

В. А. Заболотний

**ПРОЕКТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
СКЛАДАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ
ПРИСТРОЇВ ПРИЛАДІВ
І СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

1997

ПЕРЕОБЛІК 211_р.

629.7
3-12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
Харківський авіаційний інститут ім. М.С.Жуковського

V

В.А. Заболотний

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ
ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ДІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Навчальний посібник
до курсової проектування

АБО НЕМБІТ
НАУКОВОЇ
ЛІТЕРАТУРИ

36154/11

БІБЛІОТЕКА
Харківського
авіаційного інституту
ім. М. С. Жуковського

Харків ХАІ 1997

УДК 629.7.05.002 + 622.7.054.002 (075.8)

Проектування технологічних процесів складання електронних пристроїв приладів і систем керування літальних апаратів/
В.А.Заболотний.-Навч. посібник до курсового проектування.-
Харків: Харк. гізц. іч-т, 1997.- 45 с.

Детально розглянуто етапи проектування технологічних процесів складання та послідовність роботи студента при вирішенні окремих питань проектування, а також при проектуванні технологічного процесу в цілому. Наведено особливості проектування та розрахунків спеціального технологічного оснащення. При написанні посібника враховано часто повторювані помилки студентів і питання, які виникають у процесі виконання курсового проекту.

Для студентів радіотехнічних і приладобудівних спеціальностей.

Бібліогр.: 24 назви

Рецензенти: канд. техн. наук, доц. М.Ф. Савченко,
канд. техн. наук Л.І. Набока

© Харківський авіаційний інститут, 1997

1. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ

Складання - заключний етап виробничого процесу, від якого багато в чому залежить якість виробів. У приладобудуванні, електро- і радіотехнічній промисловості трудомісткість складання становить 40...60 %. Складання - це сукупність технологічних операцій з'єднання деталей та електрорадіоелементів (ЕРЕ) у вироби або його частині відповідно до заданих технічних умов.

Під проєктуванням технологічного процесу (ТП) складання розуміють процес підготовки технічної документації для виготовлення виробів у конкретних умовах при заданій програмі в дотриманням технологічних з економічних обмежень.

Основний документ, який фіксує ТП складання - маршрутні та операційні технологічні карти. Перші - відображають маршрут проходження технологічних операцій від початку виконання робіт до їх завершення, другі - хід ТП стосовно конкретної операції з зазначенням переходів, режимів роботи, норм часу та ін.

Незалежно від типу та виду виробництва проєктування ТП містить в собі розробку маршрутної та операційної технологій, вибір технологічного обладнання, технологічної оснастки та інструменту, техніко-економічну оцінку варіанта ТП.

Розробку маршрутної та операційної технологій складання в умовах серійного виробництва ведуть дуже докладно, до риння переходів та робочих ходів, а в умовах малосерійного та одиничного виробництва обмежуються лише розробкою технологічного маршруту.

Мета розробки технологічного маршруту - це встановлення послідовності технологічних операцій виготовлення апаратури, яка визначає варіант-організаційної структури ТП. Розробку маршрутної технології здійснюють таким чином: визначають (орієнтовно) тип виробництва, вибирають організаційну форму складання з урахуванням даного типу виробництва, визначають склад технологічних операцій та послідовність їх виконання.

Мета розробки операційної технології - встановлення послідовності технологічних переходів, що визначають варіант

організаційної структури операції. Розробка операційної технології передбачає визначення режимів і параметрів кожного переходу, розрахунок норм часу на складання, виблення послідовності переходів та умов виконання з'єднань.

За результатами спроектованої маршрутної та операційної технології здійснюють вибір засобів технологічного оснащення та уточнення окремих режимів і параметрів операцій.

Обладнання, технологічну оснастку та інструмент вибирають за функціональним призначенням і технічними можливостями, а ступінь його механізації та автоматизації - з урахуванням забезпечення необхідної точності, найбільшої економічності та продуктивності праці.

Обладнання вибирають для кожної операції, її частини або для групи операцій. Все технологічно обладнання підрозділяють на чотири групи: обладнання широкого призначення (універсальне), яке доцільно застосовувати в одиничному та малосерійному виробництві; обладнання високої продуктивності (автомати та напівавтомати) - в серійному та масовому виробництві; спеціалізовані обладнання (агрегати верстати для складання якого-небудь виробу) - в серійному виробництві; спеціальне обладнання для складання виробу на визначеній операції - в масовому виробництві.

Під технологічною оснасткою розуміють пристрої, які застосовують для підготовки EFE до монтажу, орієнтування, встановлення, закріплення, монтажу деталей EFE та складальних одиниць. Пристрої поділяють на такі види: універсальні, складально-розбірні, універсально-налагоджувальні, спеціалізовані налагоджувальні та спеціальні нерозбірні.

Для слюсарно-складальних і монтажних робіт застосовують універсальні, спеціалізовані та спеціальні інструменти різного рівня механізації. Необхідно використовувати інструменти, що найбільше відповідають виду складальних робіт.

Оцінка раціональності вибраного ТП і його техніко-економічний аналіз зумовлені тим, що ТП складання можна виконати кількома способами. Тому при його розробці виникає необхідність вибору раціонального або розрахунку оптимального варіантів ТП. Раціональність розроблених ТП забезпечується застосуванням вискоєфективних методів виготовлення виробу, типових ТП і гру-

пових методів складання. Такий підхід до вибору раціонального варіанта ТП зумовлює приблизну оперативну оцінку вибраного ТП з похибкою до 30 %. При розрахунку оптимального варіанта ТП використовують найважливіші критерії оптимальності: економічність (технологічну собівартість) і продуктивність.

Слід зазначити, що проектування технологічного процесу - це ітераційний процес, пов'язаний з багаторазовим поверненням, а також переглядом і поглибленням рішень, прийнятих на попередніх стадіях проектування.

Розглянувши загальну схему проектування ТП, зупинимось більш детально на розробці одиничного ТП складання. Одиничні ТП розробляють для виготовлення продукції одного найменування, типорозміру та виконання незалежно від типу виробництва.

Загальні правила розробки ТП встановлено ГОСТ 14.301-73. Застосовуючи їх до одиничного ТП складання, можна виділити такий комплекс взаємопов'язаних робіт:

- вивчення початкових даних;
- відпрацювання конструкції на технологічність;
- розробка схеми розчленування виробу на складові частини;
- визначення типу виробництва;
- вибір та обґрунтування організаційної форми складання;
- вибір можливого типового або групового технологічного процесу та його допрацювання згідно з вимогами, наведеними в початкових даних;
- розробка маршруту одиничного ТП загального складання виробу та визначення змісту складальних і контрольних операцій;
- розробка маршрутів одиничних ТП складання блоків (складальних одиниць, вузлів) і визначення змісту складальних і контрольних операцій;
- визначення необхідного технологічного обладнання, оснастки, інструменту, засобів механізації та автоматизації елементів ТП;
- оптимізація ТП за економічністю та продуктивністю;
- розрахунки та призначення технологічних режимів, технічне нормування робіт і визначення кваліфікації робітників;
- видача технічного завдання на проектування та виготовлення спеціальної технологічної оснастки;

- розрахунки та проектування ділянки серійного складання, потокової або гнучкої виробничих ліній;
- оформлення технологічної документації та її затвердження;
- випуск дослідної партії виробів;
- коректування документації за результатами випробувань дослідної партії.

3. ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ ЗАВДАННЯМ

Проектування ТП складання починають з вивчення початкових даних, до яких відносяться: опис функціонального призначення виробу, технічні умови та вимоги; комплект конструкторської документації; програма та планові терміни випуску; керівна технічна, нормативна, а також довідкова інформація.

Мінімальний обсяг початкових даних, які видає викладач:

- складальні креслення електронного вузла;
- специфікація до складальних креслень;
- річна програма випуску виробів N.

Старанно вивчають конструкцію електронного вузла за складальними кресленнями, технічні вимоги конструктора (розміщені над основним написом складальних креслень) та специфікацію. Для більш повного розуміння конструкції, написів та умовних позначень можна скористатись довідником [1]. Необхідно звернути увагу на наявність складальних одиниць, типи ЕРЕ, варіанти їх установлення та способи закріплення, а також на матеріали, що використовуються при складанні електронного вузла.

Завдання, як правило, підбирають на підприємстві, де студент проходить виробничу практику. За назвою електронного вузла та технічною документацією, що знаходиться на підприємстві, студент виявляє призначення вузла, а також до якого приладу або системи належить цей вузол. Отже, стає зрозумілим, в яких умовах експлуатується електронний вузол.

3. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ УМОВ НА СКЛАДАННЯ І КОНТРОЛЬ

Частину технічних умов на складання і контроль наведено на кресленнях у вигляді технічних вимог конструктора. В них, як

правило, вказано стандартні варіанти встановлення ЕРЕ на печатну плату, необхідні для складання допоміжні матеріали (припеї, клеї, мастики, компаунди, лаки, фарби, емалі), а також які ЕРЕ або їх частини не покривати лаком, які ЕРЕ після яких складальних робіт установлювати на плату (бажана послідовність складання) та ін. Усі ці відомості допомагають технологу при складанні або контролюванні виробу, щоб забезпечити його якість з точки зору конструктивних рішень.

Студент повинен уважно розглянути технічні вимоги конструктора, а з указаних у вимогах ГОСТів, ОСТів та Інструкцій обов'язково виписати інформацію, що стосується конкретного виробу, і необхідну для прийняття правильних рішень та виконання розрахунків при розробці ТП (варіанти встановлення ЕРЕ, характеристики матеріалів, галузь використання, заходи по техніці безпеки) або для запису в зміст операції з метою правильного її виконання (режими виконання робіт, організація робочого місця, заходи по техніці безпеки та ін.).

Потім студент доробляє (розширює) технічні умови щодо складання та контролю з точки зору технологічних рішень забезпечення якості виробу: організація робочих місць, способи та режими виконання операцій, запобіжні заходи при роботі з ЕРЕ з особливими властивостями, заходи по техніці безпеки та ін. Ці технічні умови студент вибирає із стандартів, Інструкцій, типових і групових технологічних процесів.

4. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

Згідно з ГОСТ 14.004-83 і залежно від кількості виробів даного виду та регулярності їх випуску сучасне виробництво підрозділяється на такі типи: одиничне, серійне і масове.

Одиничне виробництво характеризується малим обсягом випуску виробів широкої номенклатури. При цьому процес виготовлення якого-небудь виробу, здійснений один раз, більше не повторюється або може повторитись через невизначений час. Обладнання, пристрої та інструменти цехів і заводів одиничного виробництва повинні бути пристосовані до виготовлення різноманітної продукції, тобто бути універсальними. Кваліфікація робітників має бути високою,

тому що на робочих місцях потрібно виконувати різноманітні операції. Вартість продукції висока.

Серійне виробництво характеризується виготовленням виробів обмеженої номенклатури партіями (серіями) і порівняно великим обсягом випуску. Залежно від кількості виробів у партії, складності виготовлення, частоти повторюваності партій протягом року розрізняють виробництво мало-, середньо- і великосерійне. У виробництві використовуються універсальне і спеціалізоване обладнання, універсальна та спеціальна оснастка. Середня кваліфікація робітників нижча, ніж в одиничному виробництві. Серійний тип виробництва - найбільш поширений при виготовленні авіаційного обладнання.

Масове виробництво характеризується вузькою номенклатурою і великим обсягом випуску виробів, які безперервно виготовляються протягом тривалого часу. Використовується спеціальне високопродуктивне обладнання, яке розміщується по ходу технологічного процесу. Сталість технологічного процесу дозволяє закріпити за робочими місцями одні й ті ж постійні операції, більш прості, ніж у серійному виробництві. Це дає можливість використовувати робітників низької кваліфікації. Створюються найбільш сприятливі умови для автоматизації.

Для визначення типу виробництва введено коефіцієнт закріплення операцій (ГОСТ 3.1121-84)

$$K_{30} = \frac{Q}{P}$$

де Q - кількість різних операцій, які виконуються на робочих місцях дільниці або цеху;

P - кількість робочих місць на дільниці або в цеху.

Якщо за робочим місцем, незалежно від завантаження, закріплено тільки одну операцію, то $K_{30} = 1$, що відповідає масовому виробництву. При $1 < K_{30} < 10$ виробництво великосерійне, при $10 < K_{30} < 20$ - середньосерійне, при $20 < K_{30} < 40$ - малосерійне, при $K_{30} > 40$ - одиничне.

Знання типу виробництва істотно спрощує розробку ТП, оскільки стає відомим ступінь деталізації розробки ТП, як його організувати, яке вибрати устаткування, пристрої та інструменти,

якою буде кваліфікація робітників та ін. Для визначення типу виробництва необхідно знати річну програму випуску виробів N , а також середній штучний час $T_{ш}$ складання виробу. На ранніх стадіях проектування ТП штучний час складання невідомий. В цьому випадку можна скористатись виробами-аналогами, для яких штучний час складання відомий. Тоді середній штучний час розраховують як середнє арифметичне $T_{ш}$ від усіх операцій процесу:

$$T_{ш\ c} = \frac{m}{1} T_{ш}/m,$$

де m - кількість операцій.

Потім визначають такт випуску виробів, тобто інтервал часу, через який періодично здійснюється випуск виробів певного найменування, типорозміру та виконання:

$$t_B = 60 F_D / N \quad (\text{хв/шт}),$$

де F_D - дійсний річний фонд часу роботи верстата або робочого місця, год.

Тоді можна знайти коефіцієнт закріплення операцій за формулою

$$K_{30} = t_B / T_{ш\ c}$$

і визначити тип виробництва. Якщо студентові невідомі вироби-аналоги, то на початковому етапі проектування ТП йому це здійснити важко. В цьому випадку річну програму випуску підбирає викладач так, щоб виробництво було серійним, оскільки відомо, що вироби авіаційної промисловості в основному випускаються серійно. Студент уточнює тип виробництва після нормування операцій, коли стає можливим визначити середній штучний час спроектованого ТП.

У серійному виробництві для проектування ТП важливо розрахувати розмір партії виробів, які запускаються у виробництво одночасно:

$$n = N / (12k),$$

де k - кількість партій протягом одного місяця.

З організаційних та економічних міркувань обсяг виробничої партії не повинен перевищувати 500 шт.

5. ВИБІР ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ ФОРМИ СКЛАДАННЯ

Організаційною формою складання називається прийнята форма зв'язку між окремими операціями складального процесу.

Основними організаційними формами складання є нерухома та рухома.

При нерухомій формі виріб складають на одному або паралельно на декількох робочих місцях. Нерухоме складання може бути концентрованим, коли виріб від початку до кінця складають на одному робочому місці, і диференційованим, коли процес розподіляється на вузлові і загальне складання. Складальні одиниці (вузли) збирають одночасно на кількох робочих місцях.

При рухомій формі виріб, що складають, переміщується від одного робочого місця до іншого в послідовності, зумовленій ТП. На кожному робочому місці виконується одна й та ж операція, що повторюється. Рухоме складання здійснюється двома способами:

- з вільним рухом виробу від одного робочого місця до іншого по мірі виконання операції, яка закріплена за робочим місцем;

- з примусовим рухом виробу на конвеєрі, коли його переміщення (безперервне або періодичне) узгоджено з тактом складання; таке складання називається потоковим.

Основним напрямком, який дозволяє вирішити проблему суттєвого росту продуктивності праці в приладобудуванні та виробництві систем керування літальними апаратами, є рухоме поточе складання. Це найдосконаліша форма організації складальних робіт, яка дозволяє застосовувати типові та групові ТП складання, знижувати трудомісткість складальних процесів, розширювати фронт робіт, спеціалізувати робочі місця, скоротити міжопераційний заділ, підвищити продуктивність праці та ритмічність виробництва, поліпшити умови праці та техніку безпеки.

Потоковому складанню притаманні безперервність процесу,

побудованого на диференційованих операціях, і такт випуску.

Для забезпечення ритмічного випуску виробів час, що витрачається на виконання кожної операції, повинен бути однаковим і дорівнювати або бути кратним такту.

Технологічною основою організації потокових ліній є типові та групові ТП.

Вибирають організаційну форму складання згідно з такими положеннями:

1. Нерухоме складання застосовують в одиничному і малосерійному виробництвах, а також у серійному, коли затрачений на складання час значно менший від такту.

2. Якщо час складання вузла кратний такту, але з технологічних міркувань процес складання неможливо поділити на окремі операції, то складання виконують на кількох робочих місцях паралельно. В цьому випадку робочі місця дублюють одне одного і складання стає нерухомим незалежно від програми випуску.

3. В масовому і серійному виробництвах у тих випадках, коли час складання приладу перевищує такт зі значною кратністю, доцільно застосовувати рухоме поточе складання, яке є найдосконалішою формою організації складальних робіт.

