

УДК 621.9-1/-9

В.О. ІВАНОВ, І.М. ДЕГТЯРЬОВ, І.Е. ЯКОВЕНКО**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЖЕЛІВ**

У статті виконано експериментальні дослідження запропонованої конструкції верстатного пристрою, який забезпечує достатню інструментальну доступність і дозволяє виконувати багатокординатну обробку деталей типу важелів при одному закріпленні. Експериментальні дослідження порівняно із раніше отриманими результатами чисельного моделювання, підтвердили, що запропонована конструкція відповідає усім параметрам точності. Результати експериментальних досліджень із визначення переміщень показали, що величини переміщень, визначені статично, у запропонованому верстатному пристрої менші, ніж у стандартних. Проведений аналіз результатів визначення частот власних коливань при обробці важелів зі сталі та чавуну підтвердив, що перша критична частота запропонованого верстатного пристрою значно перевищує аналогічний параметр стандартних верстатних пристроїв.

Ключові слова: верстатний пристрій, технологічний процес, фрезерування, точність, гнучкість, частота, статичне навантаження.

В статье выполнены экспериментальные исследования предложенной конструкции станочного приспособления, обеспечивающего достаточную инструментальную доступность и позволяющего выполнять многокоординатную обработку деталей типа рычагов при одном закреплении. Экспериментальные исследования по сравнению с ранее полученными результатами численного моделирования, подтвердили, что предложенная конструкция соответствует всем параметрам точности. Результаты экспериментальных исследований по определению перемещений показали, что величины перемещений, определенные статически, в предложенном станочном приспособлении меньше, чем у стандартных. Проведенный анализ результатов определения частот собственных колебаний при обработке рычагов из стали и чугуна подтвердил, что первая критическая частота предложенного станочного приспособления значительно превышает аналогичный параметр стандартных станочных приспособлений.

Ключевые слова: станочное приспособление, технологический процесс, фрезерование, точность, гибкость, частота, статическая нагрузка.

This paper demonstrates the experimental results of proposed fixture which provides the sufficient tool accessibility and allows to realize multiaxis machining the lever-type parts in one setup. The results of experimental researchers were compared with numerical simulation results. The proposed fixture configuration has necessary accuracy parameters. Results of deflected mode research show that the values of displacements and stress during machining in the proposed fixture are smaller than standard one. Modal analysis confirmed that proposed fixture has higher dynamic stiffness than standard fixtures for machining of levers. Simulations were carried out for levers machining of steel and cast iron.

Keywords: fixture, manufacturing process, milling, accuracy, flexibility, frequency, static load.

Вступ. Важливу роль у забезпеченні випуску конкурентоспроможної продукції відіграють верстатні пристрої (ВП). Це підтверджується тим, що вони складають 70–80% від загального обсягу технологічної оснастки [1], 80–90% витрат на технологічну підготовку виробництва витрачається на проектування та виготовлення ВП [2], 10–20% загальної вартості виробничих систем становить вартість ВП [3], до 40% бракованих деталей у машинобудуванні виникає через недосконалість ВП [4].

Постановка проблеми. Сучасне машинобудування характеризується багатонаменклатурністю деталей, що випускаються. Збільшення номенклатури виробів потребує ускладнення проектно-конструкторських робіт із виготовлення технологічної оснастки, особливо ВП. Такі умови виробництва вимагають частих переналагоджень на обробку іншої партії деталей, що ставить питання про економічну доцільність проектування та виготовлення спеціальних ВП для деталей конкретного типорозміру. Тому актуальним є впровадження гнучких ВП, які забезпечують переналагодження на інший типорозмір деталей [5].

Аналіз останніх досліджень і літератури. Сучасна тенденція реалізації механічної обробки – висока інтенсифікація технологічних процесів (ТП), тобто скорочення витрат штучного часу за рахунок зменшення частки допоміжного часу, що в умовах жорсткої конкуренції на ринку, багатонаменклатурності деталей машинобудування та можливостей сучасних металорізальних верстатів – є актуальною задачею на сьогодні [6]. Одним із основних рішень щодо підви-

щення інтенсифікації механічної обробки є розроблення та впровадження прогресивних ВП, які мають високий ступінь гнучкості, дозволяють виконувати механічну обробку за мінімальну кількість установлень за рахунок підвищення інструментальної доступності та забезпечення багатокординатної обробки. Прагнення до обробки деталі за одне установлення є особливо актуальним для верстатів свердлильно-фрезерно-розточувальної групи, адже на них обробляються різні деталі складної просторової конфігурації із взаємним розташуванням поверхонь під різними кутами з малими допусками взаємного розташування. Це, як правило, потребує великої кількості установлень та частих змін схем базування, що безпосередньо впливає на точність виготовлення кінцевого продукту.

