

УДК 621.9.06

Ю.М. Кузнєцов, професор, д-р техн. наук,

О.О. Степаненко, аспірант,

М.Ю. Манжола, аспірант,

О.І. Рожко, аспірант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

Проспект Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

zmok@mail.ru

МОДУЛЬНИЙ ПРИНЦИП СТВОРЕННЯ НОВИХ КОМПОНУВАНЬ МАЛОГАБАРИТНИХ ВЕРСТАТІВ КАРКАСНОЇ БУДОВИ

Розглядається модульний принцип створення нових компонувань малогабаритних верстатів каркасної будови (на прикладах діючих моделей), у тому числі з механізмами паралельної структури (МПС). Представлена система керування даними верстатами за допомогою комп'ютера (концепція РС-НС).

Ключові слова: *модуль лінійного переміщення, малогабаритні верстати каркасної будови, механізми паралельної структури, система керування на базі персонального комп'ютера.*

Вступ. На сьогодні, в умовах жорсткої конкуренції кожна галузь потребує інноваційних рішень для економії часу та удосконалення існуючих технологій. Виникає потреба швидкого реагування на запити суспільства, але за відсутності гідного фінансування – це стає майже неможливим. Як варіант розв'язання поставлених задач, може використовуватись модульний принцип створення технологічного обладнання. Це дає можливість трансформувати існуюче обладнання за умови, якщо воно складається з уніфікованих вузлів (модулів). Відповідно, нові модифікації отриманих конструкцій будуть відповідати заявленим потребам замовника, що дозволить в скорочений термін отримати бажаний результат. При цьому знижується собівартість отриманої продукції, оскільки не закуповується нове обладнання під вузькі конкретні вимоги заявника, а компонується в нові модифікації вже існуюче устаткування. Як наслідок, спрощуються умови експлуатації, підвищується ремонтоздатність, оскільки відпадає потреба в будь-яких спеціалізованих деталях і фахівцях.

Важливо враховувати, що створення нової технічної системи (ТС) з якихось окремих оригінальних вузлів, може призвести до виникнення серйозних проблем у майбутньому в процесі експлуатації через нестандартність окремих частин обладнання [1].

Ефективніше розробити нову ТС, використовуючи стандартні, вже добре відомі складові. Доцільніше експлуатувати вже зарекомендовані вузли, використовуючи принцип модульного формування техніки, який дає можливість компонувати різні за складністю комплекси, враховуючи їхні особливі відмінності та характеристики. На економічний ефект має великий вплив мінімальна кількість використаних типів первинних (типових, уніфікованих, або стандартних) загальних елементів – модулів.

Постановка задачі. Базуючись на модульному принципі, сконструювати діючі моделі малогабаритних верстатів каркасної будови, в тому числі використовуючи механізми паралельної структури (МПС); організувати систему керування на базі персонального комп'ютера за концепцією РС-НС. Розглянути та описати особливості будови таких систем.

Розв'язання задачі. В період активного розвитку різних підходів до проектування, розробки обладнання і виробничого процесу, особливу увагу привертає створення ТС на модульному принципі, завдяки постійно присутній можливості швидко реагувати на зміни в потребах замовника без втрат чи зупинки виробництва [1]. На сьогодні стрімко розвиваються різні типи, модифікації та компонування виробничих машин для різних галузей суспільних вимог, виникає жорстка потреба у безупинному виробничому процесі, який можливий лише при використанні універсального, швидко переналагоджувального обладнання. Такі можливості містить в собі саме метод створення ТС на модульному принципі.

Модульний принцип дозволяє мінімізувати витрати на проектування нового обладнання, економічний ефект від якого, буде відчутний в короткі строки після початку виробництва. Він передбачає використання окремих вузлів (модулів), які дають можливість найбільш повно відповідати вимогам розв'язання конкретної технічної задачі без надлишкових функцій.

