



ОТНОСНО ИЗБОРА НА ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ ЗА ОБСЛУЖВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ЕДИНИЦИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПРОЦЕСИ

Татяна Андонова-Вакарелска, Пламен Угринов

***Резюме:** Промислените работи са важно средство при автоматизирането на разнообразни дискретни процеси и при изграждането на роботизирани технологични модули и системи с различно технологично предназначение. В разработката са анализирани работните зони на различни технологични единици и промишлени работи и съвместимостта им при автоматична работа, като са посочени показателите за избор на промишлени работи.*

Ключови думи: технологични единици, промишлени работи, работни зони, съвместимост, избор на ПР.

1. Общи положения

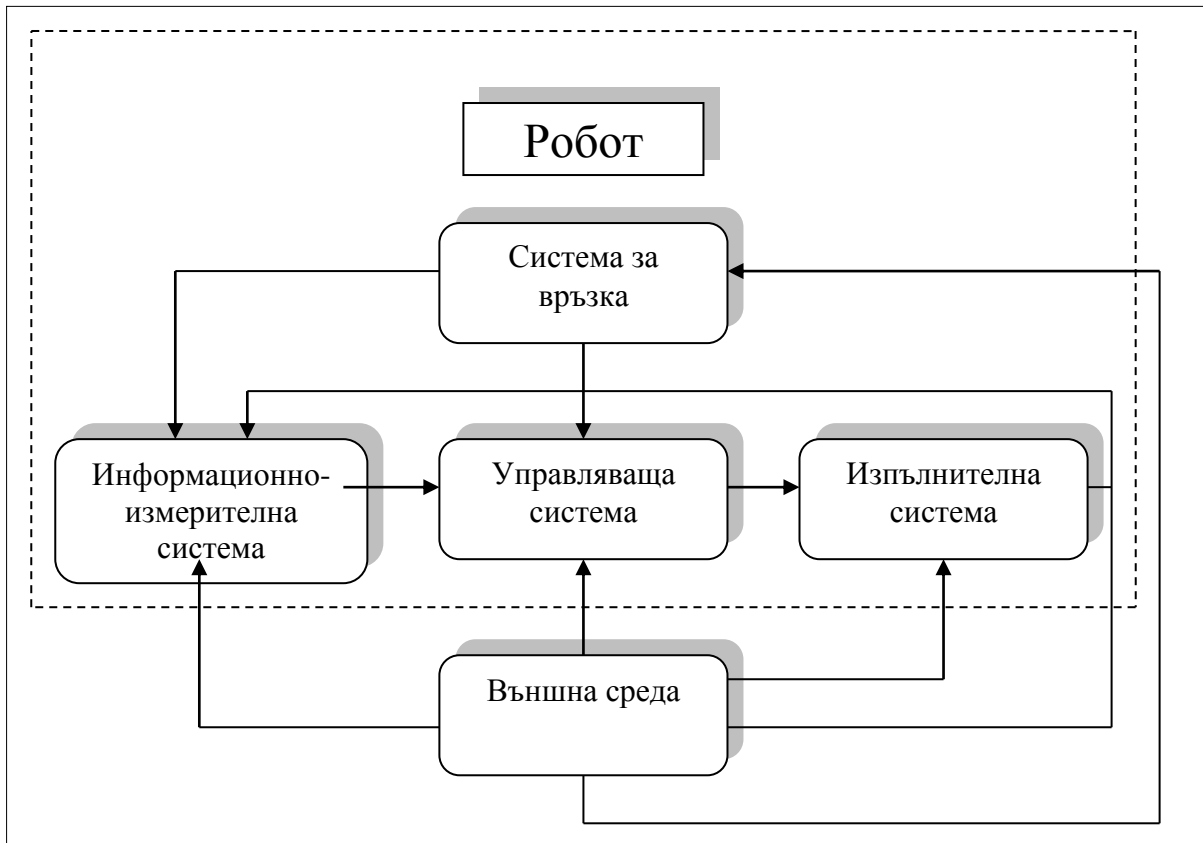
Автоматизацията на дискретните производствени процеси е сложен и многообразен процес. Те са с прекъсваем характер. Това са всички процеси в: машиностроенето, електронната и електротехническата промишленост, фармацевтиката, хранително-вкусовата промишленост, дървообработващата промишленост, производството на строително-керамични изделия и др. Тези процеси по-трудно се автоматизират, тъй като съществуват множество обекти, но независимо от това могат да се използват едни и същи методи и средства за автоматизиране на дискретните процеси.