При визначенні організаційної форми складання спочатку необхідно зробити вибір між поточним і непоточним складанням.

6. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ

Технологічність - це сукупність властивостей конструкції виробу, що виявляється в можливостях оптимальних затрат праці, засобів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті із забезпеченням необхідної якості виробу.

Стандарти ЄСТПВ передбачають обов'язкове відпрацювання конструкції виробу на технологічність на всіх стадіях його створення за допомогою показників технологічності.

Показник технологічності - це якісна або кількісна порівняльна оцінка тієї чи іншої властивості або сукупності властивостей об'єкта, яку використовують для прийняття управлінського рішення щодо зміни чи стабілізації властивості

або сукупності властивостей.

Початкові дані одержують при аналізі креслень конструкції виробу, його блоків, вузлів і деталей, відповідних їм специфікацій, технологічної документації та ін.

Якісна оцінка при порівнянні варіантів конструкції в процесі проектування виробу перебує кількісній і часто визначає доцільність виконання кількісної оцінки. Якісна оцінка технологічності конструкції виробу висловлюється поняттями: "добре - погано", "відповідає - не відповідає", "технологічно - не технологічно", "допустимо - недопустимо" та ін.

Якісна оцінка розкриває конструктивно-технологічні особливості виробу щодо виготовлення за основними видами робіт.

При аналізі складальних одиниць оцінюються: компоновочні рішення, взаємозамінність, елементна база, контролепридатність, вид підготовки, установки і монтажу ЕРЕ, інструментальна доступність, регульованість, способи захисту від зовнішніх впливів та ін. При оцінці елементної бази необхідно звернути увагу на типи елементів, їх вид, розміри, форму корпусу, розміщення і кількість виводів, установочні розміри ЕРЕ (відстань між монтажними отворами одного елемента), потрібність формування виводів, герметичність, особливі вимоги та ін.

Кількісна оцінка технологічності передбачає визначення відносних окремих показників K_1 і комплексного показника K . Загальна кількість окремих показників, прийнятих за базові, не повинна перевищувати семи. Комплексний показник являє собою суму окремих показників з урахуванням їх вагомості за вибраним критерієм.

До складу базових показників електронних блоків РЕА входять коефіцієнти:

- використання мікросхем і мікроскладань $K_{\text{ВМС}}$;
- автоматизації та механізації монтажу $K_{\text{ам}}$;
- автоматизації та механізації підготовки ЕРЕ до монтажу

$K_{\text{мп}} \text{ ЕРЕ};$

- автоматизації та механізації контролю і настроювання електричних параметрів $K_{\text{МКН}}$;

- повторюваності ЕРЕ $K_{\text{пов}} \text{ ЕРЕ};$
- застосовності ЕРЕ $K_3 \text{ ЕРЕ};$

- прогресивності формування деталей $K_{\text{ф}}$.

Для курсового проекту достатньо визначити перші шість коефіцієнтів.

Для подальших розрахунків технологічності потрібні такі початкові дані:

$N_{\text{МС}}$ - загальна кількість мікросхем і мікроскладань у виробі;

$N_{\text{ЕРЕ}}$ - загальна кількість ЕРЕ;

$N_{\text{ам}}$ - кількість монтажних з'єднань, які можуть здійснюватися (або здійснюються) механізованим або автоматизованим способом, тобто в механізми, обладнання чи оснащення (або технічна документація на них) для виконання монтажних з'єднань;

$N_{\text{м}}$ - загальна кількість монтажних з'єднань;

$N_{\text{мп ЕРЕ}}$ - кількість ЕРЕ, підготовка яких до монтажу може здійснюватися (чи здійснюється) механізованим або автоматизованим способом, тобто в механізми, обладнання чи оснащення (або технічна документація на них) для виконання цих операцій; до складу таких ЕРЕ входять такі, що не потребують спеціальної підготовки до монтажу (реле, з'єднувачі, патрони та ін.);

$N_{\text{мкн}}$ - кількість операцій контролю та налаштування, які можна здійснити механізованим або автоматизованим способом; до їх складу входять операції, які не потребують засобів механізації;

$N_{\text{кн}}$ - загальна кількість операцій контролю та налаштування;

$N_{\text{т ЕРЕ}}$ - загальна кількість типорозмірів ЕРЕ у виробі (під типорозміром мається на увазі габаритний розмір без врахування номінальних значень);

$N_{\text{т оп ЕРЕ}}$ - кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробі.

До оригінальних деталей слід відносити складові частини (деталі, вузли, електрорадіоелементи), що розробляються та виготовляються вперше як на самому підприємстві-виробникові, так і в межах кооперування з іншими підприємствами. До електрорадіоелементів належать транзистори, діоди, конденсатори, резистори, з'єднувачі, дроселі, котушки індуктивності, трансформатори, мікроскладання і мікросхеми різного ступеня інтеграції, мікромодулі та ін.

Розраховують коефіцієнти за наведеними нижче формулами, складеними так, що числові значення коефіцієнтів завжди будуть в

межах від нуля до одиниці. Причому, чим ближче до одиниці значення коефіцієнта, тим виріб більш технологічний.

Коефіцієнт використання мікросхем і мікроскладань

$$K_{B MC} = H_{MC} / (H_{MC} + H_{ERE}).$$

Коефіцієнт автоматизації та механізації монтажу виробу

$$K_{AM} = H_{AM} / H_M.$$

Коефіцієнт автоматизації та механізації підготовки ERE до монтажу

$$K_{MP ERE} = H_{MP ERE} / H_{ERE}.$$

Коефіцієнт автоматизації та механізації операції контролю та налаштування електричних параметрів

$$K_{MKH} = H_{MKH} / H_{KH}.$$

Коефіцієнт повторюваності ERE

$$K_{пов ERE} = 1 - H_{T ERE} / H_{ERE}.$$

Коефіцієнт застосовності ERE

$$K_{з ERE} = 1 - H_{тор ERE} / H_{T ERE}.$$

Після визначення базових показників розраховують значення комплексного показника за формулою

$$K = \sum_{i=1}^S K_i \varphi_i / \sum_{i=1}^S \varphi_i,$$

де K_i - значення показника за таблицею базових показників технологічності електронних блоків [4];

φ_i - вагомість показника;

- i - порядковий номер показника;
- s - загальна кількість показників.

Незалежно від повноти визначення показників на різних стадіях проектування Φ_1 приймають згідно з даними таблиці базових показників технологічності електронних блоків [4].

Після визначення комплексного показника технологічності необхідно проаналізувати його значення і зробити висновок, для якого типу виробництва в технологічній розроблена конструкторська документація.

7. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ СКЛАДАННЯ

Розробку технологічного маршруту складання починають з розчленування виробу або його частини на складальні елементи шляхом побудови схем вузлового складу виробу і технологічних схем складання. Розчленування виробу на елементи проводять незалежно від програми його випуску та характеру технологічного процесу складання. При розробці технологічної схеми складання формують структуру операцій складання, встановлюють їх оптимальну послідовність, вносять вказівки щодо особливостей виконання операцій. Схеми складання розробляють як для окремих складальних одиниць, так і для загального складання виробу.

Студентам необхідно розробити технологічну схему складання з базовою деталлю. Вона більш трудомістка, але в наочній формі відображає послідовність процесу складання, відносно розміщення складальних одиниць і деталей, а також можливості організації складального процесу. Крім того, ця схема дозволяє виділити мінімальні за змістом закінчені частини робіт (переходи), з яких складаються операції. За базову беруть ту деталь (складальну одиницю), з якої починають складання і поверхні якої будуть потім використані для встановлення інших деталей або складальних одиниць. У більшості випадків за базову деталь приймають плату, панель, шасі.

Технологічні схеми складання для одного й того ж виробу можна розробити в кількох варіантах, які відрізняються структурою та послідовністю комплектування складальних елементів. Вибір варіанта проводять з урахуванням продуктивності, зручності та

інших умов виконання конкретних складальних робіт.

Початкові дані для розробки технологічної схеми складання:

- складальні креслення електронного вузла;
- результати аналізу елементної бази;
- технічні вимоги конструктора.

Правила побудови технологічної схеми складання викладено в праці [4]. На схемі обов'язково потрібно вказати всі роботи, без виконання яких подальше складання неможливе, або призводить до браку, а також матеріали, які після складання залишаються у виробі. Необхідно забезпечити максимальну кількість складальних одиниць, що дозволить скласти їх паралельно, виконати контроль складальних одиниць і скоротити загальний час (цикл) складання.

