**Лабораторна робота № 6**

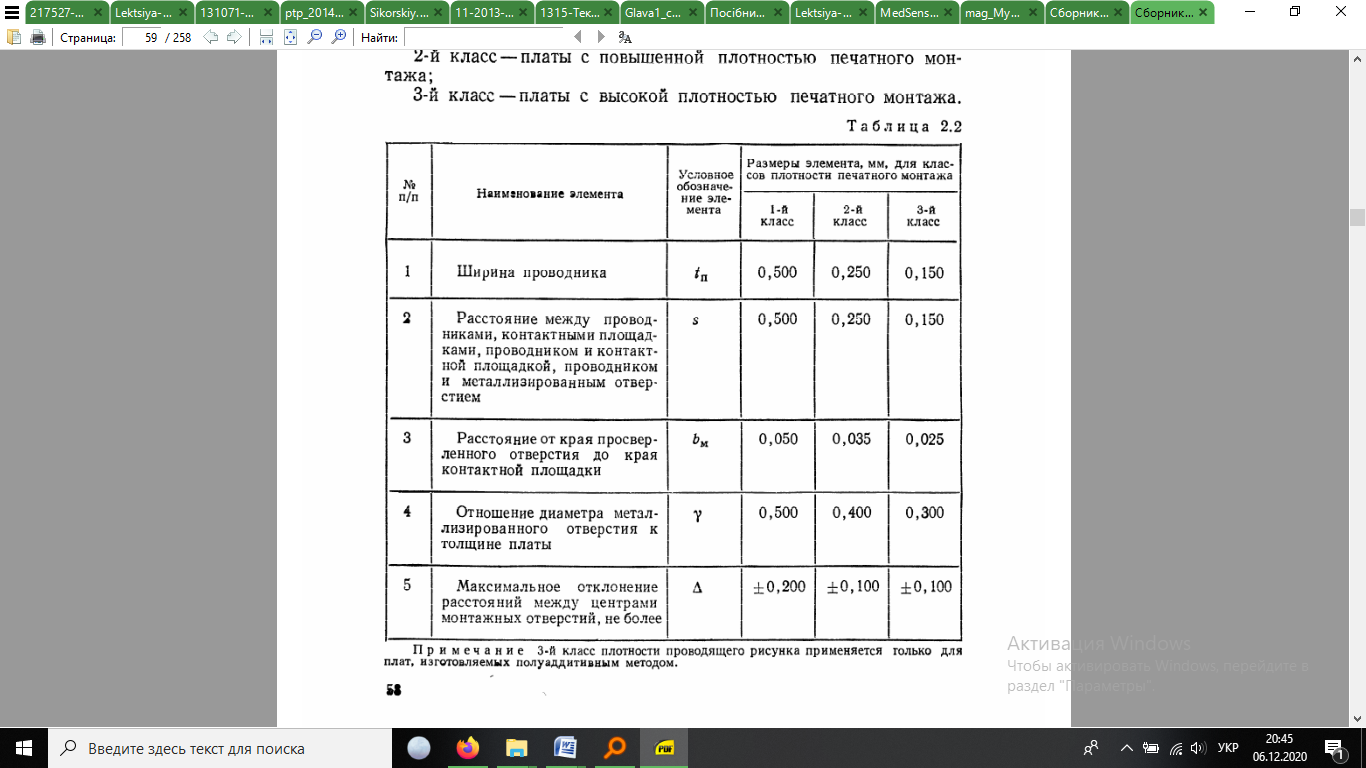
**Розрахунок малюнку друкованої плати**

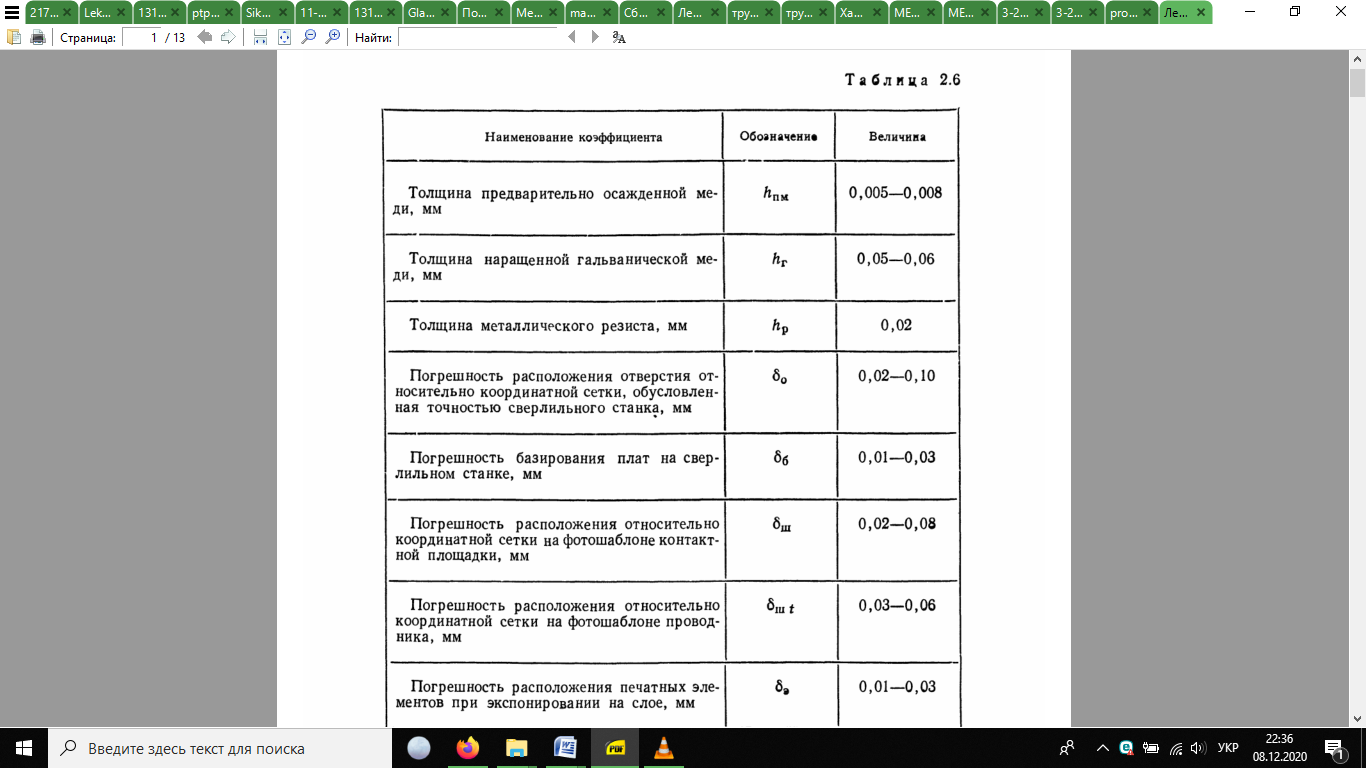
**Мета роботи:** навчитися проводити розрахунок малюнку провідника друкованої плати для різних методів виготовлення друкованої плати та способів нанесення малюнку.

