

**Едуард Зубань<sup>1</sup>, Сергій Бойко<sup>2</sup>, Андрій Єрошенко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>здобувач вищої освіти кафедри технологій машинобудування та деревообробки  
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)  
E-mail: [zubanedik@gmail.com](mailto:zubanedik@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2801-8929>

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки  
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)  
E-mail: [svboyko.cstu@gmail.com](mailto:svboyko.cstu@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8341-6973>

<sup>3</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки  
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)  
E-mail: [yeroshenkoam@gmail.com](mailto:yeroshenkoam@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-9516>

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВАКУУМНОГО СТОЛА  
ДЛЯ ДЕРЕВООБРОБНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА  
З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ**

*Останнім часом великого поширення набули верстати з числовим програмним забезпеченням малої потужності для обробки деревини, пластику та м'яких металів. Вони знайшли своє застосування не тільки на великих виробництвах, а й в домашньому використанні в невеличких майстернях. Загальний час обробки значно збільшується за рахунок часу, який витрачається на кріплення заготовки до стола. Крім того, цей тип верстатів використовується для розкрою та обробки листових матеріалів, під час закріплення яких виникає деформація внаслідок їх недостатньої жорсткості і, як наслідок, низька точність обробки та збільшення припусків на обробку. Тому виникає потреба у збільшенні площі затиску таких заготовок, а оскільки застосування прихватів можливе лише по периметру заготовки, є потреба в пошуках нових ефективних способів закріплення.*

**Ключові слова:** тонкостінні заготовки; зусилля закріплення; деформації; вакуумний насос; САЕ-аналіз.

Рис.: 5. Табл.: 1. Бібл.: 20.

**Актуальність теми дослідження.** Велике значення в удосконаленні деревообробного виробництва має технологічне оснащення. Використання пристосувань сприяє: підвищенню продуктивності та точності обробки, складанню та контролю; полегшенню умови праці робітників; дозволяє чітко регламентувати тривалість виконуваних операцій та підвищенню безпеки праці.

Наявні методи закріплення заготовок до стола [10]:

- 1) вакуумні присоски;
- 2) магнітний стіл;
- 3) пневмно- та гідропідсилювачі;
- 4) механічне кріпильне оснащення (лещата, струбцини, болти);
- 5) вакуумний стіл.

**Постановка проблеми.** Враховуючи необхідність закріплення великих за площею тонкостінних заготовок, виникає проблема точності обробки та деформації матеріалу. Найбільш доцільним вирішенням цієї проблеми є використання вакуумного стола, який надійно фіксує заготовку та забезпечує роботу з високою точністю. Однак бракує доступних рішень для домашнього користування, вирішенням цього може бути: розробка конструкції вакуумного стола, який може бути виготовленим на вже наявному верстаті.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій вказує на те, що** основним принципом роботи вакуумного стола є створення безповітряного простору за рахунок відкачування повітря з камер, утворених між пазами стола та деталлю. Фактично на матеріал, що обробляється, впливає не сам вакуум, утворений пристроєм, а атмосферний тиск, який забезпечує притискання заготовки до робочої поверхні [2].

При створенні вакууму в замкнутому об'ємі утворюється сила, зумовлена різницею між тиском у камері та атмосферним тиском. Принцип роботи вакуумного стола наведено на рис. 1.

