

УДК 621.865.8

**І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, П.В. Попруга, асп.**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## Вибір раціонального варіанту роботизованого технологічного комплексу

В статті представлено розроблений загальний алгоритм аналізу та вибору раціонального варіанту роботизованого технологічного комплексу для виконання поставленої задачі, його компоновок та видів рухів промислового робота.

**роботизований технологічний комплекс, технологічне обладнання, верстат, допоміжний пристрій, промисловий робот, алгоритм раціонального вибору роботизованого технологічного комплексу**

**И.И. Павленко, проф., д-р техн. наук, П.В. Попруга, асп.**

*Кировоградский национальный технический университет*

**Выбор рационального варианта роботизированного технологического комплекса**

В статье представлен разработанный общий алгоритм по анализу и выбору рационального варианта роботизированного комплекса для выполнения поставленной задачи, его компоновок и видов движений промышленного робота.

**роботизированный технологический комплекс, технологическое оборудование, станок, вспомогательное устройство, промышленный робот, алгоритм рационального выбора роботизированного комплекса**

Аналіз стану сучасних механічних засобів сільськогосподарського господарства показує, що актуальною задачею є підвищення рівня автоматизації процесу їх виготовлення. Використання роботизованих технологічних комплексів є перспективним напрямком, оскільки забезпечує необхідну гнучкість та автоматизацію процесу виготовлення.

Роботизований технологічний комплекс (РТК) – це сукупність технологічного обладнання, промислового робота та технологічного оснащення, які автономно функціонують і виконують багаторазові цикли [1]. Узагальнену структуру створення РТК представлено на рис. 1. У даній структурі наведені основні фактори, які повинні враховуватися при створенні роботизованого комплексу [1,2].

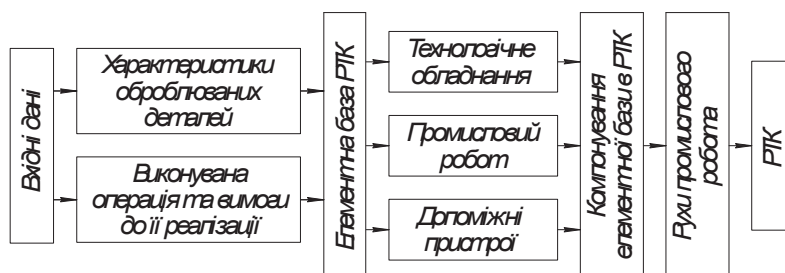


Рисунок 1 – Узагальнена структура РТК

Обґрунтування раціонального варіанту РТК представляє собою складну багатоваріантну задачу. Для її вирішення складено алгоритм на основі представленої схеми та раніше виконаних досліджень по структурі РТК [1, 2].

**Алгоритм раціонального вибору РТК (рис. 2):**

1. Вибір вхідних даних – характеристик деталі та виконуваної операції.

2. Вибір технологічного обладнання (ТО) та його характеристик.
3. Вибір допоміжних пристроїв (ДП) та їх характеристик.
4. Вибір характеристик промислового робота (ПР).
5. Вибір варіанту компоновки РТК.
6. Вибір варіантів руху промислового робота.

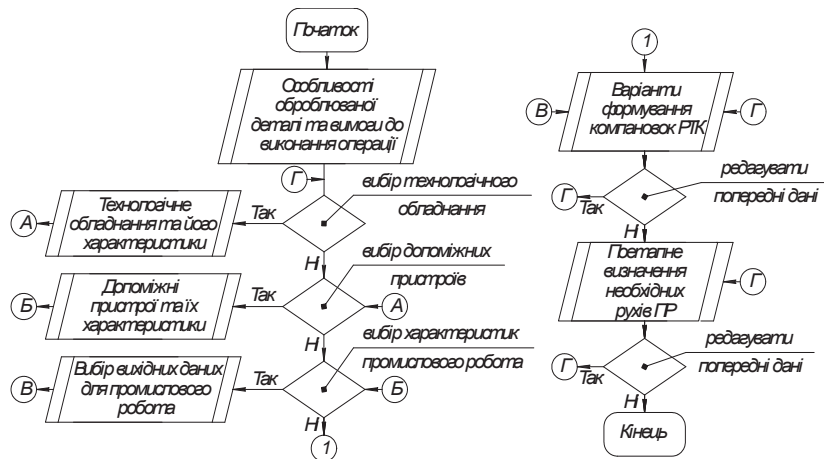


Рисунок 2 – Алгоритм раціонального вибору РТК

Беручи до уваги значну складність і багатоваріантність конструктивного виконання РТК, кожний з етапів складеного алгоритму необхідно розглядати як окремий самостійний алгоритм. Тому нижче представлено розроблені алгоритми, кожен з яких відповідає одному з етапів загального алгоритму.

