснено систематизацію джерел енергетичних втрат та виявлено шляхи підвищення енергоефективності шпindelних вузлів з гідравлічними опорами ковзання.

Аналіз сучасних підходів до дослідження енергоефективності вузлів та систем технологічного обладнання показав, що існуючі підходи до визначення споживання електричної енергії шпindelними вузлами з гідравлічними опорами ковзання мають низьку точність, оскільки враховують лише основних споживачів електричної енергії. Це приводить до формування суттєвих помилок розрахунку і значно ускладнює обґрунтований вибір експлуатаційних параметрів енергоефективних гідравлічних опор ковзання та їх систем живлення.

Використовуючи теоретичні та емпіричні залежності енергетичних втрат у вузлах та системах технологічного обладнання та при механічній обробці заготовки отримано математичну модель для аналітичного визначення енергоспоживання вузлами та системами токарного верстата з шпинделем на гідравлічних опорах ковзання. Використаний підхід до моделювання енергетичного споживання вузлами та системами

верстата дозволяє здійснювати прогнозування їх енергоємності на певному часовому проміжку та виявити елементи та процеси, що характеризуються найбільшим енергоспоживанням. Встановлено закономірності зміни в часі споживання електричної енергії всіма виконавчими вузлами та системами прецизійного токарного верстата УТ16А з шпинделем на гідростатичних опорах. Виявлено, що найбільшу питому частку в енергоспоживанні всіх частин та систем мають витрати на створення тиску мастила в гідростатичних опорах шпиндельного вузла. Дані витрати складаються з безпосередньо витрат на створення тиску в карманах опор, гідравлічних втрат при дросельному регулюванні, втрат в насосі та втратах в двигуні насосу. Вперше побудовано діаграми прогнозованого енергоспоживання верстата з шпиндельним вузлом з гідравлічними опорами ковзання, яка відображає суттєвий вплив гідравлічної системи живлення шпиндельних опор ковзання на загальне енергоспоживання верстата.

Експериментально енергоефективність металорізального верстату УТ16А та його вузлів оцінювалася за вимірними значеннями електричної потужності, що споживають вузли та системи верстату при обробці заготовки, а також за загальною спожитою верстатом електричною енергією за час обробки однієї заготовки при певних встановлених режимах обробки. Основними задачами експериментальних досліджень було отримання достовірних закономірностей зміни показників електричного споживання окремих вузлів та систем верстату при впливі технологічних факторів, які можуть змінюватися залежно від технології виготовлення деталей. Для аналізу енергоефективності верстату УТ16А був проведений структурний аналіз його основних елементів, підсистем нижчого рівня з виявлення зв'язків між корисними процесами та використовуваними джерелами енергії в рамках ієрархічної структури (рисунок 1).

