

**В. О. Іванов<sup>1</sup>**  
**В. О. Залога<sup>1</sup>**  
**Є. В. Басова<sup>2</sup>**

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМ БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВОК У ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЯХ ДЛЯ ОБРОБКИ НА БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТАХ СВЕРДЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РОЗТОЧУВАЛЬНОЇ ГРУПИ**

<sup>1</sup>Сумський державний університет;  
<sup>2</sup>НТУ «Харківський політехнічний інститут»

*Забезпечення точності механічної обробки заготовок деталей на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах з ЧПК, в умовах сучасного багатомоделітного виробництва, на сьогодні особливо актуальне. Численність схем установлення заготовок деталей складної форми в умовах багатокординатної обробки на багатоцільових верстатах потребує обґрунтованого вибору схеми базування заготовки та висуває особливі вимоги до проектування верстатних пристроїв. Виконано системний аналіз схем базування заготовок у верстатних пристроях на основі аналізу технологічних процесів виготовлення машинобудівної продукції різних груп на багатоцільових верстатах. У роботі розглянуто питання обґрунтованого вибору схем базування заготовок з урахуванням їх конструкторсько-технологічних особливостей. Наведено результати аналізу схем базування типових представників деталей різних груп, що дозволило виділити основні складності реалізації їх обробки. Детально описано характерні особливості базування груп деталей з використанням верстатних пристроїв. Запропоновано методика обґрунтованого вибору схем базування заготовок для обробки на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах. Розглянуто формування вимог до функціональних елементів верстатних пристроїв, що забезпечують відповідні способи реалізації, а також наведено алгоритм процесу вибору схеми базування заготовки. Результатом розв'язання технологічної задачі у роботі є впорядкування способів реалізації теоретичних схем базування заготовок з урахуванням їх взаємозв'язку з геометричними формами оброблюваної заготовки. Практичне значення роботи полягає в реалізації запропонованої методики на етапі проектування верстатних пристроїв, що дозволить зменшити витрати часу на проектування компонентів верстатних пристроїв в умовах багатомоделітного виробництва.*

**Ключові слова:** верстатний пристрій, схема базування, точність, якість, гнучкість, заготовка.

### **Постановка задачі**

Сучасне машинобудування характеризується підвищенням вимог до якості і точності виготовлення деталей машин. Особливою складністю відрізняється галузь якісної і точної обробки поверхонь корпусних деталей машин. Саме тому важливість проектування та виготовлення верстатних пристроїв (ВП) є актуальним питанням технологічної підготовки виробництва, що впливає на його продуктивність та гнучкість.

Відповідно до сучасних тенденцій створення високоавтоматизованого гнучкого виробництва виникає необхідність у нових методологічних підходах щодо забезпечення параметрів якості та зниження собівартості машинобудівної продукції [1]. Це є наслідком того, що ВП є невід'ємною частиною замкненої технологічної системи «верстат—ВП—різальний інструмент—заготовка» і призначені для точного базування та надійного закріплення заготовок під час обробки на метало-різальних верстатах. Про те, що саме верстатні пристрої впливають на випуск конкурентоспроможної продукції машинобудування, свідчать такі дані: ВП складають 70...80 % загального обсягу технологічної оснастки машинобудівних виробництв [2]; частка ВП складає 10...20 % загальної вартості виробничої системи [3]; 80...90 % витрат часу на технологічну підготовку виробництва припадає на проектування та виготовлення ВП [2]; 40 % бракованих деталей після механічної обробки утворюється через недосконалість ВП [4]; 70 % нових компонентів ВП є модифікацією наявних [5].

*Метою роботи є розробка та обґрунтування методології вибору схеми базування заготовок та формування вимог до установлювальних елементів верстатних пристроїв для свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів з ЧПК з урахуванням конструкторсько-технологічних параметрів заготовок та заданих виробничих умов для забезпечення відповідності основним вимогам щодо якості деталей.*

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

Аналіз типових технологічних процесів виготовлення машинобудівної продукції показав, що приблизно 95 % усієї номенклатури деталей машин виготовляються з використанням ВП. Різноманітність компонувань ВП залежить від конфігурації деталей, характеру обробки, умов виробництва тощо.

На свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах з ЧПК зазвичай обробляють корпусні деталі (близько 59 % від загальної кількості деталей), плоскі деталі (близько 5 %), деталі типу важелів, шатунів, кронштейнів, планок та ін. (близько 7 %), а також тіла обертання (близько 34 %) [6].

Вибір найвигіднішої схеми базування для заданих технологічних умов залежить від розмірів та якості можливих базових поверхонь об'єкта обробки, а також їх розташування. Проведено системний аналіз схем базування заготовок у ВП та поширених деталей машинобудування, який дозволив обґрунтовано виділити низку характерних особливостей, щодо особливостей вибору ВП.

Виявлено, що заготовки корпусних деталей при обробці на металорізальних верстатах базуються за такими основними схемами базування: на три площини (18 % від загальної кількості схем базування деталей даного класу); на дві площинами та отвір (17 %); на площину та два отвори (41 %) [7]. Характерною особливістю цих схем базування є те, що одна з плоских поверхонь (переважно найбільшої площі) використовується як установлювальна база, забезпечуючи достатню стійкість, зручність закріплення та усунення вібрацій під час обробки.

Установлення деталей типу фланців і дисків здійснюється переважно за такими схемами базування: на торець і внутрішню циліндричну поверхню (45 % від загальної кількості схем базування деталей даного класу); на торець і зовнішню циліндричну поверхню (7 %); на торець, внутрішню циліндричну поверхню і шпонковий паз (25 %); на торець, зовнішню циліндричну поверхню і шпонковий паз (10 %); на торець і шліцьовий отвір (13 %) [8]. Характерною особливістю цих схем є те, що для базування обов'язково використовуються площина та циліндрична поверхня, які у сукупності позбавляють заготовку п'яти ступенів вільності, залишаючи лише можливість обертання навколо осі Z. Повне базування заготовки (позбавлення шести ступенів вільності) забезпечується зазвичай за допомогою радіально розташованих конструктивних елементів на циліндричній поверхні або на торці деталі.

Окремої уваги потребує така група деталей, оброблюваних на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах, як вали, на яких зазвичай оброблюються пази, лиски, радіальні отвори. Результати кількісного аналізу технологічних процесів виготовлення валів на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях показали, що установлення деталей цього типу здійснюється переважно за такими схемами базування: на зовнішню циліндричну поверхню і торець (80 % від загальної кількості схем базування деталей цього класу); на зовнішню циліндричну поверхню, торець і радіально-розташований елемент (9 %); в центрах (6 %) та інші (5 %) [8].

Слід зазначити, що можуть використовуватися і відмінні від вищеописаних варіанти схем базування, але інші схеми — окремі випадки, зумовлені конструктивними особливостями заготовок конкретних деталей. Характерною особливістю таких схем є те, що обов'язково присутні одна довга або дві короткі циліндричні поверхні, що розташовані на довжині  $l > d$ , а також торцева поверхня, що в сукупності позбавляють деталь п'яти ступенів вільності, залишаючи лише можливість обертання. Останній ступінь вільності позбавляється зазвичай за допомогою радіально-розташованих елементів на циліндричній поверхні чи торці деталі або за рахунок сил тертя.

Розглянуті вище схеми, у своїй більшості, є традиційними та відомими, проте на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах обробляються також заготовки деталей складної форми (важелі, кронштейни, шатуни, вилки), деталей з криволінійними поверхнями. Для цих та подібних деталей традиційні схеми базування не підходять, тому необхідно індивідуально підходити до проектування ВП, забезпечуючи відповідність основним вимогам [9]—[19].

### **Виклад основного матеріалу**

Одним з найпоширеніших видів обробки, для якої необхідне застосування переналагоджуваних ВП є свердлильно-фрезерно-розточувальна обробка. Як вже зазначалось, точність та якість виготовлення поверхонь деталей машин залежить від схеми базування, вибір якої, для заданих виробничих

умов, в свою чергу, залежить від розмірів та якості базових поверхонь, а також їх розташування.