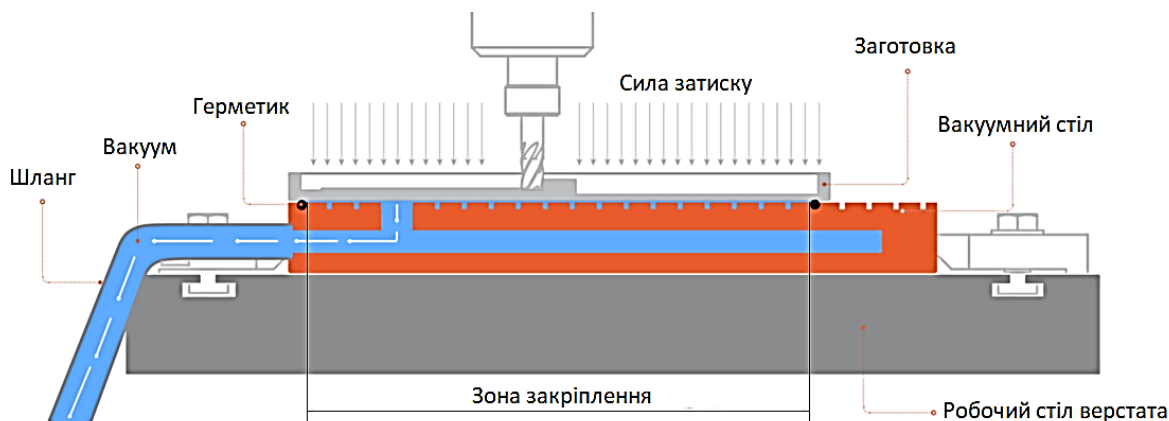


Рис. 1. Принцип роботи вакуумного стола

За допомогою сили, що створюється за рахунок перепаду тиску, заготовки надійно фіксуються на столі. Зважаючи на те, що атмосферний тиск створює зусилля в  $1 \text{ кгс/см}^2$ , пластину з площею  $100 \times 100 \text{ мм}$  притискатиметься до стола із зусиллям  $100 \text{ кгс}$ . Цього більш ніж достатньо для обробки закріплених заготовок інструментом ЧПК-верстатів на звичайних режимах. Зусилля зростатиме зі збільшенням площі заготовки, що закріплюється.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Не вирішено, які матеріали можна використовувати, щоб зменшити вартість вакуумного стола та зробити їх більш доступними для самостійного виробництва.

**Метою** цієї роботи є розробка конструкції вакуумного стола для фрезерного верстата з ЧПК, який дозволить збільшити точність обробки та зменшити час, потрібний на кріплення заготовок до стола. Результатом роботи є розроблена конструкція вакуумного стола, здійснений підбір необхідного обладнання, розрахунки зусиль кріплення та САЕ-аналіз деформацій заготовки при різних способах кріплення.

#### Виклад основного матеріалу.

*Вакуумні столи ефективні при роботі з такими матеріалами:*

1. Всі типи пластику;
2. Композитні термооброблені деревні матеріали [4];
3. Органічне скло;
4. Деревина, МДФ, ДСП, фанера;
5. Метали.

*Переваги вакуумних столів для верстатів з ЧПК [5; 9]:*

1. Скорочення часу кріплення заготовки на  $70 \%$ .
2. Економія часу для обробки тонких матеріалів до  $90 \%$ .
3. Безвібраційний затиск тонких та гнучких матеріалів.
4. На відміну від магнітних столів – можливе кріплення немагнітного матеріалу.
5. Обробка плівок при використанні додаткової перехідної пластини.
6. Зручне складання та обробка.
7. Висока притискна сила на квадратний сантиметр поверхні.

Використання даного типу кріплення дозволяє обробляти тонкі заготовки листового матеріалу [7; 9], не деформуючи їх при цьому [11; 12] (рис. 2).