**Алгоритм вибору вихідних даних (рис. 3):**

1. Вибір типу деталі.
2. Визначення габаритних розмірів деталі.
3. Вибір типу виконуваної операції.
4. Вибір вимог щодо виконуваної операції

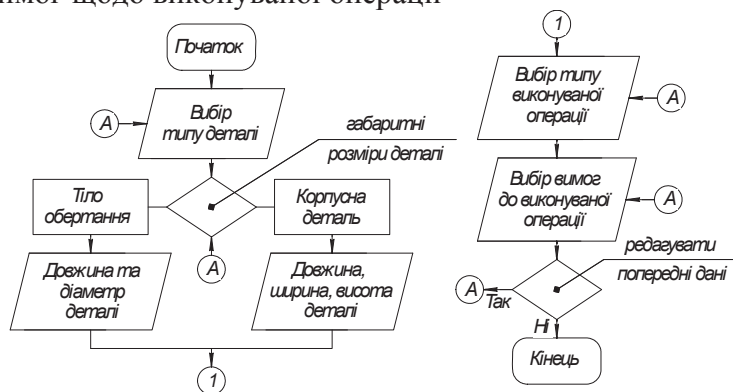


Рисунок 3 – Блок схема алгоритму вибору вихідних даних для розробки РТК

Далі коротко розглянемо кожний з етапів алгоритму. Для полегшення аналізу розділимо деталі на два загальні типи – тіло обертання та корпусна деталь. В якості габаритних розмірів деталей типу обертання приймаємо діаметр (D) та довжину (L) деталі, а для деталей типу корпус – довжину (L), ширину (B) та висоту (H) деталі. Щодо типу виконуваних операцій, то їх можна розділити на токарну, свердлильну, фрезерну, шліфувальну і т.д. Вимогами до виконуваної операції є продуктивність, ефективність та точність.

**Алгоритм вибору технологічного обладнання (рис. 4):**

1. Вибір типу технологічного обладнання.
2. Вибір напрямку вісі шпинделя ТО.

3. Вибір типу затискного пристрою ТО.
4. Вибір основних формуючих елементів ТО.
5. Вибір додаткових формуючих елементів ТО.
6. Визначення розмірів формуючих елементів та ТО в цілому.

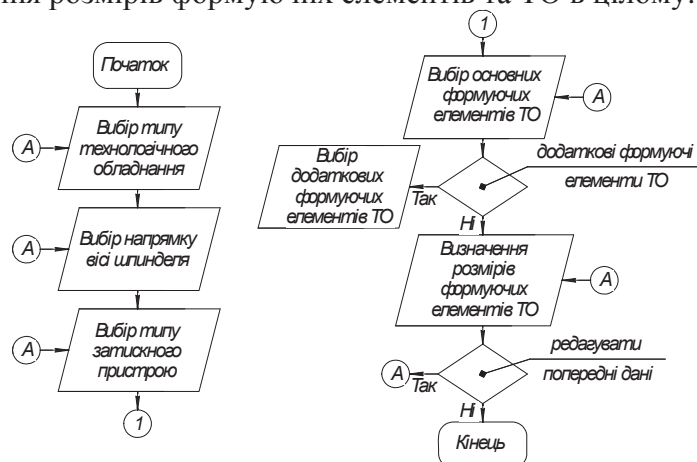
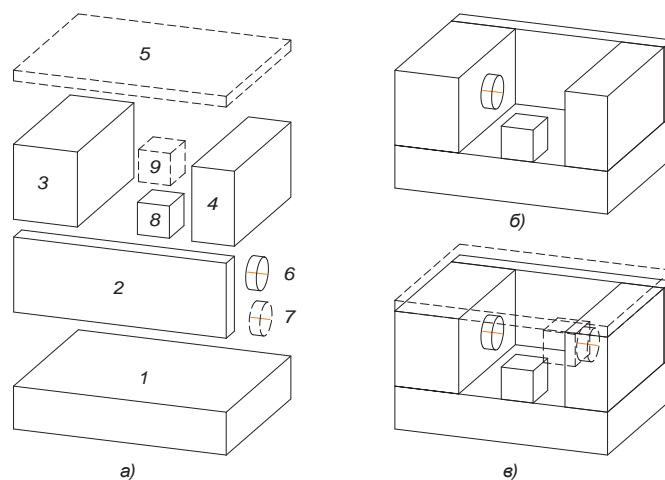


