

6. Андрющенко, А.И. Основы технической термодинамики реальных процессов [Текст] / А.И.Андрющенко. – 2-е изд. переработ. и доп. – М.: Высшая школа, 1975. – 264 с.
7. Техника низких температур [Текст] / Е.И. Микулин, И.В. Марфенина, А.М. Архаров; под ред. Е.И. Микулина. – 2-е изд. – М.: Энергия, 1975. – 512 с.
8. Соколов, Е.Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.Я.Соколов, В.М.Бродянский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
9. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения [Текст]: т.1 / В.И. Елифанова, Л.С. Аксельрод. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – 468 с.

Viktor Oshovsky, Assos. Prof., PhD tech. sci., Serhij Anastasenko, PhD tech. sci., Mykola Svyateckiy, PhD tech. sci., Ihor Kapura, PhD tech. sci.

Pervomaysk Branch of National Shipbuilding University named after admiral Makarov, Pervomaysk, Ukraine

Energy Saving Standard Cycles for Cooling Transformers

The objective of the article is research and development exemplary thermodynamics cycles for the energykeeping technological processes of cooling of streams matters from an ambient temperature to the set low temperature.

In the article energeticheskaya efficiency of Lorenca cycle is analysed depending on the interval of temperatures working body in the processes of heat exchange with outsourcings. It is also well-proven that thermodynamics cycle with a step regeneration of heat is most effective for cooling in a most temperature interval, that at cooling of stream of matter from the temperature of environment. Except for that, at the increase of number of stupiney regeneration heat, for example in thermotransformers of resorption, considerably interval of working body temperatures diminishes in the process of taking of heat in an environment. It is instrumental in approaching of cycle to three-cornered, that with the least expense of energy on the compression of working body.

Thus introduction of cycle with the step regeneration of heat, which can be realized in thermotransformers with resorption for cooling, will be instrumental in an energy-savings in technologies of streams material cooling in different industries, including in agriculture.

thermotransformer, three-cornered, cycle, cooling, step, regeneration, heat

Одержано 25.10.17

УДК 621.865.8

І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, В.М. Кропівний, проф., канд.техн.наук, М.О.Годунко, доц., канд. техн. наук, М.О. Сторожук, інж.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна, E-mail: pavlenkoi@ukr.net

Продуктивність двоверстатнихроботизованих комплексів

Сучасні умови ринкового виробництва вимагають постійного оновлення вироблюваної продукції для забезпечення її конкурентної спроможності. Все це можливо на основі впровадження у виробництво нового обладнання (верстатів) з числовим програмним керуванням, промислових роботів та комп'ютерної техніки. Комплексне їх використання дозволяє отримати гнучке роботизоване виробництво з усіма його перевагами. Питання продуктивності роботи таких комплексів наведені в даній статті.

промислові роботи, роботизовані технологічні комплекси (РТК), продуктивність, структура будови та продуктивності РТК, циклограма роботи РТК

© І.І. Павленко, В.М. Кропівний, М.О.Годунко, М.О. Сторожук, 2017

И.И. Павленко, проф., д-р техн. наук, В.Н. Кропивный, проф., канд. техн. наук, М.О. Годунко, доц., канд. техн. наук, М. О. Сторожук, инж.

Центральноукраїнський національний технічний університет, з. Кропивницький, Україна

Производительность двухстаночных роботизированных комплексов

Современные условия рыночного производства требуют постоянного обновления выпускаемой продукции для обеспечения ее конкурентной способности. Все это возможно на основе внедрения в производство нового оборудования (станков) с числовым программным управлением, промышленных роботов и компьютерной техники. Комплексное их использование позволяет получить гибкое роботизированное производство со всеми его преимуществами. Вопросы производительности работы таких комплексов приведены в данной статье.