На початковому етапі розробки рекомендацій щодо вибору схеми базування заготовки у ВП для обробки на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах з ЧПК проведено аналіз конструктивних особливостей типових представників різних груп деталей.

Типовими представниками корпусних деталей є корпуси призматичного та фланцевого типів. До основних труднощів обробки заготовок корпусних деталей можна віднести те, що заготовки обробляються за велику кількість установів, що зумовлено великою кількістю та різноманітністю конструктивних та технологічних елементів, що підлягають обробці на деталі. Також виготовлення корпусних деталей зазвичай характеризується складними траєкторіями руху інструменту, що в свою чергу висуває особливі вимоги до розташування опорних і затискних елементів.

Типовими представниками деталей складної форми є важелі, шатуни, вилки, кронштейни. Аналіз традиційних схем базування дозволив зробити висновок, що для обробки заготовок деталей складної форми на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах традиційні схеми базування не завжди є раціональними, тому необхідно індивідуально підходити до проектування ВП. Особливості обробки заготовок деталей складної форми впливають на проектування ВП. У цих деталях присутні поверхні та отвори, до яких висуваються жорсткі конструкторсько-технологічні вимоги до відносного розташування та форми поверхонь. При цьому часто заготовки базують на необроблені поверхні.

Типовими представниками деталей типу тіл обертання є вали (довжина деталі більша за діаметр) та диски (діаметр більший за довжину). Щодо обробки заготовок такої групи деталей, то складності можуть виникати при обробці шпонкових пазів, обробці отворів по периферії циліндричної поверхні, а також в результаті дії зовнішніх сил, що спричиняють пружні деформації (для протидії чого необхідно розробляти відповідну схему встановлення).

Відомо, що перед обробкою заготовку необхідно позбавити шести ступенів вільності, тобто надати незмінне положення у просторовій системі координат. Саме тому з метою виявлення вимог до установлюваних елементів необхідно виконати три послідовні етапи: 1 — вибір теоретичної схеми базування; 2 — вибір способу реалізації теоретичної схеми базування; 3 — формування вимог до установлювальних елементів (рис. 1).