Рисунок 4 – Блок схема алгоритму вибору технологічного обладнання та його характеристик для розробки РТК

Тип ТО залежить від типу виконуваної операції і поділяється на токарні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні, обробні центри і т.д. Також обладнання можна розділити, в залежності від напрямку вісі шпинделя, на ТО з горизонтальною та вертикальною віссю шпинделя. В якості затискних пристроїв використовуються патрони, цанги, центра, спеціальні затискні пристрої і т.д.

При розробці РТК необхідно знати відкритість робочої зони обладнання. Тому при виборі ТО звернемо увагу на формуючі елементи (вузли), з яких воно складається. В якості вузлів можна розглядати основу, задню стінку, ліву стінку (ліва бабка), праву стінку (права бабка), верхню стінку, затискний пристрій, інструментальний блок і т.д. Перераховані вузли можна розділити на основні, які входять до основної будови обладнання, та допоміжні – які можуть бути додані до ТО (рис. 5). В таблиці 1 представлено технологічне обладнання та варіанти вузлів, які можуть в ньому використовуватись (О – основні вузли, Д – допоміжні вузли). Для визначення величини робочої зони технологічного обладнання, при виборі вузлів, також задаються і їх габаритні розміри.



а) вузли верстату, основні (основна лінія), допоміжні (штрихова лінія); б) варіант будови верстату з основними вузлами; в) варіант будови верстату з основними та допоміжними вузлами;  
 1 – основа верстату; 2 – задня стінка; 3 – ліва стінка; 4 – права стінка; 5 – верхня стінка;  
 6 – затискний пристрій; 7 – додатковий ЗП; 8 – інструментальний блок; 9 – додатковий ІБ

Рисунок 5 – Вузли ТО на прикладі токарного верстату

Таблиця 1 – Формуючі елементи технологічного обладнання

Найменування технологічного обладнання та їх формуючих елементів	Основа	Задня Стінка	Верхня стінка	Ліва стінка	Права стінка	Затискний пристрій (ЗП)	Додатковий ЗП	Інструментальний блок (ІБ)	Додатковий ІБ
Токарний горизонтальний	о	о	д	о	о	о	д	о	д
Токарний вертикальний	о	о	о	д	д	о	д	о	д
Горизонтально-свердлильний	о	о	о	д	д	о	д	о	д
Вертикально-свердлильний	о	о	о	д	д	о	д	о	-
Горизонтально-фрезерний	о	о	о	д	д	о	д	о	-
Вертикально-фрезерний	о	о	о	д	д	о	д	о	-
Круглошліфувальний	о	д	д	о	о	о	-	о	д
Плоскошліфувальний	о	о	о	д	д	о	д	о	-
Гориз. обробний центр	о	о	д	д	д	о	д	о	д
Вертик. обробний центр	о	о	о	д	д	о	д	о	д

**Алгоритм вибору допоміжних пристроїв (рис. 6):**

1. Вибір типу допоміжного пристрою.
2. Вибір типу позиціонування деталей в допоміжному пристрою.
3. Вибір типу координат для багатопозиційних допоміжних пристроїв.
4. Вибір орієнтації деталі в допоміжному пристрої.
5. Визначення кількості деталей в допоміжному пристрої.
6. Визначення основних розмірів допоміжного пристрою.

