

## ОТНОСНО ПРОЕКТИРАНЕТО НА РАБОТНА ПОЗИЦИЯ ЗА АВТОМАТИЧЕН МОНТАЖ НА ПЕЧАТНИ ПЛАТКИ

проф. Д. Чакърски, инж. Д. Димитров, гл. ас. д-р Р. Димитрова

*Резюме:* В настоящата разработка е извършен анализ на печатните платки и техните компоненти, като са предложени варианти на работна позиция за автоматичния им монтаж. Вариантите са анализирани и оценени, като е избран оптималния вариант.

### 1. Общи положения

Структурата на изделията се определя от техните детайли и съединения. Разходите на време за сглобяване на изделията са правопропорционални на броя на детайлите им, като зависят съществено и от вида на съединенията, монтажните операции и серийността на монтажа.

За намаляване на монтажните разходи се намалява броят на съединенията в изделията. Критерии за предвиждане на съединение са:

**От функционална гледна точка:** осигуряване на относителни премествания между детайлите за работни ходове, настройване, поднастройване, термични и механични разширения; необходимост от замяна на детайли (за пренастройване, бързоизносващи се, за достъп при обслужване); за осигуровка (при претоварване, при изчисляване); използване на специални свойства на материалите (за икономия на скъп материал чрез ограничаване на размерите на съответния детайл, за използване на комбинации от свойства на два материала) и т. н.

**От производствена гледна точка:** облекчаване на изработването на детайлите или на монтажа им; облекчаване на транспорта и манипулирането; облекчаване на контрола; опростяване на последователността на монтажа;

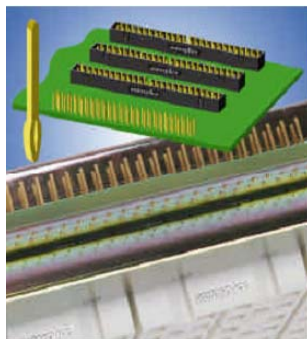
**От икономическа гледна точка:** стандартизиране на функционални детайли и възли; използване на обичайни заготовки и леснодостъпни изходни материали; прилагане на едновременно изработване на детайли или сглобяване на възли.

За избор на вида на съединенията се отчитат: условията за работа на изделието и за осигуряване на надеждността му; разполагаемите технологии за изработване и сглобяване; условията на експлоатация, необходимостта от разглобяване за ремонт и условията за повторно сглобяване; разходите за изработване и експлоатация в течение на зададения срок за техническо използване на изделието. От възможните варианти на съединения, изпълняващи функционалните, производствените и експлоатационните изисквания спрямо изделието, се избира онова, за което се минимизират разходите  $C$  за изработване и експлоатация на възела

Разходите за сглобяване на съединенията се намаляват ако: са реализуем с прости движения; не изискват скрепителни елементи или ако скрепителните елементи са неизбежни, са с минимален брой. евтини и сглобяването им е лесно изпълнимо (напр. с едно праволинейно движение); не изискват трудопоглъщащи методи за осигуряване на свързващите елементи; при използване на резбови съединения осигуряването срещу саморазвиване се постига с назъбване на долното чело на главата на винта или с осигуряващи елементи, предварително сглобени с винтовете, респ. гайките; изискваната точност на движенията за осъществяване на съединението не е висока; съществуват спомагателни повърхнини (фаски и др.) поне на единия сглобяван детайл, които облекчават монтажа му.

Печатната платка представлява конструкция, която се състои от изолационна основа, метални слоеве с различна конфигурация и различни по форма и предназначение отвори. Изолационната основа се изработва от материали с малка диелектрична проникваемост и загуби, голяма диелектрична якост и топлопроводимост, които същевременно да са устойчиви на въздействието на топлинен удар (до 270 °C за 15 s) , киселини, основи и органични разтворители. На тези многобройни изисквания отговарят слоестите диелектрици (гетинакс и стъклотекстолит), термопластичните пластмаси (полиамиди, полиетилентерефталат, полиетилен и др.) , керамиката, стъклото и др. Металните слоеве изпълняват функциите на печатни проводници, свързващи отделни електронни елементи и възли, контактни площадки, изводни контакти за свързване към платката на подходящи съединители, екрани, топлоотвеждащи шини, печатни елементи (бобини, кондензатори и др.). Отворите в печатните платки могат да бъдат кръгли, правоъгълни или елиптични.