При визначенні послідовності складальних робіт необхідно врахувати такі положення:

1. Попередні роботи не повинні ускладнювати виконання наступних.
2. Наступні роботи мають не погіршувати якість виконаних з'єднань.
3. Робота повинна забезпечити задані якість і точність виробу.
4. Після виконання найвідповідальніших робіт вводять суцільний або вибірковий контроль.
5. Технологічну схему загального складання розробляють за умови утворення найбільшої кількості складальних одиниць.
6. У першу чергу виконують нерухомі з'єднання, які потребують значних механічних зусиль.
7. Як правило, механічні складальні роботи виконують раніше.
8. Можливо чергування механічних та електричних з'єднань в тих випадках, коли повне закінчення механічних складальних робіт ускладнює доступ до вузлів і деталей для виконання електричного з'єднання.
9. На заключних етапах складають рухомі частини виробів, роз'єдні з'єднання, встановлюють деталі, що замінюються в процесі налагодження.
10. Встановлення елементів на печатну плату рекомендується починати з менших за розміром.

Враховуючи зазначені вище положення, студенту необхідно розробити технологічну схему складання з поясненням прийнятих рішень. При цьому слід врахувати конструкцію виробу, характерні та особливі властивості елементної бази, а також ті пункти технічних вимог конструктора, в яких визначено послідовність виконання складальних робіт.

8. ВИБІР ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ ВИТРАТ

Допоміжні матеріали (припіл, лак, клей та ін.), які залишаються у виробі, вказано в технічних вимогах конструктора. Але при виконанні складальних робіт потрібні й такі допоміжні матеріали, що не залишаються у виробі. Так, при підготовці печатної плати до складання необхідно її розконсервувати, тобто очистити (промити) від захисного покриття (флюсу). Це стосується також елементів, монтажних проводів, вузлів, блоків, обезжирювання поверхонь перед склеюванням. Для таких робіт слід вибрати промивальні рідини. При виконанні паяння потрібен флюс. Після паяння залишки флюсу необхідно видалити за допомогою промивальної рідини. Якщо ці або інші роботи виконують вручну, то потрібні й такі допоміжні матеріали, як бязь, вата, марля та ін.

Студенту обов'язково треба вибрати флюс, промивальні рідини, а інші допоміжні матеріали – за необхідністю.

Початковими даними для вибору допоміжних матеріалів є технологічна схема складання, де крапками та умовними позначками слід вказати основні види робіт, в тому числі й ті, виконання яких потребує допоміжних матеріалів.

Вибираючи допоміжний матеріал для конкретного виду роботи, необхідно спочатку визначити принаймні три матеріали, підходять для її виконання. Із довідників та інших джерел треба виписати та всебічно проаналізувати характеристики цих матеріалів, а потім вибрати один найбільш придатний матеріал.

Після цього слід визначити норми витрат.

Норми витрат визначають для всіх допоміжних матеріалів. До них відносяться матеріали, що призначив конструктор, а також ті, які вибрав студент. У нормативних документах є норми витрат на 100 місць паянь, 100 знаків, 100 ат, 1 м². Для свого

конкретного завдання необхідно підрахувати кількість місць паянь, з'єднань, що наносяться, площі плати та ЕРР, а потім визначити витрати допоміжних матеріалів для виготовлення одного виробу, а також для виконання річної програми.

9. УКРУПНЕНЕ НОРМУВАННЯ РОБІТ

Якщо вибрано потокову форму складання, то необхідно виконати укрупнене нормування робіт, які виконують при складанні виробу. Це зумовлено тим, що потокова форма складання характеризується ритмічністю роботи. Тому складальні операції слід компонувати таким чином, щоб тривалості їх виконання були однаковими або кратними такту (ритму).

Початкові дані для укрупненого нормування робіт - це технологічна схема складання, на якій відображено роботи в сукупності або за переходами. З цієї схеми необхідно виписати всі види робіт і за нормативними документами визначити оперативний час $T_{оп}$ для їх виконання. Причому $T_{оп}$ слід навести для різних варіантів виконання роботи, оскільки на стадії розробки технологічної схеми складання ще не вирішено, яким чином виконуватиметься конкретна робота: автоматом, напівавтоматом, за допомогою пристрою або вручну та ін. Роботи бажано розподіляти на переходи.

У пояснювальній записці треба навести приклад визначення $T_{оп}$ для однієї об'ємної роботи, що складається з кількох переходів, а потім дані про всі види робіт оформити у вигляді таблиці.

10. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Незалежно від типу виробництва при складанні виробу необхідно виконати всі роботи, зазначені на технологічній схемі складання. Ці роботи групують в операції, з яких і складатиметься ТП.

Технологічна операція (ГОСТ 3.1109-82) - це закінчена частина ТП, яку виконують безперервно на даному робочому місці над одним чи кількома виробами, що одночасно виготовляються чи

складаються одним або декількома робітниками. Зміст операції встановлюють не лише на основі технологічних міркувань, але й з урахуванням організаційної доцільності. На основі операції оцінюють трудомісткість виготовлення виробів, з'ясовують норми часу та розцінки, визначають необхідну кількість робітників, обладнання, пристроїв та інструментів, собівартість виготовлення.

Кількість операцій, на які поділяють складальний процес, може бути різною. В умовах дослідного та малосерійного виробництва операції, як правило, концентровані і містять в собі велику кількість переходів. Виріб складають один чи декілька робітників на одному або декількох робочих місцях. До недоліків концентрованого складання відносяться: тривалість складання одного виробу (циклу складання), змушене використання робітників високої кваліфікації для виконання частини простих складальних робіт, труднощі механізації і тим більше автоматизації нерозподілених складальних операцій.

У серійному і масовому виробництвах операції розробляють за принципом диференціації (розподілу) складального процесу на велику кількість простих операцій, кожен з яких виконують на конкретному робочому місці. При диференційованому складанні роботи виконують одночасно багато робітників, що різко скорочує цикл складання. Кращому використанню робітників відповідно до їх кваліфікації сприяє спеціалізація на виконанні певної операції, що полегшує оснащення робочого місця досконалою оснасткою. В кожному конкретному випадку має бути визначена технічна та економічна доцільність рівня диференціації. Надмірна диференціація призводить до зростання витрат часу (допоміжного) на встановлення і знімання елемента, що складають, а також до підвищення стомлюваності робітника при виконанні різних одноманітних переходів.

10.1. ПОДІЛ ПРОЦЕСУ НА ОПЕРАЦІЇ

Початкові дані для поділу процесу на операції — це тип виробництва, організаційна форма складання, технологічна схема складання, види робіт, а також типові технологічні процеси. Крім того, необхідно враховувати, що в зміст операції потрібно

включати однорідні за характером і технологічно закінчені види робіт. Це сприяє спеціалізації робітників і підвищує продуктивність праці.

Укрупнений технологічний процес складання типових конструкцій електронних вузлів, блоків має такі основні етапи: вхідний контроль ЕРЕ, підготовка ЕРЕ до монтажу (рихтування, формування та лудіння виводів), підготовка печатної плати, встановлення ЕРЕ на печатну плату, паяння, промивання (очищення) після паяння, регулювання і попередній контроль, покриття лаком і сушіння, технологічне припрацювання, остаточний контроль та прийнятно-здавальні випробування.

Вхідний контроль - це окремі ТП перевірки виробів (ЕРЕ, інтегральних схем і печатних плат), що надходять до заводу-споживача, за параметрами, які визначають їх працездатність і надійність перед використанням цих елементів при складанні. Тому включати вхідний контроль в розроблений ТП складання не потрібно.

Решту етапів слід проаналізувати і визначити операції, які повинні відповідати необхідним етапам складання та видам робіт, зазначених на технологічній схемі. На даному етапі розробки ТП можна призначити укрупнені операції тільки з урахуванням виду робіт. Послідовність операцій встановлюють згідно з технологічною схемою складання.

Назви операцій вибирають з класифікатора технологічних операцій, або типових технологічних процесів.

10.2. ОПТИМІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ

Проектування нових технологічних процесів завжди багатоваріантне. Завдання технолога - підібрати такий варіант, який забезпечить максимальну ефективність складання в конкретних умовах виробництва. Такий варіант називається оптимальним, а вибір його - оптимізацією.

При виборі оптимального варіанта ТП у більшості випадків економічні вимоги є вирішальними.

Для економічної оцінки використовують в основному собівартість і трудомісткість (або продуктивність, яка є

величиною, протилежною трудомісткості).

При економічному аналізі ТП слід розглядати частину повної собівартості - технологічну собівартість, що залежить від вибраного варіанта ТП (містить в собі окремі витрати, які суттєво міняються при змінах у технологічному процесі).