Факторите, от които зависи автоматизацията на дискретните производствени процеси са [2]:

- технически характеристики на детайлите (форма, размери, маса, материал, физикомеханични свойства и др.);
- производствена програма;
- честота на пренастройване;
- вид на технологичния процес;
- вид на изпълняваната операция;
- вид на работната зона на машината;
- продължителност на технологичните операции;
- санитарно-хигиенни изисквания;

Важна роля при автоматизацията на дискретните процеси играят различните промишлени работи в съчетание с технологичните единици върху които се реализира технологичния процес. Основното им предназначение е свързано с движение и действие с детайли, инструменти и др. осигуряващи

изпълнение на целевата задача. Многообразието в техническите решения, в значителна степен е предопределено от функционалното предназначение, изискванията към темпа и качеството на движенията, външната среда в която се реализира работата им, изискванията към поведението на робота [5]. На фиг.1 е представена принципна структурна схема на промишлен робот (ПР).



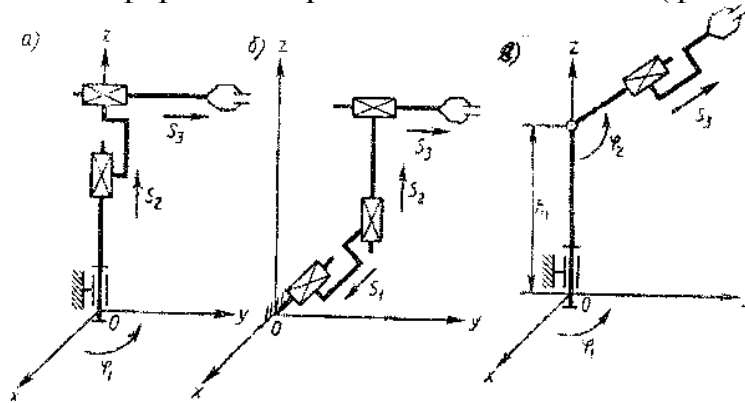
Фиг. 1 Обща структурна схема на ПР

Към основните параметри на промишлените работи се отнасят: мобилност, товароносимост, брой на степените на свобода, точност на позициониране, работна зона и др. Работната зона характеризира пространството, заемано от изпълнителните органи на робота при осъществяване на всички предвидени най-големи по ход движения.

Ефективността от използването на промишлени работи в значителна степен зависи от правилния избор на структурна кинематична схема на робота, определяща кинематиката на неговите основни движения и пространството. Към основните движения се отнасят всички манипулационни движения на ПР, които определят дадена точка в работното пространство, локални движения - движенията на хващача (ориентиращите движения на работния орган и въртенето на китката) [1]. Глобалните движения увеличават обема на работната област на робота.

В зависимост от избраната структурна кинематична схема на робота манипулираният детайл може да се премества в правоъгълна (равнинна и

пространствена) и криволинейна (цилиндрична и сферична) координатни системи, които определят формата на работната зона на ПР (фиг. 2).