На вищевказаних верстатах, як правило, обробляються деталі типу корпусів, блоків циліндрів, планок, шатунів, кронштейнів, важелів тощо. Також виконується фрезерування шпонкових пазів і лисок на валах, свердління радіально-розташованих отворів у фланцях і дисках та отворів, розташованих під кутом.

Підвищення гнучкості та розширення технологічних можливостей ВП, скорочення підготовчо-заключного часу на їх переналагодження, а, отже, підвищення ефективності використання металорізальних верстатів забезпечується за рахунок розроблення та впровадження швидкопереналагоджуваних базуючих модулів, які входять до комплексу універсально-збірних переналагоджуваних пристроїв [7, 8].

Розроблені конструкторські рішення для базування корпусних деталей за площиною [9–12], площиною та двома отворами [13, 14], у координатний

© В.О. Іванов, І.М. Дегтярьов, І.Е. Яковенко, 2017

кут [15], а також деталей типу тіл обертання з базуванням за зовнішніми циліндричними поверхнями [16–21] та внутрішніми циліндричними поверхнями [21–23] показали високу ефективність в умовах сучасного машинобудування.

Проте у машинобудуванні, зокрема в автомобільній промисловості, досить розповсюдженим є клас деталей складної форми, до якого належать важелі, кронштейни, вилки, шатуни, кулісні, тягові та інші деталі, які входять до класу 74 згідно ЄСКД 1.79.100 ОК 012-93 [24]. Для деталей типу важелів розроблено конструкцію ВП, що дозволяє на сучасному обладнанні забезпечити багатокоординатну обробку та інтенсифікувати ТП їх виготовлення [25].

У даний час обробка деталей складної форми виконується із застосуванням спеціальних або універсально-збірних ВП, які або виключають можливість переналадження, або дозволяють виконувати його в малому діапазоні розмірів [26].

Виконані дослідження напружено-деформованого стану та модальний аналіз запропонованого ВП [27, 28] дозволяють говорити про те, що даний ВП може бути застосований у реальних виробничих умовах, проте це потребує експериментальної перевірки величини реальних переміщень під дією прикладених сил, а також визначення реальних значень власних частот коливань.

Метою даної роботи є перевірка можливості застосування запропонованого ВП, який забезпечує можливість переналадження елементів ВП для встановлення деталей типу важелів у певному діапазоні розмірів, підвищує інструментальну доступність та дозволяє виконувати багатокоординатну обробку шляхом експериментальної перевірки та співставлення експериментальних значень величин переміщень та частот власних коливань із результатами моделювання.

Матеріали досліджень. Об'єктом дослідження обрано деталі типу важелів, які є складовими багатьох агрегатів і вузлів машинобудівної продукції, особливо в автомобільній промисловості. Предметом дослідження є запропонований ВП для обробки деталей типу важелів (рис. 1). Даний ВП призначений для встановлення важелів різних типорозмірів у межах технічної характеристики, та дозволяє скоротити витрати часу на переналадження та забезпечити інструментальну доступність оброблюваних поверхонь [25].

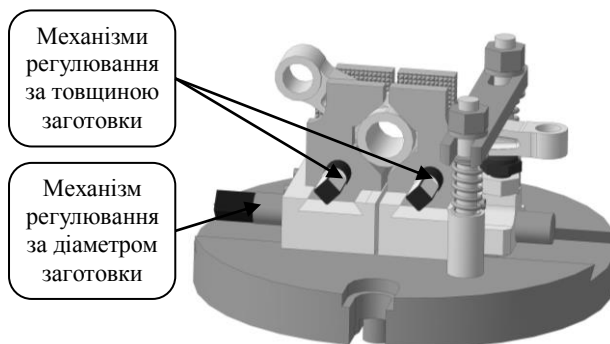


Рис. 1 – Переналаджуваний установлювально-затискний модуль для обробки деталей типу важелів

Для перевірки можливості складання та функціонування ВП виготовлена модель із ABS-пластику із застосуванням адитивних технологій (рис. 2 а), на основі тестування якої підтверджено її працездатність, та виготовлено дослідний зразок ВП із металу (рис. 2 б). Усі розміри елементів ВП були отримані в результаті параметричної оптимізації.

Також для проведення експериментальної частини досліджень розроблено та виготовлено ВП спеціальної конструкції (рис. 3), який складається з плити 1, оправки 2, що відповідає номінальному розміру отвору центральної бобишки важеля, двох опор 3, та упора 4.