промышленные роботы, роботизированные технологические комплексы (РТК), производительность, структура построения и производительности РТК, циклограмма работы РТК

Постановка проблеми. Важливою складовою частиною гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ) є роботизовані технологічні комплекси (РТК), які практично реалізують виготовлення заданої продукції, що має місце при виробництві сільськогосподарських машин. Від якості побудови таких комплексів, в значній мірі, залежить ефективність та інші характеристики такого виробництва. Визначальним чинником якості РТК є продуктивність їх роботи.

Аналіз досліджень та публікацій. На величину продуктивності впливають багато складових: особливості реалізуємої технології виготовлення деталей; вибрані верстати і їх характеристики та особливості будови; вибрані конструкції промислових роботів (ПР) з головними ознаками виконання (встановлені: на підлозі, на обладнанні, порталні; однорукі чи дворукі; однозахватні чи двозахватні); використовувані допоміжні пристрої; прийнятий варіант компоновального розміщення складових частин РТК; особливості вбудови РТК в загальну технологічну лінію; головні характеристики функціонування виробництва та конкретні їх вимоги до РТК і ін.

З наведеного переліку вимог впливає, що пошук обґрунтованого варіанту будови РТК є складною, багатоплановою роботою. В цьому напрямку проведена значна кількість досліджень, які, в основному, присвячені вирішенню питань, де РТК складається із одного верстата і промислового робота [1, 2]. Разом з цим, у виробництві все більше поширення отримують роботизовані комплекси, де один промисловий робот обслуговує два і більше верстатів [5-7]. В роботі [8] розглянуті сучасні компоновальні схеми будов РТК та ГАВ. Методика планування рухів захватних пристроїв промислових роботів в робочих зонах технологічного обладнання наведена в роботі [9].

Постановка завдання. В даній роботі ставиться задача обґрунтування методу вибору доцільної будови двоверстатного РТК, який забезпечує максимальну продуктивність роботи. Вирішення такої задачі сприяє покращенню економічних та інших показників виробництва.

Виклад основного матеріалу. Максимальна продуктивність РТК матиме при мінімальному часу циклу ($T_{Ц}$) роботи комплексу. Таку умову можна записати:

$$T_{Ц} = \sum_{i=1}^n t_i = t_{B1} + t_{B2} + t_{ПР} + t_{ДП},$$

де t_i – час роботи обладнання комплексу;

t_{B1} , t_{B2} – час роботи верстатів. В цей час входить основний час та частина допоміжного часу, пов'язана із затиском і розтиском оброблюваної деталі, підведенням і відведенням ріжучого інструменту, захисних екранів та ін., які не перекриваються один одним;

$t_{ПР}$ – не перекриваємий час роботи робота;

$t_{ДП}$ – не перекриваємий час роботи допоміжних пристроїв.

Головною складовою в циклі роботи РТК є час обробки деталей на верстатах. В цих дослідженнях приймаємо, що цей час визначений як найбільш доцільний, і тому його змінювати, особливо в меншу сторону, не можливо. Відносно величини цього часу можливі два варіанти. Перший, найбільш доцільний, коли його величина на першому і другому верстаті однакова між собою: $t_{B1} = t_{B2}$. Другий варіант, коли одне із цих значень більше другого:

$$t_{B1} > t_{B2} \text{ або } t_{B1} < t_{B2}.$$

В кожному варіанті необхідно, щоб час обслуговування промисловим роботом кожного із верстатів перекривався часом роботи другого верстата. Для виконання таких досліджень необхідно визначити конкретні вихідні дані будови та роботи РТК. Тобто, яке обладнання входить в склад комплексу, особливості його функціонування, компоновальне розміщення і т. ін. На основі цих даних створюють схеми компоновок РТК. Приклади таких спрощених типових компоновок РТК з розміщенням робота на підлозі між двома верстатами представлені на рис. 1. Подібно можуть бути представлені інші варіанти будови та компоновки комплексів. На представленому рисунку показані варіанти, де верстати можуть обслуговуватись одноруким однозахватним роботом (рис. 1, а, б), одноруким двозахватним роботом (рис. 1, в, г) і дворуким роботом (рис. 1 д, е) з одним допоміжним пристроєм, який виконує функції подавального та приймального (рис. 1, а, в, г) та з двома допоміжними пристроями, відповідно подавання та приймання деталей (рис. 1, б, г, е).

