

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«Автоматизація технологічних процесів в електроніці»

(для здобувачів вищої освіти спеціальностей: 171 «Електроніка»,

172 «Телекомунікації та радіотехніка»)

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
"Електронних апаратів".
Протокол № 6 від 29.02.2024

Київ 2024

УДК 681.3

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизація технологічних процесів в електроніці» (для здобувачів вищої освіти спеціальностей: 171 «Електроніка», 172 «Телекомунікації та радіотехніка»)/Укладач: І.С. Тюндер - Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024-57с.

Наведені матеріали до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизація технологічних процесів в електроніці», дозволяють отримати практичне підкріплення теоретичного матеріалу, виконання необхідних розрахунків і отримати навички проектування гнучкої виробничої системи (ГВС).

Укладач:

І.С. Тюндер, ст. викладач

Рецензент:

Ж.Г. Самойлова, к.т.н., доц.

ЗМІСТ

1. Розрахунок продуктивності на операціях збірки партії блоків ЕА в гнучкій виробничій системі при багатомноменклатурному типі виробництва.....	5
2. Розробка й оптимізація структури гнучкої виробничої системи.....	9
3. Вивчення структури і алгоритмів функціонування програми GPM TOOL. Розрахунок параметрів гпм за допомогою програми GPM TOOL.....	17
4. Оптимізація завантажувальної партії блоків.....	25
5. Вивчення типового технологічного процесу нанесення паяльної пасти методом трафаретного друку.....	34
6. Практичне вивчення типового технологічного процесу нанесення паяльної пасти на пристрої цифрового дозування ESD 1500DV.....	43
Список літератури.....	54
Додаток.....	55

ВСТУП

Метою лабораторних робіт є поглиблення знань, отриманих на лекціях з дисципліни «Автоматизація технологічних процесів в електроніці».

У процесі виконання робіт студенти повинні отримати практичні навички:

- розрахунку параметрів гнучкого виробничого модуля (ГВМ) за допомогою програми GPM tool;

- формування оптимальної за складом виробничої партії блоків електронних апаратів (ЕА) і послідовності її запуску у виробництво на підставі критерію мінімізації сумарного часу її виготовлення;

- аналізу та обґрунтованого вибору методу нанесення паяльної пасти.

Знання та вміння, отримані при виконанні студентами даного циклу робіт використовуються при проектуванні технології в дипломному проекті.

Перед виконанням лабораторних робіт, студент зобов'язаний пройти інструктаж по техніки безпеки в лабораторії і розписатися в журналі.

Лабораторна робота 1

РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ НА ОПЕРАЦІЯХ ЗБІРКИ ПАРТІЇ БЛОКІВ ЕА В ГНУЧКІЙ ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ ПРИ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНОМУ ТИПІ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Ціль роботи

Одержати практичні навички розрахунку продуктивності установки навісних елементів на друковані плати в умовах багатомініклатурного (20 типів) виробництва блоків ЕА з різним складом навісних елементів.

1.2 Лабораторне обладнання

Персональний комп'ютер з прикладним програмним забезпеченням.

1.3 Теоретичні відомості

Можливості сучасного автоматичного обладнання дозволяють встановлювати на друковану плату навісні елементи різних номіналів і типів. Наприклад: резистори МЛТ-0,25, конденсатори К53-7, діоди КД512 - елементи з осьовими виводами, мають близькі габаритні й приєднувальні розміри й можуть бути встановлені на плату одним типом автоматичного обладнання. У такий спосіб: сукупність типів і номіналів навісних елементів, які можуть бути встановлені на друковану плату одним типом обладнання, утворять типорозмір. Діапазони приєднувальних і габаритних розмірів навісних елементів - один з найважливіших показників автоматичного обладнання.

Вихідні дані для розрахунку:

1. виробнича програма $P(I)$ - кількість блоків I-го типу, які необхідно виготовити протягом заданого фонду робочого часу (індивідуальне завдання до виконання практичних робіт);

2. склад навісних елементів у кожному блоці $S(I, J)$ – кількість навісних елементів J -го типу в блоці I -го типу (представлений у додатку, таблиця А1).

Кількість $SP(I, J)$ елементів J -го типу, які необхідно встановити на друковану плату для виконання заданої виробничої програми $P(I)$

$$SP(I, J) = P(I) \cdot S(I, J).$$

Кількість навісних елементів кожного I -го типу у всій виробничій програмі

$$KNE(K) = \sum_{I=1}^{KTB} KNE(I, K),$$

де KTB - кількість типів блоків ($KTB=20$).

У матриці $S(I, J)$ (додаток А) навісні елементи, що утворюють типорозміри згруповані.

Наприклад: навісні елементи з J від 1 до 5 - ЕРЕ з осьовими виводами; від 10 до 15 - ІС у корпусі типу 2 і т.п.

Кількість навісних елементів кожного типорозміру у виробничій програмі

$$KNE(K) = \sum_{J=n}^m KNE(I, K),$$

де K - номер типорозміру;

n - перший номер типу навісного елемента, що входить у K -ий типорозмір;

m - останній номер типу навісного елемента в типорозмірі.

Визначимо необхідну продуктивність установки на друковану плату навісних елементів кожного типорозміру

$$TRP(K) = \frac{KNE(K)}{F},$$

де C - коефіцієнт серійності (задається викладачем);

F - фонд робочого часу в год. (задається викладачем).

Результати розрахунків KNE(J), KNE(K) і TRP(K) заносяться в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

J	Тип, номінал	KNE (J)	KNE (K)	TRP (K)	Типорозмір
1	<i>МЛТ - 0,25</i>	1112			
2	<i>К53 - 7</i>	1305	7802	3601	ЕРЕ з ОВ
3	<i>КД512</i>	2848			
.....
19	<i>ДО555ЛАЗ</i>	3800			
20	<i>ДО561ЛПІ</i>	2000	5800	2900	ІС DIP

1.4 Порядок виконання роботи

- 1 Визначити кількість SP(I, J).
- 2 Визначити кількість навісних елементів кожного I-го типу у всій виробничій програмі.
- 3 Визначити кількість навісних елементів кожного типорозміру у виробничій програмі.
- 4 Визначити необхідну продуктивність установки на друковану плату навісних елементів кожного типорозміру
- 5 Результати розрахунків KNE(J), KNE(K) і TRP(K) занести в таблицю 1.1.

1.5 Зміст звіту

1. Аналіз вихідних даних .
2. Методика й результати розрахунків.
3. Аналіз можливостей типового автоматичного встаткування по установці кожного типорозміру.
4. Таблиця розрахунків.

1.6 Контрольні питання

1. Як визначається типорозмір навісних елементів?

2. Методика розрахунку необхідної продуктивності на операціях.
3. Як описується состав навісних елементів у партії різних типів блоків?
4. Основні параметри кожного типорозміру.

Лабораторна робота 2

РОЗРОБКА Й ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ГНУЧКОЇ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ

1.1 Ціль роботи

Одержати практичні навички розрахунку, вибору й компоновання встаткування гнучкої виробничої системи (ГВС).

2.2 Лабораторне обладнання

Персональний комп'ютер з прикладним програмним забезпеченням.

2.3 Теоретичні відомості

ГВС складається з декількох гнучких виробничих модулів (ГВМ), об'єднаних єдиною автоматичною транспортною системою для подачі в ГВМ друкованих плат і навісних елементів (НЕ) різних типорозмірів у технологічній тарі.

У кожному ГВМ на друковану плату встановлюється НЕ одного типорозміру. $TRP(K)$ задана (див. результати заняття 1).

При проектуванні структури ГВПМ звичайно вирішують наступні завдання:

- вибрати для кожного ГВМ певний тип і кількість одиниць автоматичного технологічного встаткування на основі заданого значення $TRP(K)$ і оптимального діапазону коефіцієнта завантаження.

- розробити не менш двох можливих варіантів компоновання для кожного ГВМ.

- розрахувати параметри оптимізації для кожного варіанта ГВМ і вибрати кращий.

Коефіцієнт завантаження встаткування в ГВМ для типорозміру K .

$$KZ = \frac{TRP}{KO}$$

де РО - продуктивність одиниці обраного встаткування;

КО - кількість устаткування в даному ГВМ.

Звичайно значення KZ лежать у межах від 0,6 до 0,8.

При низьких значеннях KZ, сумарна продуктивність устаткування значно перевищує необхідну.

При відповідному компонуванні, вихід з ладу деякої кількості встаткування може не позначитися на виконанні виробничої програми за рахунок підвищення KZ працюючого встаткування. Таке рішення називають «навантаженим резервуванням», однак різко збільшуються первісні витрати на придбання великої кількості встаткування.

При високих значеннях KZ витрати мінімальні, але відмова навіть однієї одиниці встаткування може привести до зриву виконання виробничої програми.

На підставі значень TRP(K), що рекомендується діапазону KZ і продуктивності встаткування вибирають тип і кількість устаткування й розраховують дійсне значення KZ. Результати розрахунку для кожного типорозміру заносять у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

№ ГВМ	Типорозмір	Тип і РО встаткування		КО	KZ
1	ЕРЕ з ОБ	АУО-3	3000	3	0,7
---	-----	-----	-----	----	-----
4	КПМ	СР 1	1	1	0,8

Після вибору кількості й типу встаткування (АТО) для кожного типорозміру навісних елементів, приступають до розробки компоновочних схем ГВМ. Крім АТО, у ГВМ входять: промислові роботи (ПР) для завантаження й вивантаження НЕ й ДП в АТО, проміжні накопичувачі (ПН) НЕ й ДП.

Умовні зображення АТО для побудови компоновочних схем представлені на рисунку 2.1.

АТО містить накопичувач-живильник (1), що містить технологічні тари з НЕ, і пристрій їхньої поштучної видачі в захвата робочої головки (2), двухкоординатний стіл (3), на який установлюється друкована плата.

Представлено два варіанти виконання АТО, з різним виконанням нагромаджувача-живильника. На малюнках показані можливі напрямки подачі тари: з навісними елементами - А, друкованих плат, на АТО - В.

На рисунках 2.2. і 2.3. представлені зображення двох типів промислових роботів ПР-А й ПР-Б, що складаються з підстави (1), маніпулятора (2) і загарбного пристрою (3). ПР-А забезпечує рух загарбного пристрою по трьох координатах: поворот маніпулятора навколо осі ($\alpha = 0 \dots 360^\circ$), зміна довжини маніпулятора - x , і зміна висоти - z . ПР-А може обслуговувати до чотирьох позицій (АТО й ПН), що перебувають на осях, що проходять через центр обертання маніпулятора, і використовується для завантаження-вивантаження ДП в АТО й ПН.

ПР-Б має додатковий ступінь рухливості загарбного пристрою на кут $\beta = \pm 90^\circ$ стосовно осі маніпулятора, що забезпечує можливість обслуговувати об'єкти з матричним розташуванням елементів: накопичувачі-живильники АТО й ПН навісних елементів (пунктиром показані можливі положення загарбного пристрою промислових роботів).

На рисунку 2.4. представлені зображення проміжних накопичувачів друкованих плат і НЕ. Накопичувач ДП стелажного типу, НЕ - матричного, В и А - напрямку завантаження-вивантаження.