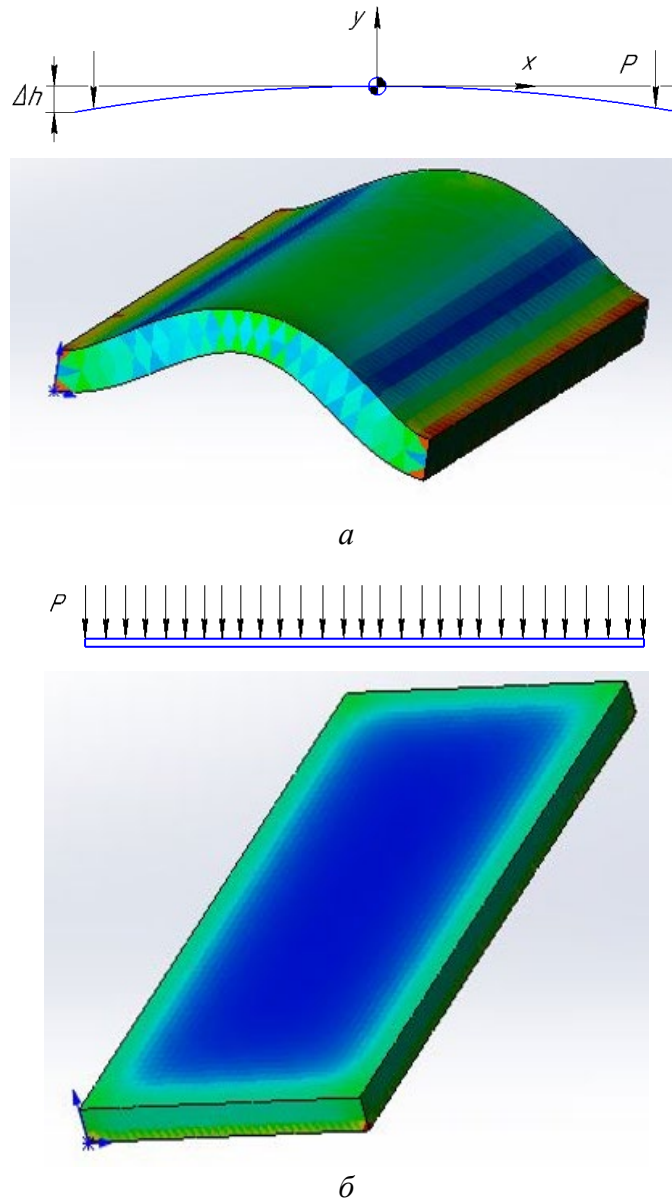


Рис. 2. Деформації заготовки при обробці на фрезерному верстаті з ЧПК:  
 а – використання прихватів, струбцин; б – вакуумний стіл

Існує декілька видів вакуумних столів для верстатів з ЧПК [6] (рис. 3):

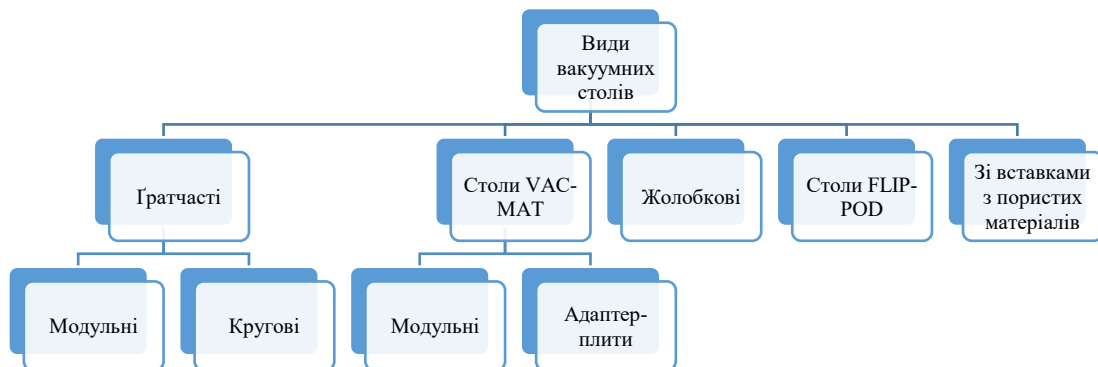


Рис. 3. Класифікація вакуумних столів

Серед наведених видів найпоширенішим є ґратчасті (рис. 4), оскільки цей вид є легким у виготовленні, має високу силу притискання та точність позиціонування.

Стіл являє собою плиту, на якій нанесена сітка пазів із певним кроком. Порожнина пазів об'єднана з вакуумною системою через отвори плити. Вакуумний трубопровід може розгалужуватися до різних отворів, що дозволяє розділити площу стола на робочі області.

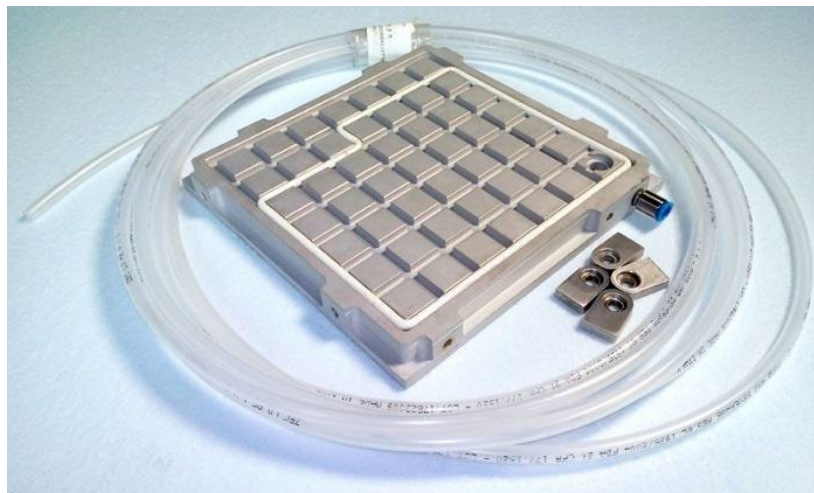


Рис. 4. Гратчастий вакуумний стіл

Етапи виготовлення вакуумного стола:

1. Проектування та вибір матеріалу заготовки.

