

УДК 62-231:621.9.04

Ю.М. Кузнєцов, д.т.н.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ НА МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПІ

Розглянутий генетико-морфологічний підхід до створення технологічних систем нового покоління різного призначення, що проілюстровано на прикладі верстатів з паралельною кінематикою.

Технологічна система, модульний принцип, верстат, паралельна кінематика.

В останній час нав'язується думка про те, що в створенні технологічного обладнання машинобудування України назавжди відстало від провідних фірм високорозвинутих індустріальних країн і тому не слід цьому приділяти уваги. Зі всіх сторін кажуть, що краще купляти чуже, причому дуже дороге, ніж виробляти своє.

З цим погодитися ні в якому разі не можна, бо світові тенденції розвитку машинобудування не можуть залишити вчених байдужими в досягненні шести основних цілей:

1. Підвищення продуктивності обладнання.
2. Підвищення якості виготовленої продукції.
3. Зменшення витрат та і сировинно-енергетичних ресурсів.
4. Зменшення долі фізичної праці людини.
5. Полегшення рутинної інтелектуальної праці людини.
6. Розширення технологічних можливостей обладнання.

Досягнення перших трьох цілей дозволяє розв'язати техніко-економічні проблеми, четвертої і п'ятої – соціально-економічні, а останньої – і технічні, і соціальні, і економічні.

Аналіз різних прогнозів розвитку науки, техніки і технології на початку XXI сторіччя дає можливість сформулювати основні світові тенденції розвитку машинобудування в тому числі в його серцевині – верстатобудуванні, серед яких [6]:

1. Високошвидкісна (High Speed Cutting) і високопродуктивна (High Production Cutting) обробка на швидкостях лезійної обробки до 30м/с, алмазо-абразивної до 150м/с, подачах до 0,5 мм/зуб завдяки прогресивному різальному інструменту, використанню високооборотних мотор-шпинделів (до 15-20 тис. об/хв. для токарної і 100 тис. об/хв. і вище для фрезерної обробки), швидкодіючих приводів переміщення вузлів на швидкостях 60-200м/хв., з прискоренням 0,5...5g.

2. Розробка нових енерго- і ресурсозберігаючих технологій за рахунок нових наукоємних і комбінованих методів обробки з максимальним наближенням заготовки до готової деталі.

3. Створення багатофункціонального, багатоцільового обладнання для реалізації комбінованих методів обробки.

4. Прагнення до прецизійної (High Precision Cutting) і ультра прецизійної обробки (нанотехнології або субмікронні технології).

5. Агрегатно-модульний принцип побудови обладнання і модульні технології [1,3].

Враховуючи наступні тенденції, наукові розробки повинні бути присвячені не удосконаленню і теоретичному дослідженню зарекомендованих за кордоном, але відсутніх в Україні сучасних верстатів, бо це модно, а ідеї створення верстатів та інших технологічних комплексів нового покоління, які не поступаються, а перевищують кращі світові зразки.

Треба рухатись не в фарватері провідних фірм і весь час наздоганяти, а шукати і знаходити шляхи інноваційного прориву.

В душі зазначених тенденцій заслуговує уваги актуальна проблема створення верстатів з паралельною кінематикою, які є перспективною альтернативою традиційному обладнанню завдяки перевагам механізмів паралельної структури (МПС) [2,5].

Сьогодні в Україні не виготовляються і не експлуатуються верстати з паралельною кінематикою, в той же час біля 10 країн світу розширюють їх виробництво (рис. 1).