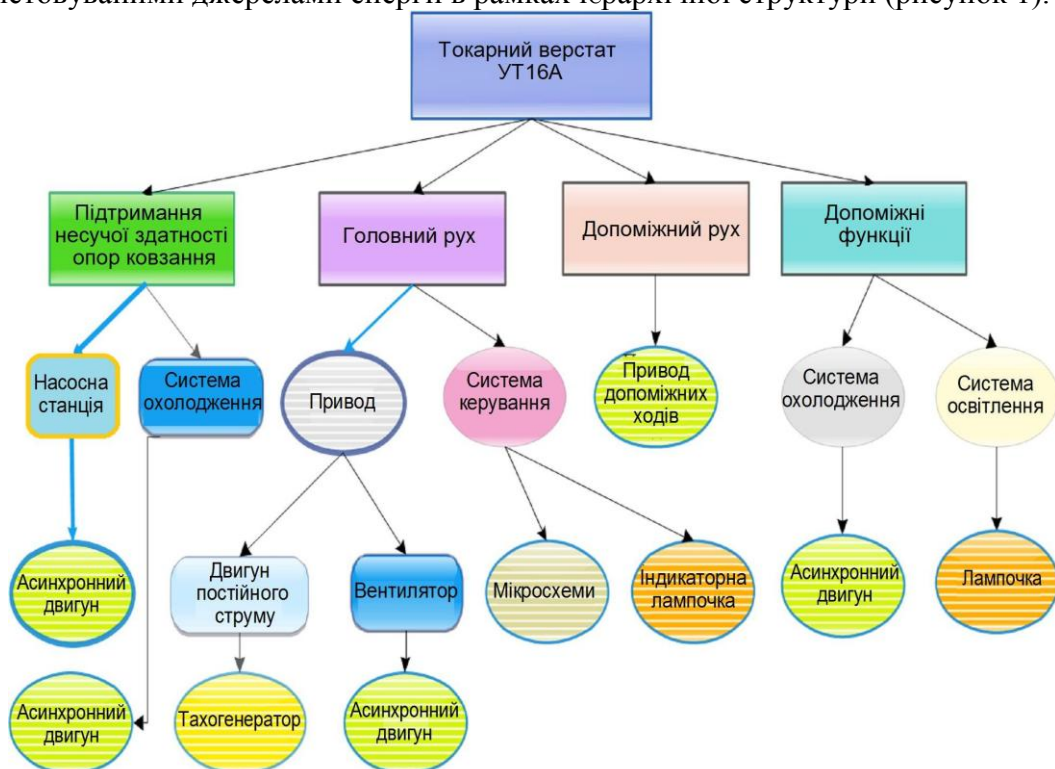


Рисунок 1. Функціонально-енергетична структура токарного верстату УТ16А

Встановлено, що при обробці заготовок на верстаті з гідравлічними опорами ковзання спостерігається широкий діапазон коливання споживаної потужності в часі, який складає в середньому межах 0,3 ... 2 кВт. При частотах обертання шпинделя верстата менших за $n=1950 \text{ хв}^{-1}$ вплив конструктивної невірноваженості оброблюваних заготовок або технологічного оснащення, встановлюваного на (в) шпинделі та тиску в опорах ковзання на споживання потужності приводом головного руху верстату на холостих ходах є незначним або мінімальним і таким що можна знехтувати. При цьому вплив

конструктивної невірноваженості на енергоспоживання приводу головного руху в режимі холостого ходу є більшим ніж вплив тиску в опорі ковзання. Найбільший вплив на споживання електричної енергії приводом головного руху верстату на холостих ходах має частота обертання приводу головного руху n . Найбільший вплив на енергію, що споживає привод головного руху верстату, здійснюють подача та частота обертання шпинделя. Встановлено, що зростання величини тиску в карманах гідростатичних шпиндельних опор з 2 МПа до 4 МПа, тобто в 2 рази призводить до збільшення споживаної потужності приводом шпиндельного вузла верстату в середньому на 30 Вт або на 4,5 %. Підвищення температури робочої рідини в гідравлічній системі живлення шпиндельних опор призводить до необхідності збільшення продуктивності насосної станції для підтримання необхідного тиску, що супроводжується суттєвим збільшенням споживаної енергії гідроприводом з електромережі. Відповідно встановлено, що підвищити показники енергоефективності системи живлення шпиндельних гідравлічних опор дозволить застосування адаптивної системи регулювання температури робочої рідини.

Залежно від характеру обробки на верстаті можуть бути використані оптимізовані режими різання за показниками енергоефективності та продуктивності, що дозволяє зменшити споживання енергії приводом головного руху верстату при різних схемах оптимізації на 55...80 %, а також збільшити продуктивність обробки в середньому на 70...90 %. На основі результатів проведених досліджень розроблено нові схемні рішення адаптивних систем живлення гідравлічних шпиндельних опор з насосно-акумуляторним частотно-регульованим гідроприводом, які відрізняються можливістю програмно-апаратного керування конструктивними, експлуатаційними параметрами та режимом живлення опор залежно від частоти обертання шпинделя, режиму роботи обладнання та характеру технологічного навантаження. Розроблено проектні рекомендації з вибору оптимальних режимів токарної обробки що забезпечують підвищення продуктивності та енергоефективності обробки при заданих показниках якості. Запропоновано схемне рішення конструкції шпиндельного вузла прецизійного токарного верстата УТ16А зі спеціальною адаптивною системою живлення гідравлічних шпиндельних опор.

Висновки. Здійснені в роботі дослідження енергоефективності вузлів, процесів та систем прецизійного токарного верстата УТ16А з шпинделем на гідростатичних опорах дозволили встановити закономірності формування показників енергоспоживання вузлів та систем верстата залежно від експлуатаційних параметрів гідравлічних опор та технологічних навантажень. Встановлені закономірності, розроблені конструктивні, схемні та технологічні рішення, рекомендовані способи і засоби підвищення енергоефективності можуть бути використані при модернізації існуючих та проектуванні нових виконавчих вузлів та систем обробних верстатів та промислового обладнання подібного конструктивного виконання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розробка енергоефективних високошвидкісних шпиндельних вузлів на адаптивних опорах ковзання [Текст]: звіт про НДР (закл.) / Чернігівський національний технологічний університет; керівн. Федориненко Д.Ю.; відп. викон. Сапон С.П. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 318 с. – Інв. № 0217U004350.
2. Експериментальне оцінювання енергоефективності процесів механічного оброблення на верстатах / Федориненко Д. Ю., Космач О. П., Безручко В. М., Сапон С. П. // Технічні науки та технології – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – №2(4). – С. 16 – 22.
3. Експериментальна оцінка енергоефективності приводу верстатів на допоміжних переходах / Космач О. П., Сапон С. П., Безручко В. М., Федориненко Д. Ю. // Технічні науки та технології – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – №3(5). – С. 58 – 66.
4. Fedorynenko D. Energy efficient adaptive supply system of hydraulic spindle bearings / Fedorynenko D., Sapon S., Tsekov B., Kosmach A., Bezruchko V. // Ukraine – EU. Modern technology, business and law: collection of international scientific papers. Part 2 (03.04.2017 – 08.04.2017, Slovacia – Austria - Hungary). – Chernihiv:CNUT, 2017. – p. 185 – 188.