

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ МАШИН, СПОРУД І ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ, ІНСТРУМЕНТІВ ТА МАШИН

НЕБОГА ВАСИЛЬ ІГОРОВИЧ

УДК 621.9

Дослідження жорсткісних характеристик станини фрезерного верстату

133 Галузеве машинобудування

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2019

Роботу виконано на кафедрі конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин
Гагалюк Андрій Валерійович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Паливода Юрій Євгенович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №____ у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №4, ауд. В1

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

а) Актуальність теми роботи.

Серед всього парку верстатного обладнання досить вагому частину займають фрезерні верстати, що складає приблизно 25-30%. Вони призначені для обробки плоских і фасонних поверхонь, тіл обертання, зубчастих коліс та інших заготовок шляхом закріплення їх на столі, з яким вони здійснюють поступальний рух (криволінійний або прямолінійний), а фреза, при цьому, здійснює обертовий рух (головний рух).

Керування фрезерним верстатом відбувається вручну або автоматично за допомогою системи ЧПК. Фрезерні верстати із програмним управлінням можуть бути додатково оснащені механізмами автоматичної зміни інструментів.

Спільною рисою для всіх фрезерних верстатів є наявність колони в якій розміщується коробка швидкостей, гідронасос та інші додаткові вузли. На колоні також розміщені напрямні для руху шпindelної бабки та рухомого стола по осі Z. Підйом стола забезпечується підйомним гвинтом для виконання установчого руху. Крім того стіл виконує переміщення по осях X та Y, тим самим формуючи траєкторію руху фрези. Від жорсткості колони й системи ВПД загалом, залежить точність позиціонування усіх частин верстата, точність геометричних розмірів деталі, формування базових поверхонь тощо.

б) Мета і завдання.

Метою роботи метою роботи є дослідження жорсткості 3D-моделі фрезерного верстата для отримання максимальної величини відхилення і її порівняння з аналітичним розрахунками. Ефективність даного методу проектування доведена, проте певні верстати

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- проаналізувати методику розрахунку жорсткості фрезерних верстатів;
- провести аналіз компоновок фрезерних верстатів;
- побудувати 3D-модель станини фрезерного верстата;
- порівняти результати відхилень колони фрезерного верстату отриманого МСЕ з аналітичними розрахунками;

c) *Об'єкт, методи та джерела дослідження.*

d) *Об'єкт дослідження* – колона фрезерного верстату.

e) *Предмет дослідження* – відхилення геометричних розмірів колони.

Методи дослідження. Проведення теоретичних досліджень базується на методах математичного моделювання, морфологічного аналізу та синтезу технічних систем, теоретичних основ теорії різання металів, розрахунку точності базування, закріплення і точності оброблення, а також на основі інженерної творчості та вибору раціональних технічних рішень..

ф) Наукова новизна отриманих результатів.

доведено можливість використання 3D-моделювання при проектуванні будь-яких вузлів та конструкцій.

г) Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати для аналізу поведінки конструкцій верстату

h) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 26-27 квітня 2018 р.) і опубліковані в збірнику:

Лисканич Ю. І. Використання CAD/CAM технологій Autodesk в навчальному процесі / Лисканич Ю. І., Небога В. І. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 208–209. — (Машинобудування).

2. **Структура роботи.** Робота складається із вступу, 9 розділів, висновків, списку літератури (49 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 162 сторінок, 16 таблиць, 31 рисуноків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

а) У **Вступі** означено актуальність теми магістерської роботи, визначено мету роботи, а також сформульовано завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети та комплексного наповнення дипломної роботи магістра.

б) **Перший "АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ"** описує попередньо проведені наукові теоретичні та практичні дослідження за дослідною тематикою магістерської роботи. Дано опис фрезерних верстатів та їх класифікацію. Описано конструктивні особливості та недоліки кожного. Значна увага приділена консольно-фрезерним верстатам. Описано поняття жорсткості верстатів, дано методи оцінки. Описано зміну жорсткості від габаритів та форми досліджуваного тіла.

с) У другому розділі **"ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ"** проведено аналіз конструкторсько-технологічних особливостей однієї із деталей, яку обробляють на досліджуваному верстаті, проведені технологічні розрахунки, здійснено аналіз формоутворюючих схем, які реалізуються на цьому верстаті при виготовленні цієї деталі. Сформовано структурно-кінематичну схему досліджуваного верстата. Приділено увагу аналізу компоновок верстатного обладнання подібного типу. Обґрунтовано обрання найбільш раціонального варіанту компоновки верстата для обраного типу верстатного обладнання.