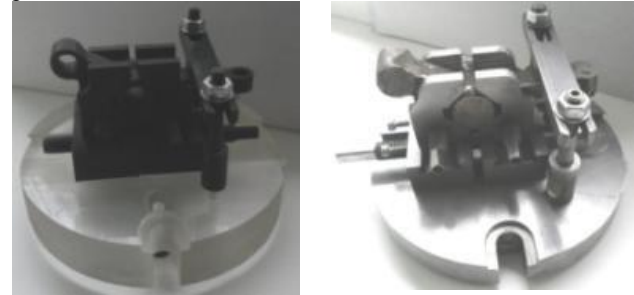


Рис. 2 – Запропонований ВП для обробки важелів: а - функціональна модель; б – дослідний зразок

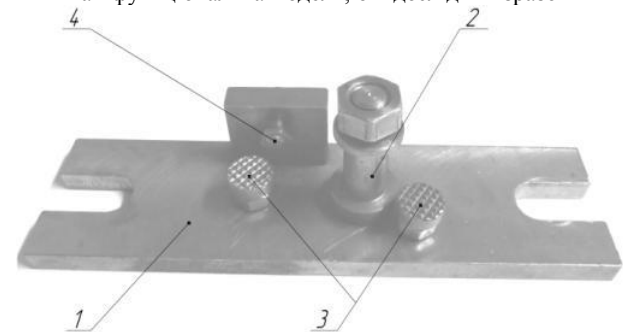


Рис. 3 – Дослідний зразок спеціального ВП для обробки деталей типу важелів

Для перевірки адекватності результатів моделювання, шляхом співставлення їх з результатами натурних експериментів виконано експериментальні дослідження НДС запропонованого та спеціального ВП типового ТП.

Експериментальні дослідження НДС ВП передбачає прикладання навантажень до місць оброблюваних поверхонь деталі та вимірювання величини переміщень у точці прикладання навантаження. Для цього на базі матеріально-технічного забезпечення кафедри розроблено експериментальну установку з вимірювання величини переміщень під дією навантаження. Принципова схема вимірювання сил та переміщень представлена на рис. 4, а схеми вимірювання переміщень у вертикальній та горизонтальній площинах на рис. 5 та рис. 6 відповідно.

Відповідно до схем вимірювання переміщень за базову частину експериментальної установки використано горизонтально-фрезерний верстат моделі 6P83 та вертикально фрезерний верстат моделі 6P12. На експериментальних установках (рис. 5, рис. 6) закріплення ВП 1 на столі верстата 5 виконувалось за допомогою кріпильних елементів 4. Сили прикладались

через оправку 6, встановлену у шпинделі верстата, що під час переміщення стола діє на тарований динамометр 3 моделі Mohr & FEDERHAFF MANNHEIM. Динамометр представляє собою таровану пружинну скобу, жорсткість якої відома. Величина сили вимірюється за допомогою визначення величини деформації пружинної скоби, що фіксується індикатором годинникового типу моделі МІГ1 ГОСТ 9696-82. Ціна поділки індикатора 0,001 мм відповідає величині сили 6 Н.

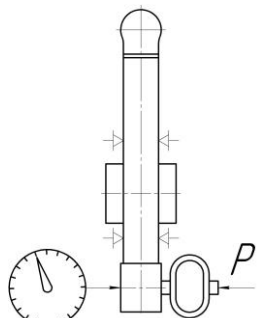


Рис. 4 – Принципова схема дослідження напружено-деформованого стану

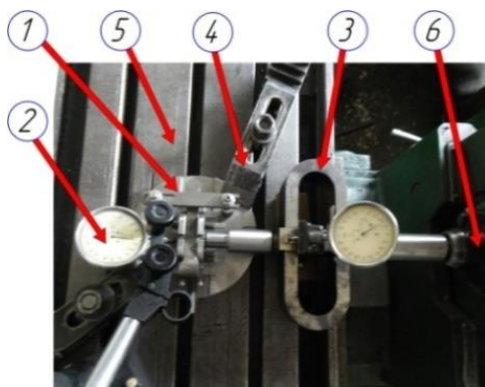


Рис. 5 – Установка для вимірювання сил та переміщень у горизонтальній площині



Рис. 6 – Установка для вимірювання сил та переміщень у вертикальній площині

Вимірювання величини переміщень елементів ВП здійснювалось за допомогою індикатора 2 моделі МІГ1 ГОСТ 9696-82. Розрахункові величини навантажень були взяті для обробки важеля зі сталі 40ХН ГОСТ 4543-71, як найбільш, що можуть зустрітись при обробці. При обробці чавуна СЧ20 та алюмінієвого сплаву АС9 навантаження, що виникатимуть при обробці, будуть суттєво меншими у силу фізико-

механічних властивостей даних матеріалів, тому і перевірка НДС для даних умов не виконувалась.

