

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

ВОЗНЯК АНДРІЙ ЗИГМУНДОВИЧ

УДК 621.9-1/9

***«РОЗРОБКА КРИТЕРІЇВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНОВОК
БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТІВ НА ЇХ ОСНОВІ»***

8.05050301 «Металорізальні верстати та системи»

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2017

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
Склярів Руслан Анатолійович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Комар Роман Васильович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №9 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.

Сьогодні особлива увага приділяється вдосконаленню структури верстатів, верстатних комплексів і в першу чергу верстатів з ЧПК, багатоопераційних верстатів, гнучких виробничих модулів та систем, важких верстатів, верстатів високої і особливо високої точності. В світовому машинобудуванні особливо велика увага приділяється вдосконаленню структури верстатів і верстатних комплексів, автоматичних ліній, гнучких виробничих систем.

Широке впровадження машин і обладнання із засобами мікропроцесорної техніки, багатоопераційних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), багатоцільових верстатів (БЦВ), робототехнічних комплексів (РТК), і гнучких виробничих систем (ГВС) може дозволити значно покращити стан розвитку галузі.

Головними компонентами ГВС є багатоцільові верстати, на яких можна виконувати велику кількість технологічних операцій (поперечне свердління, фрезерування, розточування, нарізування різі і т. ін.). Новостворене технологічне обладнання повинно забезпечувати можливість виконання комплектної обробки й автоматизацію допоміжних операцій. Для цього необхідно синтезувати нові компоновки БЦВ, що мають більш високу продуктивність. Саме тому роботи в напрямку розробки критеріїв для оцінки компоновань багатоцільових верстатів є актуальними.

б) Мета і завдання.

Метою роботи є формування критеріальних оцінок для дослідження компоновок багатоцільових верстатів та розробка їх нових конструкцій з покращеними технологічними можливостями.

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено наступні задачі:

- здійснити аналіз розвитку компоновок БЦВ;
- провести технологічні розрахунки для деталі типу «кронштейн»;
- спроектувати та розробити нові компоновки БЦВ з покращеними технічними характеристиками.
- провести розробку основних виконавчих вузлів запропонованого верстату;
- провести дослідження компоновок БЦВ на основі критеріальних оцінок;
- провести організаційно-економічні розрахунки стосовно запропонованої конструкції багатоцільового верстату;
- вирішити питання охорони праці на запропонованому верстаті;
- вирішити питання безпеки життєдіяльності людини;
- вирішити питання екологічного характеру.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження. Багатоцільовий верстат, як складна технічна система.

Предмет дослідження. Конструктивні параметри та компоувальні схеми багатоцільових верстатів.

Методи дослідження. В основу роботи покладено основи теорії систем, методи математичного аналізу, теорія компоновок верстатів запропонована Враговим Ю.Д.

d) Наукова новизна отриманих результатів.

запропоновані нові критерії оцінки компоновок верстатів, а саме компактності по технологічним модулях та насиченості модульними комплектами.

e) Практичне значення отриманих результатів.

результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати при проектуванні нових конструкцій багатоцільових верстатів.

f) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на ІХ Всеукраїнській студентській науково - технічній конференції (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.) і опубліковані в збірнику:

Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т.
– Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с., - С. 150.

2. Структура роботи. Робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків, переліку посилань (60 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 193 сторінки, 12 таблиць, 80 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

a) У **Вступі** відзначено актуальність теми магістерської роботи, сформульована мета виконання роботи, а також перелічені основні завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

b) **Перший розділ «АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ»** розкриває зміст попередньо виконаних наукових досліджень за тематикою магістерської роботи, та теоретичні засади, які покладені в основу наукового дослідження. Огляд та аналіз попередніх наукових та практичних досліджень дозволив зробити наступні висновки: верстатні комплекси нового покоління повинні будуватися з використанням агрегатно-модульного принципу. Пошук, обґрунтування, оцінку і вибір компоновки БЦВ слід проводити з урахуванням конкретних умов виробництва, що дозволить максимально використовувати технологічні можливості верстата, який проектується і досягнути високих техніко-економічних показників. Аналіз тенденцій розвитку систем керування показав, що в якості системи керування в основному використовується ЧПК. Сучасні системи ЧПК мають послідовний інтерфейс великої швидкодії, великий об'єм пам'яті, в них передбачена можливість кодової корекції помилок. Спостерігається тенденція збільшення кількості одночасно керованих координат. Компоновка верстата має істотний вплив на його техніко-економічні показники, у зв'язку з чим сама компоновка верстата є об'єктом вивчення. Новостворюване технологічне обладнання повинно забезпечувати можливість виконання комплектної обробки й автоматизацію допоміжних операцій. Для цього необхідно синтезувати нові компоновки БЦВ, що мають більш високу продуктивність. Зараз існує надзвичайно велика кількість компоновок БЦВ, але немає усталеного підходу для відбору кращих варіантів компоновок таких верстатів, критеріїв які дозволяють їх оцінити.