д) У третьому розділі **"ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК"** здійснено комплекс технологічних розрахунків щодо аналізу точності механічної обробки при раціональному підборі системи базування деталі та оптимального проектування раціонального варіанту технологічного процесу механічної обробки деталі-представника. Розраховано режими різання на різні операції механічної обробки, які є вихідними даними для розробки наступного розділу дипломної роботи.

е) **Четвертий розділ "ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ"** включає необхідний комплекс проектних розрахунків, які пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху верстата, детальним проектним розрахунком елементів конструкції ШВ верстата.

ф) У п'ятому розділі **"НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ"** проведено 3D – моделювання конструкції вертикально-фрезерного верстату БР13Ф3, а саме станини, консолі, стола та шпindelного голови. Проведено статичний та модальний аналіз корпусу верстата. З отриманих графіків можна оцінити зміну переміщень вузлів верстата від прикладених сил.

г) **Шостий розділ "СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ (комп'ютерні розрахунки та автоматизоване проектування)"** містить дані про проектування шпindelного вузла верстата та розрахунку його жорсткості.

h) **Сьомий розділ "ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ"** містить алгоритм економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних впроваджень. Розрахунковий економічний ефект становить 476289,75 грн. на рік.

i) **Восьмий розділ "ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ"** містить інструкцію з охорони праці під час виконання робіт на фрезерних верстатах. А в підрозділі Безпека в надзвичайних ситуаціях описано про особливості реагування на надзвичайні ситуації на малих підприємствах різної форми власності.

ј) **Дев'ятий розділ "ЕКОЛОГІЯ"** описує актуальність охорони навколишнього середовища, забруднення довкілля, яке виникає внаслідок реалізації дипломного проекту та заходи по зменшенню забруднення.

4. ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки та рекомендації.

1. Твердотіле моделювання таких технічно складних об'єктів, як верстат значно спрощує і пришвидшує проведення досліджень;
2. Для правдивості результатів модель має максимально бути схожа на оригінал;
3. Результати показали, що внутрішні частоти так само впливають на деформацію системи ВПД, жорсткість і як результат точність обробки як і недостатнє закріплення або інші технологічні фактори;
4. Дана компоновка верстату підходить для обробки не важких деталей і вагою до 100 кг. Необхідно чітко притримуватись режимів різання, щоб не створювати надмірного навантаження як на інструмент так і на вузли;
5. Безперечно краще використовувати системи ЧПК, оскільки вони продуктивніші і точніші. Також важливим є те що КШ створює надмірний шум і вібрації на відміну від прямого електроприводу.
6. Розрахунковий економічний ефект від проведених організаційних та технологічних змін передбачається в розмірі 476289,75 грн. на рік

1. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст]: навч. посіб. для студ. машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.]; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т.: Крок, 2014. - 131 с.
2. Герасимчук Г.А. Розробка математичної моделі та дослідження складних профільних з'єднань у спеціальних пакетах комп'ютерного моделювання / Г.А. Герасимчук, Р.А. Склярів, В.В. Шанайда // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, - 2013. Випуск №42. – С.75-80.
3. Технологічне оснащення для вискоефективної обробки деталей на токарних верстатах : монографія / Ю.М. Кузнецов [та ін.]. - Київ : [Тернограф], 2011.Тернопіль : - 690 с.
4. Луців І.В. Теорія технічних систем / Ю. М. Кузнецов, Ю. К. Новосьолов, І. В. Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
5. В. В. Солоха, В. С. Ліліченко, М. В. Фролов. Зниження впливу теплових деформацій на точність обробки на токарних верстатах / В. В. Солоха, В. С. Ліліченко, М. В. Фролов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні №2, 2011. – С. 69-72.
6. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках/ Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
7. Кривий П.Д. Трудомісткість конструювання та виготовлення металорізальних і деревообробних верстатів: Навчальний посібник/ Кривий П.Д., Шарик М.В., Сотник І.П. – Тернопіль: ТДТУ, 2005. – 128 с.
8. Шевченко О. В. Підвищення точності обробки на токарних автоматизованих верстатах шляхом мікрорегулювання положення різця / О. В. Шевченко, Т. Г. Гримуд // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування: збірник наукових праць. - 2010. - № 59. - С. 59-64. с
9. Федотьев А. М. Шляхи підвищення точності обробки на прецизійних верстатах за рахунок стабілізації термічних деформацій. / А. М. Федотьев, А. В. Філіпов // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2007 (47). Частина 1 «Нові технології в машинобудуванні», с. 78-81.
10. Гусев А. П. 5. Поняття точності обробки // Основи технологій виробництва і ремонт автомобілів. Технологічні основи машинобудування: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.lntu.info/book/mbf/auto/2010/10-138/page6.html>.
11. Токарно-фрезерні центри як шлях підвищення гнучкості обладнання / Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція "Машинобудування", підсекції "Конструювання верстатів та машин" і "Інтелектуальна власність"/ Укладач Кравець О.М. – К: НТУУ "КПІ", 2015. – 113 с.
12. Лисканич Ю. І. Використання CAD/CAM технологій Autodesk в навчальному процесі / Лисканич Ю. І., Небога В. І. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 208–209. — (Машинобудування).