Навантаження на оброблювані поверхні важеля у ВП виконувалось у кількості 10 разів на кожен з поверхонь. При цьому у проміжки між навантаженнями відбувалось повне розвантаження, що імітує процес установлення іншої заготовки. У якості заготовок дослідного зразка для виконання натурального експерименту вкористовувалися виливки з чавуна СЧ20 ГОСТ 1412-85. Процес навантаження, що імітує свердління допоміжних отворів бобишок важеля супроводжується консольними навантаженнями (рис. 7), що може призвести до перевищення допустимої величини напружень для чавуна при прикладенні сил, що виникають при обробці сталі 40ХН. Тому величини навантажень для цих переходів обробки були взяті, як розрахункові для чавуна.

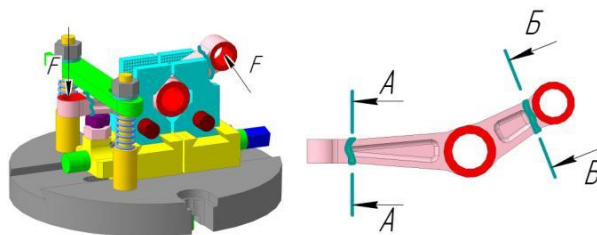


Рис. 7 – Небезпечні перетини у конструкції важелів при встановленні у ВП

Результати досліджень.

Співставлення експериментальних даних та результатів моделювання для запропонованого та спеціального ВП на найбільш навантажених переходах представлені на графіках (рис. 8–10).

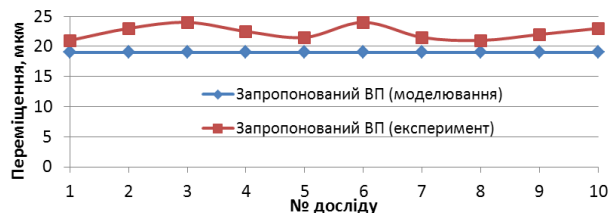


Рис. 8 – Співставлення результатів моделювання та експериментальних даних при свердлінні головного отвору у запропонованому ВП ($P_o = 5500$ Н)

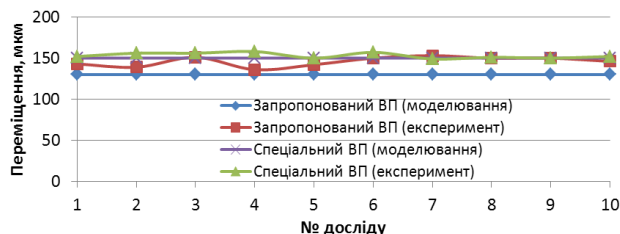


Рис. 9 – Співставлення результатів моделювання та експериментальних даних при свердлінні бобишки допоміжного отвору, що паралельний головному у запропонованому та спеціальному ВП ($P_o = 3300$ Н)

Результати статичного експерименту НДС показали, що величини переміщень елементів ВП більші у середньому на 15% ніж значення величин на аналогічних переходах при моделюванні, проте все одно знаходяться в допустимих межах.

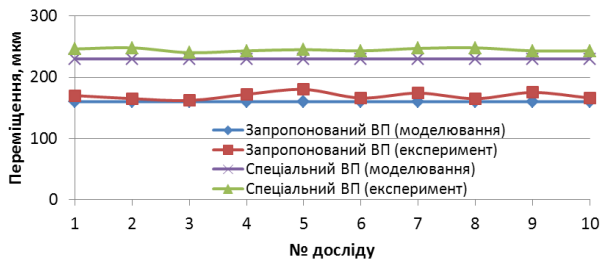


Рис. 10 – Співставлення результатів моделювання та експериментальних даних при свердлінні бобишки допоміжного отвору, що перпендикулярний головному у запропонованому та спеціальному ВП ($P_0 = 2400$ Н)

Наявність розбіжності між результатами можна пояснити похибками вимірювання величини сили та переміщень, а також реальними властивостями матеріалу деталей ВП, що можуть відрізнятися від довідникових у допустимих межах. При цьому аналогічна ситуація спостерігається і для спеціального ВП типового ТП. Варто відмітити, що похибка зростає з підвищенням навантаження на елементи як у запропонованому ВП, так і у спеціальному ВП. Отже, виходячи з вищесказаного можна стверджувати, що моделі та граничні умови були задані вірно, тому є сенс провести натурні експерименти із визначення частот власних коливань ВП [29].