с) У другому розділі «ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ» здійснено аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі «кронштейн», яку обробляють на досліджуваному верстаті. Розглянувши необхідні для обробки деталі схеми формоутворення можемо зробити такий висновок, що доцільним є виконання даних операцій на багатоопераційному верстаті та верстатах з ЧПК. На основі аналізу формоутворюючих рухів розроблено структурно-кінематичну схему досліджуваного верстата. Значну увагу приділено аналізу компоновальних схем верстатного обладнання подібного типу. Розглянуто типові компоновки та базові моделі багатоцільових верстатів, які серійно випускаються та широко використовуються на виробництві. Здійснено аналіз багатоцільових верстатів які мають подібні набори модульних комплектів, технологічних та конструктивних модулів.

д) У третьому розділі «ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК» проведено порівняльний аналіз двох варіантів технологічного процесу, здійснено вибір раціонального маршруту обробки деталі. Аналітичними та табличними методами призначено режими різання на різні операції механічної обробки. Проведені розрахунки дозволили сформулювати вихідні дані 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. Здійснено автоматизований розрахунок коробки швидкостей з використанням пакета прикладних програм «DM». В даному розділі також здійснено формування вимог до конструкції шпindelного вузла, та вибір початкових для оптимізації ШВ верстата.

ф) П'ятий розділ «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ» – статистичний аналіз розвитку компоновок багатоцільових верстатів показав, що компоновки БЦВ з горизонтальним шпindelним вузлом з хрестовим столом та магазином інструментів на 30-60 позицій є оптимальними. Здійснено вибір оптимальної компоновки багатоцільового верстату. Всім перерахованим умовам задовольняє компоновка виду $XOYZ$, формула якої з додаванням символів поворотного стола й шпинделя має вигляд $DX\theta YZC$ і повністю розкриває структуру верстата. Здійснено критеріальне дослідження компоновок багатоцільових верстатів з точки зору їх жорсткості і металоємності (критерію податливості) на прикладі стійки верстата, та запропоновані нові критерії компактності компоновки, а саме компактності по технологічним модулях та насиченості модульними комплектами.

г) Шостий розділ «СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА» включає розгляд питань, які пов'язані з автоматизованим розрахунком зубчасто-пасової передачі та оптимізації параметрів шпindelного вузла верстату з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

h) **Сьомий розділ «ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ»** містить комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних рішень. Впровадження проектового технологічного процесу механічної обробки деталі типу «кронштейн» із застосуванням БЦВ дозволяє отримати економічний ефект який становить 1471578 грн.

i) **Восьмий розділ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»** присвячений висвітленню питань, щодо забезпечення безпечних умов праці на виробництві та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Проведено розрахунок штучного та природного освітлення виробничої площі, визначено необхідну кількість світильників у ряду. Розглянуті загальні питання змісту безпеки життєдіяльності, визначено які нормативні акти складають законодавчу базу цивільної оборони України, проведено класифікацію та здійснено аналіз надзвичайних ситуацій.

j) **Дев'ятий розділ «ЕКОЛОГІЯ»** містить опис негативних факторів, а саме забруднень які виникають в цеху механічної обробки при роботі обладнання. Запропоновані заходи по регенерації і очистці відпрацьованих мастильно-охолоджувальних речовин на підприємстві.

4. ВИСНОВКИ

4.1. Пошук, обґрунтування, оцінку і вибір компоновки БЦВ слід проводити з урахуванням конкретних умов виробництва, що дозволить максимально використовувати технологічні можливості верстата, який проектується і досягнути високих техніко-економічних показників. Компоновка верстата має істотний вплив на його техніко-економічні показники, у зв'язку з чим сама компоновка верстата є об'єктом вивчення.

4.2. Статистичні дослідження компоновок БЦВ на основі методу структурних формул показали, що найпоширенішими структурами компоновок горизонтальних багатоцільових верстатів є структури $0XYZCh$, $XZOYCh$ і $XOZYCh$.

4.3. У загальному числі розглянутих багатоопераційних верстатів верстати з револьверними шпindelьними головками становлять 24,5%, верстати з магазинами інструментів - 57%, верстати з комбінованими й іншими пристроями - 18,5%.

4.4. Проведено порівняльний аналіз двох варіантів технологічного процесу, здійснено вибір раціонального маршруту обробки деталі. Аналітичними та табличними методами призначено режими різання.

4.5. Аналізуючи деталь-представник, матеріал, з якого вона виготовлена, і технічні умови на виготовлення, проведено розгляд можливих варіантів формоутворення, на основі яких здійснено побудову структурно-кінематичної та кінематичної схеми верстата.