Модулі – це самостійні вироби, що мають автономну документацію на виготовлення, пройшли функціональну перевірку і готові до монтажу. Модулі можуть легко з'єднуватись, утворюючи складні системи, відокремлюватись і замінюватись з метою отримання систем з іншими компонувальними рішеннями і характеристиками при ремонті та модернізації [1].

Після проведення ціленаправленого поглибленого пошуку, під час вивчення та аналізу нових компонувальних рішень для малогабаритних верстатів на базі каркасних конструкцій несучих систем з

метою забезпечення і підвищення показників якості обробки, розширення функціональності, зниження металоємності, зменшення або раціоналізації займаних виробничих площ і обсягів, виникла потреба в використанні модулів, які б відповідали поставленим вимогам.

Для цього були розроблені конструкції основного універсального модуля лінійного переміщення (рисунок 1, а), який одночасно є несучою системою для малогабаритних верстатів каркасної будови типу біглайд, триглайд, гексаглайд або гібридних компонувань [3], та основного універсального модуля штанги змінно-керованої довжини (рисунок 1, б) для верстатів типу біпод, трипод, гексапод тощо [4], де передбачається використання шарнірних з'єднань, які кріпляться до рухомої і нерухомої частин.

Основа модуля виконана у вигляді двох циліндричних напрямних, між якими на одній вісі розміщені кроковий двигун, муфта, ходовий гвинт і каретка з можливістю повздовжнього руху по цим напрямним, а система кріплення модуля виконана у вигляді двох обертових вузлів, які розміщені по обидва кінці напрямних з можливістю обертання на 180° і кріплення у будь-якій площині під будь-яким кутом.

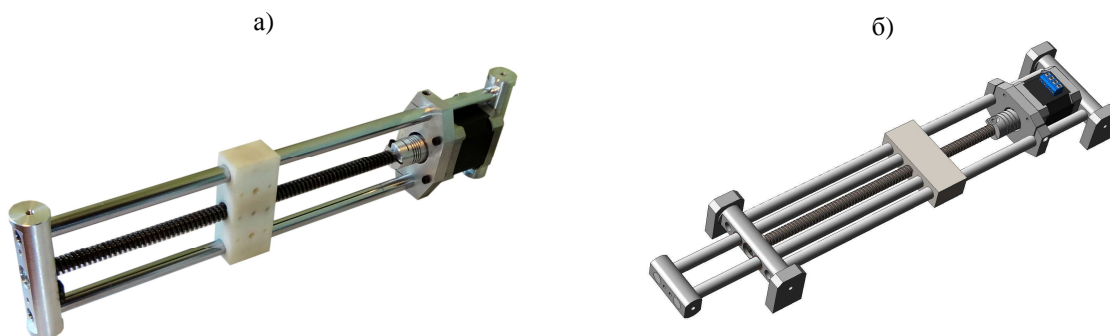


Рисунок 1 – Універсальні модулі лінійного переміщення (а) і змінно-керованої довжини (б) для верстатів каркасних компонувань (3D-модель)

Виконання напрямних циліндричної форми зменшує їх металоємність і складність конструкції, а конструкція системи кріплення у вигляді двох обертових вузлів розширює функціональні можливості модуля. Підшипники розміщені в корпусах, які також прикріплені до напрямних. Каретка виконана цілком з капролону, що має низький коефіцієнт тертя і містить з чотирьох сторін різьбові отвори для кріплення.

За допомогою даних модулів і мотор-шпинделя можна в короткий термін зібрати необхідну каркасну конструкцію верстата потрібних розмірів з заданими функціональними можливостями.

Також в конструкціях верстатів (табл.1) присутні додаткові прості модулі (вузли) такі, як: основи кріплення (нижня і верхня основи каркасу), штанги постійної довжини з шарнірами, штанги змінно-керованої довжини, шарнірні з'єднання з 3 ступенями вільності, мотор-шпинделі несамодіючі (головний рух) і самодіючі (головний рух і подача з координатою Z) та ін. Верхня основа є індивідуальною для кожного типу конструкції. Це досить прості деталі, які виготовляються, як правило, за одну установку на верстаті з ЧПК.