Як відомо, процеси механічної обробки дуже часто супроводжуються коливаннями, тому важливо визначити та попередити можливу їх появу. Це можна виконати, якщо знати частоти власних коливань системи. Кожна система має нескінченну множину частот власних коливань та їх форм (мод), але, як правило, у більшості випадків для конструкції загального машинобудування та ВП зокрема необхідно знати три перші частоти. Форми коливань можуть мати або не мати періодичності, проте кожна неперіодична форма може бути розкладена на безліч періодичних. Коливання характеризуються частотою та періодом, але з точки зору забезпечення працездатності конструкції та попередження появи резонансу необхідно знати саме частоти власних коливань досліджуваної конструкції. У [27] визначені частоти власних коливань та порівняні з частотою процесу різання, але для впевненості необхідно провести експериментальні дослідження по визначенню частоти власних коливань для запропонованого та спеціального ВП та порівняти їх з результатами моделювання.

Експериментальний модальний аналіз ВП для прогресивного та типового ТП виконувався за схемою установа (рис. 11).

Для експериментального визначення власних частот коливань використано обладнання фірми National Instruments. Обидві установки містять конструкцію ВП (запропонованого або спеціального) 1, що встановлена на столі верстата 2 та закріплена гайками 3, а також пристрою для реєстрації частот коливань 4 за допомогою датчиків 5. ВП жорстко закріплювались на столі верстата задля уникнення побічних коливань, що можуть бути зафіксовані датчиками та внести похибку при експерименті. Масивна конструкція станини верстата буде гасити можливі зовнішні коливання. Для збудження коливань у системі «ВП – заготовка»

використовується спеціальний молоток 6 із гумовим наконечником.

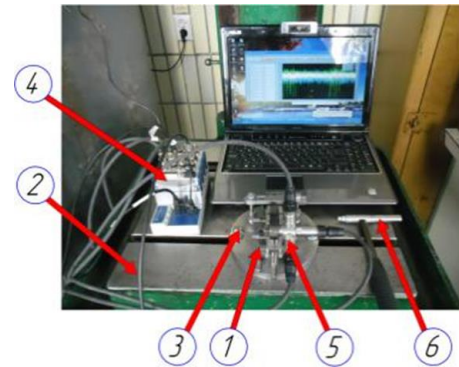


Рис. 11 – Експериментальна установка для виконання модального аналізу

Для збудження коливань у системі «ВП – заготовка» використовується спеціальний молоток 6 із гумовим наконечником. Початковий імпульс надавався шляхом удару молотком по консольним елементам системи «ВП – заготовка» (бобишки головного та допоміжного отворів).

У результаті експериментів отримані миттєві значення віброприскорень, що зафіксовані датчиками через визначені проміжки часу (0,001 секунди). Тому для визначення експериментальних частот власних коливань ВП необхідно визначити спектри частот власних коливань, що можна здійснити за допомогою розкладення отриманих експериментальних значень віброприскорень у вібропереміщення. Ця процедура можлива шляхом подвійного інтегрування функції віброприскорення у вібропереміщення за допомогою використання методу «швидкого перетворення Фур'є». Таким чином, виконавши подвійне інтегрування за допомогою програмного продукту MathCAD отримані спектри частот власних коливань, що для наочності наведено у вигляді графіка (рис. 12), де піки відповідають критичним частотам.

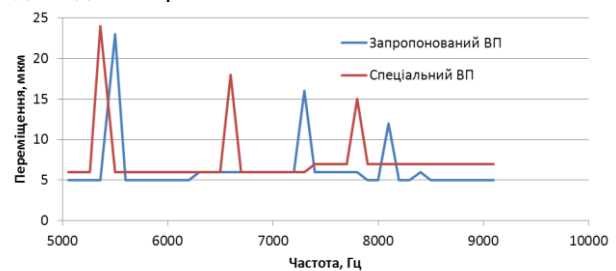


Рис. 12 – Спектри частот власних коливань ВП

Аналізуючи графік, можна зробити висновок, що критичні частоти для запропонованої конструкції ВП вище, ніж для спеціального ВП, а отже, жорсткість запропонованого ВП очікувано буде вищою. Явище резонансу при обробці важеля в обох конструкціях не виникне, адже максимальна частота процесу різання не досягає першої критичної частоти ВП. У результаті експериментів визначені перші критичні величини частот власних коливань: запропонованого ВП – 5516 Гц; спеціального ВП – 5417 Гц. Співставлення теоретичних та експериментальних досліджень власних частот коливань ВП наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Співставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень власних частот коливань ВП

Верстатний пристрій	Критичні частоти, Гц (результати моделювання)			Критичні частоти, Гц (результати експерименту)			Похибка, %		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Спеціальний	5888	7268	8250	5417	6578	7766	9	9,5	5,9
Запропонований	5970	7830	8915	5516	7290	8250	7,6	6,9	9,2

Висновки.