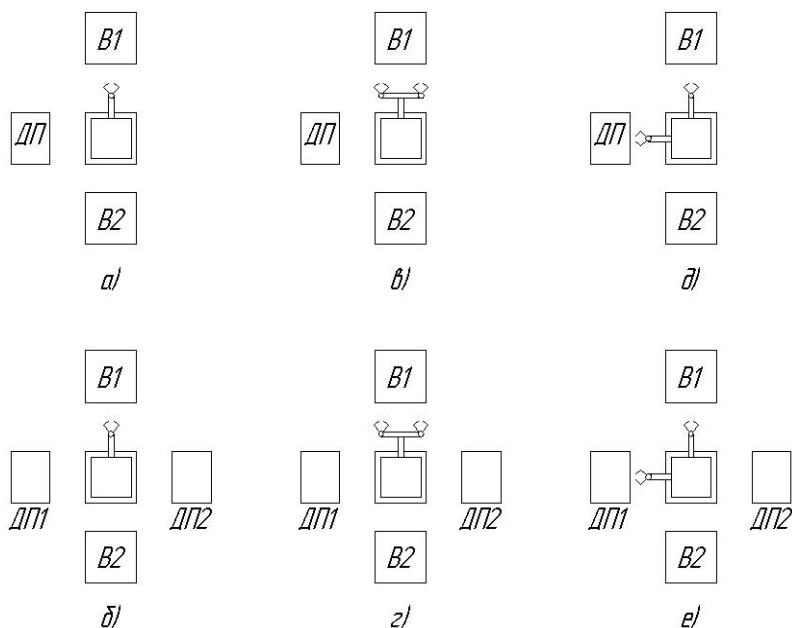


Рисунок 1 – Схеми компоновок РТК

З урахуванням схем компоновок РТК можна представити структурну формулу їх будови. Так для комплексу, що включає в себе два верстата (B1 і B2) і обслуговується одноруким однозахватним промисловим роботом (рис. 1, а, б), структурна формула будови має вид:

$$\begin{array}{l}
 \text{РТК} = \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow B1 + \text{ПР} (1\text{P}, 13) + \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{ДП} \\ \rightarrow \text{ДП1} + \text{ДП2} \end{array} \right. \\ \rightarrow B2 + \text{ПР} (1\text{P}, 13) + \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{ДП} \\ \rightarrow \text{ДП1} + \text{ДП2} \end{array} \right. \end{array} \right.
 \end{array}$$

У формулі показано, що кожний верстат обслуговується промисловим роботом з однією рукою (1P) та одним захватом (13), і комплекси можуть бути з одним допоміжним пристроєм (ДП) або двома допоміжними пристроями (ДП1+ДП2), а при необхідності і з більшою кількістю таких пристроїв.

Для наведених схем будови комплексів можна представити структуру їх продуктивності. Така узагальнена структура варіантів (рис. 1 а, б) має вид:

$$\begin{array}{l}
 T_{\text{РТК}} = \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow T_{B1} + T_{\text{ПР}} + \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow T_{\text{ДП}} \\ \rightarrow T_{\text{ДП1}} + T_{\text{ДП2}} \end{array} \right. \\ \rightarrow T_{B2} + T_{\text{ПР}} + \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow T_{\text{ДП}} \\ \rightarrow T_{\text{ДП1}} + T_{\text{ДП2}} \end{array} \right. \end{array} \right.
 \end{array}$$

Для отримання максимальної продуктивності РТК необхідно забезпечити мінімальний час циклу ($T_{\text{РТК}}$), що досягається максимальним перекриттям часу роботи верстатів, промислового робота та допоміжних пристроїв. Тому в структурній формулі продуктивності наведено внутрішнє перекриття (виділене пунктиром) по обслуговуванню роботом окремо кожного верстата і їх зовнішнє перекриття (виділене штрих-пунктиром) роботи верстатів і деяких можливих складових роботи промислового робота та допоміжних пристроїв. Ступінь такого перекриття часу залежить від конструктивних особливостей прийнятого промислового робота та компоувальної схеми РТК.