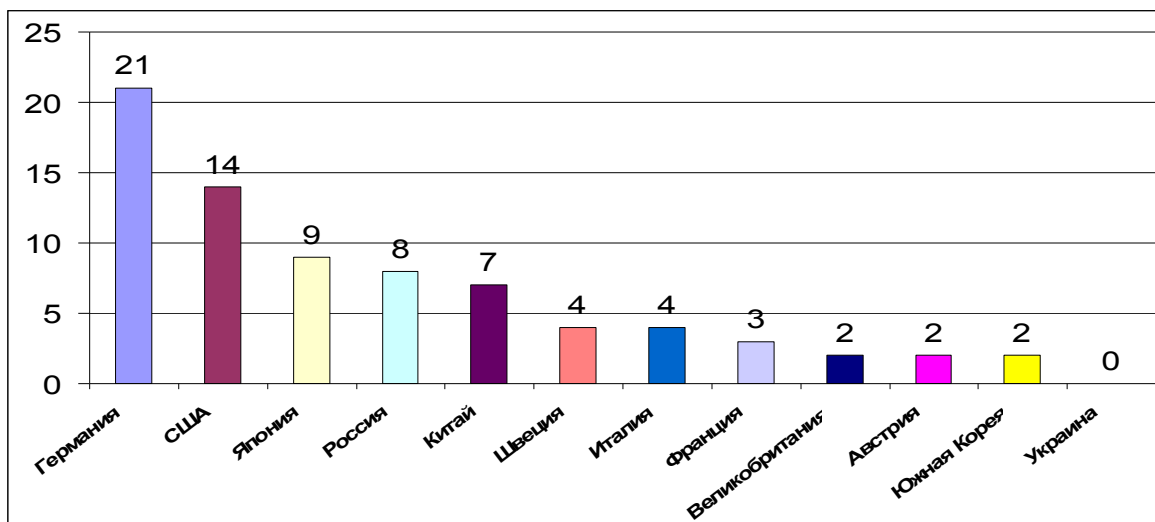


Рис. 1. Кількість моделей верстатів з паралельною кінематикою, що виготовляються в різних країнах

В цих верстатах використовують дві принципові схеми МПС: зі штангами змінної довжини типу трипод і гексапод і штангами постійної довжини типу біглайд і гексаглайд, причому перевага віддана першій схемі на основі платформи Стюарта.

Один з перших верстатів-гексаподів був розроблений на початку 1980-х років на кафедрі металорізальних верстатів і інструментів Новосибірського електротехнічного інституту [1,4,5]. В такому напрямку працює переважна більшість фірм.

На відміну від них, запропонована концепція заснована на теорії генетико-морфологічного і еволюційного розвитку штучних систем [7] по аналогії до природних біологічних систем. Концепція також передбачає застосування каркасних і оболонкових конструкцій несучих систем, модульного принципу та інтелектуальних комп'ютерних систем.

В цій області структурно-схемного підходу до електромеханічних систем суттєвих успіхів досяг завідувач кафедри «Електромеханіка» НТУУ «КПІ» проф. Шинкаренко В.Ф. [9].

Для створення верстатів нового покоління з врахуванням їх еволюційного розвитку запропоновано використовувати п'ять генетичних операторів: реплікація схрещування, інверсія, кросинговер і мутація.

В сполученні з цими операторами для синтезу компоновок верстатів, вибору форми виконання несучої системи і виконавчого органу доцільно застосовувати геометричні оператори перетворення у вигляді умовних «хромосом» (рис. 2), мутацію яких при зміні кількості вершин ребер і граней фігур зручно програвати на комп'ютері.

Процес оптимального проектування верстата як технічної системи є складним, багаторівневим, багатокритеріальним і в багатозв'язаній області, починаючи від ідеї (принципу дії) і закінчуючи технічним рішенням у вигляді матеріалізованої конструкції з оптимальними параметрами

Для розв'язання таких складних задач на рівнях структурно-схемного синтезу пропонується використовувати багаторівневий морфологічний аналіз [7], що створює велике поле пошуку – генетичної інформації (банка знань), наприклад обладнання з паралельною кінематикою різного призначення у вигляді морфологічної матриці, яка дає багато варіантів подібно множині і різноманітності живих істот зі своїми генетичними кодами:

Згорнута

$$M_{СПК} = M_3 \wedge M_{ШБ} \wedge M_{ШТ} \wedge M_{БЛ} \wedge M_I, \quad (1)$$

