

УДК 621.9-1/-9

Іванов В.О., канд. техн. наук, Ляпощенко О.О., докт. техн. наук,
Павленко І.В., канд. техн. наук, Суми, Україна

КЛАСИФІКАЦІЇ ОПОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОДУЛЬНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Існуючі конструкції верстатних пристроїв не здатні у повному обсязі забезпечити ефективне використання металорізальних верстатів у багатомоделювальному виробництві, що пов'язано з великими фінансовими затратами та значними витратами матеріалів. Метою роботи є систематизація та розроблення конструкторсько-технологічної класифікації опорних елементів на прикладі колон, плит, кутників і кубів. У роботі проаналізовано основні типорозміри, конструктивні елементи та матеріали, виявлено раціональну область їх застосування на свердильно-фрезерно-розточувальних верстатах. Запропонована класифікація покладена в основу функціонування системи автоматизованого проектування верстатних пристроїв.

Ключові слова: верстатні пристосування, систематизація конструкторсько-технологічної класифікації, опорні елементи

Существующие конструкции станочных устройств не способны в полном объеме обеспечить эффективное использование металлорежущих станков в многомоделювальном производстве, что связано с большими финансовыми затратами и значительными затратами материалов. Целью работы является систематизация и разработка конструкторско-технологической классификации опорных элементов на примере колонн, плит, уголков и кубов. В работе проанализированы основные типоразмеры, конструктивные элементы и материалы, выявлена рациональная область их применения на сверильно-фрезерно-расточных станках. Предложенная классификация положена в основу функционирования системы автоматизированного проектирования станочных приспособлений.

Ключевые слова: станочные приспособления, систематизация конструкторско-технологической классификации, опорные элементы

Existing designs of machine tools are not fully capable of ensuring the efficient use of metal-cutting machine tools in multi-product manufacturing, which is associated with high financial costs and significant material costs. The purpose of the work is to systematize and design the design and technological classification of supporting elements on an example of columns, slabs, angles and cubes. In the work the basic sizes, structural elements and materials are analyzed, the rational area of their application on the boring and milling boring machines is revealed. The proposed classification is the basis for the functioning of the automated design of machine tools.

Key words: machine tools, systematization of design and technological classification, supporting elements

Вступ

Для підвищення конкурентоспроможності машинобудівної продукції України ринок вимагає від виробників забезпечення високої ефективності технологічних процесів. Верстатні пристрої (ВП) призначені для точного базування та надійного закріплення заготовки при обробці на металорізальному верстаті та є невід'ємною частиною замкненої технологічної системи «верстат – верстатний пристрій – заготовка –

різальний інструмент» [1–3]. Модульні ВП мають визначену структуру [4,5] та складаються з таких функціональних елементів [6]: опорні елементи; установлювальні елементи; затискні елементи. З'єднання та закріплення функціональних елементів між собою здійснюється за допомогою різних кріпильних елементів (шпонки, гвинти, шайби, гайки, втулки тощо). Швидкість складання компонування ВП забезпечується універсальністю конструкції, високою точністю і взаємозамінністю елементів. Опорні елементи є основою для формування компонувань ВП [7–9].

Широка номенклатура та різноманіття опорних елементів дозволяють складати велику кількість різноманітних ВП, які використовуються для обробки однотипних деталей, що з одного боку, забезпечує багатоваріантність, а з іншого – суттєво ускладнює задачу визначення оптимальної компоновки ВП для певних виробничих умов.

Метою роботи є систематизація та розроблення класифікації опорних елементів модульних ВП на прикладі колон, плит, кутників і кубів за конструкторсько-технологічними ознаками.

Колони

Розроблено класифікацію колон, призначених для встановлення заготовок на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах, у тому числі оброблюваних центрах із ЧПК (рис. 1).