Виконання обґрунтованого аналізу продуктивності роботи двоверстатного роботизованого комплексу вимагає побудови детальної циклограми його роботи. Вирішення цього завдання починається із розробки розрахунково-компоувальної схеми РТК (рис. 2), де наведені позначення координат позицій транспортованих деталей в циклі їх обробки на верстатах та допоміжних пристроях відносно системи координат промислового робота. Із даної схеми згідно характеристикам вибраного робота (наприклад, «Бриг-10»), або відповідно до розроблюваної конструкції, визначають величину необхідних переміщень ланок робота.

Із розрахунково-компоувальної схеми, згідно з характеристиками модернізованого промислового робота «Бриг-10», визначаємо необхідні величини переміщень:

- горизонтальні переміщення (у всіх кутових положеннях руки)

$$Y_1 - Y_0 = 0,5 \text{ м};$$

- вертикальні переміщення

$$X_4 - X_1 = X_4 - X_2 = X_4 - X_3 = 0,15 \text{ м};$$

- локальні переміщення повзуна по виведенню (введенню) деталі із патрона
 $Z_{л} = Z_2 = 0,05 \text{ м}$;
- кутові повороти руки
 $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 90^0$.

Середні значення швидкості та часу рухів робота «Бриг-10» наведено нижче.

Рухи робота	Швидкість	Час
Горизонтальні переміщення	0,6 м/с	$t_2 = 0,5 / 0,6 = 0,83 \text{ с}$
Вертикальні переміщення	0,3 м/с	$t_6 = 0,15 / 0,3 = 0,5 \text{ с}$
Локальні переміщення повзуна	0,2 м/с	$t_n = 0,05 / 0,2 = 0,25 \text{ с}$
Обертання руки на 90^0	90 град/с	$t_o = 90 / 90 = 1,0 \text{ с}$

Слідуючим етапом аналізу є побудова схеми рухів промислового робота відповідно з однією рукою і одним захватом, яка представлена на рис. 3, при виконанні розвантаження і завантаження верстатів. Рухи, які позначені безперервними лініями зі стрілками, вказують на виконання їх при зупиненому першому верстаті, пунктирною – при обслуговуванні другого верстата, а штрих-пунктирною – при переміщенні руки робота з вихідної позиції одного верстата до вихідної позиції другого верстата. Таким чином, знаючи послідовність рухів робота, визначаємо їх величину по схемах рис. 2 і 3 і, відповідно, необхідний для цього час. На основі отриманих даних будуюмо циклограму роботи РТК (рис. 4). При її побудові час роботи верстатів прийнято більшим за час роботи промислового робота по їх розвантаженню та завантаженню, що, як правило, характерно для механічної обробки. Додатково до визначених значень часу руху ланок робота «Бриг-10», приймаємо, що за технічними його характеристиками переміщення проміжних упорів та час роботи захвату по затиску і розтиску утримуваної деталі відповідно складають 0,4 с.