Нижня основа представляє собою плиту, що містить ряд отворів, завдяки чому можливо здійснювати будь-які трансформування та монтаж різноманітних каркасних конструкцій. Відповідно, на одній основі можна зібрати велику кількість варіацій обладнання в залежності від поставлених задач, за короткі терміни, не прикладаючи великих зусиль до процесу складання та кріплення при створенні наступного нового компонування.

Таким чином, при використанні універсального модуля лінійного переміщення прототипування конструкцій верстатів стає швидко розв'язуваним завданням, дозволяючи, таким чином, в короткі терміни вишукати найоптимальніше компонувальне рішення.

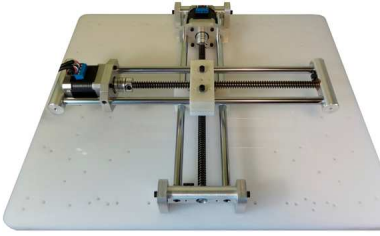
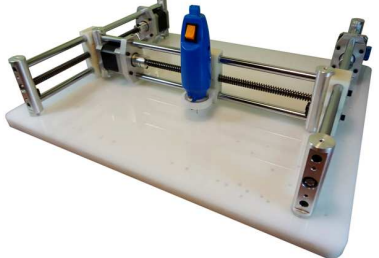
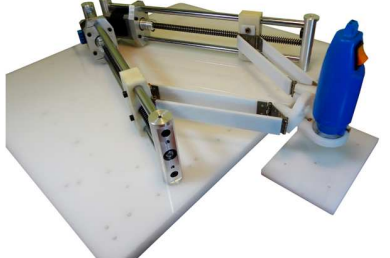
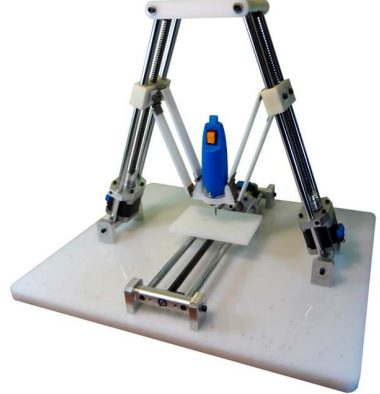
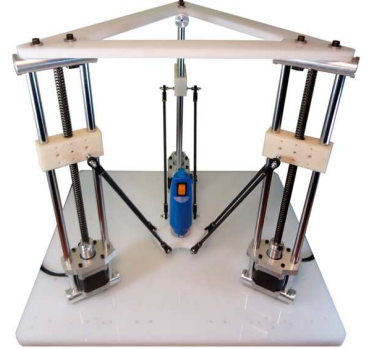
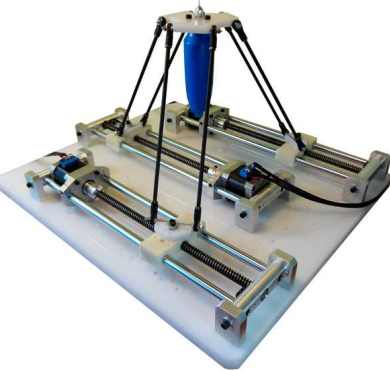
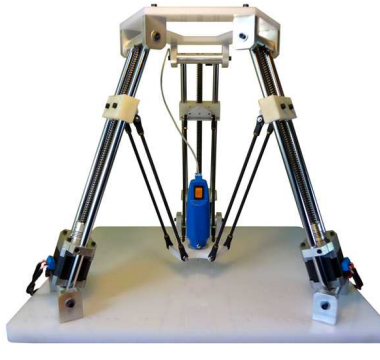
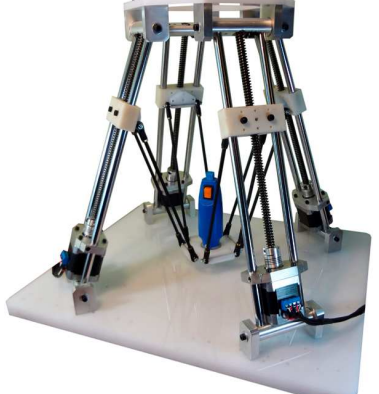
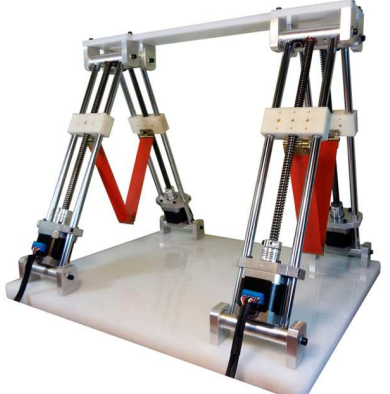
В конструкціях використанні переважно універсальні елементарні складові і зведена до мінімуму кількість спеціально виготовлених деталей. Такий спосіб конструювання верстатів дозволяє при необхідності швидко змінювати конструкцію, зону обробки та інші параметри.