Общият технологичен процес за производство на печатни платки включва и подготовка на елементите и възлите за монтаж, разполагане на градивните елементи в съответстващите им отвори в платката и запояване. Накрая контрол на качеството на проведените монтажни работи.



**Фиг. 1 Печатна платка и компоненти за монтаж**

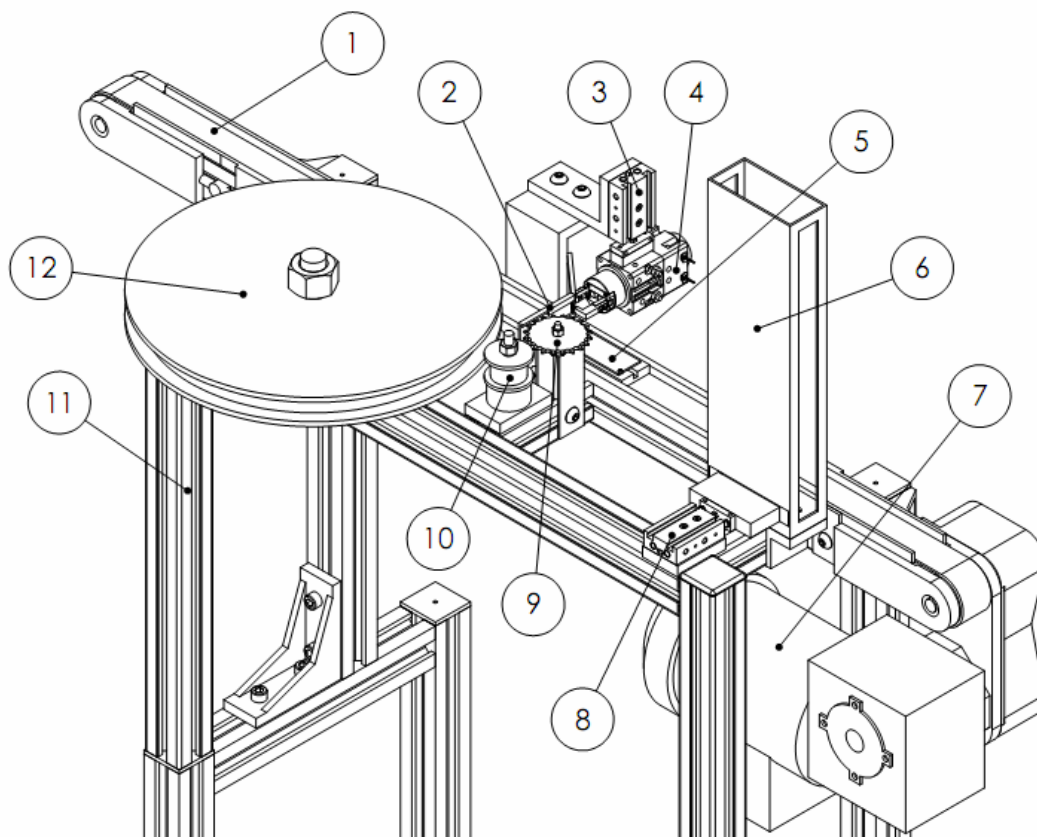
## **2. Варианти, анализ и оценка избор на оптимален вариант**

При проектирането на автоматизиран комплекс за монтаж на печатни платки е необходимо да се формират няколко варианта. Същите трябва да се анализират и оценят, след което се избира оптималният или рационалният вариант.

### **ВАРИАНТ 1**

#### **❖ Принцип на действие**

Първоначално системата е в изходно положение ,при подаване на сигнал отсекателно устройство 8 отсича и премества приспособление спътник с печатна платка 5 от вертикален магазин събирател 6 до лентов транспортър 1,където става транспортирането до мястото за монтаж. Същевременно стъпков мотор със зъбно колело 9 предвижва присъединяващите щифтове посредством хартиен носител от ролка 12 , които минават предварително през оптяжна ролка 10 и приемно гнездо 2.Позиционирането на приспособлението спътник с печатна платка на точно определеното място на монтаж се извършва чрез оптичен сензор,който подава сигнал за достигната монтажна позиция при което лентовия транспортър спира,завъртащия се хващач 4 захваща присъединителния щифт, завърта го на  $180^0$  и посредством избутващ пневматичен цилиндър 3 се набива присъединителния щифт в точно позиционираната печатната платка.