На рисунку 2.5. представлений фрагмент компоновочної схеми ГВМ. ПР-Б завантажує із ННЕ тару з НЕ в накопичувач-живильник АТО. ПР-А з накопичувача ДП завантажує АТО друкованими платами. Плата із установленими на АТО навісними елементами вертається в НДП, а тара, що звільнилася, з НЕ замінюється на заповнену ПР-Б.

Керуючись цими положеннями необхідно розробити по двох варіанта компоновання для кожного типорозміру НЕ. Для порівняння й вибору кращого варіанта розрахуємо наступні параметри ГВМ: живучість, середній час наробітку на відмову й умовну вартість.

Живучість ГВМ можна оцінити за допомогою коефіцієнта G , що показує частку продуктивності, що залишилася, від необхідної, при відмові певної кількості встаткування

$$G = \frac{K_{\text{ОО}}}{K_{\text{КЗ}}}$$

де $K_{\text{ОО}}$ - кількість устаткування, що відмовило.

Визначимо умовну вартість ГВМ

$$C_M = \sum C_O \cdot \sum C_{PR}$$

де C_O - вартість одиниці встаткування.

C_{PR} - вартість одного промислового робота.

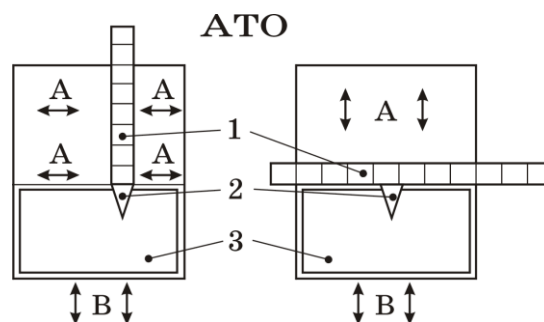


Рисунок 2.1 - Умовна позначка двох виконань АТО для установки навісних елементів на ДП. А й В - напрямки завантаження-вивантаження тари з НЕ й ДП відповідно.

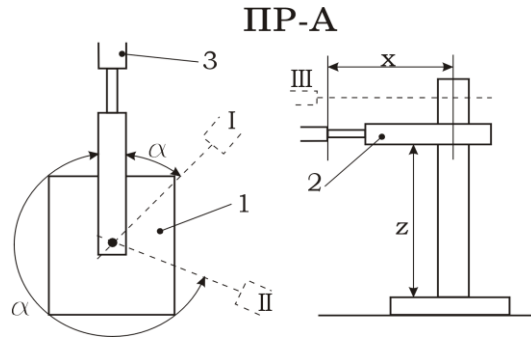


Рисунок 2.2 - Умовна позначка й система координат для промислового робота ПР-А. (I-III – можливі положення загарбного пристрою).

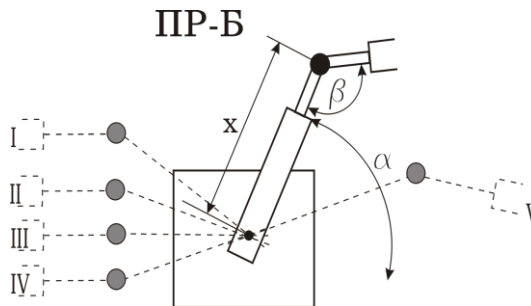


Рисунок 2.3 - Умовна позначка й система координат для промислового робота ПР-Б. (I-V – можливі положення загарбного пристрою, координата z спрацьовується аналогічно ПР-А).

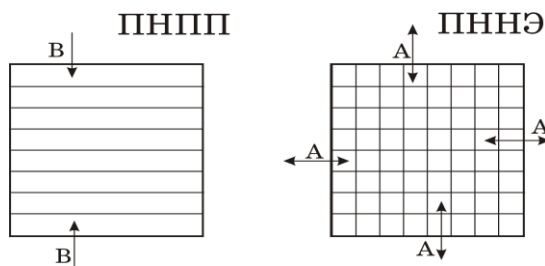


Рисунок 2.4 - Умовна позначка проміжних накопичувачів друкованих плат і навісних елементів. (B і A - напрямки завантаження-вивантаження на компоновочних схемах).

Оцінимо середній час наробітку на відмову ГВМ

$$T_M = \frac{1}{I_M},$$

де I_M - сума інтенсивностей відмов всіх елементів ГВМ.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Типи й параметри встаткування й промислових роботів представлені в додатку.

На підставі аналізу дані таблиці 2.2. вибрати кращий варіант компоновання ГВМ для кожного типорозміру. Описати роботу одного варіанта.

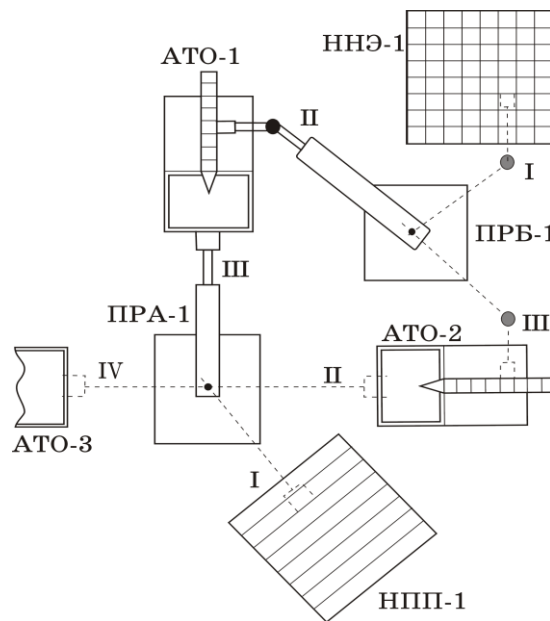


Рисунок 2.5 - Фрагмент приклада компоновочної схеми ГВМ

Таблиця 2.2.

№ ГВМ, типорозмір		Варіант компонування	G	ТМ	СМ
1	ЕРЕ з ОВ	1	0,7	200	300000
		2	0,8	300	250000
---	-----	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
---	-----	1	-----	-----	-----
		2	-----	-----	-----
4	ІС DIP	1	0,65	300	300000
		2	0,5	150	500000

II

При виборі кращого варіанта керуються одним із двох основних критеріїв:

- висока живучість, тобто виконання виробничих програм у строк;
- низька вартість вихідних вкладень капіталу.

2.4 Порядок виконання роботи

1 На підставі значень TRP(K), отриманих на лабораторній роботі, що рекомендується діапазону KZ і продуктивності встаткування (див. таблицю Б.1 додатка) вибрати тип і кількість устаткування й розрахувати дійсне значення KZ. Результати розрахунку для кожного типорозміру заносять у таблицю 2.1.

2 Розробити по двох варіанта компонентування ГВМ для кожного типорозміру HE. Для порівняння й вибору кращого варіанта розрахувати наступні параметри ГВМ: живучість, середній час наробітку на відмову й умовну вартість.

Результати розрахунків занести в таблицю 2.2.

3 На підставі аналізу дані таблиці 2.2. вибрати кращий варіант компонентування ГВМ для кожного типорозміру. Описати роботу одного варіанта.

2.5 Зміст звіту

1. Методика розрахунку параметрів ГВМ.
2. Результати розрахунків у таблицях 2.1. і 2.2.
3. Компонувачні схеми ГВМ.
4. Опис роботи одного з варіантів ГВМ.

2.6 Контрольні питання

1. Визначення коефіцієнта завантаження встаткування і його вплив на характеристики ГВМ.
2. Дайте визначення коефіцієнта живучості й поясните його вплив на параметри ГВМ.
3. Опишіть роботу одного з варіантів ГВМ.
4. Укажіть можливі напрямки підвищення живучості.
5. Поясніть критерії вибору варіанта ГВМ.
6. Призначення й параметри промислових роботів.

Лабораторна робота №3
ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ПРОГРАМИ GPM TOOL. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ГПМ ЗА
ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ GPM TOOL

3.1 Мета роботи

Вивчення принципів побудови і структури програми і розрахунок параметрів ГПМ за допомогою програми GPM Tool

3.2 Лабораторне обладнання

Персональний комп'ютер з прикладним програмним забезпеченням.

3.3 Короткі теоретичні відомості.

Програма GPM tool (далі програма) написана на мові Object Pascal за допомогою середовища візуального проектування Delphi 7.0 і призначена для роботи в операційній системі Windows 9x / NT / 2k.

Програма призначена для формування оптимальної за складом виробничої партії блоків ЕА і послідовності її запуску у виробництво на підставі критерію мінімізації сумарного часу її виготовлення.

В якості вихідних даних програма використовує відомості про кількість блоків в партії і про склад навісних елементів в кожному блоці. Також в процесі проведення розрахунків необхідна додаткова інформація про коефіцієнт серійності виробництва, фонд робочого часу і допустимих інтервалах коефіцієнта завантаження устаткування. Також, ґрунтуючись на довідкових матеріалах, необхідно вибрати типи і параметри технологічного обладнання. В результаті обробки перерахованих вище даних програма запропонує послідовність обробки партії, при якій витрати часу будуть мінімальні.

Передбачувана область використання - серійне, автоматизоване виробництво з широкою номенклатурою випущених блоків і встановлюваних на них навісних елементів.

Розробляється методика пропонує три варіанти формування партії блоків:

- довільне завдання послідовності блоків;
- перебір всіх варіантів розташування блоків всередині партії;
- евристичний алгоритм формування оптимальної партії.

Перший варіант дає можливість сформувати партію, довільно задавши черговість блоків (призначений в основному для навчальних цілей). Другий варіант дозволяє визначити оптимальну послідовність блоків з найменшим часом обробки. Третій варіант дозволяє за допомогою евристичних алгоритмів сформувати партію таким чином, що отримане час відрізняється від мінімально можливого часу на 5.. 20% в залежності від складу партії.

Умовно можна провести наступне поділ:

- ввід даних;
- вибір обладнання;
- оптимізація послідовності;
- обробка і виведення результатів.

На першому етапі відбувається введення даних в програму, їх переклад у внутрішні формати, зручні для подальших перетворень і розрахунків. На етапі вибору обладнання проводиться визначення продуктивності автоматичного обладнання, на підставі чого визначається час обробки кожного блоку на всіх ділянках технологічного ланцюжка виробництва. Грунтуючись на отриманих даних, на наступному етапі визначається місце кожного блоку в послідовності, таким чином, щоб час обробки всієї партії було мінімальним. На завершальних стадіях проводиться обробка результатів і інші допоміжні процедури. Нижче кожен з етапів розглядається більш докладно.

Ввід даних.

Основним джерелом інформації для проведення розрахунків є перелік блоків, які необхідно запуснути у виробництво, їх кількість і специфікації до них. На підставі цих даних формується матриця $P [j]$ - кількість блоків j -го типу, які необхідно виготовити і матриця $S [i, j]$ - кількість навісних елементів i - го типу в j - му блоці. Максимальна розмірність матриці 20x20.

Після цього на підставі матриць P і S формується первісна виробнича програма, таким чином, що n блоків першого типу займають місця з 1 по n , m блоків другого типу займають місця з $n + 1$ до $n + m$, і так далі. Таким чином, формується матриця розмірністю $5 \times N$, де N - сумарна кількість блоків всіх типів в партії. Кожному блоку з виробничої програми привласнюється свій порядковий номер, який надалі буде використовуватися для формування послідовності.

Вибір обладнання.