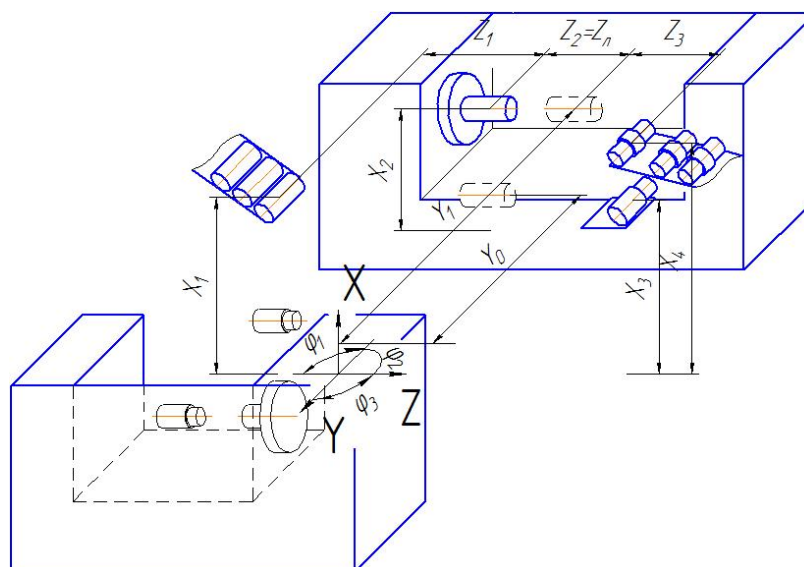


Рисунок 2 – Розрахунково-компонувальна схема РТК

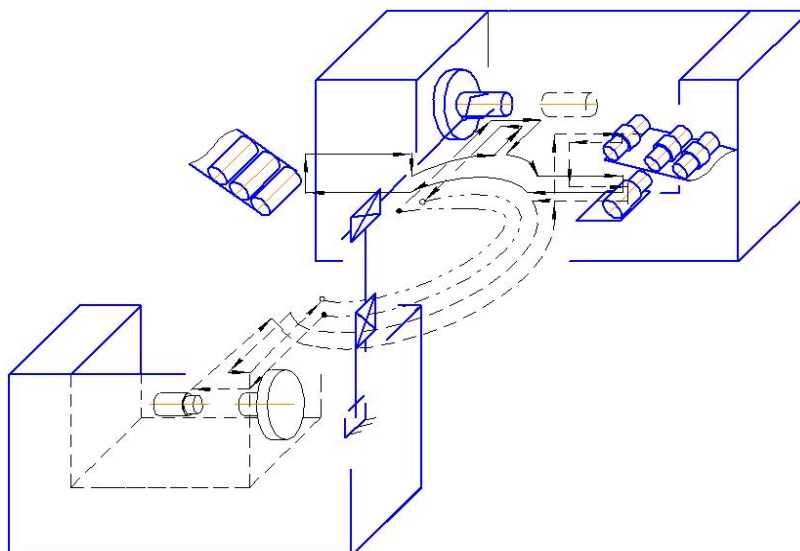


Рисунок 3 – Схема рухів робота по розвантаженню і завантаженню верстатів

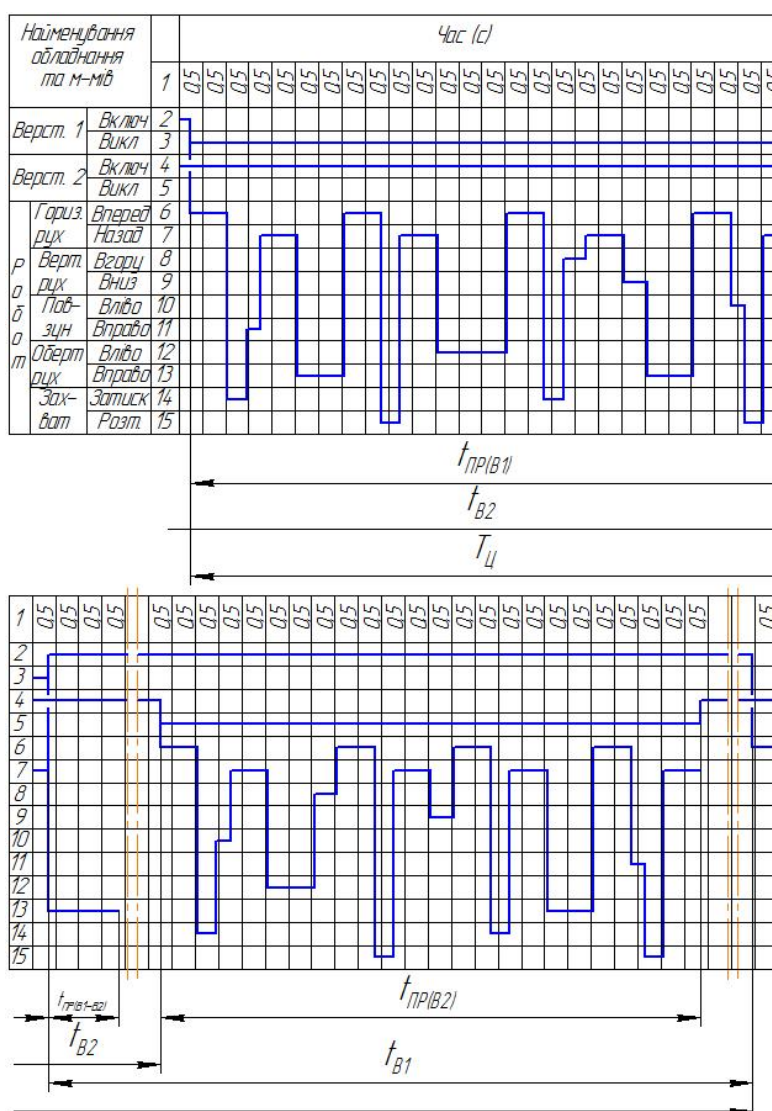


Рисунок 4 – Циклограма роботи двоверстатного РТК

Із наведеної циклограми видно, що загальний час циклу роботи РТК складається із часу виконання операцій першим і другим верстатами (t_{B1} та t_{B2}) та часу роботи промислового робота по розвантаженню і завантаженню верстатів $t_{ПР(B1)}$ та $t_{ПР(B2)}$, а також часу на переміщення робота від першого до другого верстату $t_{ПР(B1-B2)}$:

$$T_{ц} = t_{B1} + t_{ПР(B1)} + t_{B2} + t_{ПР(B2)} + t_{ПР(B1-B2)}.$$

Згідно циклограми деякі складові чи їх частини перекриваються одна одною, а тому цей час циклу враховує тільки не перекриті складові.

Враховуючи те, що час обслуговування верстатів роботом приблизно однаковий, то важливо, щоб час роботи верстатів був також однаковим. Тоді в циклі РТК простоювання верстатів не буде. В іншому випадку буде мати місце простоювання верстата, який за менший час виконує свою операцію до виконання умови, коли час його роботи і час його простоювання дорівнюватиме часу роботи другого верстата. Із раніше виконаних досліджень [1, 2] встановлено, що використання двозахватних та дворуких роботів дозволяє скоротити час простоювання верстатів під розвантаженням та завантаженням в 2-4 рази у порівнянні з одноруким та однозахватним промисловим роботом. Це особливо важливо коли час роботи верстата по обробці деталей незначний та коли промисловий робот обслуговує два і більше верстатів.

Висновок. Наявність розробленої методики дозволяє ґрунтовно аналізувати із яких частин складається загальний цикл роботи РТК та які необхідні конкретні рухи робота, їх час та послідовність. Все це дає можливість оцінити якість прийнятого варіанту роботизації і визначити можливі напрямки його вдосконалення в плані підвищення продуктивності експлуатації РТК. При цьому є можливість також визначити, яке найбільш доцільне є виконання промислового робота та загальне компоновальне розміщення обладнання в РТК. Для більш повної оцінки якості вибраного варіанту РТК, необхідно на розробленій основі аналізувати вплив інших складових на продуктивність роботи комплексу.