Крім того, як видно з табл.1, каркасний принцип будови підходить як для традиційного верстатного обладнання, так і для реалізації просторових механізмів на основі МПС, оскільки світова практика верстатобудування свідчить, що одним із перспективних напрямків розвитку малогабаритних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) є використання МПС в їх конструкціях.

У сучасному світі з високою модернізацією технологічного обладнання зустрічаються різні погляди на доцільність використання МПС. Однак, не дивлячись на це, немало вчених у всьому світі активно працюють над вивченням і дослідженням МПС. Доказом цього є поступове впровадження

різноманітного обладнання на основі МПС у виробництво, де воно займає тверді позиції і стає незамінним при виконанні багатьох складних, нестандартних операцій. Мова йде про такі сфери, як робототехніка, медицина, авіація, космонавтика, астрономія, кіноіндустрія і, звичайно, верстатобудування. Це обладнання є специфічним і орієнтованим на конкретні задачі, в яких його використання є альтернативою традиційних верстатів з ЧПК навіть багатокоординатних.

Таблиця 1 – Виготовлені діючі дослідні зразки основних компоновальних рішень верстатів традиційної і паралельної кінематичної будови

		
<p>Хрестовий стіл</p>	<p>Портал</p>	<p>Біглайд горизонтальний</p>
		
<p>Біглайд вертикальний із рухомих столом</p>	<p>Триглайд вертикальний</p>	<p>Триглайд горизонтальний</p>
		
<p>Триглайд пірамідальний</p>	<p>Тетраглайд пірамідальний</p>	<p>Біглайд спарений клиноподібний</p>

Верстати з МПС здатні замінити громіздкі обробні комплекси для середніх і невеликих деталей, а в деяких випадках витіснити повністю верстати традиційного компоновання за рахунок своєї багатофункціональності [3,4].

Для підготовки фахівців на рівні світових стандартів доцільне використання малогабаритних верстатів з комп'ютерним керуванням в навчальному процесі.

Враховуючи потребу в інноваційних підходах, необхідності прийняття нових неординарних рішень, верстати з паралельною кінематикою можна вважати перспективною альтернативою традиційному металообробному обладнанню в деяких сферах промисловості.

Можливості технологічного обладнання з МПС дуже широкі, вони можуть виконувати практично всі види робіт, пов'язаних з обробкою, складанням, випробуванням та контролем виробів.

Концепція гібридних каркасних компонувань верстатів з МПС найбільш ефективно може бути реалізована з використанням сучасних уніфікованих вузлів і модулів [4].