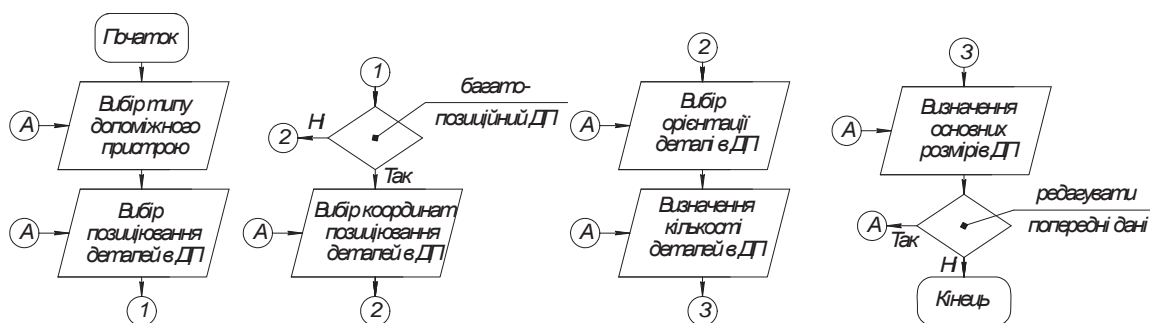


Рисунок 6 – Блок схема алгоритму вибору допоміжних пристроїв та їх характеристик для розробки РТК

За типом ДП поділяються на подавальні, приймальні та подавально-приймальні. По типу позиціонування пристрої можна розділити на однопозиційні, багатопозиційні однокоординатні та багатопозиційні багатокординатні. В свою чергу для багатопозиційних пристроїв вибирається напрямки позиціонування деталей по осям координат. Також при виборі ДП враховується і орієнтація деталей в пристрої (горизонтальна або вертикальна) та їх кількість. По завершенню вибору характеристик пристрою задаються основні розміри ДП. Кількість допоміжних пристроїв в РТК залежить від їх типу.

**Алгоритм вибору характеристик промислового робота (рис. 7):**

1. Вибір типу промислового робота.
2. Вибір кількості рук промислового робота.
3. Вибір кількості хватів для кожної руки промислового робота.

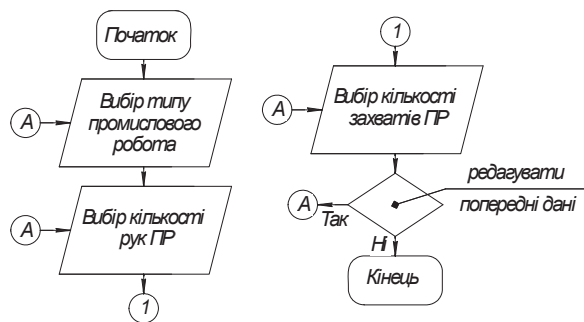


Рисунок 7 – Блок схема алгоритму вибору характеристик промислового робота для розробки РТК

За типом ПР поділяються на встановлені на підлозі (напольні), порталні та встановлені на верстаті (вмонтовані). По кількості рук та захватів робота їх можна розділити на однорукі однозахватні, однорукі двохзахватні, дворукі двохзахватні і т.д. При початковому аналізі РТК обмежимося однорукими однозахватними ПР.

**Алгоритм вибору компоновки для РТК (рис. 8):**

1. Вибір положення ДП відносно ТО.
2. Визначення відстані від ДП до затискного пристрою ТО по кожній з осей.
3. Вибір положення ПР відносно ТО.
4. Визначення відстані від ПР до затискного пристрою ТО по кожній з осей.
5. Вибір положення ПР відносно ДП.
6. Визначення відстані від ПР до ДП по кожній з осей.

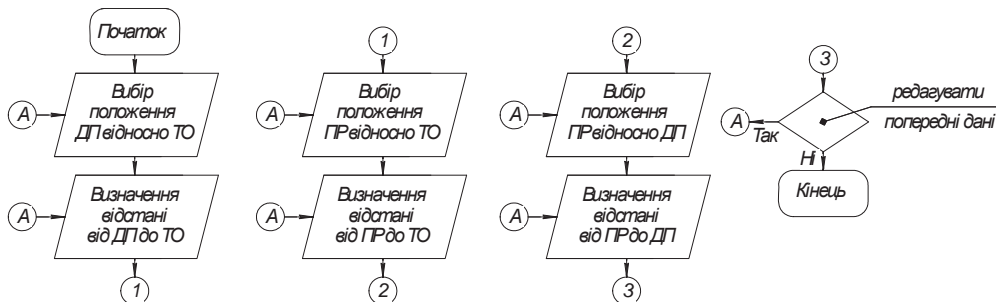
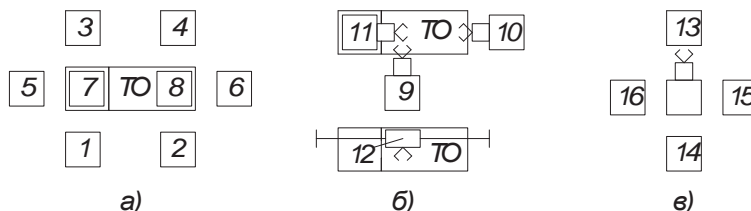