Колони, як правило, використовують на верстатах горизонтального компонування. За кількістю робочих поверхонь колони можуть бути: трикутні, чотирикутні, шестикутні та восьмикутні [10–18]. Збільшення кількості робочих поверхонь забезпечує встановлення більшої кількості заготовок. Причому важливу роль відіграє просторове розташування робочих поверхонь. Так, трикутні колони можуть бути двох типів: рівносторонні [10, 16] та Y-подібні [10, 14, 16]. Рівносторонні колони характеризуються більш широкою робочою поверхнею, а отже, більшою жорсткістю. Це дозволяє використовувати більш інтенсивні режими обробки та виключає появу вібрації при обробці (рис. 2 а). Y-подібні колони характеризуються широкою інструментальною доступністю, забезпечуючи обробку заготовок осьовим інструментом із кількох сторін. При даній конструкції робочі поверхні є меншими, ніж у попередній, що не дозволяє встановлювати заготовки великих розмірів (рис. 2 б).

Чотирикутні колони забезпечують одночасне встановлення чотирьох заготовок із їх послідовною обробкою. Серед існуючих варіантів чотирикутних колон виділяють: квадратні [10–18]; хрестоподібні [10, 16–18]; хрестоподібні прямокутні [17]. Квадратні колони є найбільш розповсюдженим типом, характеризуються високою жорсткістю та забезпечують встановлення заготовок великих розмірів (рис. 2 в).

Хрестоподібні колони дозволяють обробку поверхонь заготовок із різних сторін і мають більшу інструментальну доступність (рис. 2 г).

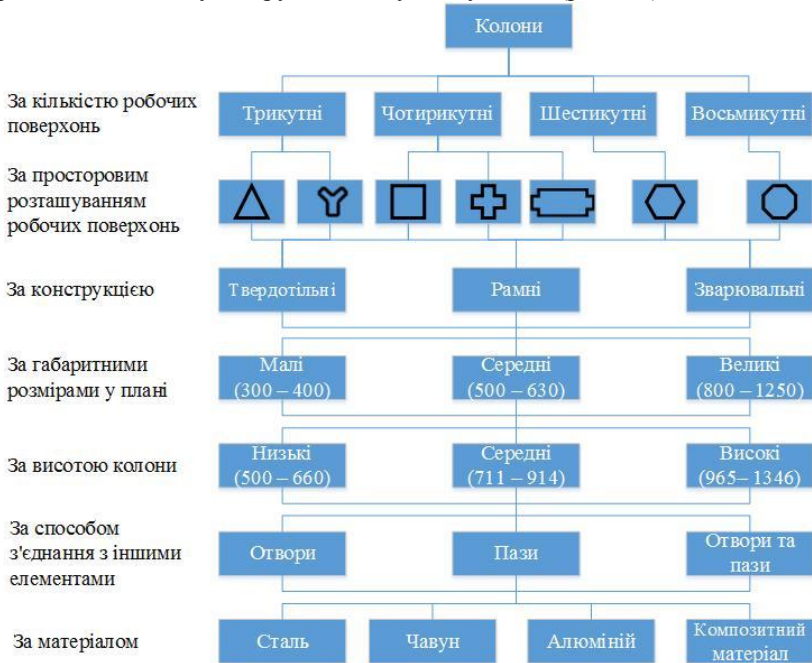


Рисунок 1 – Класифікація колон

Збільшення кількості робочих поверхонь призводить до зменшення їх ширини, що впливає на діапазон заготовок, які можуть бути встановлені. Однією з переваг шести- та восьмикутних колон (рис. 2 д, е) є можливість реалізації комплексної обробки заготовок з усіх сторін [10, 16–18]. Так, на непарних робочих поверхнях установлюються заготовки для реалізації установу А, а на парних – установу Б. Крім того такі колони скорочують кількість заготовок, що очікують обробку навколо верстатів.