Завдяки різним функціональним модулям, які розміщуються на рухомій платформі (шпиндельні блоки з приводами головного руху, з приводами подачі інструменту і без нього), на нерухомій основі (координатні традиційні блоки), при використанні різних приводів подач, і напрямних для верстатів з МПС, оснащених штангами постійної або змінної довжини, можна створити верстати різного призначення з різною кількістю керованих координат.

Принцип керування верстатами. Система керування представленими моделями верстатів побудована за концепцією PC-NC (Personal Computer-Numerical Control), що має однокомп'ютерну архітектуру, в рамках якої усі задачі керування (геометрична, логічна, термінальна) вирішені суто програмним шляхом без використання додаткових апаратних пристроїв. Для взаємодії керуючого комп'ютера з електричною частиною верстату використовується спеціальний контролер, який здійснює перетворення сигналів комп'ютера в аналогові сигнали керування кроковими двигунами. На комп'ютер надходять сигнали датчиків нульового положення виконавчий орган верстату. Контролер має три незалежні осі по трьом координатам і працює по протоколу STEP/DIR (крок/напрямок). З LPT порту комп'ютера у реальному часі надходить інформація з кількістю кроків і напрямом обертання, які повинні відпрацювати крокові двигуни.

Корпус контролеру (рисунок 2) виготовлено з прозорого пластику. Таке рішення є доцільним при використанні системи керування у складі навчально-дослідної лабораторії у ВНЗ і дає змогу студентам більш детально ознайомитись із схемно-структурною будовою контролеру.

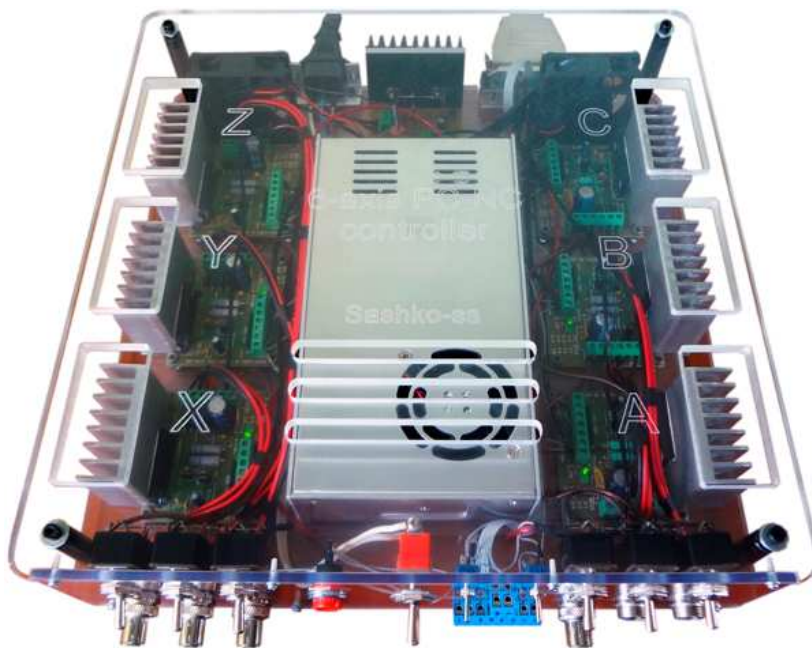


Рисунок 2 – Виготовлений універсальний контролер системи керування запропонованими моделями верстатів

Малогабаритні верстати з ЧПК на модульному принципі, завдяки своїй невисокій вартості, крім усіх інших переваг, є практичною базою для навчального процесу. В нашій країні, на жаль, відсутня можливість в кожному вузі чи технікумі мати повнорозмірний новітній верстат з ЧПК, але кожен, без виключення, навчальний заклад може собі дозволити придбати малогабаритний верстат з комп'ютерним керуванням, або навіть цілу серію верстатів, створивши учбовий клас верстатів з ЧПК нового покоління (рисунок 3). Подібний клас може використовуватись для підготовки фахівців багатьох технічних спеціальностей і стати альтернативою повнорозмірним імпортним верстатам, вартість яких може складати мало не весь річний бюджет ВНЗ. Ця альтернатива не дасть нашій системі технічної освіти назавжди відстати від світового прогресу.