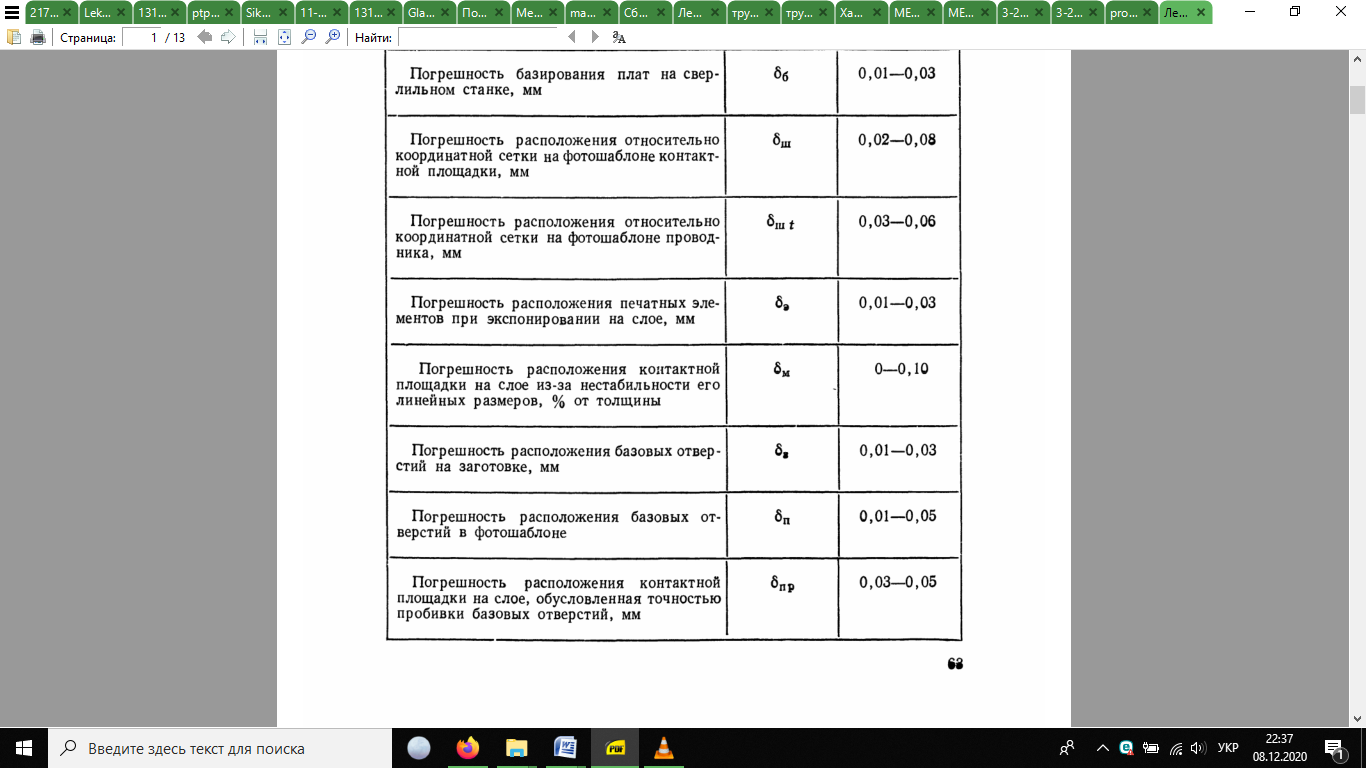
**Завдання.**

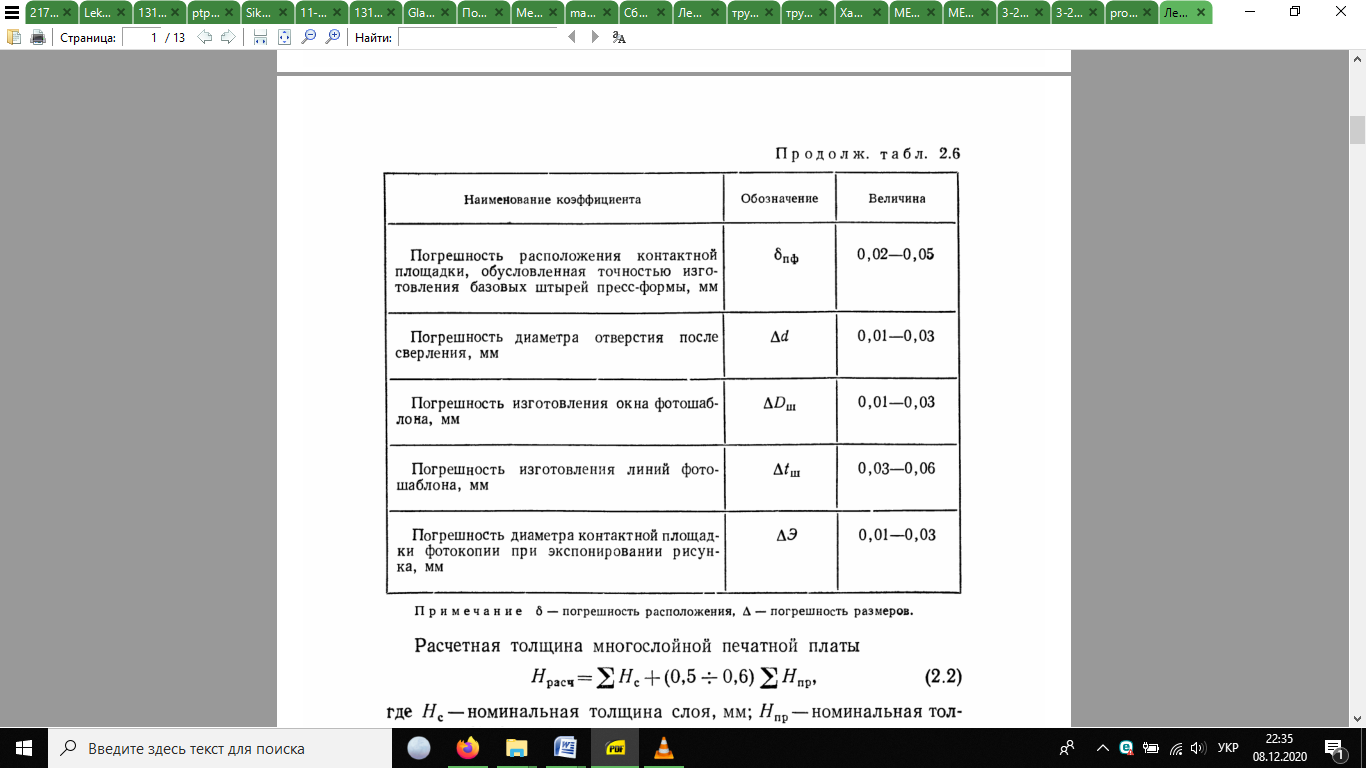
1. За заданий варіантом провести вибір вихідних параметрів для розрахунку використовуючи табл.. 2.2, 2.6 за методикою викладеною в додатковому файлі.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **Вид плати** | **Клас точності** | **Метод виготовлення ДП** | **Спосіб нанесення малюнку ДП** |
| 1 | ДДП | 3 | Комбінований позитивний | фотохімічний |
| 2 | ДДП | 3 | Комбінований позитивний | Сіткографічний |
| 3 | ДДП | 3 | Напівадитивний | фотохімічний |
| 4 | ДДП | 3 | Напівадитивний | Сіткографічний |
| 5 | ДДП | 2 | Комбінований позитивний | фотохімічний |
| 6 | ДДП | 2 | Комбінований позитивний | Сіткографічний |
| 7 | ДДП | 2 | Напівадитивний | фотохімічний |
| 8 | ДДП | 2 | Напівадитивний | Сіткографічний |
| 9 | ДДП | 1 | Комбінований позитивний | фотохімічний |
| 10 | ДДП | 1 | Комбінований позитивний | Сіткографічний |
| 11 | ДДП | 1 | Напівадитивний | фотохімічний |
| 12 | ДДП | 1 | Напівадитивний | Сіткографічний |
| 13 | ОДП | 3 | Хімічний |  |
| 14 | ОДП | 2 | Хімічний |  |
| 15 | ОДП | 1 | Хімічний |  |