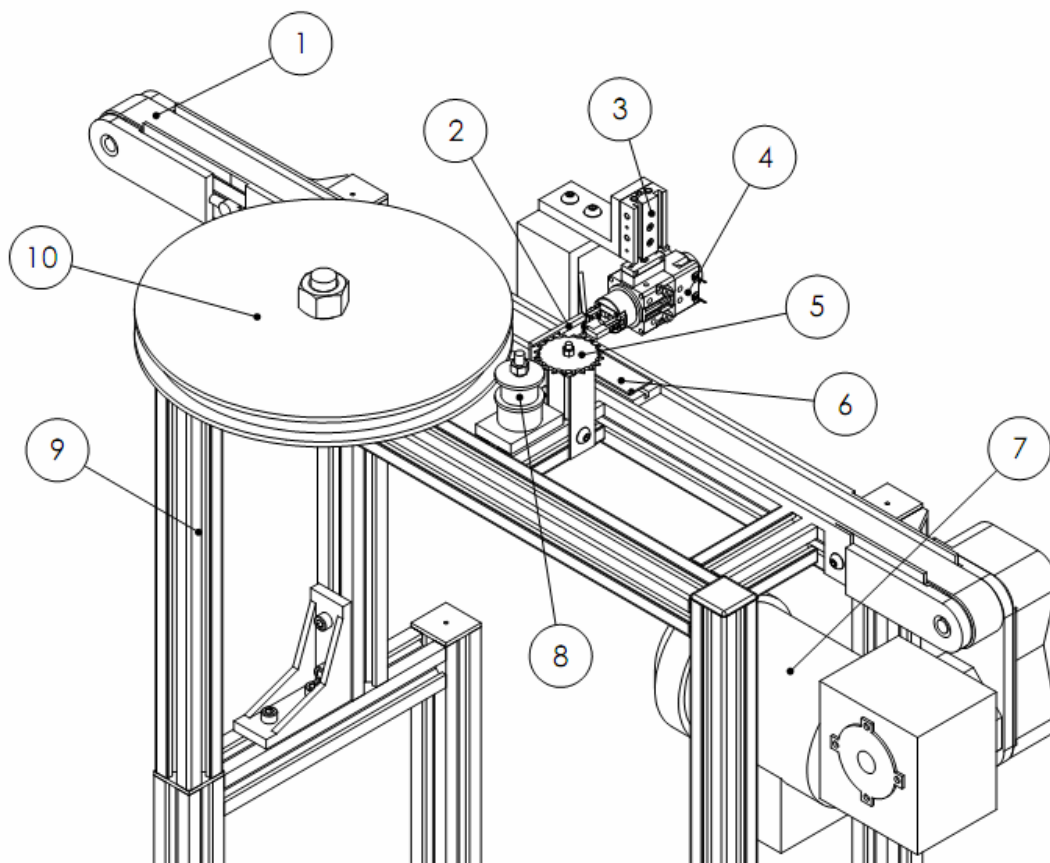
**Фиг 2 3D модел на вариант 1**

*1-Лентов транспортър; 2-Приемно гнездо; 3-Избутващ пневматичен цилиндър; 4-Въртящ хващач; 5-Приспособление спътник с печатна платка; 6-Вертикален магазин събирател; 7-Моторредуктор; 8-Отсекателно устройство; 9-Зъбно колело със стъпков двигател; 10-Оптяжна ролка; 11-Стойка; 12-Ролка с присъединителни щифтове*

### **ВАРИАНТ 2**

#### **❖ Принцип на действие на системата**

Първоначално системата е в изходно положение, чрез зареждането на лентов транспортър 1 с приспособление спътник с печатна платка 6 се осъществява транспортирането до определената позиция за монтаж,където чрез оптичен сензор се подава сигнал и лентовият транспортър спира. В този момент стъпков мотор със зъбно колело 5 предвижва присъединяващите щифтове посредством хартиен носител от ролка 10, които минават предварително през оптяжна ролка 8 и приемно гнездо 2. След като преминат през приемното гнездо стигат до въртящ хващач 4, който ги захваща, завърта на 180<sup>0</sup> и посредством пневматичен цилиндър 3 се набиват в точно позиционираната печатна платка.