Список літератури

1. Павленко, І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування [Текст] / І.І. Павленко. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.
2. Павленко, І.І. Роботизовані технологічні комплекси [Текст] / І.І. Павленко, В.А. Мажара. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
3. Павленко, І.І. Структура продуктивності верстатних роботизованих комплексів [Текст] / І.І. Павленко, В.А. Мажара // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2005. – Вип. 17. – С. 131-137.
4. Павленко, І.І. Дослідження впливу використання двозахватних пристроїв на продуктивність роботи РТК [Текст] / І.І. Павленко, В.А. Мажара // Машиностроение и технотруктура XXI века. г. Севастополь. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Т.5. – С. 282-287.
5. Белянин, П.Н. Гибкие производственные комплексы [Текст] / Под ред. Белянина П.Н., Лещенко В.А. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
6. Костюк, В.І. Робототехніка [Текст] / В.І. Костюк, Г.О. Спину, Л.С. Ямпольський. – К.: Вища школа, 1994. – 446 с.
7. Довбня, Н.М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС [Текст] / Н.М. Довбня, А.Н. Кондратьев, Е.И. Юревич. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 303 с.
8. Козырев, Ю.Г. Применение промышленных роботов [Текст] : учебное пособие / Ю.Г. Козырев. – М.: КНОРУС, 2016. – 494 с.
9. Богдановський, М.В. Кінематичне планування рухів захватних пристроїв промислових роботів в робочих зонах технологічного обладнання [Текст] / М.В. Богдановський, В.А. Кирилович // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення» АПІР-2013. – 9-13 вересня 2013 г., г. Севастополь. – С. 96.

Ivan Pavlenko, Prof., DSc., Volodymyr Kropivny, Prof., PhD tech.sci., Maksym Godunko, Assis. Prof., PhD tech. sci., Maryna Storozhuk, Eng.

Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, Ukraine

Productivity of two-machine robotic complexes

An aim of this research is development of methodology for choosing an appropriate structure of two-machine robot-technological complex (RTC), which will increase the productivity of work. The solution of this task will lead to enhancement of economic and technical indicators in manufacture.

The analysis of the performance of a two-machine robotic complex begins with the development of the calculation and compilation scheme of the RTC and the determination of coordinates of positions of transported parts in the cycle of the irprocessing on machine tools and auxiliary devices relative to the coordinate system of the industrial robot. The amount of necessary displacement of the parts of the robot and the time of execution of the displacements are been determined in accordance with the characteristics of the selecte dwork ("Brig-10", for example) from this scheme. The cyclograms of RTC are been created after this.

This technique allows to analyze the working cycle of RTC, the required robot movements, their time and consistency. It gives an opportunity to evaluate the quality of the adopted robotic version and to identify possible directions for its improvement in order to increase the efficiency of RTC operation.

industrial robots, robotic technological complexes (RTCs), productivity, cyclogram of RTC's work

Одержано 22.11.17

УДК 631.333.92:879.4

С.І. Павленко, доц., канд. техн. наук, ст. наук. співр.

Національний університет біоресурсів і природокористування, м.Київ, Україна

E-mail: si.pavlenko17@gmail.com

Результати експериментальних досліджень біотермічних процесів компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику в натурних буртах

Втрати поживних біогенних речовин підстилкового посліду пов'язані з фізико-хімічними і мікробіологічними процесами, які відбуваються безпосередньо після виділення екскрементів тваринами, а також під час накопичення, зберігання і перероблення. Під впливом механізованих втручань та біоконверсних перетворень відбуваються зміни в масовому балансі біогенних компонентів тваринницьких відходів та в біоенергетичному потенціалі. Мета – дослідження технологічних процесів прискореного біотермічного компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику технічними засобами механізованого компостування. Методи і прийоми досліджень: метод натурних спостережень, методи планування експерименту, методики тепловізерних і пірометричних спостережень, електротехнічні прийоми визначення динаміки зміни температури. Динаміка температур у буртах досліджувалася з використанням персонального комп'ютера до якого підключався електронний термометр ТМ-32/Н-5Т із системою температурних зондів на основі датчиків температури DS18B20. Температурне поле поверхні або розрізу буртів визначалося з використанням тепловізора Testo-875, який дозволяє проводити аналіз температурних полів із абсолютною похибкою вимірювання 0,01 °С. В результаті дослідження отримана динаміка зміни температури в кожній точці натурального бурта згідно розробленої методики.

послід, компост, бургт, температура, біотермічний процес

© С.І. Павленко, 2017