Розрахунок параметрів малюнку друкованої плати

Мінімальний діаметр металізованого отвору визначають за формулою:

Hp – розрахункова товщина плати, γ- відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати (з табл. 2.2.); Нс – номінальна товщина слою, мм; Нпр – номінальна товщина матеріалу прокладки зі склотканини, мм.

Мінімальний діаметр контактних площадок для двосторонніх ДП та наружних шарів БДП розраховується за формулою:

для електрохімічного (напівадитивного методу) при фотохімічному способі отримання малюнку ДП

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

для електрохімічного (напівадитивного методу) при сітково-графічному способі отримання малюнку ДП

Для комбінованого позитивного методу при фотохімічному способі отримання рисунку ДП

Для комбінованого позитивного методу при сіткографічному способі отримання рисунку ДП

Для односторонніх ДП та внутрішніх шарів БДП, що виготовляють хімічним методом

де Dmin1– мінімальний ефективний діаметр контактної площадки, мм.

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

де dmax – максимальний діаметр просверленного отвору, мм;

δотв – похибка розташування отвору, мм;

δкп – похибка розташування контактної площадки, мм;

bм – відстань від краю контактної площадки, мм.

Максимальний діаметр просверленного отвору

*,*

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

де - діаметр свердла, мм; ∆d – допуск на отвір; d – діаметр металізованого отвору, мм.

Металізовані монтажні і перехідні отвори обробляють з високою точністю на спеціалізованих одно- і багатошпиндельних свердлильних верстатах із ЧПУ.

Номінальне значення діаметра свердла варто вибирати виходячи з залежності

*dсв=d+0,7(δ1+δ2),*

де *d –* номінальний діаметр отвору, мм;

*δ1* – допуск на цей діаметр, мм;

*δ2* – припустиме зменшення діаметра оброблюваного отвору після охолодження шаруватих пластиків, мм.

Похибка розташування контактної площадки

Мінімальний діаметр вікна фотошаблону

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

Максимальний діаметр вікна фотошаблону

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

Звідси максимальний діаметр контактної площадки

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

Розрахуємо ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для плат виготовлених електрохімічним методом

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

де b1min – мінімальна ефективна ширина провідників.

b1min=1,8 мм для плат 1-, 2-, та 3-го класів точності.

hпм – товщина попередньо осадженої міді, мм.

hр– товщина гальванічного резисту, мм.