За конструкцією колони поділяються на твердотільні, рамні та зварювальні. Твердотільні колони являють собою монолітну конструкцію, яка характеризується високою жорсткістю, але надлишковою металомісткістю. Це унеможливило їх використання на легких і середніх верстатах у зв'язку з невисокою вантажопідйомністю робочого стола (рис. 3 а). Рамні колони вирішують проблеми зменшення металомісткості, забезпечуючи необхідні показники жорсткості. Крім того, це дозволяє пришвидшити переміщення робочих органів верстатів. Але застосування колон рамного типу потребує використання додаткових базових плит, на яких будуть встановлені оброблювані заготовки (рис. 3 б). Зварювальні колони дозволяють зменшити

витрати на їх виготовлення за рахунок використання листового прокату, різних матеріалів для основи та робочих поверхонь, а також менш трудомісткого технологічного процесу їх виготовлення (рис. 3 в).

Закріплення заготовок та з'єднання з іншими елементами на колонах здійснюються різними способами через отвори (рис. 4 а), які можуть бути гладкі, різьбові та комбіновані, а також через Т-подібні (рис. 4 б) або П-подібні пази, які можуть бути поздовжні, поперечні та взаємно перпендикулярні.

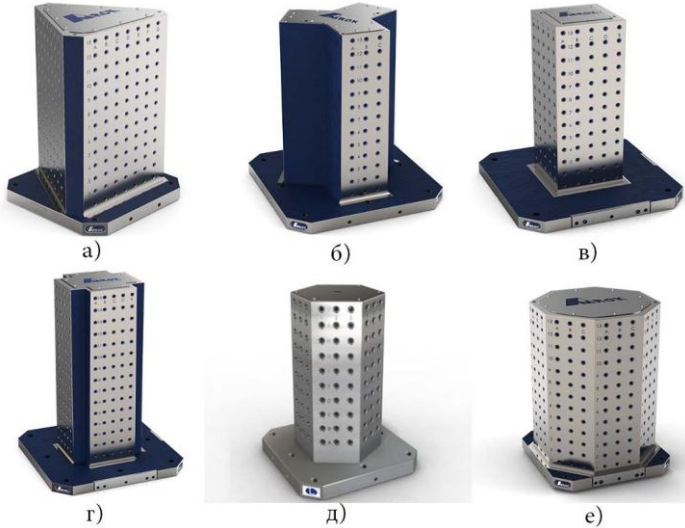


Рисунок 2 – Конструкція колон: а – трикутна рівностороння; б – трикутна Y-подібна; в – квадратна; г – хрестоподібна; д – шестикутна; е – восьмикутна

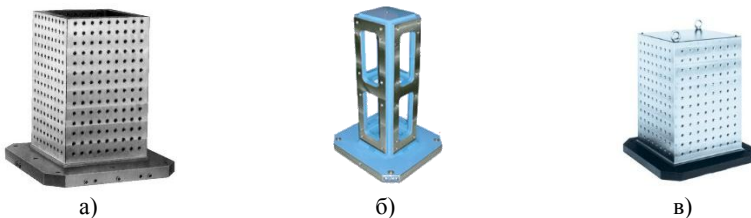


Рисунок 3 – Конструкції колон: а – твердотільна; б – рамна; в – зварювальна

Світові виробники опорних елементів [10–18] дотримуються стандартного ряду розмірів. За габаритними розмірами у плані колони поділяються на малі (300–400 мм), середні (500–630 мм) та великі (800–1250 мм) [11, 14, 15, 18]. Слід зазначити, що шестикутні та восьмикутні

колони не мають великих типорозмірів. За висотою колони поділяються на низькі (500–650 мм), середні (750–850 мм) та високі (800–1250 мм) [11, 14, 15, 18]. На середніх та високих колонах можливо розміщувати по дві заготовки невеликих розмірів.