Доведено, що розроблені технічні рішення сприяють інтенсифікації ТП механічної обробки та не призводять до погіршення показників точності. Проведені експериментальні дослідження НДС показали, що розроблена конструкція ВП для обробки важелів забезпечує багатокоординатну обробку та відповідає умовам міцності, а також значно скорочує витрати допоміжного та підготовчо-заклучного часу.

Експериментальні дослідження НДС системи «ВП – заготовка» які показали, що величини переміщень елементів ВП більші у середньому на 15% ніж значення величин на аналогічних переходах при моделюванні. Проте значення реальних переміщень також не виходять за величину допусків, що задані на кресленні.

Експериментальні дослідження частот власних коливань системи «ВП – заготовка» показали зменшення частот власних реальних конструкцій запропонованого та спеціального ВП на 8% порівняно з результатами моделювання. Реальні частоти власних коливань перевищують режими обробки, отже резонанс не виникне.

Подальші дослідження спрямовані на експериментальну перевірку можливості здійснення механічної обробки важеля із заданими точнісними параметрами безпосередньо на верстаті, а також розробку ВП для обробки інших деталей складної форми, використовуючи новий підхід до проектування.

Список літератури:

- Ряховский А. В. Разработка и внедрение комплекта унифицированной технологической оснастки для обработки корпусных деталей специзделий [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / Ряховский Алексей Владимирович. – Харьков, 1996. – 135 с.
- Іванов В.О. Вибір оптимальних компоновок верстатних пристроїв для верстатів з ЧПК [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / Іванов Віталій Олександрович. – Харьков, 2010. – 239 с.
- Hashemi H. A case-based reasoning for design of machining fixture [Text] / H. Hashemi, A. M. Shaharoum, I. Sudin // Int Journal of Manufacturing Technology, 2014. – Vol. 74. – P. 113–124.
- Wang H. Computer aided fixture design: recent research and trends [Text] / H. Wang, Y. Rong, H. Li, P. Shaun // Computer-Aided Design, 2010. – Vol. 42 (12). – P. 1085–1094.
- Карпуть В. Е. Обоснование выбора системы приспособлений в серийном производстве [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Высокі технології в машинобудуванні. – Харьков : НТУ «ХП», 2008. – Вип. 1 (16). – С. 125–134.
- Карпуть В. С. Інтенсифікація процесів механічної обробки [Текст] : монографія / В. С. Карпуть, В. О. Иванов, О. В. Котляр та ін.; за ред. В. С. Карпуся. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 436 с.
- Карпуть В. Е. Универсально-сборные переналаживаемые приспособления [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Вестник машиностроения. – 2008. – №11. – С. 46–50.
- Karpus' V. E. Universal-composite adjustable machine-tool attachments [Text] / V. E. Karpus', V. A. Ivanov // Russian Engineering Research, 2008. – Vol. 28, No. 11. – P. 1077–1083.
- Пат. на корисну модель № 71870, Україна, МПК (2012) B23 V39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М., Кушніров П. В.
- Пат. на корисну модель № 96399 Україна, МПК (2015) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М.
- Швидкопереналагоджувані базуючі модулі для встановлення корпусних деталей [Текст] / В. С. Карпуть, В. О. Иванов, Д. О. Міненко, І. М. Дегтярьов. // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2012. – № 2. – С. 91–94.
- Пат. на корисну модель № 113147 Україна, МПК (2016) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М., Карпуть В. С.
- Пат. на корисну модель № 60130 Україна, МПК (2011) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Карпуть В. С. 1
- Пат. на корисну модель № 67918 Україна, МПК (2012) B23V 39/00, B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Карпуть В. С., Романенко І. В.
- Пат. на корисну модель № 59745 Україна, МПК (2011) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Карпуть В. С.
- Пат. на корисну модель № 31416 Україна, МПК (2006) B23V 39/00. Базуюча призма, що автоматично регулюється [Текст] / Карпуть В. С., Іванов В. О.
- Карпуть В. С. Вибір базуючих модулів для встановлення валів при обробці на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах [Текст] / В. С. Карпуть, В. О. Иванов, К. С. Вараксіна. // Резание и инструмент в технологических системах. – 2009. – № 76. – С. 55–62.
- Карпуть В. Е. Экспериментальные исследования точности обработки валов при базировании в призмах [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов, А. В. Ряховский. // Вісник Сумського державного університету. – 2010. – № 4. – С. 24–27.
- Карпуть В. Е. Точность базирования валов в призмах [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов. // Вестник машиностроения. – 2012. – № 2. – С. 40–45.
- Karpus V. E. Locating accuracy of shafts in V-blocks [Text] / V. E. Karpus, V. A. Ivanov. // Russian Engineering Research, 2012. – Vol. 32 № 32. – P. 144–150.
- Пат. на корисну модель № 113148 Україна, МПК (2016.01) B23Q 3/06. Переналагоджуваний самоцентруючий установлювально-затискний модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М., Павленко І. В.
- Пат. на корисну модель № 30999 Україна, МПК (2006.01) B23Q 3/06. Оправка розтискна [Текст] / Карпуть В. С., Іванов В. О.
- Пат. на корисну модель № 95074 Україна, МПК (2014.01) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М.
- Іванов В.О. Технологія виготовлення автомобільних деталей складної форми [Текст] / В. О. Иванов, В. С. Карпуть, І. М. Дегтярьов, В. Р. Богдан // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харьков. : Національна академія Національної гвардії України, 2015. – №. 1 (25). – С. 85–90.
- Пат. на корисну модель № 98925 Україна, МПК (2015.01) B23V 39/00. Переналагоджуваний установлювально-затискний модуль для обробки деталей типу важелів [Текст] / В.О. Иванов, І.М. Дегтярьов, В.С. Карпуть.
- Боровік А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва [Текст] : книга / А. І. Боровік. – К.: Кондор, 2008. – 726 с.
- Іванов В.О. Чисельне моделювання верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів [Текст] / В. О. Иванов, В. С. Карпуть, І. М. Дегтярьов та ін. // Вісник НТУ «ХП». – Харьков: НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 110–115.
- Ivanov V. Numerical simulation of the system «fixture–workpiece» for lever machining [Text] / V. Ivanov, D. Mital, V. Karpus, I.