Розгорнута

$$M_{СПК} = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{c} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{array} \right| \wedge \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} 2.1 & 3.1 & 4.1 & 5.1 \\ 2.2 & 3.2 & 4.2 & 5.2 \\ 2.3 & 3.3 & 4.3 & 5.3 \\ 2.4 & 3.4 & \cdot & 5.4 \\ 2.5 & 3.5 & \cdot & 5.5 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array} \right| \wedge \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} 6.1 & 7.1 & 8.1 & 9.1 \\ 6.2 & 7.2 & 8.2 & 9.2 \\ 6.3 & 7.3 & 8.3 & 9.3 \\ 6.4 & 7.4 & 8.4 & 9.4 \\ 6.5 & 7.5 & 8.5 & \cdot \\ 6.6 & 7.6 & 8.6 & \cdot \\ 6.7 & 7.7 & 8.7 & \cdot \\ 6.8 & \cdot & 8.8 & \cdot \\ \cdot & \cdot & 8.9 & \cdot \\ \cdot & \cdot & 8.10 & \cdot \\ \cdot & \cdot & 8.11 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array} \right| \wedge \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cc} 10.1 & 11.1 \\ 10.2 & 11.2 \\ 10.3 & 11.3 \\ 10.4 & 11.4 \\ 10.5 & 11.5 \\ 10.6 & 11.6 \\ 10.7 & 11.7 \\ \cdot & 11.8 \\ \cdot & 11.9 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \end{array} \right| \wedge \begin{array}{c} \left| \begin{array}{c} 12.1 \\ 12.2 \\ 12.3 \\ 12.4 \\ 12.5 \\ 12.6 \\ 12.7 \\ 12.8 \\ 12.9 \\ 12.10 \\ \cdot \\ \cdot \end{array} \right| \end{array} \quad (2)$$

Ця конфіденційна інформація поки записана за допомогою морфологічних формул, далі, після ретельної систематизації її можна записати за допомогою генетичних кодів [9] або генетичних алгоритмів [10].

Стосовно верстатів з лезовою обробкою різних за формою заготовок нижче наведені усічені матриці з меншою кількістю варіантів:

для тіл обертання

$$M'_{стк} = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} 2.1 & 3.1 & 4.1 & 5.1 \\ 2.2 & 3.2 & 4.2 & 5.2 \\ 2.3 & 3.3 & 4.3 & 5.3 \\ 2.4 & 3.4 & \cdot & 5.4 \\ 2.5 & 3.5 & \cdot & \cdot \end{array} \right| \wedge \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} 6.1 & 7.1 & 8.1 & 9.1 \\ \cdot & 7.2 & 8.2 & 9.2 \\ \cdot & 7.3 & 8.3 & 9.3 \\ \cdot & 7.4 & \cdot & \cdot \end{array} \right| \wedge \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cc} 10.1 & 11.1 \\ 10.2 & 11.2 \\ 10.3 & 11.3 \\ 10.5 \\ 10.6 \\ 10.7 \end{array} \right| \end{array} \quad (3)$$

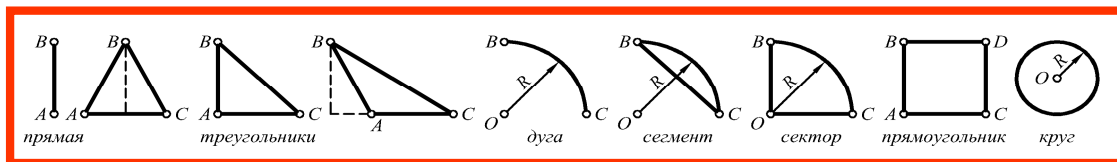
$$N' = 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 3 = 226800$$

для корпусних, плоских, та складно профільних деталей

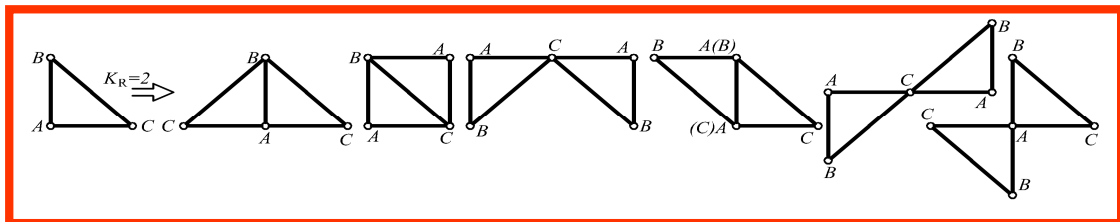
$$M_{\text{СНХ}}'' = \begin{vmatrix} 2.2 & 3.2 & 4.1 & 5.2 \\ 2.3 & 3.4 & 4.2 & 5.3 \\ 2.5 & & 4.3 & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 6.1 & 7.1 & 8.1 & 9.1 \\ 6.2 & 7.2 & 8.2 & 9.2 \\ 6.3 & 7.3 & 8.3 & 9.3 \\ 6.4 & 7.4 & 8.4 & \\ 6.5 & & 8.5 & \\ 6.6 & & 8.6 & \\ & & 8.7 & \\ & & 8.8 & \\ & & 8.9 & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 10.1 & 11.1 \\ 10.2 & 11.2 \\ 10.3 & 11.3 \\ 10.4 & 11.4 \\ 10.5 & 11.5 \\ 10.7 & 11.6 \\ 10.8 & \end{vmatrix} \quad (4)$$