Для визначення часу обробки кожного блоку необхідно вибрати технологічне обладнання, на якому буде відбуватися складання. Грунтуючись на матриці виробничої програми, проводиться розрахунок кількості навісних елементів кожного i -го типу у всій виробничій програмі по формулі

$$K_i = \sum_{j=1}^{КТВ} S_{ij} P_j, \quad (3.1)$$

де $P (j)$ - кількість блоків j -го типу, які необхідно виготовити;

$S (i, j)$ - кількість навісних елементів i - го типу в j - му блоці;

КТВ - кількість типів блоків.

Для визначення кількості навісних елементів кожного типорозміру у виробничій програмі використовується формула

$$K_{ij} = \sum_{j=1}^m S_{ij} P_j, \quad (3.2)$$

де К-номер типорозміру;

n - перший номер типу навісного елемента, що входить в К-ий типорозмір;

m - останній номер типу навісного елемента в типорозмірі.

На підставі цих даних проводиться розрахунок необхідної продуктивності технологічного устаткування за формулою

$$T_{\text{об}} = \frac{K \cdot Q_{\text{об}}}{F} \cdot C, \quad (3.3)$$

де С - коефіцієнт серійності (визначається типом виробництва);

F - фонд робочого часу.

Дані продуктивності обладнання дозволяють визначити час обробки кожного блоку на конкретному з ГВМ, ці дані використовуються в подальшому для розрахунків сумарного часу виробництва всієї партії блоків.

Потрібно зауважити, що абсолютні значення продуктивності не впливають на результуючу послідовність, значне її зміна може викликати зміну продуктивності одного з модулів по відношенню до інших, що можна пояснити зміною взаємного співвідношення часів обробки блоку на різних ділянках виробничого ланцюжка.

При запуску програми користувач може бачити на екрані монітора основну форму програми (рисунок 3.1). Вікно розділене на кілька робочих та інформаційних зон. Головне меню (позиція 1) містить команди роботи з файлами - збереження, завантаження і початок нового проекту, виклик утиліт і файлу допомоги. Поле "Виробнича програма" (позиція 2) призначене для введення кількості кожного типу блоків ЕА в партії. Програмою передбачено введення до 20 різних типів блоків. В поле "Типорозмір" (позиція 3) проводиться вибір типорозміру для кожного навісного елемента, поділ на типорозміри передбачає подальше використання цієї інформації при установці компонент автоматичним

обладнанням. У центральній частині знаходиться таблиця 20 x 20 (позиція 5), в яку проводиться введення даних про склад навісних елементів в кожному блоці, введення значення здійснюється в поле дані, при натисканні на кнопку. Додати здійснюється введення значення в комірку таблиці, що підсвічується в даний момент курсором, після введення чергового значення покажчик автоматично зміщується на наступний елемент таблиці, для довільного переміщення по таблиці при коригуванні значень передбачені курсорні кнопки (позиція 7), які продубльовані кнопками W-S-A-D. Поле Опції (позиція 8) містить кнопки «Сохранить» і «Загрузить» - призначені для збереження введених даних і подальшого їх відновлення при продовженні роботи з програмою в подальшому.

Після введення всіх значень в таблицю і вибору типорозмірів навісних елементів необхідно натиснути кнопку «Готово», при цьому програма перевірить введені дані на коректність і продовжить обчислення

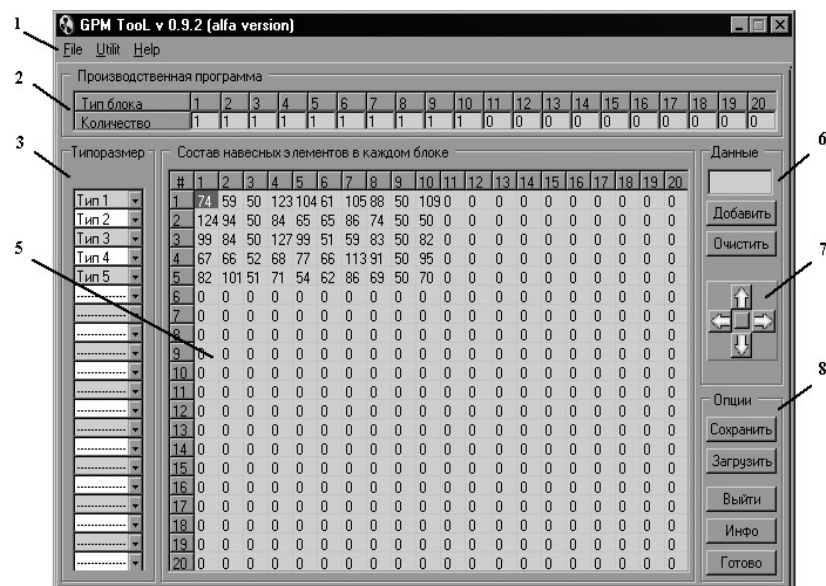


Рисунок 3.1 - Початкова вікно програми.

На другому етапі розрахунків стає доступним вікно, представлене на рисунку 3.2

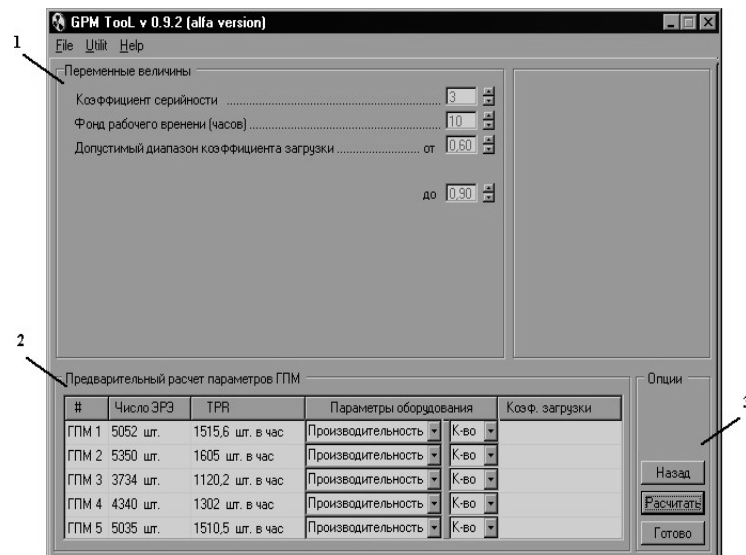


Рисунок 3.2 - Розрахунок параметрів технологічного обладнання

Вікно розділене на три основні області. У першій (позиція 1) проводиться введення параметрів передбачуваного типу виробництва - коефіцієнта серійності і фонду робочого часу, також вводиться передбачуваний діапазон коефіцієнтів завантаження устаткування. У нижній частині вікна розташована таблиця (позиція 2), що містить узагальнені дані про параметри технологічного обладнання, отримані на підставі раніше введеної інформації. На підставі цих даних пропонується вибрати продуктивність і кількість автоматичного обладнання, вибір здійснюється із запропонованих варіантів, які стають доступні при відкритті меню, що випадає, розташованих в колонці «Параметри обладнання». При натисканні на кнопку «Рассчитать» проводиться розрахунок коефіцієнтів завантаження устаткування і порівняння його з допустимим діапазоном, при невідповідності програма видає відповідне попередження. Після виконання операції розрахунку стає доступна кнопка «Дополнительно», яка виводить на екран детальну інформацію про партію блоків (рисунок 3.3).

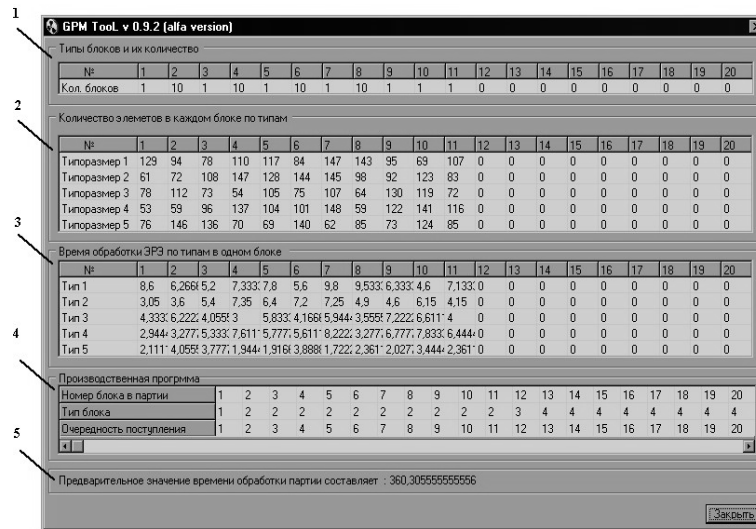


Рисунок 3.3 - Вікно додаткової інформації

Вікно містить наступні дані:

- інформація про типи блоків і їх кількості (позиція 1);
- кількість в кожному блоці навісних елементів (позиція 2);
- час установки навісних елементів на кожному з верстатів в ланцюжку обробки (позиція 3);
- виробничу програму, яка відобразить черговість обробки блоків при їх виготовленні (позиція 4);
- попередню оцінку часу обробки партії (позиція 5).

Для продовження подальших розрахунків необхідно закрити вікно додаткової інформації (якщо воно було викликано) і натиснути кнопку «Продолжить» на панелі «Опції» (позиція 3).

3.4 Порядок виконання роботи

1 Отримати завдання у викладача.

Вихідні дані для розрахунку:

- виробнича програма $P(I)$ - кількість блоків I -го типу, які необхідно виготовити протягом заданого фонду робочого часу (індивідуальне завдання до виконання практичних робіт);

- склад навісних елементів в кожному блоці S (I, J) - кількість навісних елементів J-го типу в блоці I-го типу (представлений в додатку, таблиця A1).

2. Виконати розрахунок ГВМ, використовуючи програму GPM tool.

3.5 Зміст звіту

Звіт по лабораторній роботі повинен містити: короткі теоричні відомості, вихідні дані, результати розрахунків ГВМ.

3.6 Контрольні питання

1. Мета моделювання?
2. Як проводиться вибір необхідного обладнання?
3. Яким чином проводиться введення даних в програму?
4. Як додаткову інформацію необхідно ввести в програму?
5. Зробіть оцінку результатам розрахунку.
6. Яким чином представлена інформація про виробничій програмі багатомноменклатурної партії блоків EA?
7. Як представлений HE в кожному типі блоку?
8. Як здійснюється введення даних?

Лабораторна робота №4

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ПАРТІЇ БЛОКІВ

4.1 Мета роботи

Дослідити методи моделювання оптимальних завантажувальних партій.

4.2 Лабораторне обладнання

Персональний комп'ютер з прикладним програмним забезпеченням.

4.3 Короткі теоретичні відомості.

Оптимізація послідовності обробки.

Програмою передбачено кілька різних методів, в тому числі:

- вибір послідовності вручну;
- повний перебір;
- розрахунок за допомогою алгоритму.

Загальним для всіх методів є процедура визначення часу обробки партії. Її роботу може бути охарактеризована наступним чином: формуються матриці, що містять дату початку та завершення обробки блоків на першому ГВМ, оскільки затримок пов'язаних із очікуванням немає, то перший ГВМ буде завантажений максимальним чином. Якщо момент надходження наступного блоку на обробку настає в той момент, коли попередній блок вже оброблений, то затримки не виникає, інакше час початку обробки починається після завершення попереднього і час його обробки визначається як сума часу завершення обробки попереднього і час обробки поточного блоків, таким чином формується ланцюжок часів обробки блоків на всіх модулях. Часом обробки всієї партії буде час завершення обробки останнього блоку на останньому з гнучких виробничих модулів.