Рисунок 8 – Блок схема алгоритму вибору компоновки РТК

ДП по відношенню до ТО може розташовуватися: попереду ліворуч і праворуч, позаду ліворуч і праворуч, з торцю ліворуч або праворуч, зверху та ін. (рис 9, а). ПР робот може розташовуватися відносно ТО: попереду, з торцю, над або на ТО (рис. 9, б). В свою чергу ПР по відношенню до ДП може знаходитися перед або за ДП, між або з торцю ДП (рис. 9, в). Крім вибору компоновки робота при аналізі також задаються і відстані між елементами по кожній з осей координат.



- а) варіанти положення ДП відносно ТО (1 - попереду ліворуч, 2 – попереду праворуч; 3 – позаду ліворуч; 4 – позаду праворуч; 5 – з торцю ліворуч; 6 – з торцю праворуч; 7 – зверху ліворуч; 8 – зверху праворуч); б) варіанти положення ПР відносно ТО (9 – попереду; 10 – з торцю; 11 – на ТО; 12 – над ТО); в) варіанти положення ДП відносно ПР (13 – попереду; 14 – позаду; 15,16 – збоку)

Рисунок 9 – Варіанти компоновок РТК

**Алгоритм вибору рухів промислового робота (рис. 10):**

1. Вибір типу руху до робочої зони технологічного обладнання.
2. Вибір типу руху на робочу позицію технологічного обладнання.
3. Вибір типу руху до допоміжного пристрою.
4. Вибір типу руху на позицію допоміжного пристрою.
5. Вибір типу руху від допоміжних пристроїв до технологічного обладнання.
6. Вибір додаткових рухів промислового робота.

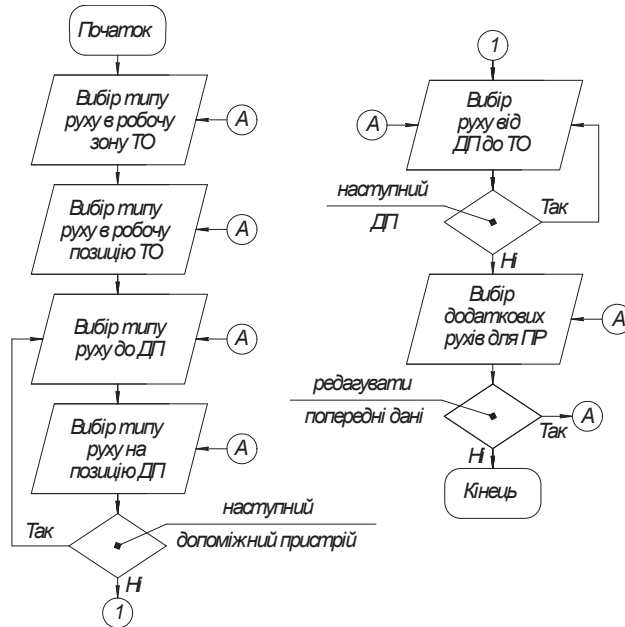
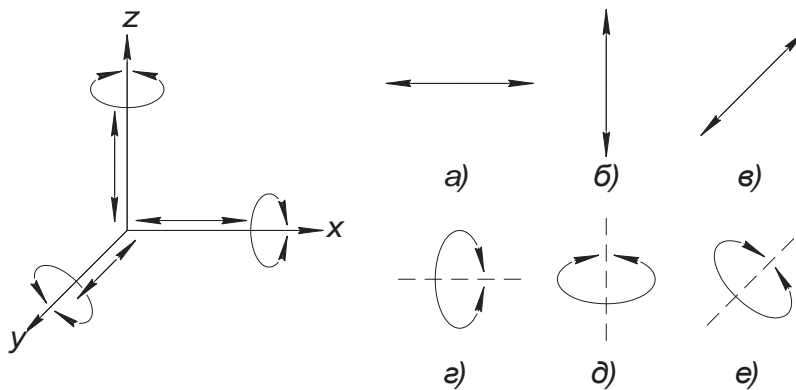