|  |  |
| --- | --- |
| мм. |  |

Мінімальна ширина лінії на фотошаблоні визначається за формулою

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

Максимальна ширина провідників

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

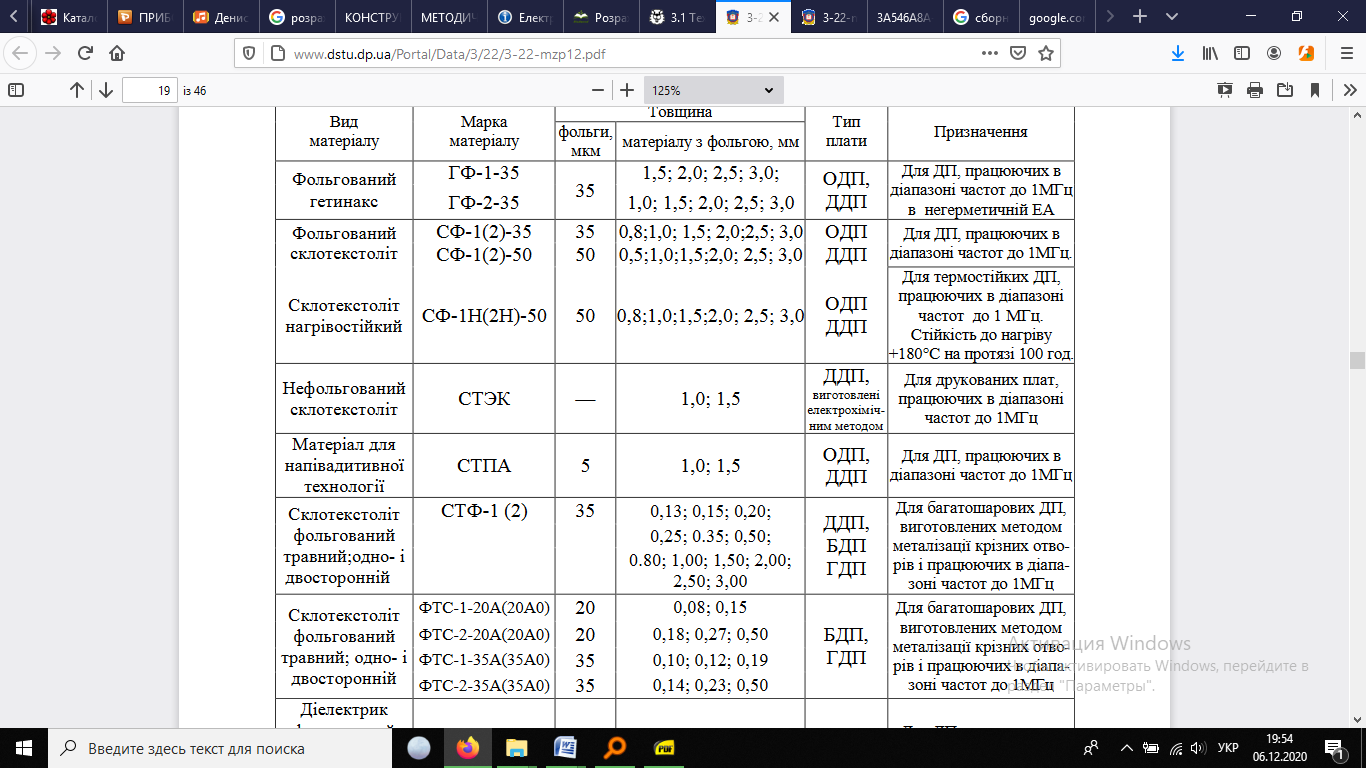
де bшmax – максимальна ширина лінії на фотошаблоні;

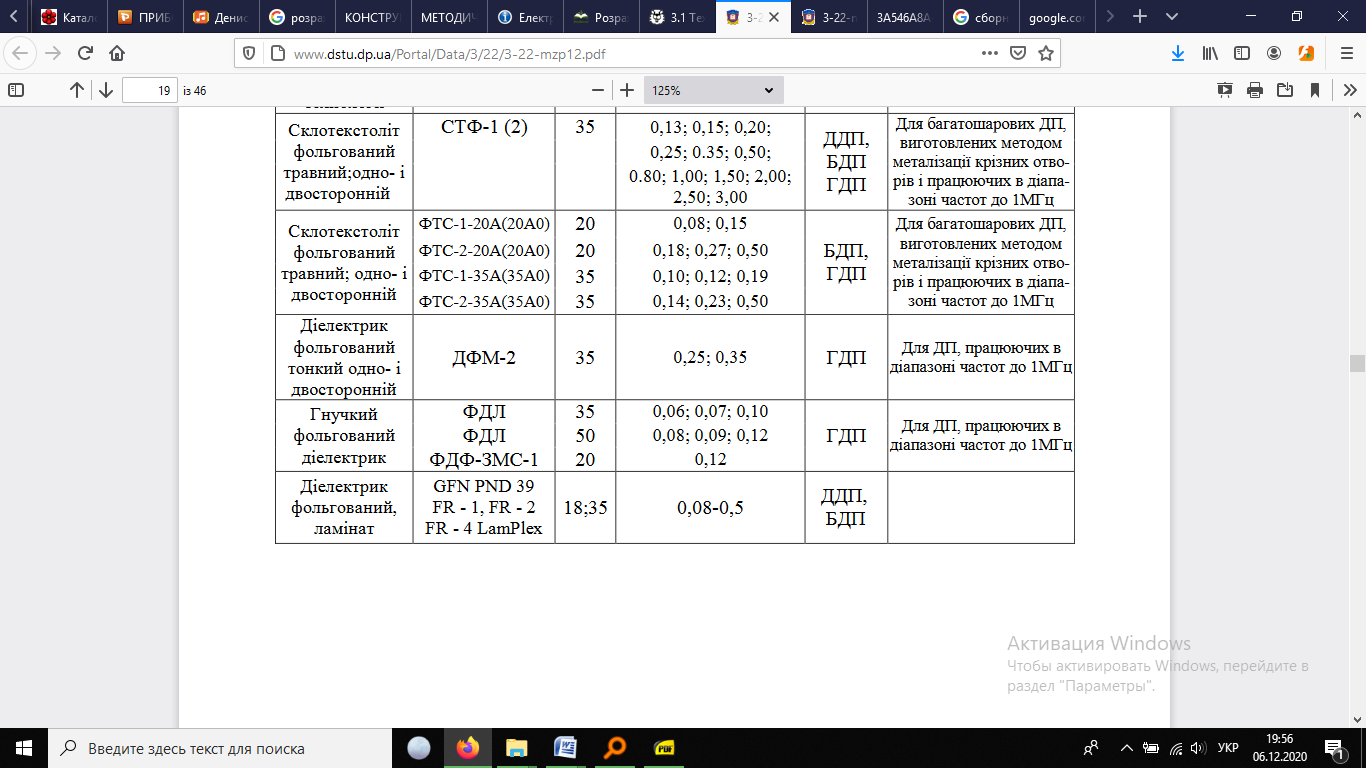
∆Э – похибка діаметру контактної площадки фотокопії при експоненті.