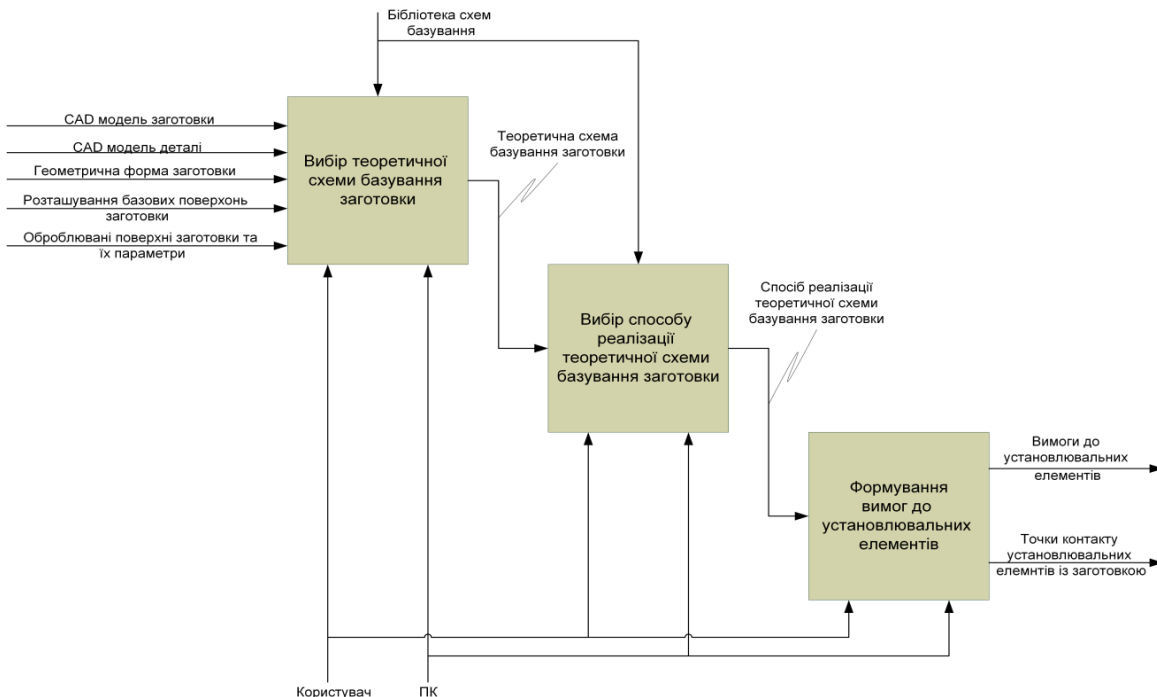


Рис. 1. Діаграма декомпозиції процесу вибору схеми базування заготовки

Теоретична схема базування — це сукупність базових поверхонь заготовок, що мають визначене конструктивне виконання без урахування їх геометричних параметрів, призначених для забезпечення визначеного положення деталі у просторовій системі координат.

Для кожного типового представника деталей машинобудування, що виготовляються на свердлильно-фрезерно-розточувальному обладнанні, можна запропонувати декілька теоретичних схем базу-

вання (рис. 2). Вибір схем базування залежить від геометричної форми та конструктивних особливостей деталі (наявність площин, уступів, отворів тощо), точності розмірів, форми та просторового розташування поверхонь одна відносно іншої, якості та шорсткості поверхонь, жорсткості деталі.