Завдання послідовності вручну в програмі представлено переважно для навчальних цілей, щоб показати студентам як впливає час обробки партії

блоків, часи обробки кожного блоку з послідовності і вплив розкиду часів обробок для кожного блоку в процесі формування оптимальної послідовності.

Роботу цього методу можна описати таким чином:

- користувач в діалоговому режимі присвоює кожному блоку порядковий номер в виробничій програмі;
- проводиться сортування матриці відповідно до порядку обробки;
- визначається час обробки всієї партії і параметри завантаження устаткування;
- розраховані параметри виводяться на екран.

Найціннішим для практичних цілей є повний перебір всіх можливих комбінацій положень блоків у виробничій програмі. Кількість комбінацій залежить від розмірів партії і визначається як факторіал від сумарної кількості блоків. Процес визначення оптимальної послідовності при цьому зводиться до виконання наступних дій:

- генерування початкової послідовності блоків (наприклад, 1-2-3-4);
- сортування матриці відповідно до згенерованих порядком надходження блоків на обробку;
- визначення часу обробки партії;
- порівняння отриманого часу з самого початку заданим або з вже отриманим в результаті розрахунків;
- збереження розрахованого часу і послідовності обробки блоків;
- модифікація послідовності (2-1-3-4 замість 1-2-3-4).
- повторення кроків 2-7 до тих пір, поки всі комбінація не будуть прораховані.

На підставі проведених розрахунків визначаються як найбільш оптимальна послідовність блоків, так і найгірший варіант, що дозволяє оцінити якість розрахункового алгоритму. Незважаючи на простоту повного перебору і гарантоване знаходження найкращого результату застосування цього методу вимагає великих обчислювальних потужностей від

застосовуваних EOM, попередній аналіз показує (таблиця 4.1, аналіз наведено для процесора AMD Duron 1 ГГц), що застосування цього методу обґрунтовано тільки для розрахунку партій містять максимальну кількість блоків не більше 12-15. Це пов'язано з тим, що час проведення оптимізації може в значній мірі перевищувати економію часу, що отримується в результаті розрахунків.

Таблиця 4.1 - Витрати часу на проведення розрахунків

Поз.	Кількість блоків у партії	Кількість варіантів	Приблизна оцінка часу проведення розрахунків
1	5	120	2.9 сек
2	8	40320	5.6 сек
3	10	3628800	5 мин
Д ⁴	15	1307674368000	96 дней
5	17	355687428096000	1.5 года
6	100	9.33 10157	190 10140 тыс.лет

Для проведення розрахунків стосовно партіям блоків складаються з більшого числа блоків розроблений евристичний алгоритм оптимізації. Його роботу можна описати наступним чином: вся послідовність блоків у виробничій програмі розбивається на кілька груп, кількість яких визначається числом гнучких виробничих модулів в складі лінії. Послідовність формується таким чином, щоб мінімізувати простой устаткування при обробці, це досягається наступним чином:

- вибирається блок, час обробки якого максимально на останньому з ГПМ і йому присвоюється порядковий номер 1 і даний блок виключається з аналізованої послідовності;

- наступний номер присвоюється блоку, у якого максимально час обробки на попередньому з етапів збірки, процес повторюється, поки не буде сформована послідовність для всіх верстатів;

- процес повторюється до тих пір, поки в аналізованій послідовності залишається хоча б один блок.

Таким чином, формуються групи блоків, у яких часи максимальної обробки на відповідних верстатах розташовані по діагоналі, що забезпечує відсутність очікування при обробці на технологічному обладнанні. Після проведення розбивки на групи всередині всієї партії, послідовність може бути модифікована з метою виявлення ділянок в ланцюзі обробки з великими значеннями простою обладнання, і перестановок елементів послідовності дозволяють скоротити сумарний час партії в виробництві.

На третьому етапі роботи програми GPM Tool стає доступним вікно «вибора методу» оптимізації партії блоків EA (рисунок 4.1).

Програмою передбачено три варіанти подальших розрахунків:

- введення вручну;
- повний перебір;
- розрахунок за спрощеним алгоритмом.

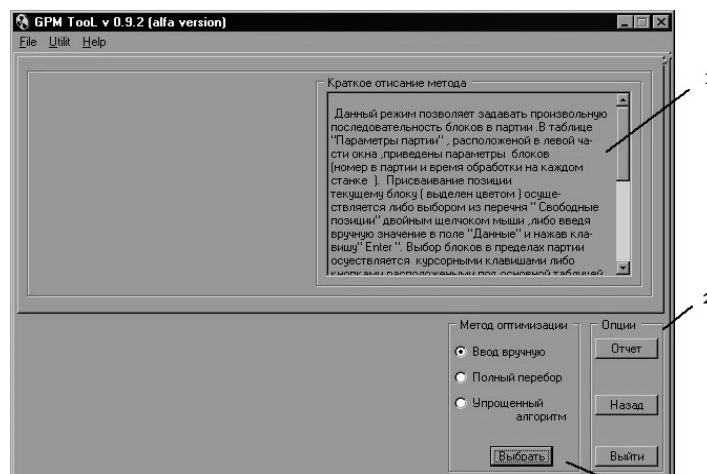


Рисунок 4.1 - Вибір методу.

Вибір методу здійснюється шляхом ділення відповідної позиції на панелі «метод оптимізації» і натисканні кнопки «Вибрати», при цьому при перемиканні між варіантами в вікні 1 видається коротка довідка про

призначення та особливості методу. Панель «Опції» містить кнопки, за допомогою яких можна здійснити повернення на попередній етап розрахунків, вихід з програми і висновок отриманих результатів в текстовий файл (файл розміщується в папці Report).

При виборі варіанту «Ввод вручну» відкривається вікно, вид якого представлений на рисунку 4.2.

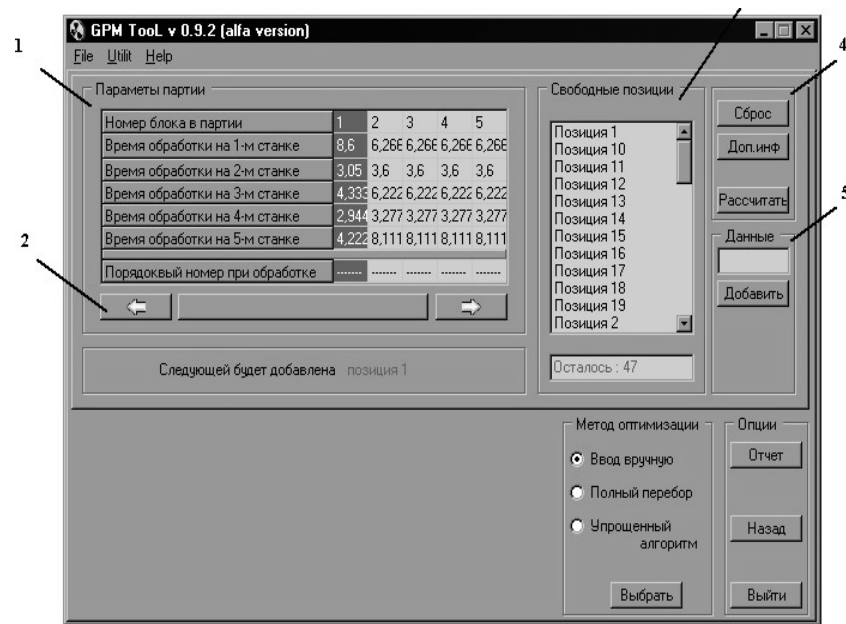


Рисунок 4.2 - Введення вручну

Панель «Параметри партії» містить таблицю (позиція 1), що відображає параметри блоку і його положення у виробничій програмі, вибір поточного блоку, робота з якими ведеться в даний момент, здійснюється за допомогою навігаційних кнопок (позиція 2). Панель «Свободные позиции» відображає номери блоків, яким на даний момент ще не присвоєно порядковий і загальна кількість таких блоків. Присвоєння блоку номера може здійснюватися двома шляхами: подвійним натисканням лівою кнопкою мишки на рядку з обраним блоком, або шляхом введення позиції в віконці «Данные» (Позиція 5). При завершенні введення послідовності блоків необхідно натиснути кнопку «Рассчитать» на панелі «Опції» (Позиція 4).

При виборі варіанту «Полний перебор» відкривається вікно, вид якого представлений на рисунку 4.3.

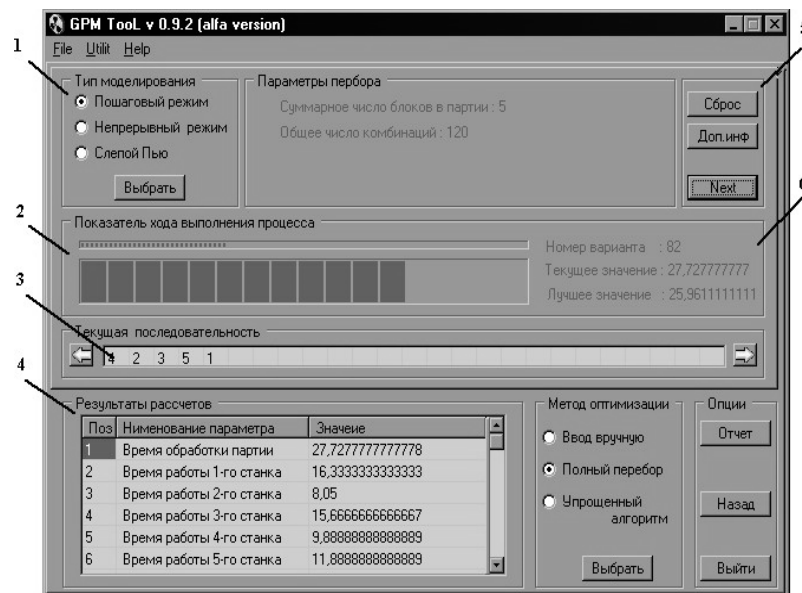


Рисунок 4.3 - Повний перебір

Панель «Тип моделювання» (Позиція 1) дозволяє вибрати користувачу найбільш сприятливий для нього варіант проведення розрахунків. Панель «Показатель ходу виконання процесу» (Позиція 2) виводить інформацію про поточний статус програми. У таблиці (Позиція 3) відображається та послідовність блоків, розрахунок часу для якої виконується в даний момент. Дані розрахунків (номер варіанта і значення часу) відображаються в позиції 6. При завершенні розрахунків отримані дані виводяться в таблицю «Результаты расчета» (Позиція 4). Для зменшення часу, що витрачається на проведення розрахунку, в програмі передбачений спеціальний «Слепой» режим, виклик якого здійснюється у відповідному розділі панелі «Тип моделювання» (Позиція 1), вид вікна викликається при цьому має вигляд, представлений на рисунку 4.4.