**Фиг 3 3D модел на вариант 2**

*1-Лентов транспортър; 2-Приемно гнездо; 3-Избутващ пневматичен цилиндър; 4-Въртящ хващач; 5- Зъбно колело със стъпков двигател; 6- Приспособление спътник с печатна платка; 7-Моторредуктор; 8- Оптяжна ролка; 9- Стойка; 10 Ролка с присъединителни щифтове*

❖ **Анализ на варианта-предимства и недостатъци**

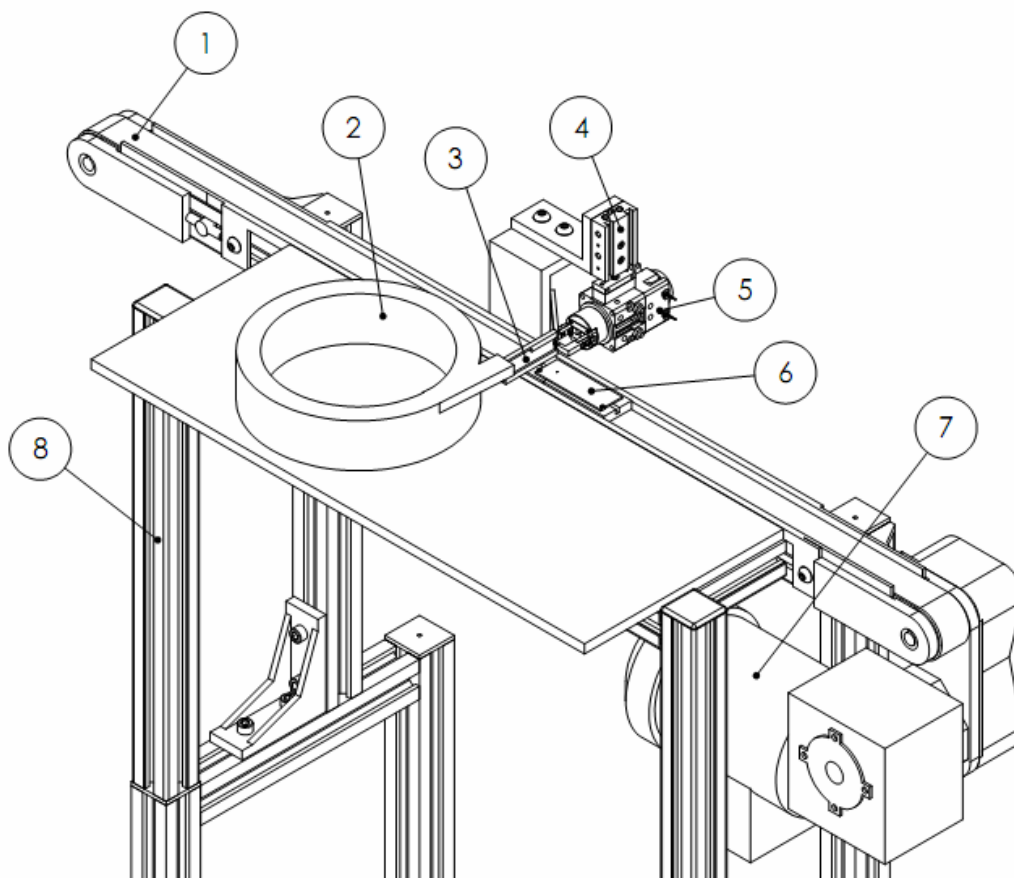
- ✓ Предимства-Опростена конструкция, по-малки габаритни размери, всички използвани модули за трансляция и ротация са с пневматично задвижване, които са значително по-евтини, много-голяма точност на позициониране, сравнително ниска цена за реализиране.
- ✓ Недостатъци- По-ниска степен на автоматизация в сравнение с предходния вариант, необходимост от машинен оператор.

**ВАРИАНТ 3**

❖ **Принцип на действие на системата**

Първоначално системата е в изходно положение, чрез зареждането на лентов транспортър 1 с приспособление спътник с печатна платка 6 се осъществява транспортирането до определената позиция за монтаж, където чрез оптичен сензор се подава сигнал и лентовият транспортър спира.