$$N'' = 3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 6 = 979776$$

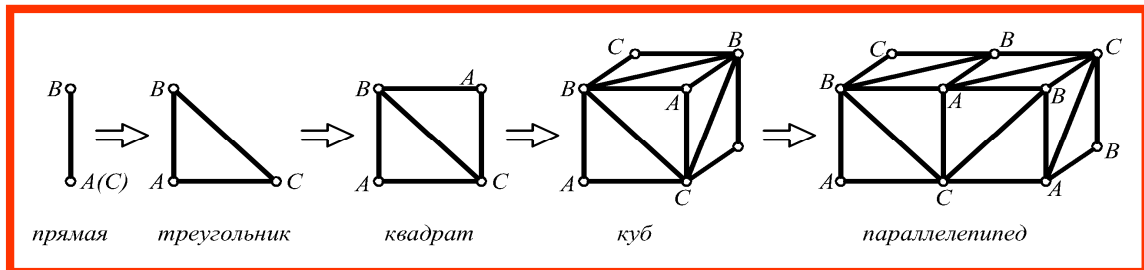
Батьківські хромосоми



Хромосоми-нащадки



Хромосоми-реплікатори



Хромосомна інверсія

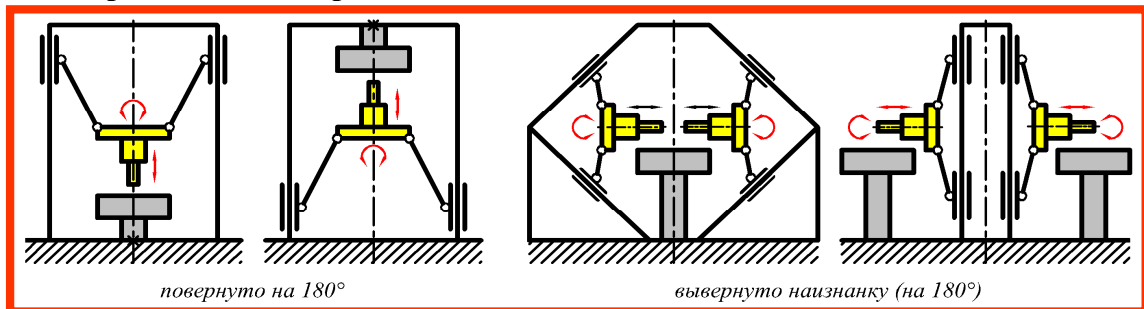


Рис. 2. Геометричні оператори перетворення компонок верстатів

Використання основних принципів запропонованої концепції дає нові нетрадиційні рішення, навіть такі, що набагато випереджають час і дозволяють подолати катастрофічне падіння верстатобудування в Україні за короткий термін.

Далі це розглянемо на прикладах.

За допомогою генетичного оператора схрещування як мінімум двох компоновок з різною генетичною інформацією – традиційної (послідовна кінематика) і сучасної (паралельна кінематика) отримані гібридні компоновки верстатів з МПС токарної (рис. 3) і свердлильно-фрезерної групи (рис. 4) зі своїми кодами – морфологічними формулами [5].