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

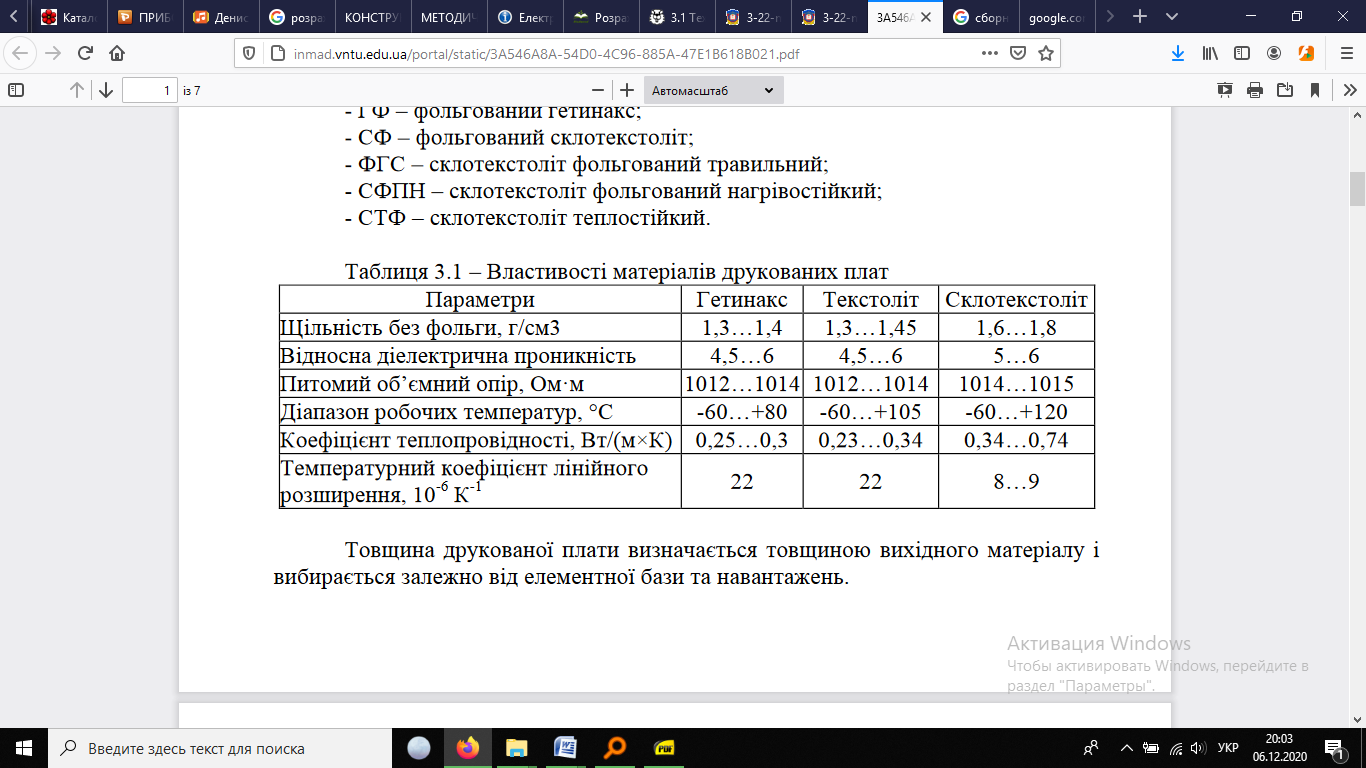
де Δbш – похибка виготовлення лінії на фотошаблоні, мм.