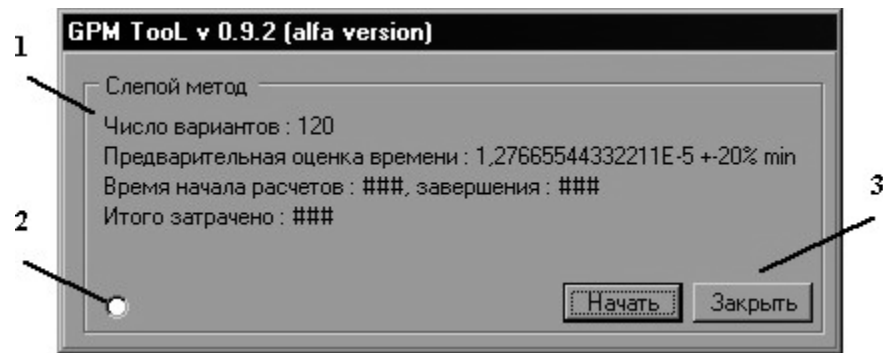


Рисунок 4.4 - Слепий метод.

При цьому режимі за рахунок виключення витрат ресурсів на висновок інформації про поточний стан розрахунків і оптимізації алгоритмів досягнуто значне скорочення часу проведення розрахунків. Вікно складається з наступних областей:

- коротка інформація про партію (Позиція 1);
- індикатор (Позиція 2);
- кнопки управління (Позиція 3).

При виборі варіанту «Упрощенний алгоритм» здійснюється розрахунок за методикою, яка буде описана нижче, висновок результатів здійснюється стандартним чином (також як і у попередніх методів).

Після визначення послідовності обробки блоків існує можливість оцінити роботу накопичувачів навісних елементів з метою виявлення найбільш критичних часів зупинки виробничої лінії, пов'язаних з необхідністю поповнення запасів навісних елементів тих чи інших типів. Для цього необхідно натиснути кнопку "Розрахунок накопичувачів", яка розташована в правій нижній частині вікна основної форми програми. При цьому на екран буде виведено вікно, зовнішній вигляд якого представлений на рисунку 4.5.

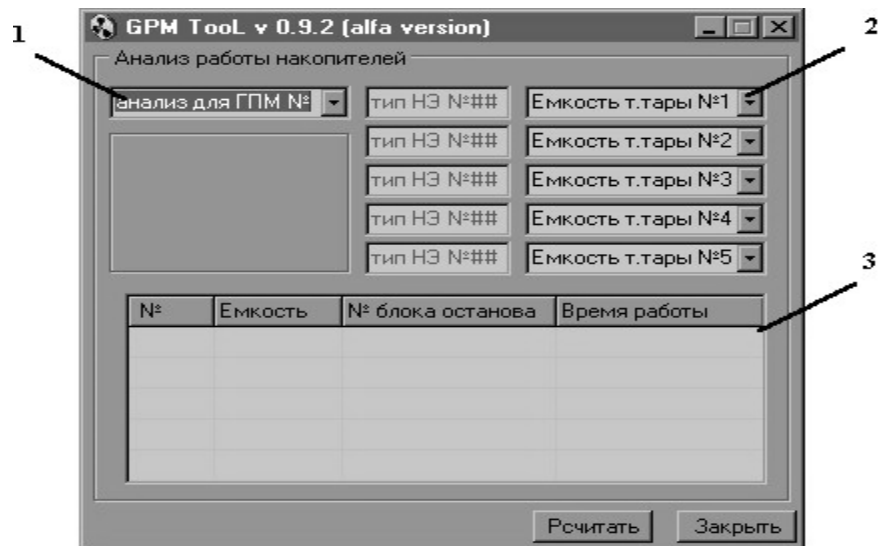


Рисунок 4.5 - Анализ работы накопичувачів

Для проведення розрахунків необхідно вказати в позиції 1 номер технологічного обладнання і в позиції 2 - сумарну ємність накопичувачів для кожного з типів навісних елементів встановлюється на даному обладнанні, при натисканні кнопки "Розрахувати" в таблицю (позиція 3) будуть виведені наступні дані:

- порядковий номер технологічної тари;
- розрахункова ємність;
- порядковий номер блоку в партії, на якому відбудеться зупинка обладнання;
- час безперервної роботи обладнання до зупинки.

Опрацювання результатів

Після визначення послідовності обробки блоків програма дозволяє виконати проведення аналізу роботи накопичувачів навісних елементів на кожному з верстатів з установки, і створити текстовий файл звіту, що містить матриці ..., а також результати оптимізації і параметри завантаження устаткування, відповідні розрахованій послідовності обробки. Приклад файлу звіту наведено в додатку.

Програма також дозволяє провести аналіз роботи накопичувачів на кожному з модулів, що виробляє збірку блоків, це дозволяє визначити часи,

коли необхідно поповнювати запаси елементів, а також виявити, ті типорозміри, для яких доцільно збільшити число і місткість накопичувачів з метою скорочення часу на простої обладнання пов'язані з потребами обслуговування, і уникнути в разі надмірного запасу елементів, нерационального використання ресурсів.

4.4 Порядок виконання роботи

На підставі параметрів ГПВМ, отриманих в лабораторній роботі №3, оптимізувати послідовність обробки блоків, провести аналіз роботи накопичувачів навісних елементів.

4.5 Зміст звіту

Звіт по лабораторній роботі повинен містити: короткі теоретичні відомості, вихідні дані, результат оптимізації та параметри завантаження обладнання.

4.6 Контрольні питання

1. Чим характеризується метод формування оптимальної партії - «повний перебір»?
2. Яка інформація характеризує поняття «оптимальна партія»?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ВИВЧЕННЯ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПАЯЛЬНОЇ ПАСТИ МЕТОДОМ ТРАФАРЕТНОГО ДРУКУ

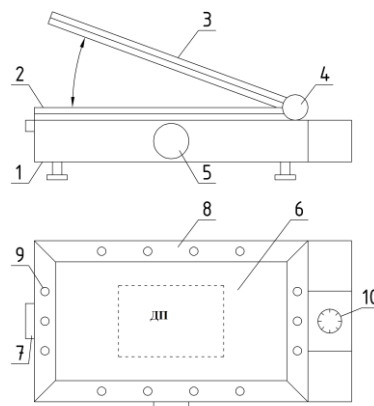
5.1 Мета роботи

Дослідити основні характеристики припойними паст, розглянути і вивчити типовий технологічний процес нанесення паяльної пасту на блоки елементів методом трафаретного друку з використанням металевого трафарету на пристрої трафаретного друку SP-200.

5.2 Короткі теоретичні відомості

На рисунку 5.1 представлено пристрій принтера.

На підставу принтера 1 через шарнірний пристрій 4 встановлюється рухоме кріплення рами 2. Зміщення друкованої плати рами фіксується в положенні 3. На раму встановлюється трафарет 6. Для надійного кріплення і рівномірного натягу трафарету використовується чотири планки 8 з гвинтами 9. У пристрої передбачені мікрометричні гвинти 5 і 7 для прецизійного суміщення рисунків і гвинт 10 для регулювання зазору між трафаретом і друкованою платою.



1- підстава, 2- рама, 3- положення рами при зміні друкованої плати, 4 – шарнір,
5,7 – ручки регулювання положення, 6 – трафарет, 8 – планка, 9 -гвинт, 10 – ручки
регулювання зазора

Рисунок 5.1 – Пристрій принтера для нанесення припійної пасту

В даний час найбільшого поширення набули два методи нанесення паяльної пасти - метод дозування і метод трафаретного друку.

Метод трафаретного друку являє собою груповий процес нанесення матеріалів, тому продуктивність його дуже велика в порівнянні з дозатором. Метод дозування це послідовний процес з більш низькою продуктивністю.

Виготовлення трафаретів досить трудомісткий і дорогий процес (особливо для компонентів з малим кроком висновків). І застосування його доцільно тільки в тому випадку, якщо обсяги досить великі, що дозволяють окупити витрати на їх виготовлення. Цієї проблеми немає при використанні дозаторів.

Однією з найважливіших проблем процесу нанесення, є завдання нанесення різних доз (наприклад, для компонентів поверхневого монтажу і компонентів монтованих в отвори). Застосовуючи трафарети цього можна досягти, однак самі трафарети сильно ускладнюються і вартість виготовлення сильно зростає. У той час як дозатори володіють гнучкістю в обсягах нанесення, дозволяють наносити матеріали на друковану плату, на якій вже встановлені компоненти; нанесення матеріалів дозатором найзручніше при змішаній технології, а також при ремонтних роботах.

Зазвичай застосовують два методу трафаретного друку:

- безконтактний метод, при якому між трафаретом і площиною ПП в початковому стані є зазор. В цьому випадку сітка трафарету контактує з підкладкою тільки під дією ракеля;

- контактний, коли трафарет з тонкої металевої фольги в початковому стані лежить на ПП і знімається з неї після нанесення пасти.

В даний час найбільш широко застосовується трафаретний друк, при якій якість нанесення залежить від багатьох факторів. Під якістю нанесення припойними пасти мається на увазі: точність розташування відбитка на контактній площадці (рисунки 3.2), обсяг пасти в відбитку, адгезія контактної площадки і компонентів поверхневого монтажу.

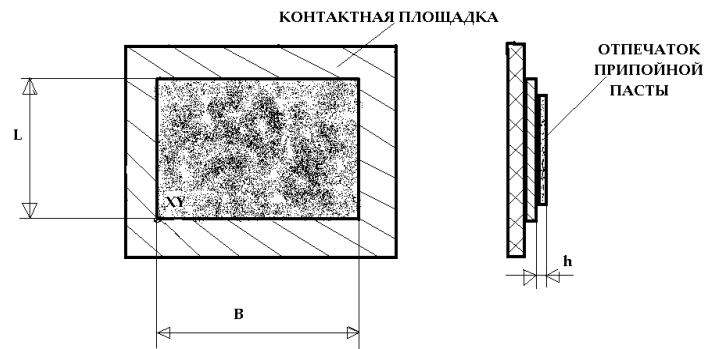


Рисунок 5.2 - Розташування відбитка на контактній площадці

Виконання цих умов забезпечує формування надійного паяного з'єднання. Аналіз показав, що забезпечення зазначених вимог, залежить від двох груп факторів: параметрів припойними пасти і параметрів нанесення.

Перший тип параметрів включає в себе: реологічні і тиксотропні властивості пасти, які залежать від в'язкості пасти в початковому стані до нанесення і її зміна під дією тиску (режими нанесення). Так наприклад, при недостатній в'язкості паста виходить за рамки вікна, а при надмірній в'язкості паста не повністю заповнює обсяг вікна. З вище сказаного випливає, що для виконання необхідних вимог до якості, необхідно щоб в'язкість перебувала у вузькому діапазоні. Для цього необхідно стабілізувати всі фактори, від яких вона залежить, зокрема, температуру.

Другий тип параметрів включає в себе:

- параметри трафарету: товщина і розміри вікон; співвідношення між площею стінок трафарету і контактними майданчиками друкованої плати; матеріал і метод виготовлення.

- параметри технологічного процесу: вид ракеля; тиск ракеля на пасту; швидкість руху ракеля і т.п. ;

- параметри обладнання: продуктивність; методи поєднання малюнка друкованої плати і трафарету; метод фіксації друкованих плат і трафарету; час циклу друку; максимальні габаритні розміри друкованої плати і т.п.

Основні параметри нанесення представлені на рисунку 5.3.