13. Гагалюк А. В. Порівняння процесу виконання операції «видавлювання» в Autodesk Inventor та Компас 3D / А. В. Гагалюк, Г. С. Якимець // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. – Т. : ТНТУ, 2017. – Том I. – С. 65–66. – (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).
14. Орликов М.Л. Динамика станков: Учебное пособие для вузов .-2-е изд., переработанное и дополненное .-К.:Вища школа,1989 .-272 с. Испытания и исследования металлорежущих станков : методические указания к лабораторным работам / сост. Ю. В. Кирилин. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 48 с.
15. Кудинов В.А. Динамика станков .-М.:Машиностроение,1967 .-360 с.
16. Спиринов В. А. Методология комплексного расчёта точности обработки для токарных станков с ЧПУ / В. А. Спиринов, М. А. Красильников, А. А. Михайлов. // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, металлостроение. – 2012. – №2. С. 77 – 89.
17. Перелік параметрів, що характеризують геометричну та кінематичну точність верстатів відповідного типу, методи їх перевірки та допустимі відхилення параметрів регламентовані відповідними стандартами: ДЕРЖСТАНДАРТ 22267-76 – «Верстати металорізальні.
18. Утенков В. М. Прогнозирование потери точности металлорежущих станков // Наука и образование. Электронное издание: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/574593.html>.
19. Svoboda O., Bach P., Liotto G., Wang C. Machine Tool 3D Volumetric Positioning Error Measurement under Various Thermal Conditions // Proceeding of the ISPMM 2006 Conference. Urumgi, Xinjiang, China, August 2-6, 2006.
20. Kaiji Sato. Trend of precision positioning technology // ABCM Symposium Series in Mechatronics. 2006. Vol. 2. P. 739-750.
21. Schmitz T.L., Ziegert J.C., Zapata R., Canning J.S. Part Accuracy in High-Speed Machining: Preliminary Results // Proceedings of MSEC2006. 2006 ASME International Conference on Manufacturing Science and Engineering (October 8-11, 2006). Ypsilanti, MI. 2006. P. 1-8.
22. Zhang H., Yang J., Shen J., Wang C. Measurement and compensation for volumetric positioning errors of CNC machine tools considering thermal effect // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2011. Vol. 55, no. 1-4. P. 275-283. DOI: 10.1007/s00170-010-3024-5
23. Кузнецов А.П. Тепловое поведение и точность металлорежущих станков. МГТУ Станкин; Янус-К, 2011. 256 с.
24. Проников А.С. Параметрическая надёжность машин. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 560 с.
25. Определение точности и динамических характеристик металлорежущих станков : методические указания к практическим занятиям / сост. Ю. В. Кирилин. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 34 с.

26. Пестунов В. М. Підвищення точності обробки на металорізальних верстатах / В. М. Пестунов, М. В. Ткаченко, В.Ю. Шапошник // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / – вип. 25. ч. I. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – 430 с.

27. АНОТАЦІЇ

Небога В.І. Дослідження жорсткісних характеристик станини фрезерного верстату. 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2018 р.

У дипломній роботі розглянуті питання, які пов'язані з аналізом жорсткості несучої системи верстата, процесу механічної обробки деталі, дослідженням формоутворення та розробкою оптимальної компоувальної схеми верстата. Виконано проектний розрахунок та розробку окремих вузлів верстата. Виконано 3D моделювання корпусу (станини) верстата мод. 6P13Ф3. Виконано статичний та модальний аналіз корпусу верстата.

Ключові слова: жорсткість, напружено-деформований стан, деформація, шпиндель, 3D- модель

Neboha V.S " Study of rigidity characteristics of a milling machine stand." 133 - Sectoral engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2018.

The thesis deals with issues related to the analysis of the rigidity of the bearing system of the machine, the process of machining the details, the study of forming and the development of the optimal layout scheme of the machine. The project design and development of individual machine parts is carried out. The 3D modeling of the housing stand (frame) of the machine tool is executed. 6P13F3. A static and modal analysis of the machine case is performed.

Keywords: stiffness, stress-strain state, deformation, spindle, 3D-model