

П.А. Чеможданов, ст. викл.

Житомирський державний технологічний університет

В.І. Сідорко, д.т.н.

Науково-технологічний алмазний концерн НАН України

## АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ ФОРМУЛ КООРДИНАТНОЇ КОМПОНОВКИ КАМЕНЕОБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

*У статті проаналізовано компоновки сучасних каменеобробних верстатів, розроблено структурні формули компоновок цих верстатів у системі позначення осей координат і координатних рухів ISO для верстатів та наведено основні технологічні особливості компоновок каменеобробних верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь.*

**Постановка проблеми.** Природний камінь з давніх часів використовується як довговічний будівельний матеріал. Особливе місце при цьому займають складнопрофільні вироби, широка палітра яких дозволяє архітекторам створювати оригінальні фасади будівель, унікальні архітектурні споруди, набережні, фонтани та оригінальні інтер'єри приміщень.

Використання кам'яних ресурсів України на основі сучасних досягнень науки і техніки дають можливість збільшити продуктивність обробки каменю, що може бути нашої держави суттєвим джерелом надходження валюти. За даними Державного гемологічного центру в загальному обсязі експорту виробів з природного каменю з України вироби у вигляді слябів та плит з обробленою за точними розмірами поверхнею складають тільки 26 % [2], решта – це сировинні блоки та бруківка, однак внаслідок експансії китайської кам'яної продукції на західноєвропейський ринок експорт продукції з України останнім часом зменшується, наприклад за останні роки до Німеччини експортовано базальтової бруківки тільки 40 % від попереднього обсягу[1].

Одним із чинників дефіциту високоякісної продукції з українського природного каменю є обмежене використання високоефективних технологічних процесів його механічної обробки і недостатня забезпеченість вітчизняних каменеобробних підприємств сучасним обладнанням і інструментом (особливо для виготовлення складнопрофільних кам'яних виробів з великих за розмірами блоків каменю: в межах  $2 \times 2,5 \times 2$  м).

За умов наявності високопродуктивних алмазно-абразивних інструментів, актуальною науково-технічною проблемою є необхідність удосконалення обладнання для обробки складнопрофільних поверхонь виробів з каменю на основі розробки сучасних технологічних систем, удосконалення компоновок і типорозмірних рядів технологічного обладнання для покращення показників продуктивності, енерго- і металоємності та надійності.

На сучасному етапі розвитку методів проектування технологічного каменеобробного обладнання відомі формули структурної компоновки технологічних ліній, до складу яких входять декілька каменеобробних верстатів [3], що позначаються певними символами, наприклад:  $P_{ш}$  – розпилювання блока каменю штрипсовими верстатами;  $O_2$  – поперечна окантовка тощо.

Разом з тим, недостатньо відомостей про функціонально спрямований аналіз компоновки верстатів, який необхідний для створення нових прогресивних технологічних систем каменеобробних верстатів вже на стадії розробки вихідних даних для проектування.

**Метою даної роботи** є аналіз компоновок сучасних каменеобробних верстатів з ЧПК та інших каменеобробних верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь виробів, розробка структурних формул компоновок та визначення структурних формул каменеобробних верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь.

**Аналіз та порівняльна оцінка координатних компоновок каменеобробних верстатів.** При складанні структурних координатних компоновок каменеобробних верстатів було застосовано методи компонентики [4]. Для порівняння компоновок каменеобробних верстатів була застосована права система координат: X, Y, Z (позитивний напрям осі + Z – паралельний осі головного шпинделя верстата) [4]. Також було введено позначення:  $\alpha$  – стаціонарний блок – робочий стіл (окремий від станини верстата) з фіксованим кутом нахилу  $\alpha$  до горизонту.

Результати складання структурних формул компоновок каменеобробних верстатів наведені у табл. 1.

Таблиця 1

*Оцінка існуючих структурних компоновок і кінематичних схем каменеобробних верстатів для складнопрофільної обробки виробів*