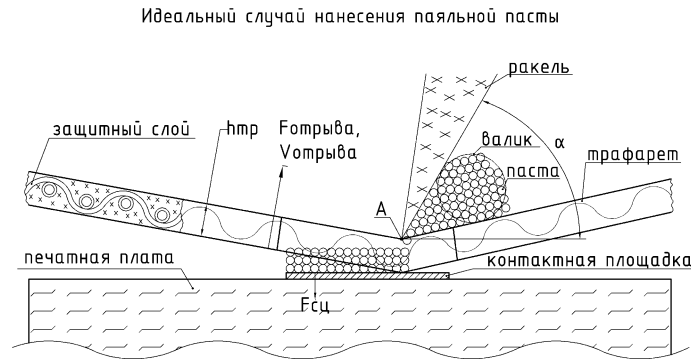


Рисунок 5.3 - Основні параметри нанесення

З рисунка видно, що найбільш важливими параметрами процесу нанесення є тиск, кут - α , швидкість руху ракеля.

При підвищеному тиску в пасті вона може бути видавлена в зазор між трафаретом і друкованою платою. При недостатньому тиску можливо неповне заповнення вікна припойними пастою. Частина паста залишається на стінках трафарету, що зменшує розрахований обсяг паста в відбитку. Якщо ця кількість перевищує 20%. То такий відбиток є дефектним. Причиною цього дефекту може бути низька адгезія паста з контактною площадкою. Шорстка поверхня вікон трафарету, неправильне співвідношення площ стінок вікна і контактної площадки.

У виробництві використовується ручне, напівавтоматичне та автоматичне обладнання для трафаретного друку. У лабораторній роботі буде розглянуто процес нанесення припойними паста за допомогою ручного принтера SP-200.

5.4 Порядок виконання роботи

1. Запустити демонстраційний відео - файл «SP200». При перегляді звернути увагу на:

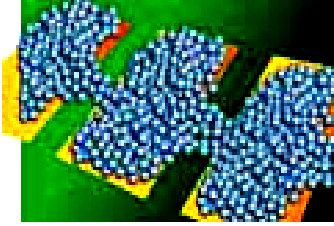
- тип трафарету, метод і особливості кріплення трафарету;
- метод кріплення друкованої плати;

- операції попереднього і точного поєднання малюнка друкованої плати і отворів в трафареті;
- метод нанесення припойними пасти на трафарет і особливості руху ракеля при нанесенні відбитку.

2. Вивчити зовнішній вигляд дефектів, описати прояв дефекту і можливі причини.

Таблиця 3.1 - Зовнішній вигляд і опис дефектів

	<p>Забруднення трафарету з нижньої сторони - може призводити до утворення кульок припою і перемичок при пайку оплавленням. Причини виникнення: 1. погана очистка трафаретів; 2. рідкісна очищення трафаретів; 3. погана підтримка друкованих плат (прогин); 4. погане поєднання трафарету з малюнком контактних майданчиків; 5. зазор між трафаретом і друкованою платою. Методи запобігання: 1. використовувати спеціальні матеріали для очищення трафаретів; 2. збільшити частоту очищення трафаретів знизу; 3. забезпечити підтримку друкованих плат знизу; 4. забезпечити точне сполучення; 5. виключити зазор між платою і трафаретом.</p>
	<p>Паяльна паста залишається в апертурах після поділу трафарету з друкованою платою. Причини виникнення: 1. отвори в трафареті заблоковані; 2. висока швидкість поділу трафарету з друкованою платою; 3. неправильно обраний розмір часток паяльної пасти; 4. площа стінок апертур значно більше площі контактних майданчиків. Методи запобігання: 1. перевірити і очистити вікна в трафаретах; 2. відкоригувати швидкість поділу трафарету з платою; 3. замінити пасту; 4. конструкція апертур повинна відповідати вимогам стандарту IPC-7525.</p>
	<p>Нерівномірні відбитки паяльної пасти. Причини виникнення: погане відділення пасти від апертур в трафареті. Методи запобігання: 1. проконтролювати швидкість поділу трафарету і плати; 2. перевірити чистоту трафарету; 3. збільшити швидкість нанесення пасти для зменшення в'язкості; 4. перевірити якість паяльної пасти; 5. при локальному розташуванні дефектів перевірити підтримку плат.</p>

	<p>Обсяг паяльної пасти на контактних майданчиках менше 80% обсягу апертури трафарету. Причини виникнення: 1. недостаточное кількість пасти на трафареті; 2. погане відділення пасти від апертур в трафареті; 3. тривалий час знаходження пасти на трафареті може призводити до підсихання пасти і збільшення в'язкості; 4. занадто великий розмір часток припою; 5. часткове закупурювання апертур трафарету.</p> <p>Методи запобігання: 1. перевірити кількість пасти на трафареті; 2. проконтролювати швидкість переміщення і тиск ракеля; 3. проконтролювати властивості паяльної пасти; 4. мінімальна ширина вікна в трафареті повинна бути більше або дорівнює 5 максимальним діаметрами кульок припою; 6. провести очищення трафарету.</p>
	<p>Утворення перемичок при нанесенні паяльної пасти. Причини виникнення: 1. слабке натяг трафарету на рамі; 2. низька в'язкість паяльної пасти; 3. ушкодження (деформація) трафарету; 4. розмір апертур в трафареті дорівнює розміру контактних майданчиків.</p> <p>Методи запобігання: 1. забезпечити ретельне натяг трафарету; 2. проконтролювати температуру в робочому приміщенні; 3. знизити швидкість переміщення ракеля; 4. замінити пасту; 5. замінити трафарет; 6. зменшити розмір апертур.</p>
	<p>Надмірна кількість паяльної пасти на контактних майданчиках - може стати причиною виникнення перемичок після установки компонентів. Причини виникнення: 1. низький тиск ракеля; 2. стирання кромки ракеля (вмазиваніе пасти); 3. зазор між трафаретом і платою; 4. велика товщина трафарету; 5. недостатня підтримка плати знизу.</p> <p>Методи запобігання: 1. збільшити тиск ракеля; 2. замінити ракель; 3. усунути зазор; 4. замінити трафарет; 5. забезпечити підтримку друкованих плат знизу.</p>

	<p>Дефект «собачі вуха» - достатня кількість паяльної пасти в цілому, але неправильна форма відбитка пасти, можливе виникнення перемичок при пайку. Причини виникнення: 1. не відрегульоване швидкість поділу трафарету з друкованою платою; 2. низький тиск ракеля; 3. низька швидкість ракеля.</p> <p>Методи запобігання: 1.отрегулювати швидкість поділу трафарету з платою; 2. збільшити тиск ракеля (трафарет повинен повністю очищатися від паяльної пасти після проходження ракеля); 3. збільшити швидкість переміщення ракеля.</p>
	<p>Вичерпування паяльної пасти - недостатня кількість паяльної пасти на контактних майданчиках. Причини виникнення: 1. недостатня жорсткість ракеля; 2. високий тиск ракеля; 3. великий розмір апертур (більше 2 x 2 мм). Методи запобігання: 1. використовувати металевий ракель; 2. зменшити тиск ракеля; 3. зменшити розмір вікон в трафареті.</p>
	<p>Відбиток паяльної пасти більше розміру контактної площадки (не помітні контури контактних майданчиків) - освіту кульок припою і перемичок при пайку. Причини виникнення: 1. неправильні розміри вікон в трафареті; 2. «вмазиваніє» паяльної пасти. Методи запобігання: 1. перевірити конструкцію апертур в трафареті; 2. зменшити тиск ракеля або збільшити швидкість нанесення; забезпечити нульовий зазор між друкованою платою і трафаретом.</p>
	<p>Чи не повне заповнення контактних майданчиків паяльною пастою - може призводити до дефектів пайки. Причини виникнення: забруднення апертур трафарету. Методи запобігання: забезпечити регулярне очищення трафарету з нижньої сторони із застосуванням рекомендованих матеріалів.</p>
	<p>Блокування апертур трафарету - відсутність або недостатня кількість паяльної пасти на контактних майданчиках. Причини виникнення: 1. погана або рідкісна очищення трафарету з нижньої сторони; 2. неправильний вибір розмірів частинок паяльної пасти. Методи запобігання: 1. забезпечити ретельне очищення трафарету; 2. мінімальна ширина апертури трафарету (L)</p>

	<p>Змазування відбитків паяльної пасти після нанесення - виникають кульки припою після пайки. Причини виникнення: необережне поводження з друкованими платами. Методи запобігання: 1. забезпечити акуратне поводження з друкованими платами на операціях після нанесення паяльної пасти до пайки; 2. здійснювати міжопераційні переміщення плат в спеціальній тарі</p>
  	<p>Зсув відбитків паяльної пасти щодо рисунка контактних майданчиків - при якому забезпечується менш 80% заповнення контактної площадки паяльною пастою - дефекти пайки: перемички, кульки припою, відсутність паяних з'єднань, «скелетна» пайка. Причини виникнення: погане поєднання трафарету з малюнком друкованої плати. Методи запобігання: проконтролювати точність суміщення трафарету з друкованою платою.</p>
	<p>Залишки паяльної пасти на друкованій платі - в процесі пайки виникають кульки припою в непередбачуваних місцях. Причини виникнення: 1. погана очистка друкованої плати від паяльної пасти; 2. очистка застосовується перед повторним нанесенням паяльної пасти в разі виникнення дефектів: поганих відбитків, вичерпування або зсуву відбитків паяльної пасти, наведених на малюнках вище. Методи запобігання: використовувати відмивання друкованих плат зануренням в розчин з наступним струменевим обполіскуванням.</p>
	<p>Погана форма або недостатня кількість паяльної пасти наноситься під компоненти монтовані в отвори - в результаті пайки форма паяного з'єднання не буде відповідати. Причини виникнення: неправильна (розщеплена) форма апертур в трафареті і товщина трафарету. Методи запобігання: розмір, форма апертур і товщина трафарету повинні відповідати вимогам стандарту IPC-7525 "Керівництво з конструювання трафаретів"</p>

5.5 Зміст звіту

Звіт по лабораторній роботі повинен містити: короткі теоретичні відомості, опис зовнішнього вигляду дефекту (за вказівкою викладача) та можливих причин його виникнення.

5.6 Контрольні питання

1. Вкажіть тип трафарету і опишіть метод його закріплення в принтері.
2. Як здійснюється попереднє і точне сполучення рисунків друкованої плати і трафарету?
3. Які параметри припійної пасти впливають на повноту заповнення відбитка?
4. Порівняйте метод трафаретного друку і використання дозатора для нанесення припійної пасти.
5. Назвіть можливі причини розбіжності відбитка припійної пасти і контактної площадки?
6. Назвіть можливі причини неповного заповнення пастою вікон трафарету.
7. Чим визначається необхідний обсяг припійної пасти на контактній площадці?

Лабораторна робота №6

ПРАКТИЧНЕ ВИВЧЕННЯ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПАЯЛЬНОЇ ПАСТИ НА ПРИСТРОЇ ЦИФРОВОГО ДОЗУВАННЯ ESD 1500DV

6.1 Мета роботи

Вивчення параметрів паяльної пасти, дослідження і практичне вивчення типового технологічного процесу нанесення паяльної пасти на блоки елементів на пристрої цифрового дозування ESD 1500DV з використанням шприців-дозаторів.