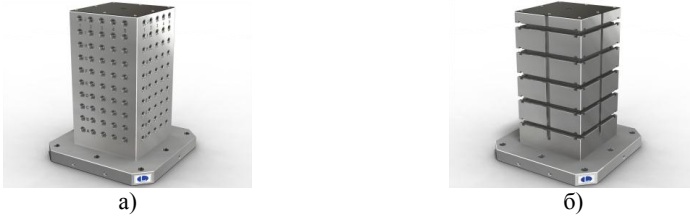


Рисунок 4 – Способи з'єднання: а – отвори; б – пази

Традиційно для виготовлення колон використовують сталь, чавун, алюміній та композиційні матеріали [11, 13, 16–18]. Останні набувають поширення у зв'язку з фізико-механічними властивостями, які забезпечують стійкість до корозії та теплового розширення, а також вібростійкість. А це сприяє застосуванню колон із композиційних матеріалів у складних виробничих умовах. Порівняно з опорними елементами, виготовленими з алюмінію, верстат може переміщувати колони на максимальній швидкості, що ідеально підходить для високошвидкісних обробних центрів, де маса і точність є важливими факторами.

Базові плити

Базові плити є найпоширенішими опорними елементами, на яких монтується до 80% ВП. Вони є основою компонувань ВП і використовуються для базування і закріплення заготовок корпусних і площинних деталей при їх обробці на багатоцільових свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах із ЧПК. Конструкції деталей і складальних одиниць досить складні і універсальні, що забезпечує можливість обробки самих різних заготовок. Від якості базових плит залежить жорсткість і точність ВП. На основі аналізу конструкцій базових плит різних виробників [10–18] розроблено відповідну класифікацію (рис. 5).

За геометричною формою робочої поверхні базові плити бувають: прямокутні (рис. 6 а), квадратні (рис. 6 б) та круглі (рис. 6 в). Вибір базових плит залежить від геометричної форми заготовки. За габаритними розмірами базові плити поділяються на малі (300–400 мм), середні (500–630 мм) та великі (800–1250 мм). На середніх та великих базових плитах можливо розміщувати кілька невеликих заготовок. За висотою базові плити поділяються на низькі (50 мм), середні (60 мм) та високі (75 мм) [11, 14, 15, 18].

Закріплення заготовок та з'єднання з іншими функціональними елементами на базових плитах здійснюється через отвори (рис. 7 а), які можуть бути гладкі, різьбові та комбіновані, а також через Т-подібні та П-

подібні пази (рис. 7 б), які розташовуються поздовжньо, поперечно та взаємно перпендикулярно або одночасно отвори та пази (рис. 7 в).

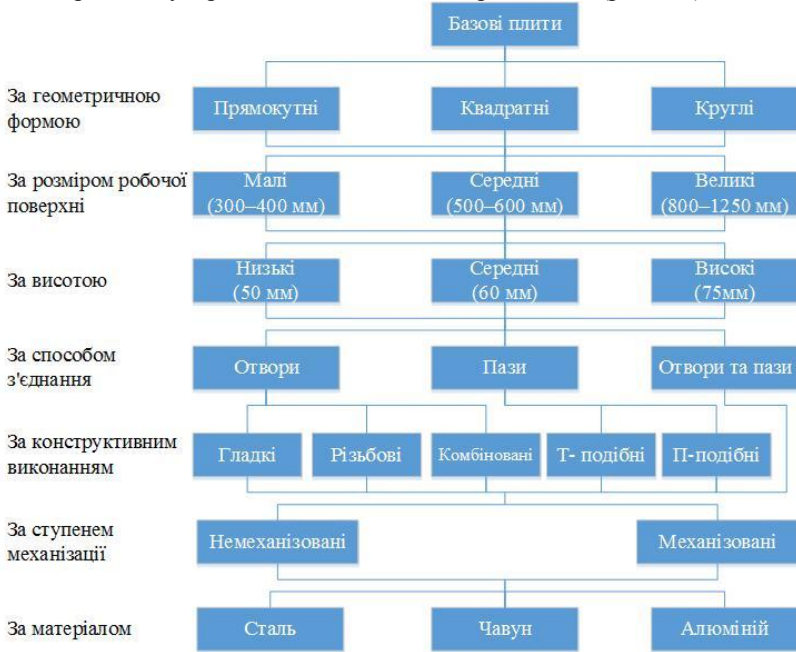
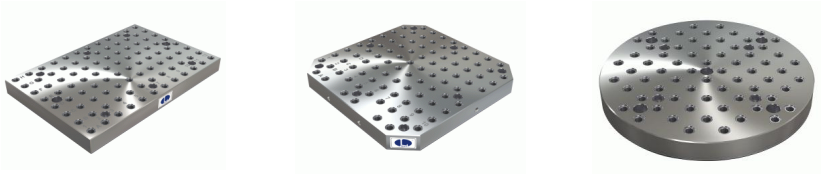