Фиг. 2 Кинематична структура на ПР

а) цилиндрична координатна система - $2T + 1R$; б) декартова координатна система - $3T$; в) сферична координатна система - $1T + 2R$

Табл.1 Конструкция и работни зони на ПР

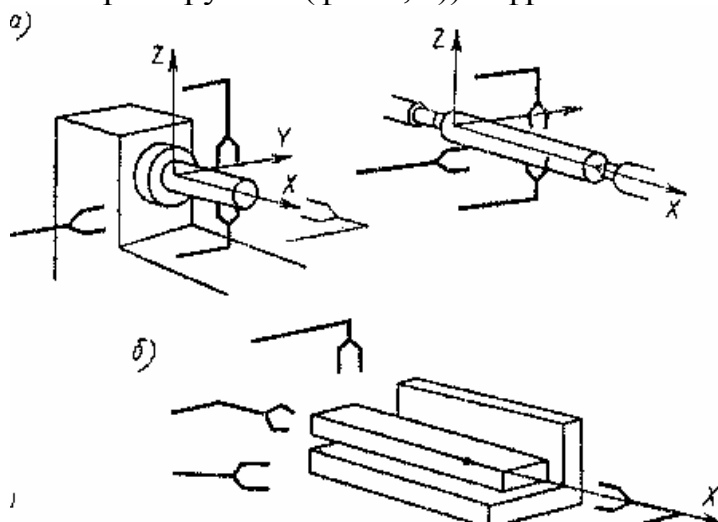
Тип ПР	Работна зона	Пример
<p>3T</p>	<p>декартова</p>	
<p>2T+1R</p>	<p>цилиндрична</p>	
<p>2R+1T</p>	<p>сферична</p>	

ПР са различни по конструкция, тип на изпълнителните механизми на звената, принципа на управление и по вида на технологичния процес. В таблица 1 са представени част от видовете ПР.

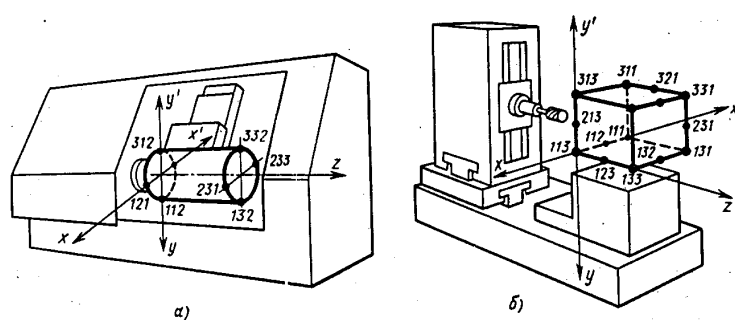
2. Работна област на технологичните единици, обслужвани от ПР

Под работен обем на технологичната единица се разбира частта от работното ѝ пространство, където ръката на ПР въвежда, установява, сваля от установъчните бази и изнася заготовката или обработения детайл. При анализа работната зона на ТЕ се представя в координатната система $Oxyz$ [4].

При определяне работната зона на ТЕ първоначално се определят посоките на достъп на изпълнителните органи на ПР. На фиг. 3 е представена възможността за достъп при стругови (фиг.3, а)) и фрезови машини (фиг.3, б)).



Фиг. 3 Схеми на достъп в работното пространство на ТЕ



Фиг. 4 Работни зони на технологични единици

Геометричните параметри на технологичните единици определят работната им област, вътре в която инструментите и обработваните детайли могат да си взаимодействат в коя да е точка. Характерни са два основни вида работни области: цилиндрична и декартова (най-често във вид на паралелепипед). Цилиндричната работна зона е характерна при обработването на ротационно-симетрични детайли върху стругови машини, кръглошлифовъчни машини, зъбонарезни машини и др. Тя се определя обикновено чрез диаметъра (радиуса) и дължината на детайла, т.е. от максималните стойности на координатите X (за диаметъра) и Z (за дължината) – фиг.4,а).



Декартовата работна зона се определя от максималните стойности на преместванията по трите оси X, Y, Z – фиг.4,б). Тази зона е характерна при обработването на призматично-корпусни детайли върху пробивно-разстъргващи машини, обработващи центри, фрезови машини, преси и др.