Същевременно във ВБЗУ 2 предварително са насипани присъединяващи щифтове които чрез приемно гнездо 3 достигат до въртящ хващач 5, който ги захваща, завърта на  $180^{\circ}$  и чрез пневматичен цилиндър 4 се набиват в точно позиционираната печатна платка.



Фиг 4. 3D модел на вариант 3

*1-Лентов транспортър; 2-ВБЗУ; 3-Приемно гнездо; 4-Избутващ пневматичен цилиндър; 5-Въртящ хващач; 6-Приспособление спътник с печатна платка; 7-Моторредуктор; 8-Стойка*

❖ **Анализ на варианта-предимства и недостатъци**

- ✓ Предимства-Висока степен на автоматизация, всички използвани модули за трансляция и ротация са с пневматично задвижване, които са значително по-евтини, много-голяма точност на позициониране, опростена конструкция.

- ✓ Недостатъци-Сложно за изпълнение,от където идва и оскъпяване на системата,не толкова добра гъвкавост на системата в сравнение с предходните два варианта,наличие на вибрации,което може да бъде предпоставка за нарушаване на нормалната работа на системата.

### 3. Анализ и оценка на вариантите

При избор на ефективно решение на АК за монтаж на печатни платки ще се използват относителни (безразмерни) коефициенти, като се изчислява обобщения коефициент  $K_{oi}$  за всеки от разглежданите варианти  $i$  ( $i = 1 \div m$ ;  $m$  – брой на вариантите).

$$K_{oi} = \prod_{j=1}^n (K_{ij}), i = 1 \div m$$

Където:  $n$  е броят на безмерните коефициенти

Оптимален е вариантът, който има максимален обобщен коефициент  $K_{oi}$ , т.е.

$$\max \{K_{oi}, i=1 \div m\}$$

Като критерии (безмерни коефициенти) ще се използват следните основни показатели:

$$\begin{aligned} -K_1 &= \lambda \\ -K_2 &= K_r \\ -K_3 &= K_A \\ -K_4 &= (1-K_G) \\ -K_5 &= 1/n \end{aligned}$$

Където:  $\lambda$  е ръста на производителността;  $K_r$  – коефициента на готовност;  $K_A$  – коефициента на автоматизация;  $K_G$  - коефициента на гъвкавост;  $n$  – срокът на възвръщане на инвестициите.

Този метод е по-обективен. Избягва се субективния фактор и дава възможност за избор на оптимално решение.

В табл. 2.4 Са дадени количествените стойности на безразмерните коефициенти и обобщения коефициент за отделните варианти.

**Таблица 1. Безразмерни коефициенти за оценка на вариантите**

$V_i \backslash K_j$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_{oi}$
$V_1$	12	0,73	0,86	0,95	1,32	9.947
$V_2$	6	0,76	0,6	0,95	1,01	2.625
$V_3$	6	0,83	0,6	0,77	0,90	2,071