На етапі підготовки виробництва розробляються робочі креслення плити стола, 3D-моделі. Робоча поверхня стола матиме габаритні розміри 300×200 мм, ширина канавки 4 мм. Через невеликий розмір робочої поверхні немає потреби робити декілька секторів, тому буде 1 центральний отвір на стику канавок для забезпечення вакууму (рис. 5). По краях стола виконані отвори для кріплення до штатного стола. Для швидкого орієнтування заготовки на столі верстата й суміщення систем координат верстата й заготовки, по периметру стола передбачено отвори для встановлення шкантів, які будуть використані як упори для закріплення заготовки.

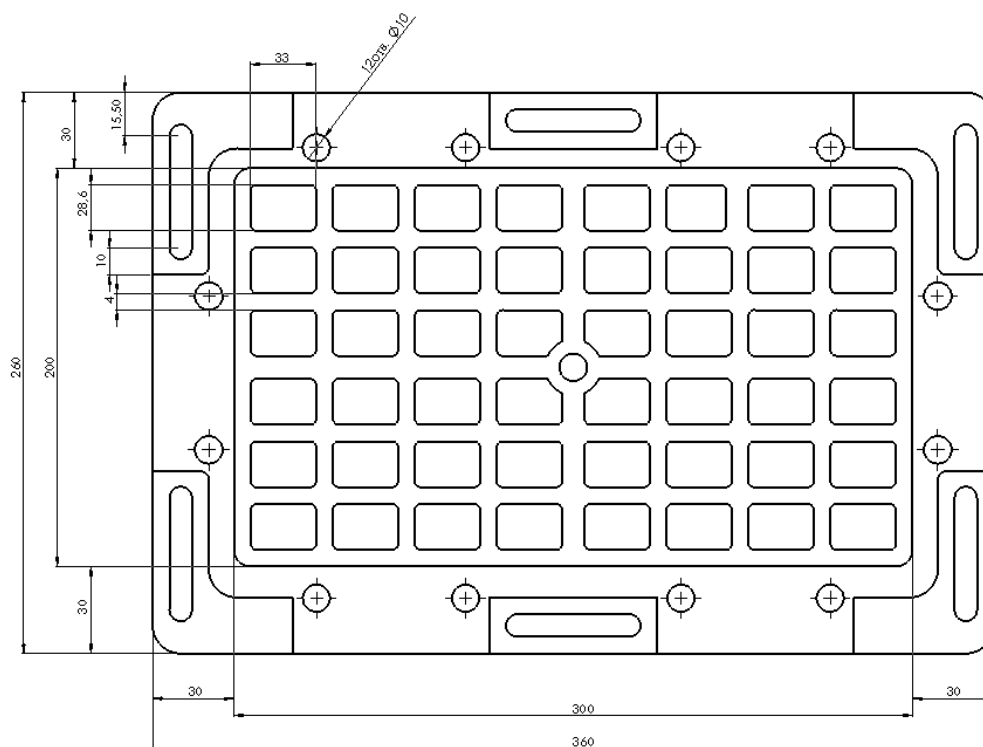


Рис. 5. Креслення вакуумного стола

Яку основу можна використати:

- А. Лист фанери;
  - Б. Лист МДФ.
2. Підготовка баз.

Поверхню заготовки для вакуумного стола необхідно попередньо обробити для досягнення мінімального відхилення від площинності, щоб деталі, які будуть оброблятися не копіювали нерівності при затисканні. Вирівнювання можна зробити за допомогою 1-2 проходів спіральною фрезою або використавши рейсмусний верстат.

3. Нарізання канавок.

Канавки фрезерують відповідно до обраної схеми згідно з кресленням. Ширина канавки повинна бути на  $\frac{1}{3}$  менша за діаметр шнура, у нашому випадку 4 мм (діаметр шнура 6 мм). Глибина канавки виконується рівна половині діаметра шнура, щоб не відбувалося втрат вакууму.

4. Виготовлення траси.