6.2 Лабораторне обладнання

Обладнання, пристрої, інструменти, засоби вимірювання, необхідні для нанесення паяльної пасти методом дозування, наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Обладнання, пристосування, інструменти, засоби вимірювання

Найменування	Тип, модель	Основні технічні характеристики	Нормативний документ
стіл монтажника	-	-	-
цифровий дозатор	ESD 1500DV	-	-
лупа	-	4-х кратна	ТУ 64-1-883-77
Тара технологічна	SMARTTRAY	-	-

6.3 Короткі теоретичні відомості

Паяльна паста може наноситися за допомогою ручних, напівавтоматичних або автоматичних дозаторів.

Нанесення припійних паст, флюсів і клеїв за допомогою дозаторів є альтернативним методом по відношенню до методу трафаретного друку. У порівнянні із трафаретним друком нанесення паст, флюсу або клею дозатором має більшу гнучкість, дозволяє нанести клей (паяльну пасту, флюс) на ПП, на

якій вже встановлені компоненти; нанесення пасти дозатором найзручніше при змішаній технології, а також при ремонтних роботах.

Автоматичні дозатори, як правило, використовуються в серійному виробництві. Найбільшого поширення набули два типи автоматичних дозаторів: пневматичні і шнекові. При використанні компонентів з великим розкидом розмірів елементів необхідно використовувати дозатори з двома і більше дозуючими головками.

Пневматичні дозатори широко поширені. Конструкція дозатора гранично проста: шприц з клеєм, голка і поршень. Дозування забезпечується за рахунок застосування до поршня імпульсу високого тиску. Для забезпечення рівномірності нанесення дози пасти (клею) в'язкість матеріалу повинна підтримуватися постійною.

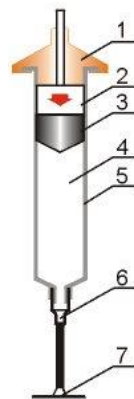


Рисунок 6.1 - Пристрій дозатора

На рисунку 6.1 показано пристрій дозатора: 1 - кришка; 2 - давить повітря; 3 - поршень; 4 - припійна паста; 5 - циліндр; 6 - сопло; 7 - контактний майданчик. Автоматичне дозування здійснюється відповідно до даних САПР за допомогою стиснутого повітря. Паста надходить у вигляді "крапель" безпосередньо на контактні площадки друкованої плати.

Шнекові дозатори найбільш часто використовуються в прецизійних високошвидкісних автоматах дозування. Цей тип дозатора дозволяє отримати дуже високу повторюваність доз матеріалу в поєднанні з мінімальними

змінами його температури (в'язкості) в процесі дозування. Шнекові дозатори забезпечують швидкість дозування до 45000 доз на годину, що дозволяє наносити малі дози, наприклад, клею під чіп-компоненти типорозміру до 0402

При дрібносерійного виробництва використовують дозатор для нанесення пасти шприцеваниєм. Розроблено ряд конструкцій шприців, що відрізняються конструкцією і розмірами голок і балонів.

Окремі складальні автомати забезпечені спеціальною головкою, призначеної для нанесення клею, або паяльної пасти за програмою, отриманої при проектуванні ПП.

При ручному нанесенні для забезпечення зазору між голкою і контактною площадкою рекомендується розміщувати голку дозатора під кутом 30° - 60° до площини друкованої плати, підйом голки після нанесення дози пасти слід здійснювати строго вертикально.

У разі застосування автоматів дозування величина зазору між кінчиком голки і поверхнею друкованої плати повинна бути близька 1,5 внутрішніх діаметрів голки.

Обсяг наноситься дози паяльної пасти залежить від внутрішнього діаметру голки, величини тиску, що додається і тривалості імпульсу тиску. Внутрішній діаметр голки вибирається залежно від розмірів частинок припою пасти (не менше 10 максимальних діаметрів частинок припою) і розмірів контактних майданчиків в межах від 0,25 мм до 2 мм.

Для нанесення пасти методом дозування із застосуванням пневматичних ручних або автоматичних дозаторів рекомендується встановлювати тиск в межах 3-6 бар. Коригування тиску рекомендується здійснювати з кроком 0,25-0,5 бар. Тривалість імпульсу тиску підбирається досвідченим шляхом, зазвичай для нанесення точкової дози достатньо 0,5 сек.

При використанні автоматичних шнекових дозаторів для запобігання закупорювання дозатора рекомендується використовувати паяльну пасту з максимальним розміром частинок не більше 45 мкм.

Температура впливає на обсяг і форму дози паяльної пасти. Роботу рекомендується починати з 25 ° С. Нагрівання пасти в процесі роботи призводить до зменшення в'язкості і збільшення дози паяльної пасти. При використанні паяльної пасти в автоматах дозування оснащених пристроєм підігріву пасти, коригування температури рекомендується проводити з кроком не більше 5 ° С. Результати коригування будуть помітні через 10- 30 хв.

При нанесенні паяльної пасти методом дозування на контактні площадки для монтажу мікросхем в корпусах SO, QFP, SSOP, VSO, PLCC і т.д. слід керуватися таким правилом: паяльна паста на сусідні контактні площадки наноситься в шаховому порядку як показано на рисунку 6.2

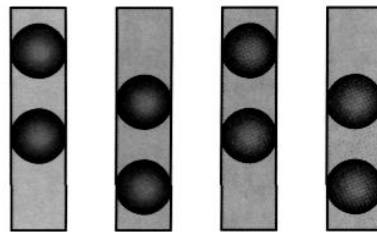


Рисунок 6.2 - нанесення паяльної пасти на контактні площадки

В процесі виробництва виробів електроніки із застосуванням технології змішаного монтажу необхідно приклеїти компоненти поверхневого монтажу (КПМ) до плати до пайки хвилею / подвійний хвилею припою. Найбільш поширеним способом нанесення клею є метод дозування.

Основні рекомендації, яких необхідно дотримуватися в процесі дозування.

Вибір типу клею

Рекомендується використовувати спеціально розроблені клеї, наприклад: 3609 або 3621 фірми Loctite. Вимоги, що пред'являються до клеїв:

- зусилля відриву компонентів після затвердіння має бути не менше 20Н;
- клей повинен забезпечувати високі адгезивні властивості;
- клей повинен володіти високою тиксотропністю;

- клей повинен забезпечувати ремонтпридатність без пошкодження компонентів і друкованих плат;

- зусилля на зрушення має бути не менше 6,5 Н / мм;

- термін зберігання клею повинен бути не менше 6 міс. При температурі від + 5 ° С до + 8 ° С.

Рекомендується встановлювати компоненти відразу після нанесення клею, тим не менш, клей повинен забезпечувати можливість установки компонентів в теченіє не менше 3-х годин після його нанесення.

Вибір дози клею

Таблиця 6.2 - Рекомендовані параметри доз клею [11].

Тип корпусу	Відстань С, мм	Кількість доз клею / КІМ	Діаметр краплі клею, мм	Обсяг краплі клею, мм ³
0603	0,04	1	0,4	0,035
0805	0,06	1	0,7 - 0,9	0,04-0,08
1206	0,06	1	0,8-1,4	0,09-0,12
1210	0,06	1	1,7	0,12-0,14
1812	0,06	1-2	1,5-2	0,19
2220	0,06	1-2	2,5	0,29
SOT 23	0,08	1-2	0,7 - 0,9	0,05-0,06
SOT 143	0,08	1-2	0,9	0,05-0,06
SOT 89	0,04	1-2	1,2	0,3
SO 8	0,18	2	1,5-2,5	0,3-0,9
SO 14	0,18	3	1,5-2,5	0,3-0,9
SO20L	0,23	3	2,0-3,0	0,7-2,2
SOD 80	0,08	1-2	1,0-1,2	0,08-0,1
Melf	0,13	1-2	1,0-1,3	0,3-0,6
SMA	0,13	1	1,3	0,3-0,6
PLCC 44	1,00	5	2,2	0,9-2,2
PQFP100	0,90	5	2,4	0,9-2,2

Розмір дози клею підбирається досвідченим шляхом. Форма і обсяг краплі залежать від діаметра голки дозатора, режимів дозування (часу додатки імпульсу тиску і величини прикладеного тиску для пневматичних дозаторів і

величини повороту шнека для шнекових дозаторів), зазору між кінчиком голки і поверхнею друкованої плати, швидкістю підйому голки дозатора і рядом інших факторів .

Таким чином, для нанесення припойними пасти за допомогою дозатора з необхідною якістю необхідно:

- враховувати те, що температура має великий вплив на процес дозування. Тому необхідно, щоб матеріал, підготовлений до дозування, мав кімнатну температуру. Також необхідно враховувати, що зміна температури протягом роботи може впливати на розмір краплі, тому тиск в дозаторі необхідно налаштувати на протязі всієї роботи;

- необхідно правильно підбирати розмір голки, це дозволяє уникати закупорки голки і пропуску доз;

- тиск дозування повинно бути не вище 2,8 бар.

6.4 Порядок виконання роботи

1 Ознайомитися з технологічною інструкцією, яка встановлює типовий технологічний процес нанесення паяльної пасти на блоки елементів методом на пристрої цифрового дозування ESD 1500DV з використанням шприців-дозаторів (рисунок 6.3).

Якість і правильність нанесення паяльної пасти на контактні площадки друкованої плати методом дозування повинні відповідати технічним вимогам, наведеним в конструкторській документації.

Нанесення паяльної пасти методом дозування виконується цифровим дозатором зі шприцами і насадками до них.

При нанесенні паяльної пасти методом дозування необхідно дотримуватися таких правил:

- відбиток на контактній площадці повинен бути правильної крапельної форми;

- нахил шприца-дозатора по відношенню до поверхні плати повинен становити 45-80°;

- відрив шприца-дозатора від дози пасти необхідно здійснювати вертикально вгору;
- не допускається після нанесення стосуватися відбитка;
- транспортувати друковані плати з нанесеною паяльною пастою необхідно в горизонтальному положенні.

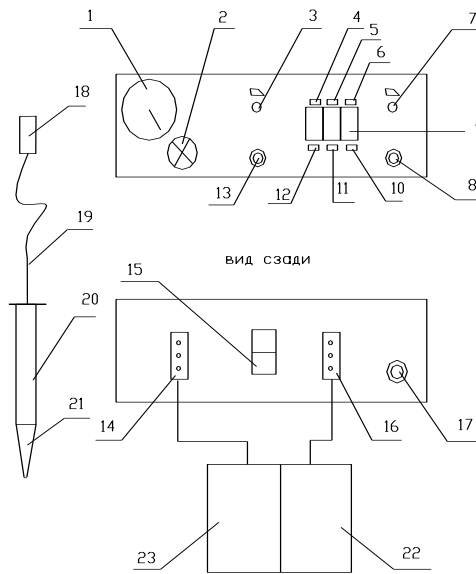


Рисунок 6.3 - Загальний вигляд цифрового дозатора представлений

На рисунку:

- 1 - манометр тиску стисненого повітря в пневмосистемі дозатора;
- 2 - регулятор тиску в пневмосистемі;
- 3 - регулятор збільшення пропускної здатності вихідного вентиля;
- 4 - обнулення значення табло;
- 5 - включення режиму безперервного дозування;
- 6 - включення межі вимірювання часу дозування;
- 7 - регулятор вакууму пінцета установки компонентів;
- 8 - гніздо підключення пінцета для установки компонентів;
- 9 - індикатор;
- 10,11,12 - кнопки установки часу дозування;
- 13 - гніздо підключення воздуховода шприца дозування;

- 14,16 - гнізда підключення педалей управління дозатором і пінцетом;
- 15 - тумблер включення дозатора;
- 17 - гніздо підключення шланга стисненого повітря;
- 18 - наконечник шланга подачі стисненого повітря до шприца;
- 19 - шланг подачі стисненого повітря до шприца;
- 20 - шприц з паяльною пастою;
- 21 - наконечники шприца;
- 22, 23 - педалі управління дозуванням і пінцетом.