3. Съвместимост на работните области на ПР и ТЕ и избор на подходящ ПР

ПР се характеризират с работни области, определени от големината на максималните относителни премествания по дължината или около оста на дадена кинематична двойка, т.е. това е пространството във всяка точка на което хващачът има достъп. Работната зона на ПР може да бъде равнинна или пространствена:

- Равнинна – изменят се двойка координати: $S_x \rightarrow S_{x0} \div S_{x\max}$ и $S_Y \rightarrow S_{Y0} \div S_{Y\max}$; $S_x \rightarrow S_{x0} \div S_{x\max}$ и $S_z \rightarrow S_{z0} \div S_{z\max}$; $S_x \rightarrow S_{x0} \div S_{x\max}$ и $\varphi_z \rightarrow \varphi_{z0} \div \varphi_{z\max}$
- Пространствена – изменят се тройка координати които формират следните координатни системи:
 - правоъгълна : $S_x \rightarrow S_{x0} \div S_{x\max}$, $S_Y \rightarrow S_{Y0} \div S_{Y\max}$ и $S_z \rightarrow S_{z0} \div S_{z\max}$
 - цилиндрична: $S_x \rightarrow S_{x0} \div S_{x\max}$, $S_z \rightarrow S_{z0} \div S_{z\max}$ и $\varphi_z \rightarrow \varphi_{z0} \div \varphi_{z\max}$;
 - сферична : $S_x \rightarrow S_{x0} \div S_{x\max}$, $\varphi_Y \rightarrow 0 \div \varphi_Y$ и $\varphi_z \rightarrow 0 \div \varphi_z$;

За ПР работният обем се движи в следните граници:

- от 0,1 до 1 m³ – без глобални движения;
- от 1 до 10 m³ – с глобални движения;

Характерни са следните работни зони:

- от 0,1 до 0,16 m³
- от 0,16 до 0,25 m³
- от 0,25 до 0,5 m³
- от 0,5 до 1 m³

От гледна точка на ефективното захранване на ТЕ със заготовки и детайли е необходимо работната зона на ПР да бъде по-голяма от работната зона на ТЕ, т.е. да обхваща работната зона на ТЕ.

- При цилиндрична работна зона обемът се определя по следната формула:

$$V = (R^2 - r^2) \frac{\varphi}{360} H$$

където: R-радиус на разположение при изнесено положение на механичната ръка; r-радиус на разположение при изходно положение на механичната ръка; φ -ъгъл на завъртане на колоната; H-вертикален ход на механичната ръка

- При правоъгълна работна зона:

$$V = X.Y.Z$$

където: X, Y, Z са максималните стойности на преместванията по отделните координати.