Оскільки стіл не поділений на сектори і має 1 центральний отвір для забезпечення вакууму, найпростішим рішенням виготовлення траси буде фрезерування паза зі зворотної сторони стола для встановлення патрубку, який підключається до вакуумного насоса.

5. Шліфування стола.

Після обробки фрезеруванням робочих поверхонь стола, обов'язково має бути етап шліфування.

6. Герметизація пористості МДФ.

МДФ має досить пористу структуру, тому виникає необхідність у герметизації всієї поверхні стола для запобігання потрапляння вологи та втрати вакууму через пори. Для цього використовуємо вологостійкий клей ПВА, розведений із водою у співвідношенні 1:1, і наносимо його тонким шаром у кілька етапів з інтервалом 3 години.

#### **Результати дослідження та його аналіз.**

##### *Розрахунок зусилля закріплення*

Розрахунок здійснюється для стола з робочою поверхнею 300×200 мм, при умові що насос створює тиск у 90 % вакууму; заготовка, що закріплюється повністю закриває робочу поверхню.

Необхідна сила притискання залежить від типу та якості фрезерних інструментів, а також сили, створюваної глибиною різання та швидкістю подачі.

При розкрюванні листового матеріалу фрезою діаметром 6 мм, з глибиною різання 2 мм і швидкістю різання 120 м/хв, момент різання буде становити 0,97 Н\*м, або 323 Н (~33 кгс).

Формула для визначення сили закріплення:

$$P = \frac{F}{A}, \quad (1)$$

де P – тиск (Н/м<sup>2</sup>);

F – сила закріплення (Н);

A – площа робочої поверхні стола (м<sup>2</sup>).

Розрахунок:

$$A = 300 \times 200 \text{ мм} = 0,3 \times 0,2 \text{ м} = 0,06 \text{ м}^2;$$

$$P = 0,2 \text{ bar} \times 0,9 = 20 \text{ кПа} \times 0,9 = 18 \text{ кПа} = 18000 \text{ Н/м}^2;$$

$F = P \times A = 18000 \text{ Н/м}^2 \times 0,06 \text{ м}^2 = 1080 \text{ Н} = 108 \text{ кгс}$ , що є більш ніж достатнім і дозволяє використовувати продуктивніші режими обробки.

0,2 – 1 bar – це вакуум, який мають можливість створювати більшість сучасних насосів.

Оскільки робоча поверхня стола має невелику площу та втрати повітря у вакуумному середовищі будуть вкрай малі, було прийнято рішення використати вакуумний насос з такими параметрами (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Параметри вакуумного насоса SEKO S.P.A. BL060

Тип привода	асинхронний двигун
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	130
Максимальний вакуум, бар	0,21
Потужність, кВт	2,2

Після підбору обладнання постає питання експлуатації та обслуговування системи забезпечення вакуумного столу. Деревообробні фрезерні верстати з ЧПК використовуються для обробки широкого спектра деревинних матеріалів, тому надзвичайно важливо використовувати ефективну фільтрацію на вході та належне обслуговування з регулярним очищенням вакуумного насоса і всієї системи. Відсутність технічного обслуговування призведе до надмірного потрапляння деревного пилу у вакуумний насос і можливого пошкодження фільтруючого елемента. Це також призведе до збільшення втрати тиску на фільтрі, що в свою чергу зменшить продуктивність насоса та рівня вакууму. Через велику кількість пилу втрати потужності насоса можуть сягати 30%. Тому рекомендується встановити двоступеневу систему фільтрації на вході, за допомогою якої на першому ступені використовується циклонний роздільний фільтр для відділення великих частинок, а потім ефективний 10-мікронний фільтр тонкого очищення.

Ступінь вакууму, якого ми можемо досягти, залежить від якості ущільнення між фрезерним столом і МДФ плитою, швидкості витoku через МДФ плиту та розміру заготовки щодо розміру фрезерного столу. Чим менша заготовка, тим більший витік через плиту МДФ, отже необхідна більша потужність вакуумного насоса для досягнення необхідного рівня вакууму.

**Висновки.** Проаналізувавши наявні методи закріплення заготовок на столі деревообробних верстатів з ЧПК, можна дійти висновку, що закріплення за допомогою вакууму це практично безальтернативний спосіб надійного і зручного затиску заготовки в порівнянні з механічним, який має певні недоліки:

- оброблювані деталі часто володіють складною геометрією, тому в багатьох випадках розташувати струбцини рівномірно по краях не можливо;
- також є ризик пошкодження заготовки, при значних зусиллях затиску (що необхідно для компенсації сили крутного моменту під час обробки). Така система кріплення абсолютно не підходить для обробки тонких панелей з композиту або виробів з оргскла;

Таким чином, рівномірного притискання деталі до робочої поверхні можна досягти тільки вакуумним способом.