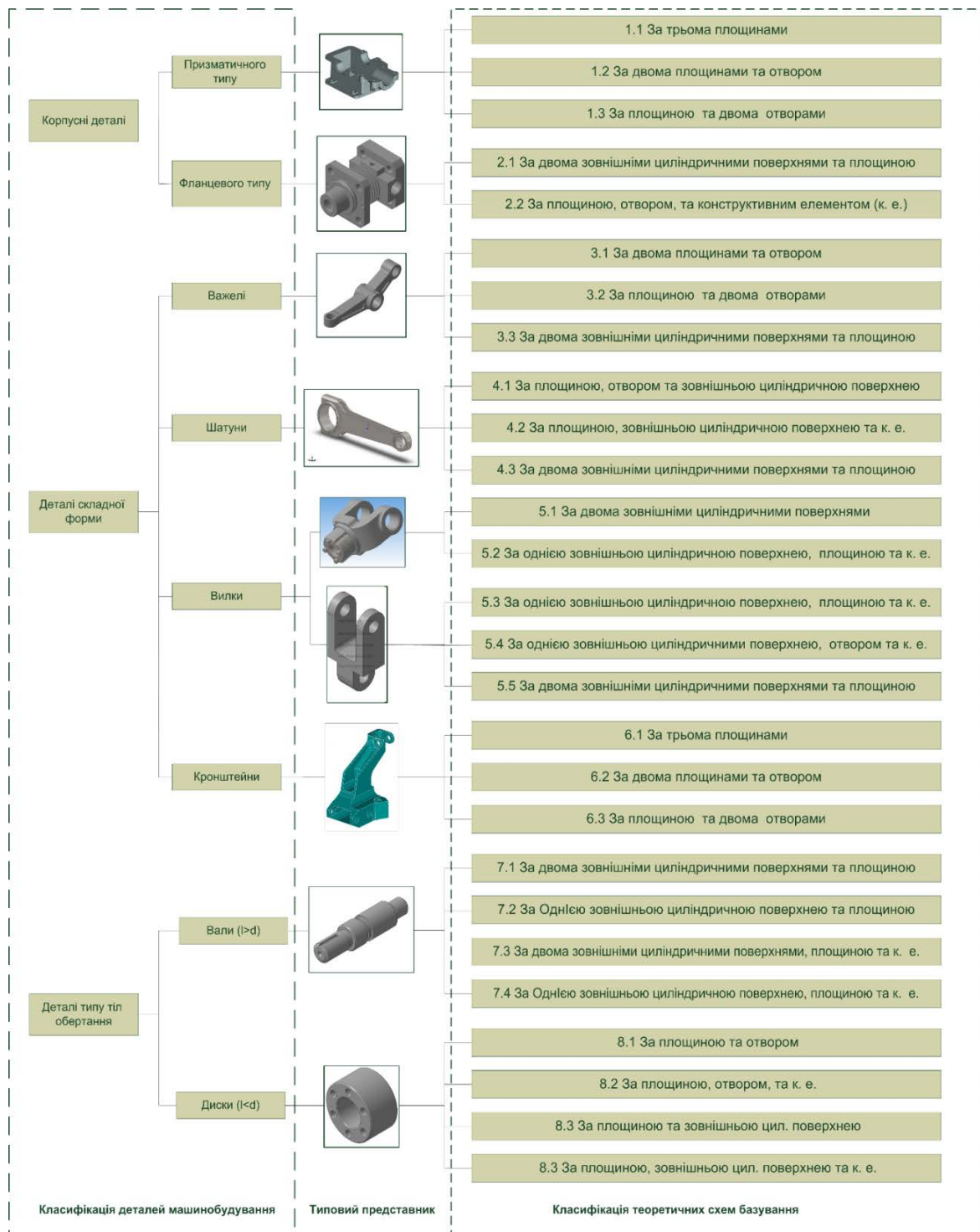


Рис. 2. Взаємозв'язок геометричної форми обробленої деталі та схеми базування

Таким чином, спосіб реалізації теоретичної схеми базування — це комплект функціональних елементів ВП, які використовуються для реалізації теоретичної схеми базування без конкретизації виду та геометричних параметрів функціональних елементів ВП. Результатом вибору способу реалізації теоретичної схеми базування є декілька способів, які затверджуються інженером-технологом.

На основі досліджень виявлено 27 теоретичних схем базування, згрупованих за типом деталей і комбінаціями їх геометричних параметрів, що охоплюють майже весь спектр деталей машинобудування. Визначеним теоретичним схемам базування відповідають 74 способи їх реалізації (табл. 1).

Способи реалізації теоретичних схем базування (фрагмент)

Теоретичні схеми базування	Способи реалізації			
		Установлювальна база	Напрямна база	Опорна база
1.1 За трьома площинами	1.1.1	Пластини	Пластина	Опора
	1.1.2	Опори	Опори	Опора
	1.1.3	Пластини	Опори	Опора
	1.1.4	Пластина та опори	Опори	Опора
	1.1.5	Пластина та опори	Пластина	Опора
1.2 За двома площинами та отвором		Установлювальна база	Подвійна опорна база	Опорна база
	1.2.1	Пластини	Циліндричний палець	Опора
	1.2.2	Опори	Циліндричний палець	Опора
	1.2.3	Пластини	Розтискний самоцентруючий палець	Опора
	Опори	Розтискний самоцентруючий палець	Опора	
1.3 За площиною та двома отворами		Установлювальна база	Подвійна опорна база	Опорна база
	1.3.1	Пластини	Циліндричний палець	Циліндричний палець
	1.3.2	Пластини	Циліндричний палець	Ромбічний палець
	1.3.3	Пластини	Конічний висувний палець	Ромбічний палець
	Пластини	Розтискний самоцентруючий палець	Ромбічний палець	
2.1 За двома зовнішніми циліндричними поверхнями та площиною		Подвійна напрямна база		Опорна база
	2.1.1	Самоцентруючі призми		Бокова опора
	2.1.2	Призми		Бокова опора
	2.1.3	Самоцентруючий патрон		
2.2 За площиною, отвором, та шпонковим пазом		Подвійна напрямна база	Опорна база	Опорна база
	2.2.1	Циліндрична оправка	Упор в торець	Шпонка
	2.2.2	Розтискна оправка	Упор в торець	Шпонка

Після цього виконується формування вимог до комплекту установлюваних елементів. При цьому враховуються геометрична форма, габаритні розміри, якість базових поверхонь. Під вимогами розуміють діапазони геометричних розмірів установлювальних елементів, вид робочої поверхні функціонального елемента. Запропонований підхід інтегровано у модулі технологічного аналізу об'єкта обробки системи автоматизованого проектування верстатних пристроїв (рис. 3), детальний опис структури та функціональних можливостей якої наведено у [20].