Матеріал основи ДП вибирають по ТУ на матеріали конкретного виду і ГОСТ 10316-78 з врахуванням: електричних і фізико-механічних параметрів ДП під час та після дії механічних навантажень, кліматичних факторів та хімічних агресивних середовищ в процесі виробництва і експлуатації; забезпечення автоматизації процесу установки ЕРЕ.





|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид матеріалу, марка | | Товщина | | | | Призна-чення | | Властивості | |
| фольги, мкм | | матеріалу, мм | |
| Гетинакс фольгований:ГФ-1-35(50)ВогнестійкийГОФ-2-50Мвологостійкий ГОФВ-2-35 | | 35, 50 | | 1…3 | | ОДП, ДДП | | ρs=1\*109 Ом; σ=4 Н;t=-60…+90˚С; b=70…130мг; k=1…1…1,5; τ=15с | |
| Склотекстоліт:з адгезійним шаром СТІКз каталізатором СТАМ | | 35, 50 | | 1,0…1,50,7…2,0 | | ДДПДДП | | ρs=1010 Ом; σ=4 Н; k=1…1…1,5;ρs=1\*109 Ом; b=20мг; Uпр=15кв/мм | |
| Склотекстоліт фольгованийСФ-1(2)-35(50) | | 35, 50 | | 0,8…3 | | ОДП, ДДП | | ρs=1010…1011 Ом;σ=3…4…4 Н;t=-60…+105˚С | |
| Фторопласт фольгований:ФФ-4армованийФАФ-4ДФЛАН-2,8(3,8; 5; 7,2; 10; 16) | | 505035 | | 1,5…50,5…31…10 | | ОДП, ДДПГДКДДП, НВЧ | | ρs=1\*1013 Ом; σ=3…3…3,2 Н;t=-60…+200˚С;ρs=5\*1014 Ом; σ=3Н;t=-60…+150˚С; Uпр=15кв/мм | |
| Лавсанфольгований:ЛФ-1ЛФ-2 | | 35, 50 | | 0,05; 0,1 | | ГДП, ГДК | | ρs=1\*1013 Ом; σ=2,4 Н; П=400;t=-60…+100˚С; с=0,5…1…1% | |
| Поліамід фольгований:ПФ-1ПФ-2 | | 35, 50 | | 0,05…0,1 | | ГДП, ГДК | | ρs=1012 Ом;t=-60…+250˚С; b=0,1%; П=600; Uпр=50кв/мм; b=0,5…2% | |



**Методи виготовлення друкованих плат**

ДП виготовляються комбінованим позитивним, комбінованим негативним, хімічним і електрохімічним методами.

Технології виготовлення ДП розділяють на три групи: субтрактивна, адитивна, напівадитивна.

**Субтрактивною** (subtratio – віднімання) називають технологію одержання провідного рисунка шляхом виборчого видалення окремих ділянок із суцільного металевого шару, що покриває ізоляційну основу. Ця технологія, заснована на застосуванні готового фольгованого шаруватого пластику, на якому формується провідний рисунок шляхом видалення фольги з непровідних ділянок.

До субтрактивної технології відноситься хімічний метод виготовлення ДП.

## Хімічний метод

Виготовлення ДП на фольгованому діелектрику шляхом травлення фольги з пробільних місць. Отвори не металізуються. При нанесенні малюнка схеми провідники і контактні площадки покривають захисним шаром, потім стравлюється фольга з пробільних місць. Процес є найбільш простим і дозволяє виготовляти ДП із підвищеною щільністю монтажу, але при цьому не забезпечує високої міцності зчеплення в місцях установки виводів елементів через відсутність металізації в отворах. Міцність зчеплення забезпечується розмірами контактних площадок та якістю фольгованого діелектрика.

Метод застосовується при виготовленні друкованих плат для апаратури загального застосування. Найбільш доцільним при серійному виробництві є одержання рисунка схеми методом сіткографії.

Додаткова хіміко-гальванічна металізація монтажних отворів привела до створення комбінованих методів виготовлення ДП.

**Адитивною** (additio – додаток) технологією називають виборче осадження струмопровідного покриття на діелектричну основу, на яке попередньо може наноситися шар клейової композиції.

У порівнянні із субтрактивними методами адитивні мають наступні переваги:

* + - однорідність структури, тому що провідники і металізація отворів отримуються у єдиному хіміко-гальванічному процесі;
    - усувають підтравлювання елементів друкованого монтажу;
    - поліпшують рівномірність товщини металізованого шару в отворах;
    - підвищують щільність друкованого монтажу (ширина провідників складає 0,13…0,15 мм.);
    - спрощують ТП через усунення ряду операцій (нанесення захисного покриття, травлення);
    - заощаджують мідь, хімікати для травлення і витрати на нейтралізацію стічних вод;
    - зменшують тривалість продуктивного циклу.

Незважаючи на описані переваги, застосування адитивного методу в масовому виробництві ДП обмежено низькою продуктивністю процесу хімічної металізації, інтенсивним впливом електролітів на діелектрик, трудомісткістю одержання металевих покрить з гарною адгезією. Домінуючою в цих умовах є напівадитивна технологія, особливо з переходом на фольговані діелектрики з тонкомірною фольгою (5 і 18 мкм).