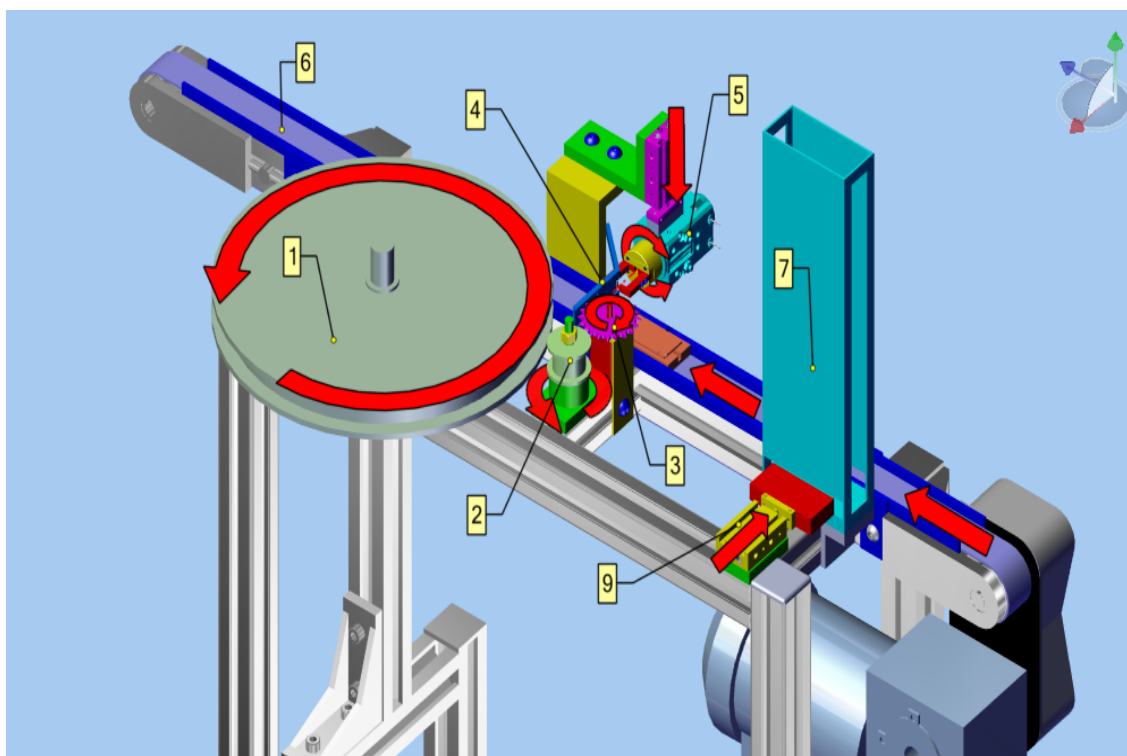
$$\max \{K_{oi}, i = 1 \div m\} = \max \{9.947; 2.625; 2.071\} = 9.947$$

От получения резултат от оценката на отделните варианти се вижда, че оптимален е **първият вариант** на автоматичен комплекс, който има максимален обобщен коефициент  $K_{oi} = 9.947$ .

#### 4. Описания на цикъла и циклограма на работа.

Автоматизираният комплекс за монтаж на печатни платки (фиг. 5) има следният работен цикъл:

1. Ролка захранва с присъединителни щифтове на хартиен носител.
2. Оптяжна ролка предвижва на щифтовете до мястото за монтаж.
3. След което посредством стъпков мотор със зъбно колело се придърпват щифтовете.
4. На следващата позиция става ориентирането, отсичането на присъединителните щифтове и изнасянето на хартиените отпадъци.
5. След което чрез завъртане въртящия хващач и избутване чрез пневматичен цилиндър отсича щифтовете от хартиения носител и ги набива в печатната платка.



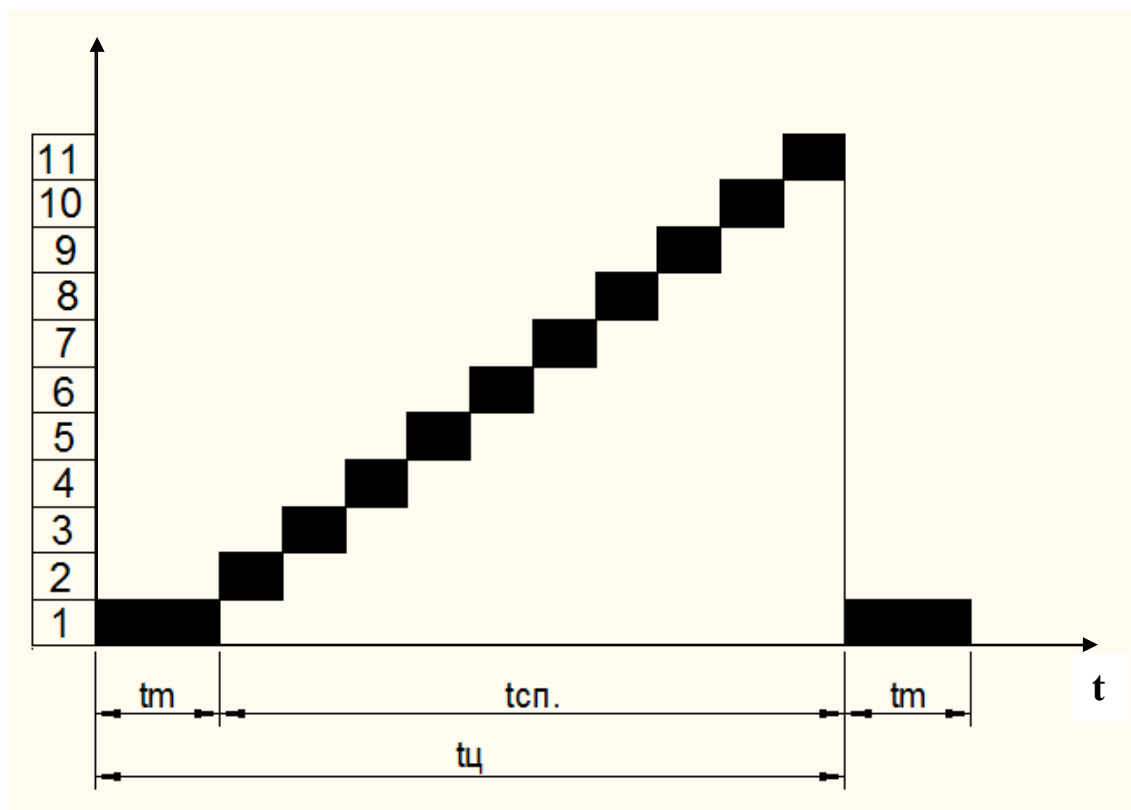
**Фиг 5. Автоматизиран комплекс за монтаж на печатни платки – оптимален вариант**