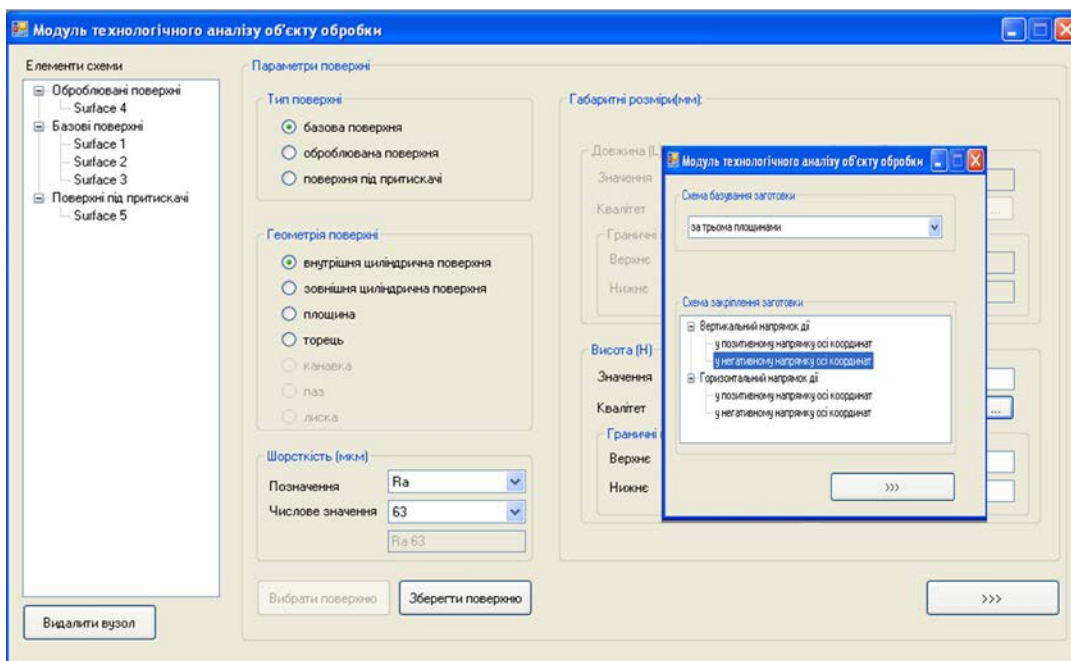


Рис. 3. Модуль технологічного аналізу об'єкта обробки системи автоматизованого проектування верстатних пристроїв