$$EPЗ = PЗ_{TE} \cap PЗ_{ПР}$$

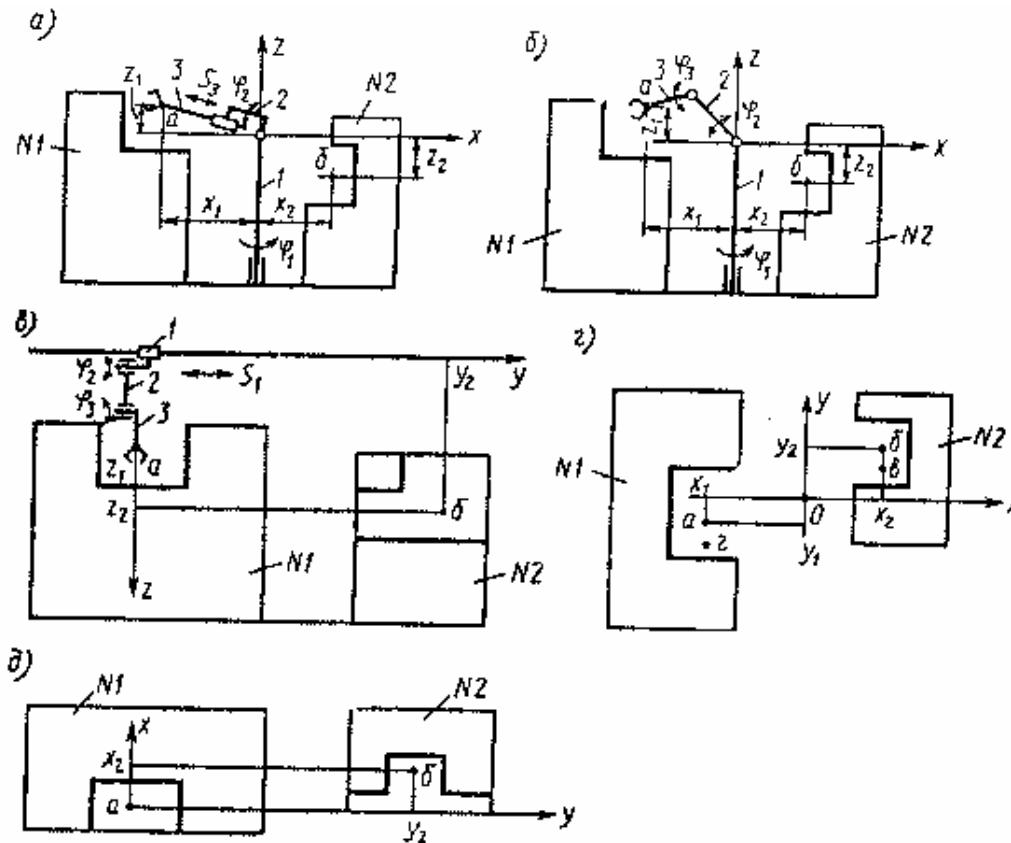
където: $EPЗ$ - е ефективната работна зона при съвместната работа на ТЕ и ПР; $PЗ_{TE}$ – работна зона на ТЕ; $PЗ_{ПР}$ – работна зона на ПР;

В повечето случаи $EPЗ = PЗ_{TE}$.

Независимо от това в някои случаи е възможно ефективната работна зона на ПР да бъде много по-малка от $PЗ_{TE}$, дори да бъде равнинна. Това е характерно при захранване с ротационно симетрични детайли.

Необходимо е да се отчитат и особеностите на ТЕ, водещи до определени ограничения и трудности при обслужването им от ПР. Например работните органи на пресите ограничават работното пространство по ос Z и по този начин затрудняват достъпа на ръката на ПР в работната зона на машината. При обработващите центри (ОЦ) работното пространство се ограничава от хода на стиските. По такъв начин може да се разграничи спецификата на работните зони и за други ТЕ.

На фиг.5 е показано взаимодействието между ПР и ТЕ при стругова обработка на ротационно-симетрични детайли. Използвани са различни кинематични структури на ПР. Със стрелки са показани характерните движения, които извършва ПР, а оттам може да се разглежда и работната му зона.



Фиг.5. Взаимодействие между ПР и ТЕ при стругова обработка



XXIV МНТК „АДП-2015”

Таблица 2. Работни области на ПР и ТЕ

№	ПР	Вид на работната област	№	ТЕ	Вид на работната област
1	ПР _{пр.х}	правоъгълник – хоризонтален ($S_x; S_y$)	1	Стругови (СТ)	цилиндър
2	ПР _{пр.в}	правоъгълник – вертикален ($S_x; S_z$)	2	Пробивно-разстъргващи (ПрР)	паралелепипед
3	ПР _{к.х}	част от кръг – хоризонтален ($S_x; \varphi_z$)	3	Обработващи центри (ОЦ)	паралелепипед
4	ПР _{к.в}	част от кръг – вертикален ($S_z; \varphi_x$)	4	Фрезови (Φ_p)	паралелепипед
5	ПР _ц	Цилиндър ($S_x; S_z; \varphi_z$)	5	Кръглошлифовъчни (КШ)	цилиндър/равнина
6	ПР _п	Паралелепипед ($S_x; S_y; S_z$)	6	Плоскошлифовъчни (ПШ)	паралелепипед
7	ПР _{сф}	Сфера ($S_x; \varphi_y; \varphi_z$)	7	Отрезни ($O_{тр}$)	паралелепипед
8	ПР _{тор}	Тор ($\varphi_x; \varphi_y; \varphi_z$)	8	Преси (P_p)	паралелепипед