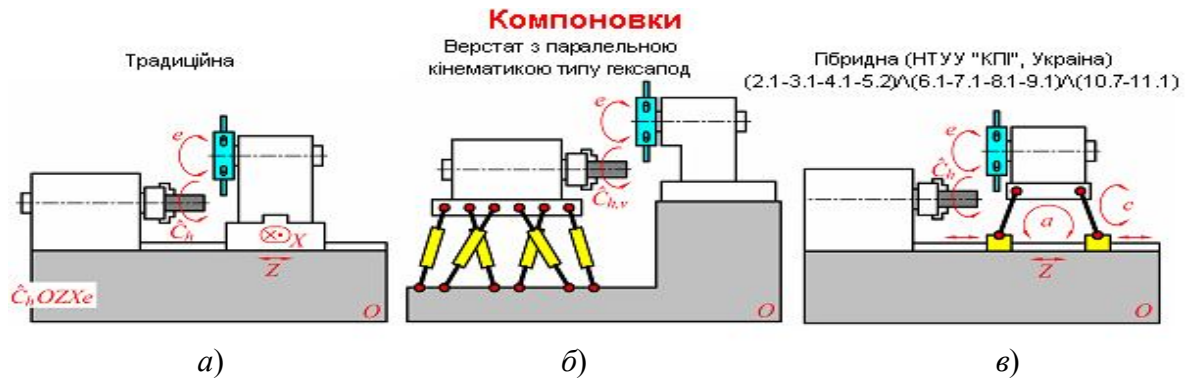


Рис. 3. Порівняння компоновок токарних верстатів з ЧПК: *a* – традиційної; *б* – стрижневої на штангах змінної довжини; *в* – гібридної зі штангами постійної довжини

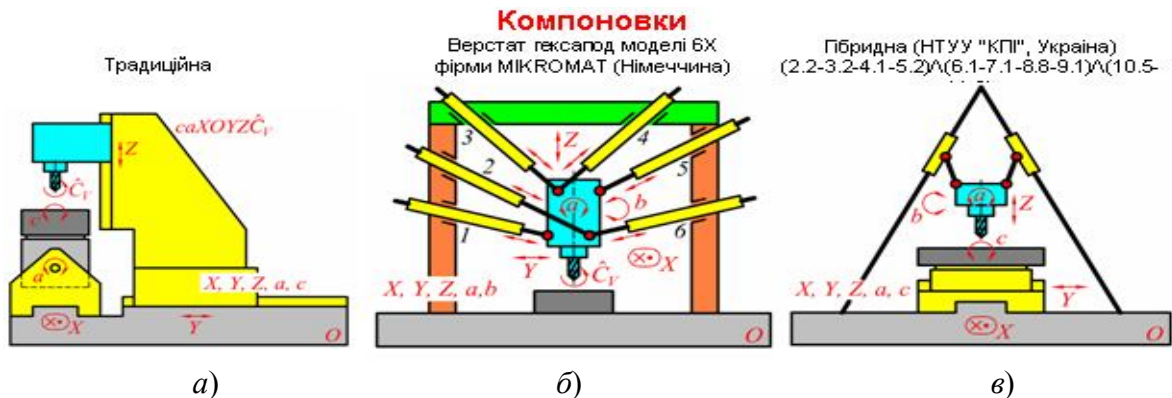


Рис. 4. Порівняння компоновок свердлильно-фрезерних верстатів з ЧПК: *a* – традиційної; *б* – стрижневої на штангах змінної довжини; *в* – гібридної на штангах постійної довжини

На рис. 5 показаний найбільш простий багатоцільовий токарний верстат одного таксона (сімейства) з інструментальною системою типу «павук», створений з модулів і МПС типу біглайд або гексаглайд.

Для розширення технологічних можливостей і техніко-економічних показників запропоновано сімейство багатоцільових токарних верстатів з двома револьверними головками на поворотній платформі, з двома супортами з однаковою і різною довжиною штанг [5].

На рис. 6 приведена оригінальна пірамідальна каркасна компоновка багатокоординатного свердлильно-фрезерного верстата по патенту України №86533, для дослідження якого виготовляються діючі макети з каркасом з три- і чотиригранної пірамід [8].

Використовуючи різні геометричні оператори і різні батьківські «хромосоми», можна отримати оригінальні рішення на основі нерухомого і рухомого клиноподібного каркаса для різних верстатів [5].