**Напівадитивна** технологія – це сумісні варіанти адитивної і субтрактивної технологій, тобто проводиться, як хімічне травлення, так і хімічне та гальванічне нарощування. Провідний шар наносять і на поверхню отворів, призначених для впаювання дротових і штирьових виводів ЕРЕ, чого не може забезпечити субтрактивна технологія. Металізація отворів дає умови для міцного механічного і надійного електричного з'єднання.

До напівадитивної технології відносяться комбіновані методи виготовлення ДП.

## Комбінований позитивний метод

Представляє собою виготовлення ДП на фольгованому діелектрику з металізацією отворів, при якому спочатку виконується свердлення отворів і металізація, а потім травлення міді з пробільних місць.

При нанесенні рисунку схеми пробільні місця покриваються захисним шаром. Після свердління і хімічного міднення отворів здійснюється гальванічне осадження міді на провідники, контактні площадки та в отвори, потім наноситься шар металу (срібло, сплав олово-свинець, сплав Розе і т.п.), після чого видаляється захисний шар із пробільних місць і стравлюється фольга.

Метод дозволяє виготовляти ДП із підвищеною щільністю монтажу, високими електричними параметрами і високою міцністю зчеплення провідників.

Рекомендується для виготовлення ДП для апаратури, що працює в жорстких умовах експлуатації. Метод є кращим при нових розробках.

## Комбінований негативний метод

Виготовлення ДП на фольгованому діелектрику з металізацією отворів, при якому спочатку виконується травлення міді з пробільних місць, а потім виконується свердлення отворів і металізація. При нанесенні рисунка схеми провідники і контактні площадки покриваються захисним шаром, потім стравлюється фольга з пробільних місць. Після свердління і хімічного міднення отворів виконується гальванічне осадження міді на провідники, контактні площадки і в отвори. Електричне з'єднання всіх елементів схеми здійснюється за допомогою контактного пристрою і контактних провідників. Для забезпечення паяємості ДП покриваються сплавом Розе. Метод дозволяє виготовляти ДП із меншою щільністю монтажу. Метод рекомендований для виготовлення ДП відповідальної апаратури при ретельному відпрацьовуванні процесу і систематичному контролі електричних параметрів ДП.

## Електрохімічний метод

Виготовлення друкованих плат на нефольгованому діелектрику шляхом одночасного осадження міді на провідники і в отвори.

При нанесенні рисунка схеми пробільні місця покривають захисним шаром. Провідники і контактні площадки залишаються відкритими. Після свердлення отворів на відкриті ділянки поверхні осаджується мідь хімічно, а потім гальванічно, при цьому створюються провідники, контактні площадки й одночасно металізуються отвори. Після нанесення лаку на поверхню плати отвори покриваються сплавом Розе.

Метод дозволяє виготовляти друковані плати зі зниженою щільністю монтажу і невисокою міцністю зчеплення. У нових розробках не застосовується.

**Методи отримання малюнку друкованого провідника**

Основними методами, застосовуваними в промисловості для створення рисунка друкованого монтажу, є офсетний друк, сіткографія і фотодрук (фотолітографія). Вибір методу визначається конструкцією ДП, необхідною точністю і щільністю монтажу, продуктивністю устаткування й економічністю процесу.

Метод офсетного друку полягає у виготовленні друкованої форми, на поверхні якої формується рисунок шарів. Форма покривається трафаретною фарбою, а потім, за допомогою офсетного циліндра, фарба переноситься з форми на підготовчу поверхню основи ДП. Метод застосовується в умовах масового і багатосерійного виробництва з мінімальною шириною провідників і зазорів між ними 0,3.....0,5 мм (плати 1 і 2 класів щільності монтажу) і з точністю відтворення зображення ±0,2 мм. Його недоліками є висока вартість устаткування, необхідність використання кваліфікованого обслуговуючого персоналу і труднощі в зміні рисунку плати.

Сіткографічний метод заснований на нанесенні спеціальної фарби на плату шляхом продавлення її гумовою лопаткою (ракелем) через сітчастий трафарет, на якому необхідний малюнок утворений відкритими комірками сітки. Метод забезпечує високу продуктивність і економічність в умови масового виробництва. Точність і щільність монтажу аналогічні попередньому методу.

Найвищою точністю (±0,05 мм) і щільністю монтажу, що відповідають 3-5 класу (ширина провідників і зазорів між ними 0,1-0,25 мм), характеризується метод фотодруку. Він складається в контактному копіюванні рисунку друкованого монтажу з фотошаблона, на основу, покриту світлочутливим шаром (фоторезистом).

**Вимоги до звіту**

Звіт повинен містить інформацію про методи виготовлення друкованого провідника та нанесення малюнку, приведені всі основні розраховані параметри малюнку друкованої плати.