Технологічна собівартість виробу

$$C_1 = A + B / N. \quad (10.1)$$

де А - змінні витрати на один виріб;

В - умовно-постійні витрати на річну програму.

У змінні витрати на виріб входять: витрати на основні матеріали і технологічне паливо; заробітна плата робітників-підрядчиків; витрати, пов'язані з експлуатацією обладнання, пристроїв та інструменту. Останні містять в собі: витрати на допоміжні матеріали, необхідні для обслуговування обладнання і ТП; заробітну плату допоміжних робітників, які обслуговують обладнання; витрати на електроенергію, амортизацію та поточний ремонт обладнання, а також відновлення стандартного інструменту.

Умовно-постійні витрати - це заробітна плата наладчиків обладнання, вартість інструментів і пристроїв, необхідних для виконання річної програми.

Трудомісткість операції або штучно-калькуляційний час

$$T_{шк} = T_{пз} / n + T_{ш}, \quad (10.2)$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заклучний час на партію виробів;

n - кількість виробів у партії;

$T_{ш}$ - норма штучного часу на виконання операції.

Підготовчо-заклучним називають час, який робітник витрачає на початкове ознайомлення з роботою і кресленнями, налагодження обладнання, пристроїв та інструменту для виконання даної операції, консультації з майстром, а також на змінення інструменту, пристроїв та на інші заклучні дії після виконання роботи.

Норма штучного часу

$$T_{ш} = T_{о} + T_{д} + T_{об} + T_{ф}$$

де $T_{о}$ - основний (технологічний) час;

$T_{д}$ - допоміжний час;

$T_{об}$ - час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця;

$T_{ф}$ - час на фізіологічні потреби і відпочинок.

Трудомісткість процесу становить суму трудомісткостей всіх операцій.

При аналізі складових частин формул (10.1) і (10.2) стає зрозумілим, яким чином можна зменшити вартість продукції та підвищити продуктивність праці.

Відомо кілька методів оптимізації ТП. Найпростішим і широко використовуваним методом є порівняльний аналіз, при якому за якісними ознаками (трудомісткість, собівартість, основний технологічний час та ін.) порівнюють кілька варіантів ТП і вибирають найраціональніший. Забезпечення найменшої собівартості - найважливіший критерій при виборі оптимального варіанта ТП. При однакових продуктивностях вибирають варіант з меншою собівартістю, а при однакових собівартостях - більш продуктивний. При різних продуктивностях і собівартостях вибирають варіант з меншою собівартістю за умови, що продуктивність кожного з варіантів, які порівнюються, не нижча від тієї, що потребується. У виняткових випадках (гостра кон'юнктура ринку, ліквідації "вузьких" місць виробництва та ін.) в рамках конкретного виробництва за основу можна взяти менш економічний, але більш продуктивний варіант. Як правило, технологічні процеси, що забезпечують більш високу продуктивність праці, характеризуються тим, що потребують більше часу на налагодження оснащення.

Не завжди вибір найпродуктивнішого обладнання економічно виправданий. Так, застосування високопродуктивного, але дорогого обладнання при малій програмі випуску виробів призводить до зростання собівартості виробу.

Метод порівняльного аналізу простий, але активно не впливає на хід проектування, оскільки базується лише на порівнянні

кішчевих результатів.

Поелементний аналіз ґрунтується на індивідуальному підході до кожного досліджуваного елемента технології та знаходженні на цій основі більш вигідних технологічних рішень, які забезпечать реалізацію мети проектування (економію матеріалів, електроенергії, зниження трудомісткості тощо). Метод дає змогу виявляти більш економічні способи виготовлення виробів у рамках існуючих інженерних рішень.

Морфологічний аналіз – це метод, використовувачи який можна активно втручатись в хід технологічного проектування за такою схемою: визначення на кожному етапі складання найсуттєвіших ознак; виявлення максимально можливої кількості варіантів реалізації кожної з них; установлення логічно можливих комбінацій варіантів досягнення всіх ознак та вибір однієї з них для практичної реалізації.

Найперспективніший метод оптимізації – це функціонально-вартісний аналіз. В його основу покладено такі принципи: функціональний підхід до технології, що проектується, як до системи; можливість застосування оригінальних нестандартних рішень; системність проектування та органічне поєднання технічних та економічних рішень; протизатратний механізм проектування; можливість вирішення протидіючих завдань, наприклад, зниження витрат ресурсів і одночасне підвищення якості виробів. Цей метод знаходиться на стадії становлення.

При виконанні курсового проекту краще користуватись поелементним і морфологічним аналізом. Порівняльний аналіз найпростіший, але потребує розробки кількох варіантів ТП і пошуку великої кількості інформації для розрахункових формул (10.1) і (10.2), що суттєво збільшує обсяг роботи. Функціонально-вартісний аналіз знаходиться на стадії становлення.

Оптимізувати необхідно тільки ті переходи та операції, для яких можливі різні варіанти виконання: лудіння, формування, обрізання виводів ЕРЕ; встановлення і кріплення ЕРЕ на плату; лаяння, промивання, покриття лаком та ін.

При розгляді варіантів виконання складальних робіт треба **де**держуватись основного принципу оптимізації – при мінімальних **в**итратах і високій продуктивності – виявлять необхідності

кількості виробів заданої якості.

У першу чергу слід проаналізувати можливість автоматизованого або механізованого виконання робіт і в останню - ручну працю. Це пов'язано з тим, що автоматизація приводить до зростання продуктивності праці, стабільності якості продукції, зниження втрат від браку, до зменшення собівартості складальних робіт, скорочення виробничих площ, вивільнення робітників, полегшення праці складальників і поліпшення умов праці, зменшення травматизму. На автоматах можна збирати вироби, складання яких вручну неможливе (наприклад, мініатюрних електронних виробів у вакуумі, в умовах токсичного, радіаційного, вибухонебезпечного, а також високотемпературного середовища). Для автоматизації робіт потрібно мати відповідне обладнання, з'ясувати технічну та економічну доцільність у конкретних умовах виробництва.

Початкові дані для оптимізації операцій: річна програма випуску, тип виробництва, організаційна форма складання, обсяг виробничої партії, стандарти, каталоги і довідники з прогресивного обладнання, пристроїв та інструменту, укрупнене нормування робіт, типові та групові ТП, технологічна схема складання, а також аналіз технологічності. Багато початкових даних для оптимізації має бути одержано при аналізі технологічності та пов'язано з елементною базою:

- типи ЕРЕ, їх кількість, габаритні розміри, типова геометрія корпусу, розміри виводів, установочні розміри;
- кількість типорозмірів ЕРЕ;
- необхідність формування, лудіння та обрізання виводів ЕРЕ;
- кількість монтажних з'єднань, які можуть здійснюватись механізованим або автоматизованим способами;
- кількість ЕРЕ, підготовка яких до монтажу може здійснюватись механізованим або автоматизованим способами;
- кількість оригінальних ЕРЕ і деталей;
- способи з'єднань;
- класифікаційна група, до якої відноситься ЕРЕ.

Всі ЕРЕ поділено на класифікаційні групи залежно від типової геометрії корпусу та виду, кількості та розміщення виводів. Так, вироби з гнучкими контактними виводами поділено на три групи:

1 - з осьовим розміщенням виводів (з двома виводами),
 2 - з одностороннім розміщенням виводів (кількість виводів більше двох),

3 - багатовиводні вироби складної форми.

Перша група - найчисленніша, і нараховує більше 150 типорозмірів. Це резистори, конденсатори, діоди, стабілітрони, геркони, деякі індуктивні елементи, варистори та ін. Типова геометрія цих виробів - циліндричний корпус і осьове розміщення виводів.

Розпочинати оптимізацію бажано із складальної операції встановлення і закріплення ЕРЕ на платі. Розглянемо, наприклад, ЕРЕ, що відносяться до першої класифікаційної групи. Якщо елементна база містить велику кількість ЕРЕ з двома осьовими виводами та одним установочним розміром, а корпуси цих ЕРЕ розміщено паралельно відносно одного з країв плати, то технічно та економічно доцільно встановлення таких ЕРЕ виділити в окрему операцію і виконувати її за допомогою автомата. Оскільки автомат спочатку обрізує та формує виводи ЕРЕ, а потім встановлює та закріплює ЕРЕ на платі, то стає зрозумілим, як готувати ці ЕРЕ до автоматизованого складання, і зникає необхідність в окремих операціях або переходах щодо формування та обрізання виводів.