Рисунок 5 – Класифікація базових плит



а)

б)

в)

Рисунок 6 – Класифікація базових плит за геометричною формою: а – прямокутна; б – квадратна; в – кругла



а)

б)

в)

Рисунок 7 – Класифікація базових плит за способом з'єднання з іншими функціональними елементами: а – отвори; б – пази; в – отвори та пази

За ступенем механізації базові плити поділяються на немеханізовані (рис. 8 а) та механізовані (рис. 8 б). Для механізації базових плит застосовуються елементи пневмо- і гідроприводу – пневмоперетворювачі (тиск стисненого повітря перетворюється в тиск масла), пневмогідропідсилювачі, акумулятори, дроселі. Механізовані елементи з'єднуються в загальну схему за допомогою арматури – рукавів високого та низького тиску, штуцерів, косинців, хрестовин, колекторів і т.д. При складанні використовуються також допоміжні деталі – кулачки, заглушки, пружини.

Для виготовлення базових плит використовують сталь (12ХН3А, 20Х, А36, С1119), чавун (FC300, FC250, СЧ30), алюміній (6061) [10–18].



Рисунок 8 – Класифікація базових плит за ступенем механізації:
а – немеханізована; б – механізована (гідрофікована)

Кутники

Кутники призначені для базування і закріплення заготовок корпусних і площинних деталей у вертикальному положенні при їх обробці на багатощільових свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах із ЧПК. Класифікація на основі конструкторсько-технологічних ознак наведена на рис. 9.

За геометричною формою кутники бувають квадратні (рис. 10 а) або прямокутні (рис. 10 б) [10–18]. За конструкцією кутники поділяються на рамні (рис. 11 а) та твердотільні (рис. 11 б). За кількістю робочих поверхнь кутники можуть бути з однією (рис. 12 а) та двома (рис. 12 б) робочими поверхнями. Дві поверхні забезпечують одночасне устанавлення двох заготовок.

За просторовим розташуванням кутники бувають похилі та прямі (рис. 13). Похилі регульовані кутники ідеально підходять для устанавлення заготовок на будь-який кут, що регулюється на величину до 180° і можуть бути встановлені в фіксованих положеннях по вертикалі або по горизонталі.

За розміром робочої поверхні кутники поділяються на низькі (300–450 мм), середні (500–630 мм) та високі (700–800 мм) [14, 18]. Під розміром робочої поверхні для прямокутних кутників мається на увазі найбільша сторона. За масою кутники поділяються на легкі (до 100 кг), середні (100–170 кг) та важкі (більше 170 кг) [14, 18]. Спосіб з'єднання кутників із іншими функціональними елементами здійснюється через отвори (рис. 14 а), які можуть бути гладкі, різьбові та комбіновані, а також через Т-подібні, П-

подібні пази (рис. 14 б), які розташовані поздовжньо, поперечно та взаємно перпендикулярно або одночасно отвори та пази (рис. 14 в).



Рисунок 9 – Класифікація кутників

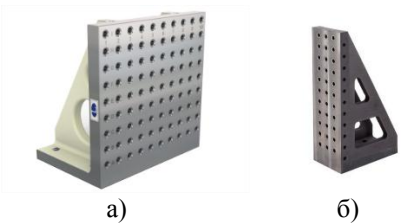


Рисунок 10 – Класифікація кутників за геометричною формою:
а – квадратна; б – прямокутна

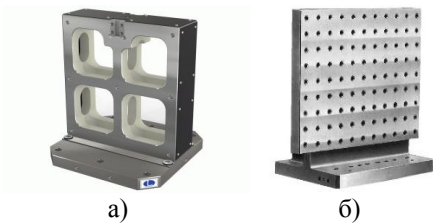


Рисунок 11 – Класифікація кутників за конструкцією:
а – рамна; б – твердотільна

Для виготовлення кутників використовують сталь (12ХН3А, 20Х, А36, С1119), чавун (FC300, FC250, СЧ30) та алюміній (6061) [10–18]. Найбільш розповсюдженим є сірий чавун FC300.