## Висновки

Отримала подальший розвиток систематизація схем базування заготовок у верстатних пристроях при обробці на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах з ЧПК, на основі чого розроблено методологію, яка дозволяє вдосконалити проектні процедури під час конструювання верстатних пристроїв, у тому числі в автоматизованому режимі, та враховує конструкторсько-технологічні особливості заготовок деталей і задані технологічні умови.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. В. Ерохин, «Обеспечение качества станочных приспособлений.» автореф. дис. д-ра техн. наук: спец. 05.02.08 «Технология машиностроения». Брянск, 2007. 412 с.
- [2] В. Є. Карпусь, В. О. Іванов, та О. В. Котляр, *Інтенсифікація процесів механічної обробки*. Суми: Сумський державний університет, 2012. 436 с.
- [3] Bi Z. M., and Zhang W. J., “Flexible fixture design and automation,” *International Journal of Production Research*, no. 39, pp. 2867-2894, 2001.
- [4] F. Nixon, *Managing to Achieve Quality and Reliability*. Maidenhead, McGraw Hill, 1971.
- [5] Y. Rong, and Y. Zhu, *Computer-Aided Fixture Design*. New York, Marcel Dekker, 1999.
- [6] В. А. Прокопенко, и А. И. Федотов, *Многооперационные станки*. Львов: Машиностроение, 1989. 180 с.
- [7] В. Є. Карпусь, В. О. Іванов, Д. О. Міненко, та І. М. Дегтярьов, «Швидкопереналаджувані базуючі модулі для установлення корпусних деталей,» *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*, № 2, с. 91-94, 2012.
- [8] V. Ivanov, I. Dehtiarov, and J. Zajac, “Flexible fixtures for parts machining in automobile industry”, *Proceedings of 2nd EAI Int. Conf. on Management of Manufacturing Systems (MMS-2017)*, Slovakia, 2018, 15 p. <https://doi.org/10.4108/eai.22-11-2017.2274155>.
- [9] I. Boyle, Y. Rong, and D. Brown, “A review and analysis of current computer-aided fixture design approaches,” *International Journal Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 27, pp. 1-12, 2011.
- [10] S. Pehlivan, and J. Summers, “A review of computer-aided fixture design with respect to information support requirements,” *International Journal of Production Research*, vol. 46, no. 4, pp. 929-947, 2008.
- [11] В. Е. Карпусь, та В. А. Іванов, «Современные требования к технологической оснастке станков с ЧПУ,» *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*, № 22, с. 23-35, 2008.
- [12] O. J. Bakker, T. N. Papastathis, S. M. Ratchev, and A. A. Popov, “Recent research on flexible fixtures for manufacturing processes,” *Recent Patents on Mechanical Engineering*. vol. 6, no 2. pp. 107-121, 2013. <https://doi.org/10.2174/2212797611306020003>.
- [13] H. Tohidi, and T. AlGeddawy, “Planning of modular fixtures in a robotic assembly system,” *Pro-cedia CIRP*, no 41, pp. 252-257, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.090>.
- [14] L. Hui, C. Weifang, and S. Shengjie, “Design and application of flexible fixture,” *Procedia CIRP*, no 56, pp. 528-532, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.10.104>.
- [15] B. A. Posindu, et al. “A novel fixturing system for complex shaped components,” in: *2017 Moratuwa Engineering Research Conference*, Moratuwa: IEEE, 2017. pp. 221-224. <https://doi.org/10.1109/MERCon.2017.7980485>.
- [16] H.-C. Mohring, et al., “Modular intelligent fixture system for flexible clamping of large parts,” *Journal of Machine Engineering*, vol. 17, no 4, pp. 29-39, 2017. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.7003>.
- [17] Erdem I., et al. “A novel comparative design procedure for re-configurable assembly fixtures,” *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 19, pp. 93-105, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2017.06.004>.
- [18] S. Gothwal, and T. Raj, “Conceptual design and development of pneumatically controlled flexible fixture and pallets,” *International Journal of Services and Operations Management*, vol. 29, no 2, pp. 147-162, 2018. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2018.089246>.
- [19] V. Ivanov, and J. Zajac, “Flexible fixtures for CNC machining centers in multiproduct manufacturing,” *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems*, vol. 4, no 12, e4, 2018. <https://doi.org/10.4108/eai.10-1-2018.153552>.
- [20] V. Ivanov, S. Vashchenko, and Y. Rong, “Information support of the computer-aided fixture design system,” *Proc. of 12th Int. Conf. ICTERI'2016* (June 21–24, Kyiv, Ukraine). Kyiv, Ukraine, 2016. CEUR-WS.org, online CEUR-WS.org/Vol-1614/paper\_37.pdf.

Рекомендована кафедрою технологій та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.12.2018

**Іванов Віталій Олександрович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів, e-mail: ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua ;

**Залогов Вільям Олександрович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів, e-mail: zalogav@gmail.com .

Сумський державний університет, Суми;

**Басова Євгенія Володимирівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, e-mail: e.v.basova.khpi@gmail.com

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

V. O. Ivanov<sup>1</sup>  
 V. O. Zaloga<sup>1</sup>  
 Ye. V. Basova<sup>2</sup>

## Justification for the Choice of the Locating Charts of the Workpieces in the Fixtures During Machining on Multipurpose Machining Centers of the Drilling-Milling-Boring Group

<sup>1</sup>Sumy State University;