4.6. Джерелом руху головного приводу є двигун постійного струму потужністю $N=11$ кВт (з номінальною частотою обертання 1000 об/хв). Діаметр шпindelя в передній опорі $d=105$ мм при характеристиці $dn=315000$ мм/хв. Передня опора шпindelя складається з двохрядного радіального циліндричного 3282121К ГОСТ 7634 і двохрядного кулькового радіально-упорного 178820Л ГОСТ 8882 підшипника. Задня опора складається з двохрядного радіального

циліндричного підшипника 3182117К ГОСТ 7634. В якості системи ущільнень використовуються дрейфуючі безконтактні ущільнення. Міжопорна відстань шпинделя 300 мм.

4.7. Здійснено оцінку елементів компонок БЦВ за допомогою критерію податливості, а саме стійки верстата. Запропоновані нові критерії компактності компонок, за допомогою яких можна здійснити оцінку компонок будь-якого верстату, а саме компактності по технологічним модулям та насиченості модульними комплектами.

4.8. Впровадження проектного технологічного процесу механічної обробки деталі типу «кронштейн» із застосуванням БЦВ дозволяє отримати економічний ефект який становить 1471578 грн.

4.9. В роботі висвітлені питання охорони праці, екології та безпеки життєдіяльності людини.

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Возняк А.З. Статистичний аналіз розвитку компонок багатоцільових верстатів. / Возняк А.З., Скляр Р.А. // Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с., - с. 150.
2. Скляр Р.А. Використання багатофункціонального пакету MathCad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів / Скляр Р.А., Шанайда В.В. // Збірник тез доповідей XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2012, С. 69.
3. Луців І.В. Теорія технічних систем / Ю.М. Кузнецов, Ю.К. Новосолов, І.В. Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
4. Скляр Р.А. Прогнозування розвитку технічних систем. / Кузнецов Ю.М., Скляр Р.А. - К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2004. - 323 с.
5. Скляр Р.А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою / Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Скляр Р.А. (Гриф МОН Рекомендовано лист №14/18.2-451 від 12 березня 2004 р.). Кіровоград, 2004. – 438с.
6. Скляр Р.А. Прогнозування розвитку компонок багатошпиндельних токарних автоматів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.03.01 / Скляр Руслан Анатолійович; Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2001. - 19 с.
7. Скляр Р.А. Розробка критеріальних оцінок для аналізу компонок верстатів з паралельною кінематикою / Р.А. Скляр, В.В. Шанайда // Матеріали ХІХ наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — С. 74.
8. Врагов Ю.Д. Анализ компонок металлорежущих станков: (Основы компонетики) / Врагов Ю.Д. –М: Машиностроение, 1978. – 208 с.
9. 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.

6. АНОТАЦІЇ

Возняк А.З. «Розробка критеріїв та дослідження компоновок багатоцільових верстатів на їх основі». Дипломна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 8.05050301 – Металорізальні верстати та системи; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2017 р.

Метою роботи є формування критеріальних оцінок для дослідження компоновок багатоцільових верстатів та розробка їх нових конструкцій з покращеними технологічними можливостями.

В дипломній роботі магістра розглянуто конструктивні та технологічні особливості багатоцільових верстатів, проведено аналіз розвитку компоновок БЦВ з горизонтальним шпиндельним вузлом. Вирішені питання, які пов'язані з аналізом технологічного процесу механічної обробки деталі «кронштейн», дослідженням комплексу формотворних рухів та розробкою компоувальних схем верстата для їх повного або часткового забезпечення. Реалізовано проектний розрахунок та розробку окремих вузлів верстата. Проведені статистичні дослідження компоновок багатоцільових верстатів на основі методу структурних формул. Розроблені та запропоновані нові критерії для оцінювання компоновок багатоцільових верстатів, а саме компактності компоновки. Здійснено техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень. Вирішені питання охорони праці та екології навколишнього середовища, безпеки життєдіяльності людини.

Ключові слова: багатоцільовий верстат, компоновка верстата, критерій.

Vozniak A.Z. «Criteria development and investigation of multifunctional machine tools construction arrangements on their basis». Thesis work for obtaining the educational qualification of Master degree of specialty 8.05050301 - metal-cutting machine tools and systems; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2017.

The purpose of work is formation of criteria estimates for a research of configurations of multifunctional machine tools and development of their new designs with the improved technological capabilities.

In the thesis work of master are considered structural and technological features of multifunctional machine tools, the analysis of configurations of multifunctional machine tools with a horizontal spindle made. Thesis includes issues related to the analysis of the process of machining part "bracket", research complex movements shaping and developing the machine layout schemes for their full or partial support. Implemented project calculation and design of individual units of the machine tools. Statistical researches of configurations of multifunctional machine tools based on a method of structural formulas are conducted. New criteria for assessment of configurations of multifunctional machine tools, namely compactness of configuration are developed and offered. Done technical and economic feasibility of technical solutions. Thesis work includes issues related to the industrial safety, human ecology and the safety of human life.

Key words: multifunctional machine tools, machine configuration, criteria.