Решту ЕРЕ з даної класифікаційної групи, що не потребують особливих засобів кріплення, можна встановлювати на механізованому робочому місці (при достатній кількості ЕРЕ), де їх монтують за допомогою зиг-замка. Тому при підготовці таких ЕРЕ до складання необхідно формувати їх виводи у вигляді зига.

Якщо ЕРЕ потребують особливих видів кріплення до плати (нарізного, приклеювання, встановлення на підставку, за допомогою комутів, скоб, власних тримачів та ін.) або особливої орієнтації, мають складну форму або особливі властивості (наприклад, крихкість та ін.), чи їх залишається мало після автоматичної установки, то такі ЕРЕ доцільно встановлювати та кріпити на платі вручну.

Аналогічно проводять оптимізацію відносно ЕРЕ, що належать до інших класифікаційних груп.

Для кожної класифікаційної групи застосовують автомати відповідних конструкцій. Роботи, пов'язані з встановленням ЕРЕ на

механізованому робочому місці або вручну, можна об'єднати в одну операцію для ЕРЕ всіх класифікаційних груп.

Таким чином, якщо в складальні роботи, що виконуються на автоматах, механізованому робочому місці та вручну, то мінімальна кількість складальних операцій встановлення ЕРЕ на печатну плату дорівнюватиме сумі автоматичних, механізованої та ручної операцій.

Кількість складальних операцій може бути й більшою, оскільки зміст операцій та їх кількість визначають виходячи з оптимальної диференціації складального виробництва, його типу, організаційної форми складання, а також специфіки складальних робіт.

При непотоковому виробництві доцільними технологічними межами диференціації є: однорідність виконуваних робіт; одержання в результаті виконання операції закінченого складального елемента; незалежність складання, зберігання і транспортування від інших складальних елементів; можливість використання простого (універсального) або переналагоджуваного технологічного оснащення; забезпечення мінімальної питомої ваги допоміжного часу в операції; сталі на даному підприємстві типові та групові операції.

У потоковому виробництві необхідний рівень диференціації операцій в основному визначається тактом складання. При розробці ТП поточкового складання слід забезпечити синхронність операцій, тобто тривалість їх повинна дорівнювати або бути кратною такту (ритму). Для цього весь процес складання поділяють на окремі дії, встановлюють тривалість окремих дій, після чого їх поєднують в операції необхідної тривалості. Дії та переходи можна переносити з однієї операції в іншу, не обов'язково суміжну, якщо це не порушує потрібну послідовність складання. Якщо не вдається досягти синхронності процесу, то для спрощення складання слід поліпшити технологічність виробу, використати більш досконале високопродуктивне обладнання, оснащення. На практиці синхронізування операції здійснюється з деяким ступенем приближення.

Аналогічно вичонують оптимізацію і для інших робіт.

Після визначення операцій (їх змісту, рівня механізації та

автоматизації) вибирають найпридатніші моделі обладнання, пристроїв та інструменту з класифікаторів, каталогів, довідників, уніфікованих ТП, типових технологічних операцій, стандартів та інших джерел. Потім установлюють розряди робіт і кількість робітників, необхідних для виконання кожної операції.

Результати розробки операцій слід оформити у вигляді табл. 10.1.

Т а б л и ц я 10.1

Номер операції	Найменування та зміст операції	Обладнання	Пристрій	Інструмент	Додоміжні матеріали	Режим	Примітки

Ключові та допоміжні слова для запису переходів треба вибирати з класифікатора технологічних переходів.

Як правило, операції нумерують через п'ять або десять номерів. Це пов'язано з частим допрацюванням та модернізацією робочих технологічних процесів. Вказаний вище підхід дозволяє добавляти нові операції без порушення нумерації існуючих. Перші операції присвоюють номер п'ять або десять.

11. НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Нормування ТП - це визначення штучного часу $T_{ш}$ для кожної операції при масовому виробництві і штучно-калькуляційного часу $T_{шк}$ - при серійному. В останньому випадку додатково розраховують підготовчо-заключний час $T_{пз}$.

Початковими даними для нормування є зміст операцій і укрупнене нормування робіт. Нормування процесу виконують у такій послідовності:

- за змістом кожного переходу і залежно від прийнятого варіанта його виконання (рівня механізації) визначають оперативний час $T_{оп}$ [10,11] та ін.;

- за змістом операції встановлюють оперативні часи переходів, що в ній містяться, і визначають оперативний час операції;

- розраховують норму штучного часу для кожної операції [10] за формулою

$$T_{ш} = T_{оп} K \left(1 + \frac{K_1 + K_2}{100} \right),$$

де K - поправочний коефіцієнт, за допомогою якого враховують групу складності і тип виробництва;

K_1 - процент від оперативного часу, відповідний до підготовчо-заклучного часу, часу на обслуговування робочого місця та особисті потреби;

K_2 - процент від оперативного часу, відповідний до часу на відпочинок;

- визначають підготовчо-заклучний час $T_{пз}$ для кожної операції за нормативами [10];

- розраховують штучно-калькуляційний час за формулою (10.2).

У пояснювальній записці потрібно навести приклад нормування однієї об'ємної операції, а потім одержані результати нормування всіх операцій об'єднати в табл. 11.1

Т а б л и ц я 11.1

Номер операції	Найменування операції	$T_{оп}$	$T_{ш}$	$T_{пз}$	$T_{шк}$

Після нормування операцій необхідно уточнити тип виробництва, виконавши розрахунки за викладеною раніше методикою.

12. ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

Для курсового проекту рекомендується маршрутно-операційний

опис технологічного процесу.

ТП складання, побудований з операцій та переходів, оформляють пастово або чорнилом в технологічних картах ГОСТ 3.1118-82. Цей ГОСТ передбачає форму 2 для першого або титульного листа і форму 16 для наступних листів. В основному написі титульного листа необхідно вказати: найменування виробу, для якого розроблено ТП; назву Інституту; прізвище, ініціали та підпис виконавця; кількість листів ТП; порядковий номер титульного листа. В основному написі наступних листів слід навести тільки порядковий номер.

Для маршрутно-операційного запису ТП достатньо використати рядки із службовими символами А, Б, М, О, Т. Інформацію в рядках із символами А, Б, М (код і найменування операції, обладнання, матеріали) необхідно розміщувати у строгій відповідності до вказівок, наведених в основному написі технологічної карти. У рядку Б крім найменування обладнання обов'язково заповнюють графи: Проф. - професія, Р - розряд робіт, КР - кількість робітників, КОВД - кількість одночасно виготовлюваних виробів, ОН - обсяг виробничої партії, $T_{пз}$ - підготовчо-заклучний час, $T_{шт}$ - штучний час.

Інформацію в рядках із службовими символами О, Т (переходи, пристрої та інструменти) слід подавати на всьому рядку технологічної карти. Зміст переходу повинен бути настільки докладним, щоб за його змістом і складальним кресленням або операційним ескізом можна було повністю зрозуміти зміст роботи. Порядковий номер переходу треба проставляти на початку рядка. Для універсального інструменту вказують номер стандарту або нормалі та основні характеристики.

За необхідності окремі операції забезпечуються операційними ескізами.

Між операціями, занесеними в технологічну карту, слід залишати один пустий рядок.

13. РОЗРОБКА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

При розробці ТП складання для виконання операцій доводиться передбачати різноманітні види оснастки. Технологу треба вибрати

або замовити конструкцію оснастки, тому він повинен знати принципи конструювання найпростіших пристроїв.

У тому випадку, коли процес складання не може бути здійснений із застосуванням лише стандартної технологічної оснастки, виникає необхідність у проектуванні спеціальної оснастки.

Слід мати на увазі, що елементи конструкції пристроїв - переважно стандартизовані і розроблені типові конструкції. Тому перед проектуванням потрібно ретельно вивчити всі відомі конструкції.

Конструювання технологічної оснастки повинно зводитись до розробки з'єднання стандартних деталей і вузлів в єдиний пристрій з мінімальною кількістю оригінальних деталей. Це підвищує технологічність конструкції. Необхідно враховувати продуктивність, яка може забезпечуватись або багатомісними конструкціями, або застосуванням механізованих режимів. Крім продуктивності та точності слід також приділяти особливу увагу зручності експлуатації оснастки і безпеці робіт.

Проектування спеціальної технологічної оснастки може носити характер допрацювання (часткового доповнення та змін існуючої універсальної, нормалізованої оснастки) або нового оригінального конструювання.