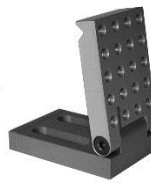


а)



б)

Рисунок 12 – Класифікація кутників за кількістю робочих поверхнь:
а – одна; б – дві



а)



б)

Рисунок 13 – Класифікація кутників за просторовим розташуванням:
а – похилі; б – прямі



а)



б)



в)

Рисунок 14 – Класифікація кутників за способом з'єднання:
а – отвори; б – пази; в – отвори та пази

Куби

Розроблено класифікацію кубів (рис. 15), які призначені для кріплення різних установлювальних та затискних елементів ВП.

Конструктивно куби виготовляють із однією (рис. 16 а, б), трьома (рис. 16 в, г) або п'ятьма (рис. 16 д) робочими поверхнями. За конструкцією куби поділяються на рамні (рис. 16 в) та твердотільні (рис. 16 б). Рамні бувають куби із однією та трьома поверхнями [10–15, 18]. Куби з п'ятьма робочими поверхнями виготовляють тільки твердотільними [16, 17]. За геометричною формою куби поділяються на квадратні (рис. 16 а) та прямокутні (рис. 16 в). За розміром робочої поверхні куби поділяються на малі (85–135 мм), середні (145–200 мм) та великі (210–250 мм). За висотою куби поділяються на низькі (100–120 мм), середні (150–200 мм) та високі (210–250 мм) [11, 14, 15, 18]. Установлення інших функціональних елементів на кубах здійснюється через отвори, які можуть бути гладкі, різьбові та комбіновані. Для виготовлення кубів використовують сталь (12ХН3А, 20Х, А36, С1119), чавун (FC300, FC250, СЧ30), алюміній (6061) [10–18].



Рисунок 15 – Класифікація кубів

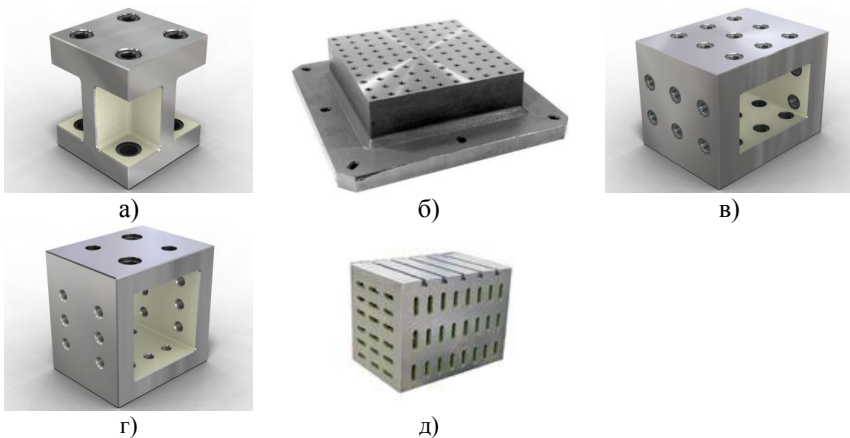


Рисунок 16 – Класифікація кубів за кількістю робочих поверхонь:
а, б – одна; в, г – три; д – п'ять

Висновки

Розглянуто типові конструкції опорних елементів модульних верстатних пристроїв типу колон, плит, кутників і кубів, які використовуються при механічній обробці заготовок наметалорізальних верстатах. Розроблена класифікація опорних елементів за конструкторсько-технологічними ознаками, що дозволяє вибрати оптимальні опорні елементи при компонуванні верстатних пристроїв з урахуванням виробничих умов. Дана класифікація покладена в основу бібліотеки опорних елементів верстатних пристроїв, що є елементом бази даних системи автоматизованого проектування верстатних пристроїв [19].