В таблица 2 са дадени възможните видове работни области за ПР и различни групи технологични единици, а в таблица 3 - възможността за съвместяване на работните зони на ПР и ТЕ

Таблица 3. Съвместимост на работните зони на ТЕ и ПР

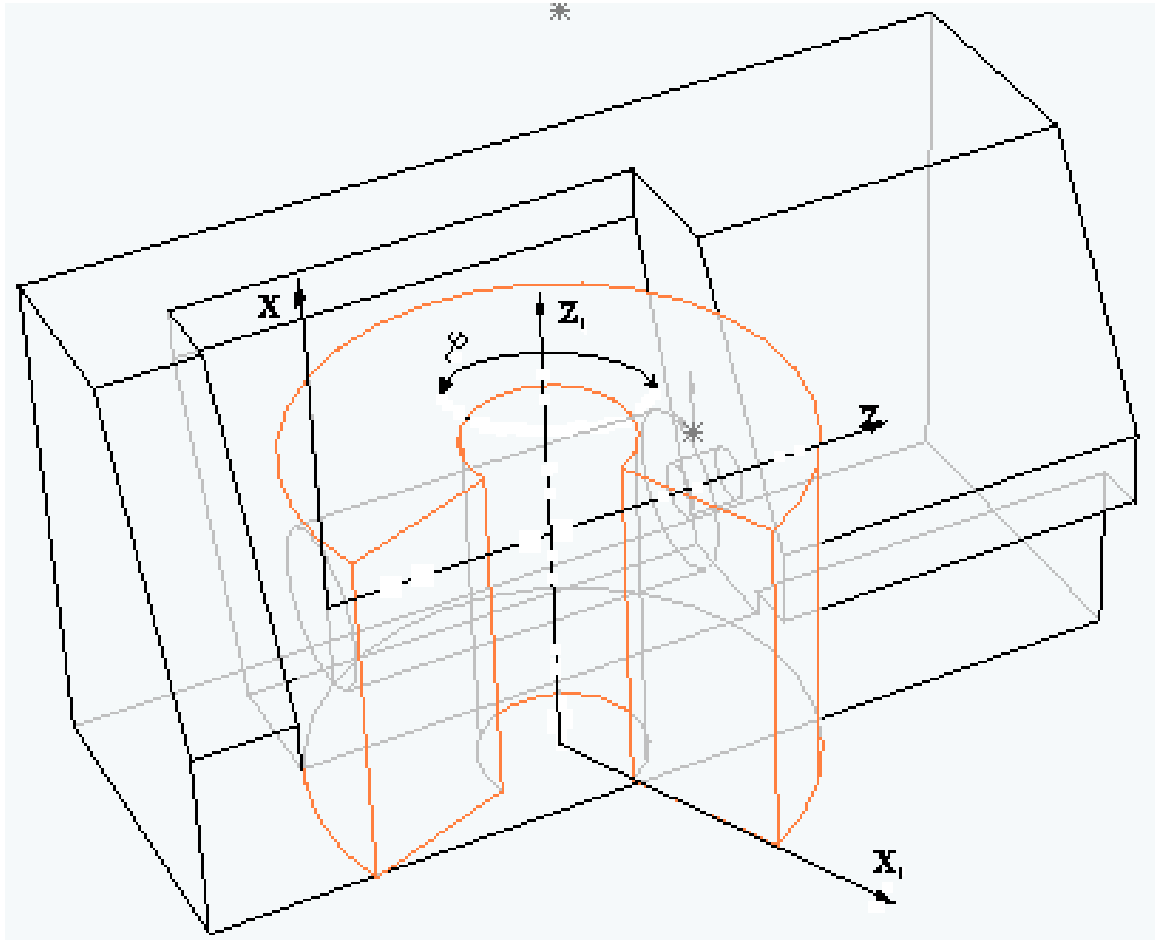
ТЕ	СТ	ПрР	ОЦ	Фр	КШ	ПШ	О _{тр}	Пр
ПР _{пр-х}	□	□	□	□	□	■	□	□
ПР _{пр-в}	□	□	□	□	□	□	■	□
ПР _{к-х}	□	□	□	□	□	■	□	□
ПР _{кв}	□	□	□	□	□	□	■	□
ПР _ц	■	■	■	■	■	■	□	■
ПР _п	■	□	□	■	■	■	■	■
ПР _{сф}	■	■	■	■	■	□	■	□
ПР _{тор}	■	■	■	■	□	□	□	□