Після проведеного САЕ-аналізу стає зрозумілим, що закріплення за допомогою вакууму є більш ефективним, адже при такому закріпленні заготовка рівномірно притискається до робочої поверхні.

За допомогою даної конструкції йде економія часу закріплення заготовки; фіксація без механічного впливу, який в свою чергу призводить до деформації і пошкодження поверхонь заготовки.

#### Список використаних джерел

1. Determining vacuum's holding force in CNC routers. Retrieved from [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.woodworkingnetwork.com/best-practices-guide/panel-processing/determining-vacuums-holding-force-cnc-routers>.
2. Thông T. M. Fabrication of a vacuum table for CNC concept mill 155 milling machine / Trần Minh Thông, Tào Quang Bằng // The University of Danang. – 2021. – VOL. 19, No. 10. – Pp. 60-63.



3. CNC Workholding Methods – Find the best way to load your workpiece for CNC Machining [Electronic resource] – Access mode: <https://www.3erp.com/blog/find-the-best-way-to-load-your-workpiece-for-cnc-machining>.

4. Properties of Hornbeam (*cerpinus betulus*) wood thermally treated under different conditions / O. Pinchevska, J. Sedliacik, O. Horbachova, A. Spirochkin, I. Rohovskyi // *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen.* – 2019. – Vol. 61, No. 2. – Pp. 25-39.

5. Yanel K. The effect of suction pressure of vacuum clamp on the aluminum plate surface following the cutting process using mini PC-based CNC milling / K. Yanel, Herianto, R. Sriwijaya // *AIP Conference Proceedings.* – 2019. – № 2187, 050019.

6. CNC Plus Ltd./A Vacuum Tables UK, Global manufacturers and distributors of precision engineered, high quality CNC vacuum tables, vacuum pumps, vacuum clamping, T-slot plates, clamping solutions, industrial and DIY CNC spare parts and accessories [Electronic resource]. – Access mode <https://vacuumtables.co.uk/>.

7. Pinchevska O. Wood particleboard covered with slices made of pine tree branches / O. Pinchevska, M. Šmidriakova // *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen.* – 2016. – Vol. 8. No.1. – Pp. 67-74. DOI: 10.17423/afx.2016.58.1.08.

8. Engineering systems. [Electronic resource]. – Access mode: <https://dosingtech.com.ua/product/vozduhoduvka-seko-bl06000102200-2-2-kw-3ph-2-318-m3-ch-0-mbar-180-m3-ch-190-mbar>.

9. Kalchenko, V. V. Mathematical modeling of abrasive grinding working process / V. V. Kalchenko, A. M. Yeroshenko, S. V. Boyko // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* – 2017. – № 6. – Pp. 76-82.

10. Modelling of contact geometry of tool and workpiece in grinding process with crossed axes of the tool and workpiece with circular profile / V. Kalchenko, A. Yeroshenko, S. Boyko, O. Kalchenko // *Acta Mechanica et Automatica.* – 2021. – № 15 (1). – Pp. 9-15. DOI: 10.2478/ama-2021-0002.

11. The milling of airframe components with low rigidity: a general approach to avoid static and dynamic problems / S. Herranz, F. J. Campa, L. N. Lopez de Lacalle, A. Rivero, A. Lamikiz, E. Ukar, J. A. Sanchez, U. Bravo // *Prod Institution Mechanical Eng. Part B. J. Eng. Manuf.* – 2005. – № 219 (11). – Pp. 789-800.

12. Kolar, P. Clamping of Thin-Walled Curved Workpieces, Intelligent Fixtures for the Manufacturing of Low Rigidity Components / P. Kolar, J. Sveda, J. Koubek // Springer, Switzerland. 2017. – Pp. 81-98. DOI: 10.1007/978-3-319-45291-3.

13. Graham T. Smith / T. Graham [Electronic resource] // *CNC Machining Technology. Volume I: Design, Development and CIM Strategies.* Springer London. – 1993. – Access mode: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2051-3>.