13.1. РОЗРОБКА МЕХАНІЧНОГО ПРИСТРОЮ

Для виготовлення електронної апаратури найчастіше застосовують пристрої складання, розвальцювання, клепа́ння, формування та обрізання виводів ЕРЕ, штампи та ін.

У цьому випадку початкові дані - робочі креслення деталі ЕРЕ або складальної одиниці з технічними умовами, а також річна програма випуску виробів.

При розробці механічних пристроїв мають бути послідовно вирішені такі питання: вибір типу оснастки, розробка схеми пристрою із зазначенням баз і точок прикладання сил, силові розрахунки, розрахунки точності, попередня ескізна проробка конструкції, розробка та оформлення складальних креслень пристрою. Потім необхідно дати опис конструкції пристрою у

взаємозв'язку всіх деталей і з відсиланням до позицій креслень та опис роботи пристрою, також з відсиланням до позицій креслень, починаючи з початкового стану, руху і взаємодії його рухомих частин і закінчуючи поверненням останніх до початкового стану. Якщо пристрій розроблено не для автомата, то треба вказати дії робітника при роботі з цим пристроєм.

При розробці пристроїв слід враховувати конструктивні особливості ЕРЕ. Так, наприклад, конструктивні особливості корпусних ІМС (наявність кристалів, герметизованих ввідів і швів, товщина дна корпуса та ін.) зумовлюють ряд специфічних вимог, що мають бути виконані при виготовленні мікроскладань на базі корпусних ІМС. Всі заходи безпеки зводяться до того, щоб захистити корпус ІМС і виводи від недопустимих деформацій. При рихтуванні, формуванні та обрізанні виводи ІМС піддають розтягу, згину і стиску. При цьому розтягальне зусилля прикладено до найчутливішої до механічного впливу зони корпуса - гермовводу. Якщо розтягальне зусилля або згин виводу безпосередньо біля корпуса буде надмірним, то в місці закріплення виводів імовірно виникнення тріщин по склу або кераміці тіла корпуса, що може призвести до його розгерметизації. Тому конструкція пристрою (штампа) для формування та обрізання виводів ІМС повинна забезпечувати жорстке кріплення кожного виводу ІМС поза зоною впливу скла або кераміки. Ділянка виводу на відстані 1 мм від корпуса не повинна підлягати згинальним і крутним деформаціям.

Конструкція штампа для формування та обрізання виводів ІМС [15] мусить забезпечувати створення незалежних і послідовних зусиль: затискування виводів біля корпуса, формування та обрізання. Величину цих зусиль підбирають залежно від кількості виводів, їх розмірів та матеріалу, а також щоб забезпечити цілісність гальванічного покриття виводів, мінімальне розтягальне зусилля вздовж осі виводу та одержати задану конфігурацію формовки.

При розрахунках необхідно визначити зусилля зворотних пружин і загальне зусилля [18,19], яке треба прикласти до пристрою для забезпечення його роботи.

Розрахунок точності пристрою базується на складанні розмірних ланцюгів [20,22]. До складу розмірного ланцюга

входить так звана замикальна ланка, яка безпосередньо зв'язує поверхні або осі, відносно відстань між якими слід забезпечити. Такими ланками можуть бути вазор, міжосьова відстань та ін. Відхилення складових ланок по-різному впливають на розмір замикальної ланки. Порядок розрахунку розмірних ланцюгів встановлено ГОСТ 16320-70 і залежить від того, яка задача розв'язується - пряма чи обернена. Необхідно скласти і розрахувати декілька розмірних ланцюгів, за допомогою яких можна визначити найважливіші точнісні параметри пристрою. На робочих кресленнях розроблених оригінальних деталей (2-3 найменування) потрібно проставити розміри з допусками, одержаними при розрахунку пристрою на точність.

Оформлюють креслення пристрою за стандартами на креслення в машинобудуванні.

Складальне креслення мусить давати повну уяву про конструкцію оснастки. Кількість видів, розрізів і перерізів має бути достатньою для деталювання. На складальному кресленні вказують габаритні, установочні, приєднувальні розміри, номери позицій (як правило, один раз) і технічні вимоги.

На складальному кресленні пристрою спрощено тонкими суцільними лініями розміщують зображення EFE (вузла) і розміри, які визначають їх взаємне розташування. Зображення EFE (вузла) наводять на видах, найзручніших для пояснення роботи пристрою.

Якщо, наприклад, розроблено пристрій для формування виводів EFE, то в правому верхньому куті креслення слід помістити операційний ескіз EFE після формування його виводів і нанести всі розміри з граничними відхиленнями, потрібні для виконання операції та контролю, а також для розрахунків конструкції пристрою. Складальні креслення повинні мати повну специфікацію складальних одиниць і деталей, яку необхідно оформити згідно зі стандартом і розмістити в пояснювальній записці як додаток.

Специфікація - це текстовий конструкторський документ, який визначає зміст складальної одиниці і необхідний для комплектування та виготовлення конструкторських документів. Для курсового проєкту достатньо, щоб специфікація містила п'ять розділів: "Складальні одиниці", "Деталі", "Стандартні вироби", "Інші вироби", "Матеріали".

У розділах "Складальні одиниці" і "Деталі" записують складальні одиниці і деталі, які безпосередньо входять у специфікований виріб.

У розділі "Стандартні вироби" наводять вироби, що входять в специфікований виріб за державним (ГОСТ), галузевим (ОСТ) і стандартами підприємства (СТП).

У розділі "Інші вироби" вказують вироби, виготовлені не за основними конструкторськими документами, а взяті з каталогів, прейскурантів тощо.

У розділ "Матеріали" записують загальну кількість кожного матеріалу із зазначенням одиниці виміру (на один специфікований виріб).

У курсовому проєкті передбачено деталювання складального креслення. Виконанню у вигляді робочих креслень підлягають найбільш складні та оригінальні деталі, особливо такі, що працюють у зв'язку між собою і від точності виготовлення яких залежить точність пристрою.

Робочі креслення деталей повинні містити всі необхідні відомості (проекції, розрізи, перерізи), які чітко й однозначно пояснюють конфігурацію деталей з обов'язковим використанням тільки тих умовностей, які передбачено стандартами ЄСКД.

На кресленні мають бути такі позначення:

- шорсткість поверхонь;
- геометрично, в повному обсязі та технологічно правильні розміри, необхідні для виготовлення і контролю деталі;
- матеріал;
- необхідні технічні вимоги відносно покриття, термічної обробки, допустимих граничних відхилень розмірів, форми та взаємного положення поверхонь тощо.

13.2. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Виготовлені вузли, блоки і зібраний виріб електронної апаратури піддають технічному контролю, який містить в собі візуальний контроль монтажу, функціональний контроль блоків і системний контроль всього виробу.

Функціональний контроль (перевірку електричних параметрів)

проводять на спеціальних установках - пультах, до яких підключать блок, що перевіряється, через з'єднувачі.

Початковими даними для розробки установки (пульта) контролю вихідних параметрів зібраного електронного вузла, блока є: напруги та струми живлення вузла, що контролюється; вхідні та вихідні сигнали; рівень контролю: придатний - непридатний, з цифровою інформацією, з указанням несправного каскаду, мікросхеми, ЕРЕ. Параметри напруг і струмів живлення, частотний діапазон та форми вхідних і вихідних сигналів мають бути вказані з граничними відхиленнями.

Спочатку необхідно розробити функціональну схему установки, потім електричну принципову схему, після цього виконати розрахунки схеми і вибрати елементну базу. Далі слід сконструювати установку, що найменше - креслення загального виду, потім розробити методику контролю вихідних параметрів вузла, блока, що контролюється, за допомогою розробленої установки.

14. ЗМІСТ ПРОЕКТУ

Курсовий проект повинен мати пояснювальну записку (30 - 40 стор.), додатки і графічну частину (2 аркуша формату А1).

Пояснювальна записка містить описи:

- проектування технологічного процесу складання;
- проектування і розрахунки спеціальної оснастки.

У кінці пояснювальної записки розміщують додатки:

- специфікацію до складального креслення вузла (приладу), виданого як завдання;
- розроблений технологічний процес складання, оформлений на бланках технологічних карт;
- специфікацію до складального креслення спеціального пристрою.

Графічна частина проекту включає:

- складальне креслення заданого вузла (блока, приладу);
- технологічну схему складання;
- складальне креслення спеціального пристрою;
- робочі креслення основних деталей пристрою.