■ - препоръчително

□ - възможно

На фиг.6 е показана съвместимостта на работните зони на стругова ТЕ и ПР с кинематична структура 2Т+1R, осигуряваща работна зона, която е част от цилиндър.

При избора на ПР за изграждане на роботизирани технологични модули (РТМ) и др. системи трябва да се обръща внимание на следните критерии: вид на ТЕ и спомагателното оборудване; обем и вид на работната зона; кинематична структура на ПР; min и max работни ходове; скорост на линейно и ъглово преместване; ускорение; товароподемност; точност на позициониране; тип на задвижване; мобилност и др. [3].



Фиг.6 Съвместимост на работните зони на стругова машина и ПР

4. Изводи

- Разгледани са особеностите на кинематичните структури на работните области на ТЕ и ПР.
- Разграничени са основните параметри на промишлените работи и технологичните единици, оказващи влияние върху съвместната им работа.
- Извършен е анализ на съвместимостта на работните зони на технологичните единици и промишлените работи при съвместната им работа и са направени препоръки за техния избор.

Литература:

1. Чакърски, Д. и к-в. Промислени работи, роботизирани технологични модули и системи. Част 1 и част 2. ИК на ТУ - София, 2003.
2. Чакърски, Д., Г. Хаджикосев. Автоматизация на дискретното производство. ИК на ТУ - София, 2008.
3. Чакърски, Д, Т. Вакарелска, Р. Димитрова. Технически и икономически параметри на иновационни проекти по автоматизация



на дискретното производство. Сп. Устойчиво развитие, бр. 1, Варна, 2011.

4. Угринов П., Обработващи центри за високоскоростна обработка, изд. "Авангард Прима", София, 2013 .
5. Чавдаров И., В. Павлов, А. Вацкичев, В. Николов, Ръководство за проектиране на работи, Издателство на ТУ-София, София, 2009.

ON THE SELECTION OF INDUSTRIAL ROBOTS FOR SERVICE OF PROCESS AUTOMATION IN UNITS OF DISCRETE MANUFACTURING PROCESSES

Tatyana Andonova-Vakarelska, Plamen Ugrinov

***Abstract:** Industrial robots are an important tool in automating various discrete processes and the construction of robotic technology modules and systems with different technological purpose. The paper analyzed the working areas of various technological units and industrial robots and their compatibility in automatic operation, as specified indicators for the selection of industrial robots.*

Данни за авторите:

Татяна Андонова-Вакарелска, доцент доктор инж., катедра „Енергетика и машиностроене” при КЕЕ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел.: 965 36 43, e-mail: vakarelska@tu-sofia.bg

Пламен Угринов, доцент д-р инж., катедра „Енергетика и машиностроене” при КЕЕ към ТУ-София, България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел. 0895589954, e-mail: ugrinov.pl@tu-sofia.bg .