Рисунок 10 – Блок схема алгоритму вибору рухів промислового робота

Рухи, які виконує робот можна розділити на: рухи в робочу зону та робочу позицію ТО, рухи до ДП та його робочу позицію, рухи між обладнанням РТК. Перераховані рухи можна назвати мінімально необхідними для роботи РТК. Для збільшення можливостей РТК, до промислового робота можна застосовувати додаткові рухи, які розширяють його рухові можливості. До таких рухів можна віднести рух підйому руки робота, рух повороту кисті робота і т.д. В таблиці 2 представлені варіанти рухів робота для кожного ТО в залежності від типу використовуваного ПР.



- а) переміщення по осі X (Пх); б) переміщення по осі Z (Пz);
- в) переміщення по осі Y (Пу); г) обертання навколо осі X (Ох);
- д) обертання навколо осі Z (Oz); е) обертання навколо осі Y (Oy);

Рисунок 11 – Варіанти рухів робота відносно осей координат

Таблиця 2 – Варіанти рухів ПР в залежності від використовуваного обладнання

Тип ТО та рухів ПР		Пу			Пz			Пх			Ох			Оу			Oz		
		Н	П	В	Н	П	В	Н	П	В	Н	П	В	Н	П	В	Н	П	В
Токарний горизонтальний	РЗ	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	РП							+	+	+					+	+	+		
Токарний вертикальний	РЗ	+	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
	РП				+	+	+				+	+			+	+			
Горизонтально-свердильний	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+		+
	РП	+	+		+	+	+				+	+			+	+	+		
Вертикально-свердильний	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+		+
	РП	+	+		+	+	+				+	+			+	+	+		
Горизонтально-фрезерний	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+		+
	РП	+	+		+	+	+				+	+			+	+	+		
Вертикально-фрезерний	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+		+
	РП	+	+		+	+	+				+	+			+	+	+		
Круглошліфувальний	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
	РП	+	+	+	+	+	+				+	+	+						
Плоскошліфувальний	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
	РП	+	+	+	+	+	+				+	+	+					+	
Горизонтальний обробний центр	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+		+
	РП	+	+		+	+	+				+	+			+	+	+		
Вертикальний обробний центр	РЗ	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+		+
	РП	+	+		+	+	+				+	+			+	+	+		

Використовуючи розроблені алгоритми можна значно полегшити задачу по визначенню доцільного варіанту роботизованого технологічного комплексу для виконання конкретної операції. Розробка програмного модуля на основі даного алгоритму дасть можливість виконувати даний процес в напівавтоматичному режимі.

### Список літератури

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування / Павленко І.І. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.
2. Павленко І.І. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. / І.І. Павленко, В.А. Мажара – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
3. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: в 3 кн. Кн. 3: Основы конструирования / [Е.И. Воробьев А.В. Бабич, К.П. Жуков и др.]; под ред. К.В Фролова, Е.И. Воробьева. – М. Высш. шк., 1989. – 384 с: ил.

**Ivan Pavlenko, Pavel Popruga**

*Kirovograd National Technical University*

#### **The choice of rational variant robotic technological complex**

The purpose of this is to develop a criteria and order of analyzing structures are robotic technological complexes to choose of rational variant.

In article presents developed general algorithm of analysis and choice of rational variant robotic technological complex for performing of the task. Also presented algorithms of choice technological equipment, industrial robots, auxiliary devices and their characteristics, configurations and types of movements the industrial robot.

Using developed algorithms can be significantly easing the task to choice of rational variant robotic technological complex for performing a specific operation. Development of software modules based on this algorithms will allow to perform this process in semi-automatic mode.

**robotic technological complex, technological equipment, machine tool, auxiliary devices, industrial robots, the algorithm of rational choice robotic complex**

Одержано 11.11.14