14. Wan N. An intelligent fixture design method based on smart modular fixture unit / N. Wan, Z. Wang, R. Mo // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* – Vol. 69, No. 9-1. – Pp. 2629-2649.

15. An integrated system for ultraprecision machine tool design in conceptual and fundamental design stage / W. Chen, X. Luo, H. Su, F. Wardle // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* – 2015. – Pp. 1-7.

16. Gothwal, S. Different aspects in design and development of flexible fixtures: Review and future directions / S. Gothwal, T. Raj // *International Journal of Services and Operations Management.* – 2017. – Vol. 26, No. 3. – Pp. 386-410. DOI: 10.1504/ijksom.2017.10002780.

17. Vacuum Clamping Technology for the Metal and Sheet Metal Industry [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.schmalz.com/en-at/vacuum-clamping-technology/industries-and-applications/metal-and-sheet-metal>.

18. Design and Development of Flexible Vacuum Clamping System for Thin Walled Cylindrical Object for CNC Machines / T. Manzoor, S. Khalil, I. Khan, G. A. Gohar, M. Abid // *Journal of Applied Mechanical Engineering.* – 2017. – Vol. 6, Is. 4. – Pp. 1-10. DOI: 10.4172/2168-9873.100027.

19. Alquraan T. High-speed clamping mechanism of the CNC lathe with compensation of centrifugal forces / T. Alquraan, Y. Kuznetsov, T. Tsvyd // *Procedia Engineering.* – 2016. – № 150. – Pp. 689-695. DOI: [org/10.1016/j.proeng.2016.07.081](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.081).

20. Modeling and simulation for the critical bending force of power chucks to guarantee high machining precision / J. Wang, J. Zhang, P. Feng, Z. Wu, G. Zhang // *Int J Adv Manuf Tech.* – 2015. – P. 79. – Pp. 1081-1094.

### References

1. Determining vacuums holding force in CNC routers. <https://www.woodworkingnetwork.com/best-practices-guide/panel-processing/determining-vacuums-holding-force-cnc-routers>.
2. Trần Minh Thông, Tào Quang Bằng (2021). Fabrication of a vacuum table for CNC concept mill 155 milling machine. The University of Danang. *Journal of Science and Technology*, 19(10), 60-63.
3. CNC Workholding Methods – Find the best way to load your workpiece for CNC Machining. <https://www.3erp.com/blog/find-the-best-way-to-load-your-workpiece-for-cnc-machining>.
4. Pinchevska, O., Sedliacik, J., Horbachova, O., Spirochkin, A., Rohovskyi, I. (2019). Properties of Hornbeam (cerpinus betulus) wood thermally treated under different conditions. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 61(2), 25-39. doi:10.17423/afx.2019.61.2.03.
5. Yanel, K., Herianto, R. Sriwijaya (2019). The effect of suction pressure of vacuum clamp on the aluminum plate surface following the cutting process using mini PC-based CNC milling. *AIP Conference Proceedings*, 2187, 050019.
6. CNC Plus Ltd./T/A Vacuum Tables UK, Global manufacturers and distributors of precision engineered, high quality CNC vacuum tables, vacuum pumps, vacuum clamping, T-slot plates, clamping solutions, industrial and DIY CNC spare parts and accessories. <https://vacuumtables.co.uk>.
7. Pinchevska, O., & Šmidriakova, M. (2016). Wood particleboard covered with slices made of pine tree branches. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 8(1), 67–74. doi:10.17423/afx.2016.58.1.08.
8. Engineering systems. <https://dosingtech.com.ua/product/vozduhoduvka-seko-bl06000102200-2-2-kw-3ph-2-318-m3-ch-0-mbar-180-m3-ch-190-mbar>.
9. Kalchenko, V.V., Yeroshenko, A.M., & Boyko, S.V. (2017). Mathematical modeling of abrasive grinding working process. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (6), 76–82.
10. Kalchenko, V., Yeroshenko, A., Boyko, S., & Kalchenko, O. (2021). Modelling of contact geometry of tool and workpiece in grinding process with crossed axes of the tool and workpiece with circular profile. *Acta Mechanica et Automatica*, (15(1)), 9–15. doi:10.2478/ama-2021-0002.
11. Herranz, S., Campa, F.J., Lopez de Lacalle, L.N., Rivero, A., Lamikiz, A., Ukar, E., Sanchez, J.A., & Bravo, U. (2005). The milling of airframe components with low rigidity: a general approach to avoid static and dynamic problems. *Prod Institution Mechanical Eng. Part B. J. Eng. Manuf.*, 219(11), 789–80.
12. Kolar, P., Sveda, J., & Koubek, J. (2017). *Clamping of Thin-Walled Curved Workpieces, Intelligent Fixtures for the Manufacturing of Low Rigidity Components* (pp. 81-98). Springer, Switzerland. doi:10.1007/978-3-319-45291-3.
13. Graham, T. Smith. (1993). *CNC Machining Technology*. Volume I: Design, Development and CIM Strategies. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2051-3>.
14. Wan, N., Wang, Z. & Mo R. (2013). An intelligent fixture design method based on smart modular fixture unit. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 69(9-12), 2629–2649.
15. Chen, W., Luo, X., Su, H., & Wardle, F. (2015). An integrated system for ultraprecision machine tool design in conceptual and fundamental design stage. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-7.
16. Gothwal, S., Raj, T. (2017). Different aspects in design and development of flexible fixtures: Review and future directions. *International Journal of Services and Operations Management*, 26(3), 386-410. doi:10.1504/ijssom.2017.10002780.
17. Vacuum Clamping Technology for the Metal and Sheet Metal Industry. <https://www.schmalz.com/en-at/vacuum-clamping-technology/industries-and-applications/metal-and-sheet-metal>.
18. Manzoor, T., Khalil, S., Khan, I., Gohar, G.A., & Abid, M. (2017). Design and Development of Flexible Vacuum Clamping System for Thin Walled Cylindrical Object for CNC Machines. *Journal of Applied Mechanical Engineering*, 6(4), 1-10. doi:10.4172/2168-9873.100027.
19. Alquraan, T., Kuznetsov, Y., & Tsvyd, T. (2016). High-speed clamping mechanism of the CNC lathe with compensation of centrifugal forces. *Procedia Engineering*, (150), 689-695. doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.081.
20. Wang, J., Zhang, J., Feng, P., Wu, Z., Zhang, G. (2015). Modeling and simulation for the critical bending force of power chucks to guarantee high machining precision. *Int J Adv Manuf Tech.*, 79, 1081-1094.