6. На следващата позиция става ориентирането, отсичането на присъединителните щифтове и изнасянето на хартиените отпадъци.



7. След което чрез завъртане въртящия хващач и избутване чрез пневматичен цилиндър отсича щифтовете от хартиения носител и ги на набива в печатната платка.
8. Транспортър
9. На тази работна позиция чрез вертикален магазин събирател и отсекател се отсичат и избутват на лентовия транспортър приспособление спътник с печатна платка

В повечето случаи се построяват циклограми с осреднени времена, без да се отчитат преходните процеси. В тези случаи по ординатната ос се нанасят основните функции, а по абсцисната ос – осреднените времена (фиг. 3.5)



**Фиг 3.5 Циклограма на работа**

Основните функции, заложи в циклограмата са следните:

1. ТЕ работи
2. Отсичане на приспособление спътник с печатна платка.
3. Връщане на отсекателя в изходно положение.
4. Транспортиране на приспособление спътник с печатна платка до мястото за монтаж.
5. Предвижване на присъединителните щифтове до приемното гнездо.

6. Хващане на присъединителните щифтове чрез хващача на ротационния модул.
7. Завъртане на хващача на  $180^{\circ}$ .
8. Набиване на присъединителния щифт.
9. Освобождаване на присъединителния щифт от хващача.
10. Връщане на хващача в изходно положение.
11. Отвеждане на готовите изделия.

#### **Проектни показатели**

- ❖ **Производителност-  $Q = 1800$  бр/ч**
- ❖ **Надежност –  $K_r = 0,8$**
- ❖ **Степен на автоматизация –  $K_a = 0,75$ ;  $A = 75$  %**
- ❖ **Степента на гъвкавост-  $G = 95$  %**
- ❖ **Срок за възвръщане на инвестициите – 1 год.**

#### **Изводи:**

- Направен е анализ на печатните платки и техните компоненти от гледна точка на автоматичния монтаж.
- Разработени са три варианта на работна позиция за автоматизиран монтаж и е избран оптималния от тях.
- Определени са основните показатели на автоматизираната работна позиция.
- Описан е цикъла и е направена циклограма на работа.

#### **Литература:**

1. Чакърски Д., Д. Димитров. Отчет по докторантски договор 112пд018-6/2011 на тема: „подход за компютърно конструиране на технологична и инструментална екипировка за монтажни модули за печатни платки „.
2. Чакърски Д., Г. Хаджикосев. Автоматизация на дискретното производство. Издателство на ТУ-София, 2008.
3. Чакърски Д., Т. Вакарелска. Инженерни изследвания и симулационно моделиране. Издателство на ТУ-София, 2008.

***Настоящата статия е финансирана по докторантски проект по линия на проект № 112пд018-6/2011 на Фонда научни изследвания на ТУ-София.***