Робота виконана за підтримки МОН України: ДР № 0117U003931 та ДР № 0117002252.

Список використаних джерел: 1. *Карпуть В.Е.* Современные требования к технологической оснастке станков с ЧПУ / *В. Е. Карпуть, В. А. Иванов* // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – 2008. – № 22. – С. 23–35. 2. *Іванов В.О.* Вибір оптимальних компоновок верстатних пристроїв для верстатів з ЧПК: автореф. дис. на здобуття науч. ступеня канд. техн. наук: спец.05.02.08 «Технологія машинобудування» / *В.О. Іванов*. – Харків, 2010. – 239 с. 3. *Hoffman E. Jig and Fixture Design* / Edward Hoffman // Cengage Learning, 2003. – 416 p. 4. *Jig and Fixture Handbook* / Carr Lane Manufacturing Co, 2012. – 430 p. 5. *Modular Fixturing Handbook* / Carr Lane Manufacturing Company, 1991. – 216 p. 6. *Karpus V., Ivanov V., Dehtiarov I. et al.* Technological Assurance of Complex Parts Manufacturing. In: Ivanov V. et al. (eds.) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019, pp. 51–61, doi: 10.1007/978-3-319-93587-4_6. 7. *Пермяков А. А.* К вопросу об унификации установочно-зажимных приспособлений агрегатированного оборудования / *А. А. Пермяков, И. Я. Яковенко* // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – 2016. – № 33 (1205). – С. 38–41. 8. *Karpus V.E., Ivanov V.A.* Choice of Optimal Construction of Modular Reusable Fixtures. *Russian Engineering Research*, 2012, Vol. 32, Issue 3, pp. 213–219, doi: 10.3103/S1068798X12030124. 9. *Ivanov V.* Process-Oriented Approach to Fixture Design. In: Ivanov V. et al. (eds.) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019, pp. 42–50, doi: 10.1007/978-3-319-93587-4_5. 10. Official website of Advanced Machine and Engineering Co [Електронний ресурс] // Advanced Machine and Engineering Co. – 2015. – Режим доступу: <http://www.ame.com>. 11. Official website of Carr Lane Manufacturing [Електронний ресурс] // Carr Lane Manufacturing. – 2018. – Режим доступу: <https://www.carrlane.com>. 12. Official website of TE-CO [Електронний ресурс] // TE-CO. – 2018. – Режим доступу: <http://www.te-co.com>. 13. Official website of Halden Norm+Technik [Електронний ресурс] // Halden Norm+Technik. – 2018. – Режим доступу: http://www.halder.com/eng_de. 14. Official website of Imao Corporation [Електронний ресурс] // Imao Corporation. – 2018. – Режим доступу: http://www.imao.biz/en/product_en.html. 15. Official website of Fixtureworks [Електронний ресурс] // Fixtureworks. – 2018. – Режим доступу: <http://www.fixtureworks.net>. 16. Official website of Abbott Workholding Products [Електронний ресурс] // Abbott Workholding Products. – 2018. – Режим доступу: <http://www.abbottworkholding.com>. 17. Official website of Stevens Engineering, Inc. [Електронний ресурс] // StevensEngineering, Inc. – 2018. – Режим доступу: <http://www.stevenseng.com>. 18. Official website of LEAVE INDUSTRIAL Co. Ltd. [Електронний ресурс] // LEAVE INDUSTRIAL Co. Ltd. – 2018. – Режим доступу: <http://www.leave.com.tw/eng>. 19. *Іванов В. О.* Структурно-функціональне моделювання процесу проектування верстатних пристроїв / *В. О. Іванов, В. Є. Карпуть, С. М. Ващенко, Й. Заяць, А. І. Кармаза* // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 17 (1239). – С. 30–37.