- Dehtiarov et. al. // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2016, 12 p., doi: 10.1007/s00170-016-9701-2.
29. Иванов В. О. Анализ экспериментальных данных та їх співставлення з результатами моделювання / В. О. Иванов, І. М. Дегтярьов // Машинобудування очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво : матеріали XVI міжнар. молод. науково-техн. конф., 26–29 жовтня 2016 р., Суми. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – С. 22.с.
- Bibliography (transliterated)**
1. Rjahovskij A. V. *Razrabotka i vnedrenie kompleksa unificiro-vannoj tehnologicheskoy osnastki dlja obrabotki korpusnyh detalej specizdelij*, Harkiv, 1996. Print.
 2. Ivanov V.O. *Vy'bir opyt'mal'ny'x komponovok verstatnyh pry'strojiv dlya verstativ z ChPK*, Harkiv, 2010. Print.
 3. Hashemi H. A, Shaharoum A. M., Sudin I. *Case-based reasoning for design of machining fixture*, 2014. Print.
 4. Wang H., Rong Y., Li H., Shaun P. *Computer aided fixture design: recent research and trends*, 2010. Print.
 5. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Obosnovany'e vibora sy'stemi pry'sposobleny'j v sery'jnom proy'zvodstve* Harkiv. Vy'soki tehnologiyi v mashy'nobuduvanni, 2008. Print.
 6. Karpus' V.E., Ivanov V.O., Kotlyar O.V. *Intensy'fikaciya procesiv mexanichnoyi obrobky*. Sumy, 2012. Print.
 7. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Universal'no-sbornye perenalazhivaemye prispособlenija*, 2008. Print.
 8. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Universal-composite adjustable machine-tool*, 2008. Print.
 9. Ivanov V.O., Degtyar'ov I.M., Kushnirov P.V. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2012. Print.
 10. Ivanov V.O., Dehtiarov I.M. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2015. Print.
 11. Karpus' V.E., Ivanov V.O., Mینenko D.O., Degtyar'ov I.M. *Shvy'dkoperenalagodzhuvani bazuyuchi moduli dlya vstanovlennya korpusnyh detalej*, 2012. Print.
 12. Ivanov V.O., Dehtiarov I. M., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model 113147. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2017. Print.
 13. Ivanov V.O., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model 60130. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2011. Print.
 14. Ivanov V.O., Karpus' V.E., Romanenko I.V. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2012. Print.
 15. Ivanov V.O., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model 59745. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2011. Print.
 16. Ivanov V.O., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model. Bazuyucha pry'zma, shho avtomaty'chno reguluyet'sya*, 2006. Print.
 17. Karpus' V.E., Ivanov V.O., Varaksina K.S. *Vy'bir bazuyuchy'j moduliv dlya ustanovlennya valiv pry'obrobci na sverdly'no-frezerno-roztochuval'nyh verstatah*, 2009. Print.
 18. Karpus' V.E., Ivanov V.A., Rjahovskij A.V. *Eksperimental'nye issledovaniya tochnosti obrabotki valov pri bazirovanii v prizmah*, 2010. Print.
 19. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Tochnost' bazirovaniya valov v prizmah*, 2012. Print.
 20. Karpus' V. E., Ivanov V. A. *Locating Accuracy of Shafts in V-blocks*, 2012. Print.
 21. Ivanov V.O., Dehtiarov I.M., Pavlenko I. V. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j samocentruichij ustanovlyval'no-zaty'skny'j modul'*, 2017. Print.
 22. Karpus' V.E., Ivanov V.O. *Pat. na kory'snu model. Opravka rozty'skna*, 2006. Print.
 23. Ivanov V.O., Dehtiarov I.M. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2014. Print.
 24. Ivanov V.O., Karpus' V.E., Dehtiarov I.M., Bohdan V. R. *Tehnologia vivotovlennya avtomobilnih detalej skladnoi formi*. Kharkiv. Natsionalna academiya Natsionalnoi hvardii Ukrainy, 2015. Print.
 25. Ivanov V.O., Dehtiarov I.M., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j ustanovlyval'no-zaty'skny'j modul' dlya ustanovlennya detalej ty'pu vazheliv*, 2015. Print.
 26. Borovik A.I. *Tehnologichna osnastka mexanoskladal'nogo vy'robny'cztva*, 2008. Print.
 27. Ivanov V.O., Dehtiarov I.M., Karpus' V.E. *Chiselne modeluvannija verstatnich pristrojiv dlya mexanichnoi obrobky detalej ty'pu vazheliv*. Kharkiv. NTU KHPI, 2015. Print.
 28. Ivanov V., Mital D., Karpus V., Dehtiarov I., et. al. *Numerical simulation of the system «fixture–workpiece» for lever machining* The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2016. Print. doi: 10.1007/s00170-016-9701-2.
 29. Ivanov V.O., Dehtiarov I.M. *Analys eksperimentalnih dannyh ta ih spivstavlennia z rezul'tatami modeluvannia*, Sumy. SumDU, 2016. Print.