2 Підготовка паяльної пасти до нанесення

Вийняти шприц з паяльною пастою з холодильника і витримати його перед застосуванням 1 ч при температурі +22 °С.

3 Підготовка дозатора до роботи

Встановити наконечник шприца на шприц-картридж, попередньо знявши заглушки. Вибір наконечника виробляти згідно з таблицею 6.3 і маршрутній карті на блок.

Таблиця 6.3 - Вибір наконечника шприца

Діаметр наконечника (Внутрішній), мм	Довжина наконечника, мм	Колір наконечника
1,6	32	оливковий
1,1		сірий
0,8		зелений
0,6		рожевий
0,4		блакитний
0,25		червоний

Встановити шприц-картридж з паяльною пастою на підставку дозатора.

Приєднати педалі управління дозатором відповідно до маркування кабелів і маркуванням на задній панелі дозатора.

Приєднати шнур живлення до відповідного гнізда на задній панелі дозатора.

Взяти з комплекту дозатора шланг подачі стисненого повітря до шприц картриджу з насадкою, що відповідає внутрішньому діаметру шприц картриджа, під'єднати однією стороною до дозатора, втопивши його до упору всередину відповідної частини на передній панелі дозатора і повернувши до упору вправо.

Приєднати шланг подачі стисненого повітря до шприца - картриджу відповідною стороною.

4 Підготовка плати до нанесення паяльної пасти

Взяти плату, на яку буде наноситися паяльна паста, і покласти її на стіл. Встановити плату на підставку. Протерти плату бязевих серветкою, змоченою спиртом.

5 Технологічний процес нанесення паяльної пасти

Встановити необхідний тиск в мережі подачі стисненого повітря поворотом ручки позиції 2, проконтролював тиск на манометрі позиції 1. Поворот ручки позиції 2 за годинниковою стрілкою підвищує тиск, проти годинникової стрілки - зменшує.

Включити шнур дозатора в мережу ~ 220В.

Включити тумблер " Мережа ".

Вивести на екран позиції 9 необхідний час дозування, натиснувши кнопки позицій 10-12, межа установки часу задається кнопкою позиції 6.

Встановити насадку шприца на контактну площадку на друкованій платі.

Натиснути ліву педаль дозатора позиції 23 і віджати її відразу після клацання.

Підняти шприц з насадкою вертикально вгору.

Примітка. При використанні режиму безперервного дозування необхідно натиснути кнопку позиції 5, на екрані позиції 9 з'явиться " - - - ". Після чого натискаючи на педаль позиції 23, можна вести безперервне нанесення. Нанесення припиняється, якщо педаль відтиснути. Перехід до дозованому нанесення здійснюється повторним натисканням кнопки позиції 5.

Після закінчення нанесення паяльної пасти на контактні площадки друкованої плати шприц встановити на підставку.

Зняти друковану плату з підставки і встановити в технологічну тару в горизонтальному положенні.

6 Роботи по закінченні операції нанесення

Відкрити наконечник шприца і промити його в спирті.

Встановити заглушку наконечника.

Завершити з'єднання шланг подачі стисненого повітря від шприца - картриджа.

Встановити основну заглушку шприца.

Помістити шприц - картридж в холодильник.

Відключити тумблер " Мережа " дозатора.

Відключити шнур живлення дозатора від мережі ~ 220 В.

7 Контроль якості

Контроль якості проводиться студентом. Всі контрольні операції повинні бути виконані акуратно і обережно, щоб в процесі перевірки не пошкодити нанесений шар паяльної пасти.

Перевірку якості виробляти по кожній операції згідно маршрутним картам, технічним вимогам креслення і справжньою ТИ.

Контроль нанесення паяльної пасти проводиться візуально з використанням оптичних приладів, шляхом звірення блоку з КД.

Паяльна паста повинна бути нанесена на контактні площадки в точній відповідності з топологією друкованої плати.

Відбиток повинен бути однорідним, з ясними контурами контуру. На контактних майданчиках не повинно бути розтікання паяльної пасти до сусідніх контактних площадок.

8 Вимоги техніки безпеки

Перед початком роботи перевірити справність дозатора, відсутність видимих пошкоджень корпусу шлангів подачі вакууму і стисненого повітря.

Перед тим як приступити до роботи переконайтеся, що подача стисненого повітря здійснюється нормально, регулятор тиску працює справно.

Перед нанесенням паяльної пасти необхідно видалити зі столу всі зайві предмети і матеріали, звільнивши себе робочу зону.

При роботі з насадками шприца дозатора слід обережно, щоб уникнути травм. Паяльна паста містить свинець і каніфоль в своєму складі, які можуть бути небезпечні при попаданні в організм. Уникайте потрапляння паяльної пасти на оголені ділянки шкіри.

У випадку потрапляння пасти на шкірні покриви, змити пасту однопроцентним розчином оцтової кислоти і милом.

При роботі монтажник радіоапаратури і приладів повинен користуватися засобами індивідуального захисту: халатом бавовняним, беретом для волосся.

Щоб уникнути поломки пристрою, його необхідно захистити від попадання вологи і рідин.

6.5 Зміст звіту

Звіт по лабораторній роботі повинен містити: короткі теоретичні відомості, опис зовнішнього вигляду дефекту (за вказівкою викладача) та можливих причин його виникнення.

6.6 Контрольні питання

1. Дати порівняльну характеристику методам дозування і методам трафаретного друку.
2. Які фактори впливають на вибір типу клею?
3. Перерахувати основні фактори, що впливають на вибір дози клею.
4. Перерахувати основні етапи підготовки дозатора до роботи.
5. Яким чином здійснюється контроль якості?
6. Перерахувати основні вимоги техніки безпеки при роботі з пристроєм цифрового дозування ESD 1500DV.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Технология и автоматизация производства РЭА. Под ред. А.П.Достанко, Ш.М.Чибдирова - М.:Радио и связь, 1989. - 624стр.
2. Автоматизация и механизация сборки и монтажа узлов на печатных платах. Под ред. В.Г.Журавского. М.:Радио и связь, 1988. - 280 стр.
3. Иванов Ю.В., Лакота Н.А. Гибкая автоматизация производства ЭА с использованием микропроцесоров и роботов.-М.:Радио 1987. – 464 стр.
4. Алексеев В.Г. и др. Технология ЭВА, оборудование и автоматизация. М.:Высшая школа, 1984. - 392 стр.
5. Иванов А.А. Гибкие производственные системы в приборостроении. М.: Машиностроение, 1982. – 304 стр.

ДОДАТОК А

Таблица А.1 - Состав навесных элементов I-го типа в блоке J-го типа. S (I, J)

I \ J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	35	15	11	3	2	19	6	3	1	1	1	1	10	1	0	2	0	2	0	0
2	5	4	4	3	3	13	9	3	6	5	23	19	11	27	1	5	0	0	2	2
3	4	8	2	9	9	16	24	6	28	25	10	2	18	2	18	0	2	0	2	2
4	2	16	0	5	5	0	10	0	0	0	2	5	2	11	21	3	0	0	0	0
5	7	0	0	10	15	0	9	21	15	7	0	13	0	13	6	25	27	15	27	12
6	0	23	88	16	24	0	4	0	4	0	0	18	8	0	4	1	10	10	10	10
7	2	6	3	20	20	4	5	3	20	20	30	10	3	0	10	10	4	2	6	4
8	8	10	10	0	10	3	2	0	20	0	0	20	20	20	0	20	15	7	5	3
9	0	0	0	3	0	0	0	4	2	6	4	2	4	6	8	8	4	6	4	6
10	10	10	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
11	32	15	11	3	2	19	6	3	1	1	1	1	10	1	0	2	0	2	0	0
12	5	4	4	3	3	13	9	3	6	5	23	19	11	27	1	5	0	0	2	2
13	4	8	2	9	9	16	24	6	28	25	10	2	18	2	18	0	2	0	2	2
14	2	16	0	5	5	0	10	0	0	0	2	5	2	11	21	3	0	0	0	0
15	7	0	0	10	15	0	9	21	15	7	0	13	0	13	6	25	27	15	27	12
16	0	23	88	16	24	0	4	0	4	0	0	18	8	0	4	1	10	10	10	10
17	2	6	3	0	0	4	5	3	0	0	0	0	3	0	0	0	4	2	6	4
18	8	10	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7	5	3
19	0	0	0	3	0	0	0	4	2	6	4	2	4	6	8	8	4	6	4	6
20	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0

Таблиця А.2 - Продуктивність устаткування

№	Типорозмір НЕ Та його параметри	Тип устаткування	РО·10 ³ шт/год
1	ЕРЕ з ОВ D=2...8 L=3 - 16 d=0,5...0,8	АОВ-1	1,5
		АОВ-2	2,4
		АОВ-3	3,5
		АОВ-4	5,2
2	ЕРЕ з АВ D=2 - 10 H=4...16 d=0,5...0,8	ААВ-1	2,0
		ААВ-2	3,5
		ААВ-3	4,5
		ААВ-4	5,4
3	ІС корпус 2 14...40 (DIP) 20...40 Кількість 14...28 выводів: 14...20	ADP-1	1,8
		ADP-2	2,5
		ADP-3	3,3
		ADP-4	4,5
4	Компоненти Поверхневого монтажу	АСР-1	1,0
		АСР-2	2,5
		АСР-3	4,0
		АСР-4	5,5
5	Оригінальні начіпні елементи	СМС-1	0,5
		СМС-2	0,8

Примітки: D - діаметр, H - висота, L - довжина корпусу НЕ, d - діаметр виводів, СМС - устаткування для напівавтоматичної установки НЕ.

Таблиця А.3 - Параметри встаткування

Продуктивність, шт/год	T, год	УС·10 ³
до 2000	5000	100
понад 2000 до 3000	3000	200
понад 3000 до 4000	2000	400
понад 4000	1000	600
ПР-А	4000	80
ПР-Б	2000	150

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«Автоматизація технологічних процесів в електроніці»

(для здобувачів вищої освіти спеціальностей: 171 «Електроніка»,

172 «Телекомунікації та радіотехніка»)

(Електронне видання)

Укладач: І.С. Тюндер

Упорядник:

Ірина Сергіївна Тюндер

Підписано до друку _____

Формат 60x84 ¹/₁₆. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. _____. Облік видавн. арк. _____.

Тираж ____ екз. Вид. № _____. Замов. № _____. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва:

м. Київ, вул.Іоанна Павла II.17

Телефон: +38 (050) 218 04 78, факс (06452) 4 03 42

e-mail: vidavnictvosnu.ua@gmail.com.