<sup>2</sup>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

*The issues of ensuring the accuracy and quality of parts machining on CNC drilling-milling-boring machine tools in modern multiproduct manufacturing require continuous improvement. The number of charts for setup complex geometry parts in the conditions of multiaxis machining requires a well-grounded choice of the locating chart of the workpiece and specifies special requirements for fixture design. Based on the analysis of manufacturing processes for the manufacture of machine-building products of different groups on multipurpose machining center, a system analysis of locating charts workpieces in fixtures was performed. The article deals with the reasonable choice of the locating charts of workpieces considering their design and technological features. The results of analytical studies of typical representatives of the parts of different groups are presented, which allowed to highlight the main difficulties in the implementation of their machining. The characteristic features of locating a number of groups of parts using fixtures are described in detail. Based on the results of analytical studies the method of a reasonable choice of the locating chart of the workpiece during the machining on the drilling-milling-boring machine tools is offered. The formation of requirements for functional elements of fixtures, providing the appropriate methods of implementation is considered. The result of solving a technological problem in the work was an orderly presentation of the methods for implementing theoretical locating charts of workpieces, considering their relationship with the geometric shapes of the workpiece. The practical value of the research is to implement the proposed method at the design stage of fixtures, which will reduce the cost of fixture design in the conditions of multiproduct manufacturing.*

**Keywords:** fixture, locating chart, accuracy, quality, flexibility, workpiece.

**Ivanov Vitalii O.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, e-mail: ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua ;

**Zaloga Viliam O.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, e-mail: info@tmvi.sumdu.edu.ua ;

**Basova Yevheniia V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Mechanical Engineering and Metal-Cutting Machine Tools, e-mail: e.v.basova.khpi@gmail.com

В. А. Иванов<sup>1</sup>  
 В. А. Залого<sup>1</sup>  
 Е. В. Басова<sup>2</sup>

## Обоснование выбора схем базирования заготовок в станочных приспособлениях для обработки на многоцелевых станках сверлильно-фрезерно-расточной группы

<sup>1</sup> Сумской государственной университет;

<sup>2</sup>НТУ «Харьковский политехнический институт»

Обеспечение точности механической обработки заготовок деталей на сверлильно-фрезерно-расточных станках с ЧПУ, в условиях современного многономенклатурного производства, сегодня особенно актуально. Многочисленность схем установки заготовок деталей сложной формы в условиях многокоординатной обработки на многоцелевых станках требует обоснованного выбора схемы базирования заготовки и предъявляет особые требования к проектированию станочных приспособлений. Выполнен системный анализ схем базирования заготовок в станочных приспособлениях на основе анализа технологических процессов изготовления машиностроительной продукции различных групп на многоцелевых станках. В работе рассмотрены вопросы обоснованного выбора схем базирования заготовок с учетом их конструкторско-технологических особенностей. Приведены резуль-

*таты анализа схем базирования типовых представителей деталей различных групп, что позволило выделить основные сложности реализации их обработки. Подробно описаны характерные особенности базирования групп деталей с использованием станочных приспособлений. Предложена методика обоснованного выбора схем базирования заготовок для обработки на сверлильно-фрезерно-расточных станках. Рассмотрено формирование требований к функциональным элементам станочных приспособлений, обеспечивающих соответствующие способы реализации, а также приведен алгоритм процесса выбора схемы базирования заготовки. Результатом решения технологической задачи в работе является упорядочение способов реализации теоретических схем базирования заготовок с учетом их взаимосвязи с геометрическими формами обрабатываемой заготовки. Практическое значение работы состоит в реализации предложенной методики на этапе проектирования станочных приспособлений, что позволит уменьшить затраты времени на проектирование компоновок станочных приспособлений в условиях многономенклатурного производства.*

**Ключевые слова:** станочное приспособление, схема базирования, точность, качество, гибкость, заготовка.

**Иванов Виталий Александрович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения, станков и инструментов, e-mail: ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua ;

**Залогов Вильям Александрович** — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения, станков и инструментов, e-mail: info@tmvi.sumdu.edu.ua ;

**Басова Евгения Владимировна** — канд. техн. наук, доцент кафедры технологии машиностроения и металлорежущих станков, e-mail: e.v.basova.khpi@gmail.com