Надійшла (received) 22.07.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Експериментальні дослідження верстатних пристроїв

Експериментальні дослідження верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів / В.О. Иванов, І.М. Дегтярьов, І.Е. Яковенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 26 (1248). – С. 105–111. – Библиогр.: 29 назв. – ISSN 2079-004X.

Экспериментальные исследования станочных приспособлений для механической обработки деталей типа рычагов / В.А. Иванов, И.М. Дегтярев, И.Э. Яковенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 26 (1248). – С. 105–111. – Библиогр.: 29 назв. – ISSN 2079-004X.

Experimental studies of machine tools for machining parts of the lever type / V. Ivanov, I. Degtyarev, I. Yakovenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Techniques in a machine industry. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 26 (1248). – P.105–111. – Bibliogr.: 29. – ISSN 2079-004X

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Иванов Виталий Александрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету, м. Суми; тел.: (0542) 33-10-24; e-mail: ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua;

Иванов Виталий Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения, станков и инструментов Сумского государственного университета, г. Сумы; тел.: (0542) 33-10-24; e-mail: ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua;

Ivanov Vitalii Oleksandrovych – Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools of Sumy State University, Sumy; tel.: (0542) 33-10-24; e-mail: ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua;

Дегтярьов Іван Михайлович – асистент кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету;

Дегтярев Иван Михайлович - ассистент кафедры технологии машиностроения, станков и инструментов Сумского государственного университета;

Degtyarev Ivan Mikhailovich - assistant of the chair of technology of mechanical engineering, machine tools and tools of Sumy State University;

Яковенко Игор Эдуардович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технологія машинобудування та металорізальні верстати» НТУ «ХПІ», Харків; тел.: (057) 720-66-25; e-mail: igor.dych59@gmail.com;

Яковенко Игорь Эдуардович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки» НТУ «ХПИ», Харьков; тел.: (057) 720-66-25; e-mail: igor.dych59@gmail.com;

Yakovenko Igor Eduardovich. - Candidate of Technical Sciences, PhD, Associate Professor of the Department "Technology of mechanical engineering and metal-cutting machines" NTU "KhPI", Kharkiv; tel.: (057) 720-66-25; e-mail: igor.dych59@gmail.com.