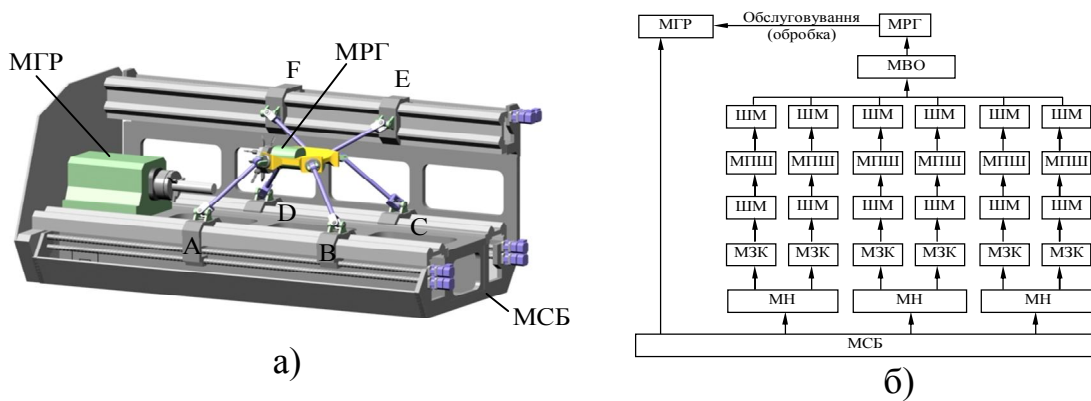


Рис. 5. Компонівка (а) і структурна схема (б) багаточільового токарного верстата (патент України №27808) з набором модулів: МСБ – стаціонарного; МН-напрямних; МГР – головною руху; МЗК – зміни координат; МШ – шарнірний; МПШ штанги постійної довжини; МВО – виконавчого органу; МРГ – револьверної головки

Модульний принцип дає унікальну можливість для комп'ютерного проектування, моделювання і візуалізації рухів виконавчого органу що на прикладах проілюстровано в роботі [5].

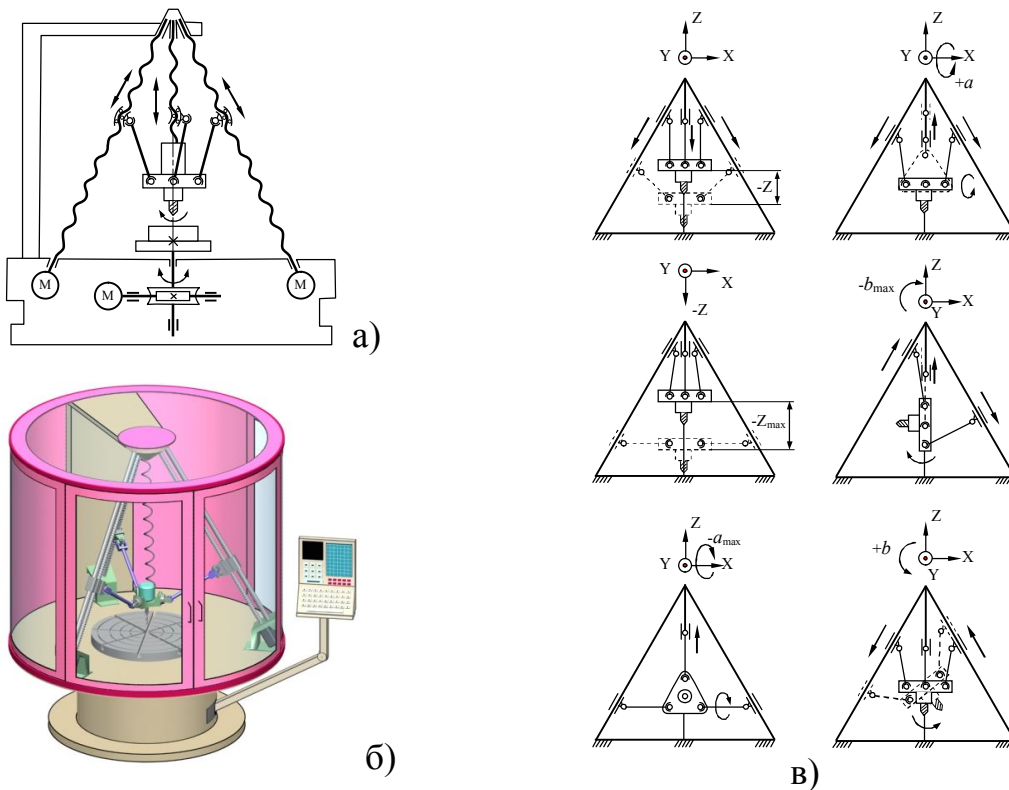


Рис. 6. Багатокоординатний свердильно-фрезерний верстат пірамідальної компоновки: а – кінематична схема; б – загальний вид; в – основні технологічні рухи по керованим координатам