- Bibliography (transliterated):** 1. *Karpus V.E.* Sovremennyye trebovaniya k tehnologicheskoy osnastke stankov s ChPU / V. E. Karpus, V. A. Ivanov // Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu "Harkivskij politehnicnij institut". – 2008. – № 22. – S. 23–35. 2. *Ivanov V.O.* Vibir optimalnih komponentov verstatnih pristroyiv dlya verstativ z ChPK: avtoref. dis. na zdobuttaya nauch. stupenya kand. tehn. nauk: spec.05.02.08 «Tehnologiya mashinobuduvannya» / V.O. Ivanov. – Harkiv, 2010. – 239 s. 3. Hoffman E. Jig and Fixture Design / Edward Hoffman // Cengage Learning, 2003. – 416 p. 4. Jig and Fixture Handbook / Carr Lane Manufacturing Co, 2012. – 430 p. 5. Modular Fixturing Handbook / Carr Lane Manufacturing Company, 1991. – 216 p. 6. *Karpus V., Ivanov V., Dehtiarov I. et al.* Technological Assurance of Complex Parts Manufacturing. In: Ivanov V. et al. (eds.) Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019, pp. 51–61, doi: 10.1007/978-3-319-93587-4_6. 7. *Permyakov A. A.* K voprosu ob unifikacii ustanovochno-zazhimnyh prispособlenij agregatirovannogo oborudovaniya / A. A. Permyakov, I. Ya. Yakovenko // Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu "Harkivskij politehnicnij institut". – 2016. – № 33 (1205). – S. 38–41. 8. *Karpus V.E., Ivanov V.A.* Choice of Optimal Construction of Modular Reusable Fixtures. Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, Issue 3, pp. 213–219, doi: 10.3103/S1068798X12030124. 9. *Ivanov V.* Process-Oriented Approach to Fixture Design. In: Ivanov V. et al. (eds.) Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019, pp. 42–50, doi: 10.1007/978-3-319-93587-4_5. 10. Official website of Advanced Machine and Engineering Co [Elektronnij resurs] // Advanced Machine and Engineering Co. – 2015. – Rezhim dostupu: <http://www.ame.com>. 11. Official website of Carr Lane Manufacturing [Elektronnij resurs] // Carr Lane Manufacturing. – 2018. – Rezhim dostupu: <https://www.carrlane.com>. 12. Official website of TE-CO [Elektronnij resurs] // TE-CO. – 2018. – Rezhim dostupu: <http://www.te-co.com>. 13. Official website of Halden Norm+Technik [Elektronnij resurs] // Halden Norm+Technik. – 2018. – Rezhim dostupu: http://www.halder.com/eng_de. 14. Official website of Imao Corporation [Elektronnij resurs] // Imao Corporation. – 2018. – Rezhim dostupu: http://www.imao.biz/en/product_en.html. 15. Official website of Fixtureworks [Elektronnij resurs] // Fixtureworks. – 2018. – Rezhim dostupu: <http://www.fixtureworks.net>. 16. Official website of Abbott Workholding Products [Elektronnij resurs] // Abbott Workholding Products. – 2018. – Rezhim dostupu: <http://www.abbottworkholding.com>. 17. Official website of Stevens Engineering, Inc. [Elektronnijresurs] // StevensEngineering, Inc. – 2018. – Rezhim dostupu: <http://www.stevenseng.com>. 18. Official website of LEAVE INDUSTRIAL Co. Ltd. [Elektronnijresurs] // LEAVE INDUSTRIAL Co. Ltd. – 2018. – Rezhim dostupu: <http://www.leave.com.tw/eng>. 19. *Ivanov V. O.* Strukturno-funkcionalne modelyuvannya procesu proektuvannya verstatnih pristroyiv / V. O. Ivanov, V. Ye. Karpus, S. M. Vashenko, J. Zayac, A. I. Karmaza // Visnik NTU «HPI». Seriya: Tehnologiyi v mashinobuduvanni. – H. : NTU «HPI», 2017. – № 17 (1239). – S. 30–37.

Надійшла до редколегії 25.06.2018