№ з/п	Тип, модель верстата	Характеристика верстатів у балах						Структурна формула компоновки	Сума балів
		Вибіг по осі X (горизонтальна)	Вибіг по осі Z (вертикальна)	Вибіг по осі У (горизонтальна)	Рух по криволінійних траєкторіях у площі (X, Y)	Рух по криволінійних траєкторіях у просторі (X, Y, Z)	Техн. операції каменеобробки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Кантофрез КАНТ 1290, ручна машина [5]	1	-	1	2 за розміткою	-	1 Ф; Ш; П	$XY \hat{C}_v$	5
2	LASER-4000, ручна машина [5]	1	-	1	3 за розміткою	-	1 Ф	$XY \hat{C}_v$	6
3	TOPWIRE UNIOR фрезерна установка [5]	1	1	1	1	6 ЧПК	1 Ф	$OX2YZ \hat{C}_v$	11
4	SYSTAR напівавтомат [5]	1	-	1	4 по шаблону	-	1 Ф; Ш; П	$OXY \hat{Z}_v$	7
5	ХТУ-60 автоматичний [5]	1	1	1	1	6 ЧПК	2 Ф	$uOXY \hat{Z}_v$	12
6	SKEMA LOGIC – с 180°, мостовий фрезерний [5]	1	1	1	-	6 ЧПК	1 Ф	$XYZO \hat{C}_v$	10
7	UNIKA PLUS мостовий [5]	1	1	1	1	6 ЧПК	2 Ф	$uXYZO \hat{C}_v$	12
8	UNIKA 5 (центр обробки для розпилювання по 5 осях) [5]	1	1	1	1	6 ЧПК	3 Ф; П;	$OXYZ \hat{C}_{v/h}$	13
9	Quota tech (універсальний зі зміною інструменту, 22 позиції) [5]	1	1	1	1	6 ЧПК	5 Ф; Ш; П ХР	$uOXYZ \hat{C}_{v/h}$	15

Закінчення табл. 1

10	Quota tech (DENVER) (універсальний зі зміною інструменту, 11 позицій) [5]	1	1	1	1	6 ЧПК	4 Ф; Ш; П ХР	$OXYZ \hat{C}_v$	14
11	Job універсальний [5]	1	1	1	1	6 ЧПК	5 Ф; Ш; П ХР	$OXYZ \hat{C}_{v/h}$	15
12	Quasar tech автоматичний,	1	1	1	1	6 ЧПК	3 Ф; Ш; П	$OXYZ 6 \hat{C}_v$	13

	обробка торців [5]								
13	YHQ-2500 (портативний для виговлення циліндричних виробів Китай) [5]	–	1	–	1	4 К	4 Ф; Ш; П	$OZ \hat{C}_{v/h}$	10
14	SJ (канатно- розпилювальний Китай) [5]	1	1	–	1	5 К	3 Р	$uOXZ2 \hat{C}_v$	11
15	Канатний для фігурного різання, 000 «Сардіс», Санкт- Петербург [5]	1	1	–	1	5 К	3 Р	$OXZ4 \hat{C}_v$	11
16	MS-2600, радіально- консольний, полірувальний Китай [5]	1	1	1	–	3 К	1 П	$\alpha OXYZ \hat{C}_v$	7
17	S.U.P розпилювальний [6]	1	–	1	1	–	2 Р	$uOXY \hat{C}_v$	5
18	Cartesia мостовий, зміна інструменту (18 позицій) [6]	1	1	1	1	6 ЧПК	5 Р; Ф; П	$uOXY \hat{C}_{v/h}$	15
19	Antea Automatic, розпилювальний [6]	1	1	1	1	6 ЧПК	5 Р	$OXYZ \cdot \hat{C}_{v/h}$	15
20	Місра гідроабразивного різання [6]	1	–	1	1	5 ЧПК	4 Р	$OXY \cdot \hat{C}$	12
21	Проект-верстат з криволінійним робочим рухом столу із заготовкою	1	1	–	1	–	7 Р; Ф; П Ш	$uOXZC$	10
22	Проект-верстат з криволінійним робочим рухом фрезерної головки	1	1	1	1	–	5 Ф; Ш; П	$uOX \cdot C / \hat{Z}$	9

Примітка 1. Умовні позначення: у колонці 7: К – кінематика верстата; у колонці 8 – технологічні операції: Р – розпилювання; Ф – фрезерування; Ш – шліфування; П – полірування; ХР – художні роботи.

За допомогою оцінки у балах основних переміщень робочих органів, наявних додаткових рухів, технологічних операцій і керування ними (наприклад системою ЧПК) виявлено можливості кожного з каменеобробних верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь (табл. 1). Бали призначались умовно, наприклад наявність переміщення по осі Х (табл. 1, колонка 3) для цих верстатів оцінювалася в 1 бал, а застосування блока з ЧПК – у 6 балів (табл. 1, колонка 7).