Реалізація генетичного оператора схрещування дозволяє суттєво підвищити продуктивність традиційних багаточільових верстатів за рахунок введення технологічного робота – «слюсаря» (патент України №35573), а також багатопиндельних токарних автоматів з ЧПК (патент України №40861), які могли виготовлятися в Києві або Житомирі, але, на жаль, Україна віддала свої пріоритети іншим країнам

Область використання МПС завдяки запропонованій концепції може бути розширена, тому можливі області застосування, крім металообробних верстатів, роботів і робото технічних комплексів:

- деревообробні верстати;
- текстильні машини;
- поліграфічні машини;
- лазерні машини і верстати для відновлення зношених деталей;
- зварювальні машини;
- сільськогосподарська техніка;
- контрольно-вимірювальні машини;
- медичне обладнання та інші.

Роботи по створенню технологічного обладнання нового покоління вимагають значних матеріальних витрат і державної підтримки для реалізації.

Сьогоднішні керівники держави повинні чітко усвідомити, що, якщо в найближчий час вітчизняним виробникам технологічного обладнання в співдружності з вченими не будуть забезпечені сприятливі умови і підтримка, продукція наших заводів, колись відомих у всьому світі, в принципі не зможе конкурувати з більш ефективними зарубіжними аналогами. Вона (ця продукція) ризикує просто зникнути назавжди.

Необхідно відновити інтеграцію науки, освіти і виробництва. Орієнтуючись на молоду генерацію вчених, відновивши вітчизняне машинобудівне виробництво і використовуючи креативний підхід у підготовці спеціалістів у ВНЗ різного рівня і робітничої молоді (виробників) у ПТУ, можна відродити і підняти на сучасний рівень машинобудування і, зокрема, верстатобудування України.

Для проривних перспективних розробок на державному рівні доцільно в різних галузях народного господарства створити генетичний банк знань закритого доступу.

1. Агрегатно-модульне технологічне обладнання /в 3-х ч. – Кол. Авторів; під ред. Ю.М. Кузнецова. – Кіровоград: - Імекс ЛТД, 2004. – I ч. 442с.; II ч. – 286с.; III ч. – 507с.

2. Афонин В.Л., Подзоров П.В., Слепцов В.В. Обработкающее оборудование на основе механизмов параллельной структуры / Под общ. ред. В.Л. Афонина. – М.: Изд-во МГТУ Станкин, Янус. – К., 2006. – 452с.

3. Базров Б.М. Модульные технологии в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 368с.

4. Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Складар Р.А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449с.

5. Кузнецов Ю.М., Дмитрієв Д.О., Діневич Г.Ю. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456с.

6. Кузнецов Ю.М. Світові тенденції розвитку верстатобудування //Зб. наукових праць за матеріалами науково-методичної конференції «Вища освіта – 2006». – К.: НПУ ім. Драгоманова, 2007. – с. 45-55.

7. Кузнецов Ю.Н. Генетико-морфологический принцип создания станков нового поколения // Вісник СевНТУ «Механіка, енергетика, екологія». Вип. 110. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. – с.3-12.

8. Кузнецов Ю.М., Фіранський В.Б., Дмитрієв Д.О. Каркасні компоновки свердлильно-фрезерних верстатів з механізмами паралельної структури. Науковий журнал «Технологічні комплекси», №1, 2010. – с. 10-16.

9. Шинкаренко В.Ф., Основи теорії еволюції електромеханічних систем. – К.: Наукова думка, 2002. – 288с.

10. Kunwoo Lee. Principles of CAD/CAM/CAE systems/ Addison – Wesley. – 1999 (Ли К. Основи САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560с., перевод с англ.).