Рисунок 3 – Приклади навчальних класів верстатів каркасної будови з ЧПК на модульному принципі: а) лабораторія кабінету інноватики (НТУУ «КПІ» корп.6, каб.4), б) 3D-модель навчального класу з настільними верстатами з ЧПК

Висновки. Базуючись на модульному принципі виявлені основні групи каркасних компоновок верстатів, в тому числі з МПС, які реалізовані у вигляді діючих дослідних зразків. Проведений аналіз принципу створення нового технологічного обладнання каркасної будови з МПС, завдяки цьому отриманні ґрунтовні положення, які дають можливість претендувати на першість у багатоваріантності, низькій металоємності, симетричності, гібридності та модульності.

Концепція каркасних компонок дозволяє створювати нові верстати, в тому числі з паралельною кінематикою, із потрібним ступенем вільності виконавчого органу для виконання багатьох задач шляхом розподілу технологічних рухів між традиційною і паралельною структурами модулів.

В умовах обмеженого фінансування всіх галузей, застосування модульного принципу в розробці і виготовленні верстатних систем нового покоління є вигідним і незамінним шляхом розв'язання цієї проблеми. Разом з тим, доцільно, з точки зору економії часу і матеріальних витрат, виготовляти прототипи верстатів дещо зменшеного розміру, отримуючи таким чином повнофункціональні настільні верстати, що можуть стати практичною базою для досліджень і навчання студентів у ВНЗ на рівні світових вимог. НТУУ "КПІ" готове в цьому напрямку на договірних умовах розробити навчальні класи по замовленню ВНЗ.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Васильев А.Л. Модульный принцип формирования техники / А.Л. Васильев. — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 240с.
2. Кузнецов Ю.Н. Компоновки станков с механизмами параллельной структуры / Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Дмитриев, Г.Е. Диневич; под ред. Ю.Н. Кузнецова. — Херсон: ПП Вишемирский В., 2010. — 471 с.
3. Патент України на корисну модель № 68238. МПК В23Q 5/00, В23С1/00 Модуль лінійного переміщення / Кузнецов Ю.М., Степаненко О.О., опубл. 26.03.12; Бюл. № 6.
4. Патент України на корисну модель №73495. МПК В23Q 5/00, В23С1/00) Модуль лінійного переміщення / Кузнецов Ю.М., Степаненко О.О., Рожко О.І., опубл. 25.09.12; Бюл. № 18.

Надійшла до редакції 19.03.2013 р.

Кузнецов Ю.Н., Степаненко А.А., Манжол М.Ю., Рожко О.И. Модульный принцип создания новых компоновок малогабаритных станков каркасной структуры

Рассматривается модульный принцип создания новых компоновок малогабаритных станков каркасного строения (на примерах действующих моделей), в том числе с механизмами параллельной структуры (МПС). Представлена система управления данными станками с помощью компьютера (концепция РС-НС).

Ключевые слова: модуль линейного перемещения, малогабаритные станки каркасного строения, механизмами параллельной структуры, система управления на базе персонального компьютера.

Kuznetsov Yu.N., Stepanenko A.A., Manzhola M.Yu., Rozhko O.I. Modular principle of the creation of new layouts of compact machines of frame structure

Modular approach to create new layouts of small machine of frame structure (with examples of existing models), including mechanisms of parallel structure (MPS) is reported. Computerized machine data management system (the concept of PC-NC) is shown.

Keywords: linear motion module, compact machine of frame structure, mechanisms of parallel structure, the computerized control system.