Аналіз складу формул структурних компоновок (табл. 1, колонка 9) каменеобробних верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь виробів показує, що також можливе створення компоновок цих верстатів за формулами:  $uOXZ \cdot C$ ;  $uOX \cdot C / \hat{Z}_v$ . Каменеобробні верстати за цими двома структурними формулами дозволяють забезпечити обробку складнопрофільних поверхонь виробів тільки за рахунок своєї кінематики: без застосування ЧПК. За структурною формулою  $uOXZ \cdot C$  можна виконати компоновку каменеобробного верстата портального типу, у якому робочий стіл з блоком каменю рухається за допомогою механічного пристрою по криволінійній траєкторії, а вертикальна фрезерна головка забезпечує обробку блока каменю. За структурною формулою  $uOX \cdot C / \hat{Z}_v$  компоновка каменеобробного верстата портального типу містить каретку з вертикальною фрезерною головкою, яка рухається за допомогою спеціального механічного пристрою з напрямним криволінійної форми і забезпечує обробку виробу, який розташований на мосту верстата. Особливістю компоновок каменеобробних верстатів (табл. 1, колонка 9) є фіксований у просторі нахил ( $\alpha$ ) їх робочого столу до площини ХОУ.

Серед розглянутих компоновок каменеобробних верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь виробів найбільшу оцінку – 15 балів отримали верстати з ЧПК (табл. 1, колонка 10). Верстати зі структурними формулами  $uOXZ \cdot C$  та  $uOX \cdot C / \hat{Z}_v$  (табл. 1, поз. 21, 22) отримали оцінку в 9–10 балів.

При виборі обладнання для обробки складнопрофільних поверхонь виробів з каменю, крім технологічних можливостей, необхідно враховувати його вартість. Наприклад вартість сучасного каменеобробного верстата з ЧПК – понад 50000 доларів США, разом з тим, за рахунок застосування базових вузлів сучасних каменеобробних верстатів без ЧПК і спеціальних верстатних пристосувань, наприклад з компоновками за структурними формулами  $uOXZ \cdot C$  та  $uOX \cdot C / \hat{Z}_v$ , можливо суттєво зменшити вартість обладнання цього типу (за попередніми оцінками вона не перевищуватиме 7000–10000 доларів США) і збереже задані технологічні можливості.

#### Висновки:

1. Виконано функціонально спрямований аналіз компоновок каменеобробних верстатів та одержано їх структурні формули, які є основою створення нових прогресивних технологічних систем каменеобробних верстатів вже на стадії розробки вихідних даних для їх проектування.

2. Встановлено, що відмінністю компоновки каменеобробних верстатів від компоновки металообробних верстатів є відсутність спеціальних верстатних пристосувань для базування та переміщення виробу.

3. Визначено структурні формули компоновок верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь виробів з каменю.

4. Запропоновано оцінювати технологічні можливості каменеобробних верстатів для обробки складнопрофільних поверхонь у балах з урахуванням основних переміщень робочих органів, наявних додаткових рухів, реалізованих технологічних операцій і керування ними (наприклад системою ЧПК) і встановлено, що для виконання точної та високопродуктивної обробки складнопрофільних поверхонь виробів з каменю необхідне застосування каменеобробних верстатів з ЧПК, яке може стримуватись економічною доцільністю в зв'язку з їх високою вартістю.

5. Показано, що введення до компоновки каменеобробних верстатів порталного типу для обробки складнопрофільних поверхонь спеціальних верстатних пристосувань дозволяє забезпечити високопродуктивну обробку кам'яних виробів значно більших за своїми габаритами і виконувати традиційні операції розпилювання та фрезерування каменю за прямолінійними траєкторіями рухів їх робочих вузлів при меншій, порівняно з каменеобробними верстатами з ЧПК, загальній вартості верстатів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бакка М.Т., Коробійчук В.В., Зубченко О.А. Обробка природного каменю: Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 438 с.
2. Сідорко В.І. Наукові основи процесів фінішної алмазно-абразивної обробки природного та синтетичного каменю: Автореф. дис... д-ра техн. наук. – К.: Друк. "ІВЦ Алкон", 2006.
3. Оборудование для производства облицовочных материалов из природного камня / Н.Г. Картавий, Ю.И. Сычёв, И.В. Валуев. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
4. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков (Основы компонетики). – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
5. www.mgator23.ru
6. БЮРО–М: Украина, Днепрпетровск, 49038 ул. Ленинградская, 68.

ЧЕМОДАНОВ Петро Арисович – старший викладач кафедри геотехнологій імені професора Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірничі машини і комплекси;
- каменеобробні верстати.

СІДОРКО Володимир Ігорович – доктор технічних наук, перший заступник генерального директора науково-технологічного алмазного концерну НАН України.

Наукові інтереси:

- процеси механічної обробки природного та синтетичного каменю.

Подано 19.11.2007