Отримано 02.05.23



**Eduard Zuban<sup>1</sup>, Sergiy Boyko<sup>2</sup>, Andriy Yeroshenko<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>graduate of the Department of Mechanical Engineering and Woodworking Technologies  
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

**E-mail:** [zubanedik@gmail.com](mailto:zubanedik@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2801-8929>

<sup>2</sup>PhD in Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering and Woodworking Technologies  
Chernihiv National University of Technology (Chernihiv, Ukraine)

**E-mail:** [svboyko.cstu@gmail.com](mailto:svboyko.cstu@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8341-6973>

<sup>3</sup>PhD in Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering and Woodworking Technologies  
Chernihiv National University of Technology (Chernihiv, Ukraine)

**E-mail:** [yeroshenkoam@gmail.com](mailto:yeroshenkoam@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1629-9516>

## **DEVELOPMENT OF THE VACUUM TABLE DESIGN FOR A CNC MILLING MACHINE FOR WOOD PROCESSING**

*Recently, low-power CNC machines for processing wood, plastic and soft metals have become very popular. They found their application not only in large productions, but also in home use in small workshops. The total processing time is significantly increased due to the time spent on fixing the workpiece to the table. In addition, this type of machine is used for cutting and processing sheet materials, during fixing of which deformation occurs due to their insufficient rigidity and, as a result, low processing accuracy and increased processing allowances. Therefore, there is a need to increase the clamping area of such workpieces, and since the use of clamps is possible only along the perimeter of the workpiece, there is a need to search for new, effective methods of fixing.*

*The basic equipment of woodworking machines with CNC includes only standard clamping devices. Equipping with more modern and efficient clamping systems is made to order and requires additional resources, as the machines have different working fields and cutting power. The article shows the results of the design of a vacuum table for a CNC milling machine, which was developed at the Department of Mechanical Engineering and Woodworking Technologies of Chernihiv Polytechnic National University. The necessary equipment has been selected; efforts and fixing time have been calculated; a CAE analysis of the deformations of the workpiece with different fixing methods was performed.*

**Key words:** thin-walled workpieces; fastening forces; deformations; vacuum pump; CAE analysis.

*Fig.: 5. Table: 1. References: 20.*