При виконанні курсового проекту необхідно:

- провести аналіз умов роботи вузла (приладу);
- провести аналіз технічних умов на складання і контроль;
- оцінити технологічність;
- розробити технологічну схему і раціональний технологічний процес складання;
- виконати нормування операцій;
- оформити розроблений технологічний процес на бланках технологічних карт;
- сконструювати спеціальний пристрій;
- виконати розрахунки, необхідні для розробки пристрою;
- розробити складальні креслення пристрою;
- виконати (за вказівкою викладача) деталювання пристрою;
- оформити пояснювальну записку до курсового проекту.

Обов'язки викладача - це консультування студента, допомога у виборі того чи іншого варіанта вирішення питань, звернення уваги студента на принципи помилки в роботі. Завдання студент виконує самостійно і особисто відповідає за якість курсового проекту.

15. ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНУВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Пояснювальна записка у курсових та дипломних проектах - це основний та обов'язковий документ, що додається до конструкторської та технологічної документації.

Пояснювальну записку оформлюють згідно зі стандартом підприємства СТП ХАІ 4.02-86. Записку пишуть українською, російською або англійською мовами. Основні вимоги до пояснювальної записки: чіткість побудови (структури); конкретність та логічна послідовність викладу матеріалу; стислість і точність формулювань, яка виключає неоднозначне тлумачення; доведеність висновків та обґрунтованість рекомендацій. Пояснювальна записка повинна містити розрахунки та обґрунтування оптимальності прийнятих рішень, а не опис матеріалів, запропонованих у вигляді технологічних карт і креслень. Вмішувати у записці означення, формулювання та загальні положення, виписані з підручників, методичних посібників і довідників, неприпустимо. Речення в тексті мають бути компактними (не більше 20 слів).

Пояснювальну записку слід писати мовою, доступною для спеціаліста не лише даної, а й суміжних галузей. У записці потрібно дотримуватись єдності термінології. При використанні нових або рідко вживаних в літературі термінів значення їх треба пояснити при першій згадці. Не слід застосовувати у тексті неконкретні вирази, а також складні мовні звороти, жаргонні вирази, професіоналізми. Терміни, означення, умовні позначення, найменування, скорочення слів і словосполучень повинні відповідати вимогам державних стандартів і нормативних документів.

Записку пишуть розбірливим почерком на аркушах за формов 5 і 5а, рамки та основні написи оформляють за ГОСТ 2.104-68. Будь-які написи на полях - неприпустимі.

У записці в указаній послідовності мають бути такі структурні частини:

- титульний лист;
- аркуш із затвердженим завданням на проектування;
- зміст;
- вступ;
- основна частина;
- висновок;
- список використаних джерел;
- додатки.

Титульний лист курсового проекту оформлюють згідно зі стандартом підприємства СТП ХАІ 4.01-86. Всі назви розміщують симетрично відносно рамки. Перенесення слів на титульному листі неприпустиме.

Аркуш із завданням на проектування виконують на бланку встановленої форми (див. дод. 1).

У змісті послідовно перелічують всі заголовки розділів, підрозділів та додатків і вказують сторінки, на яких розміщено початок матеріалу.

У вступі необхідно дати коротку характеристику сучасного стану питань з теми завдання, розкрити актуальність теми та новизну підходу до її розробки. Обсяг вступу - не більше двох сторінок.

Зміст основної частини записки наведено в дод. 2, її текст

згідно з прийнятою структурою поділяють на розділи і підрозділи. Заголовки розділів записки, крім "Вступу", "Висновку" та "Списку використаних джерел", мають бути пронумеровані арабськими цифрами, підрозділів - арабськими цифрами в межах кожного розділу. Після заголовків розділів і підрозділів крапку не ставлять. Не припускається писати назву підрозділу в кінці сторінки, а його зміст переносити на наступну сторінку - необхідно, щоб під заголовком розмістилось не менше двох рядків тексту. Переноси слів у заголовку недопустимі. В тексті основної частини записки (але не в заголовках) мають бути посилання на всі використані джерела (номери розміщують у квадратних дужках), а також на таблиці, формули, структурні елементи графічної частини курсового проєкту.

Висновок повинен містити коротко викладені результати виконаної роботи і пропозиції щодо їх використання. Обсяг висновку - не більше однієї сторінки.

До списку використаних джерел входять книги, підручники, навчальні посібники, довідники, нормативно-технічні документи, стандарти, каталоги, типові та групові технологічні процеси, технологічні інструкції тощо. Всі джерела розташовують у послідовності їх появи у пояснювальній записці (ГОСТ 7.32-91).

У додатки необхідно включити специфікації та розроблений студентом технологічний процес складання, оформлений на бланках технологічних карт. Приклад заповнення бланків наведено в дод. 3.

Нумерація сторінок має бути наскрізною. Першою сторінкою вважають титульний лист, але номер сторінки на ньому не проставляють. Порядковий номер сторінки вказують у правому верхньому куті аркуша за наявності найпростішої рамки поля або у відповідній графі - при використанні форми ГОСТ 2.104-68.

Пояснювальна записка повинна бути зорієнтована і мати обкладинку із цупкого білого паперу. Обкладинку оформлюють як титульний лист.

16. ОФОРМЛЕННЯ СКЛАДАЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ ЗАВДАННЯ

При одержанні завдання студенту може бути запропоновано складальне креслення, виконане за застарілими стандартами. Тому

при вивченні креслення студент повинен виявити застарілі позначення та форми запису інформації і накреслити складальне креслення згідно з існуючими стандартами. Потрібно пам'ятати, що технолог не має права що-небудь змінювати в конструкції виробу або в технічних вимогах щодо його виготовлення. Помічені технологом у складальних кресленнях і технічних умовах недоліки, неясності й помилки виправляє конструктор. Тому змінювати, зменшувати або додавати інформацію для приведення початкового креслення до потреб курсового проектування можна тільки за вимогою викладача.

ЗРАЗОК БЛАНКА ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Харківський авіаційний інститут

Кафедра приладів літальних апаратів

ЗАВДАННЯ
НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

СТУДЕНТ _____

ВИКЛАДАЧ _____

1. ТЕМА ПРОЕКТУ _____

2. ПОЧАТКОВІ ДАНІ _____

3. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗРОБЦІ _____

4. ПЕРЕЛІК ОБОВ'ЯЗКОВИХ КРЕСЛЕНЬ _____

5. ТЕРМІН ЗАХИСТУ ЗАКІНЧЕНОГО ПРОЕКТУ _____

6. ДАТА ВИДАЧІ ЗАВДАННЯ _____

ВИКЛАДАЧ _____

ЗАВДАННЯ ПРИЙНЯТО ДО ВИКОНАННЯ "_____" "_____" 199 ____ р

ПІДПИС СТУДЕНТА _____

ЗРАЗОК ЗМІСТУ ОСНОВНОЇ ЧАСТИНИ ЗАПИСКИ

1. Призначення електронного вузла, умови роботи.
2. Аналіз технічних умов на складання і контроль.
3. Визначення типу виробництва.
4. Вибір організаційної форми складання.
5. Аналіз технологічності.
 - 5.1. Якісна оцінка технологічності.
 - 5.2. Кількісна оцінка технологічності.
6. Розробка технологічної схеми складання.
7. Вибір допоміжних матеріалів і визначення норм витрат.
8. Укрупнене нормування робіт.
9. Розробка операцій технологічного процесу.
 - 9.1. Обґрунтування поділу процесу на операції.
 - 9.2. Оптимізація операцій.
10. Нормування технологічного процесу.
11. Розробка спеціального пристрою.
 - 11.1. Обґрунтування розробки пристрою.
 - 11.2. Розробка схеми пристрою.
 - 11.3. Силові розрахунки.
 - 11.4. Розрахунки на точність.
 - 11.5. Опис конструкції пристрою.
 - 11.6. Опис роботи пристрою.

1. Разработке и оформлении конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник/ Э.Т. Куманчова, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др./ Под ред. Э.Т. Куманчовой. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1980.
2. ОСТ 92-1043-82. Технические требования и требования безопасности к типовым операциям сборки и монтажа блоков и узлов на печатных платах. Введ. 01.10.83.
3. Вобчинский А.М., Янсон Э.Ж. Технологичность изделий в приборостроении. - Л.: Машиностроение, 1983.
4. Коваленко П.И., Корниций И.Р., Ерьев В.Г. Технология сборки и испытаний авиационных приборов: Учеб. пособие. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1988.
5. Павловский В.В., Васильев В.М., Гутман Т.Н. Проектирование технологических процессов изготовления ПЭА: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1982.
6. ОСТ 92-1047-82. Типовые технологические операции очистки элементов, монтажных проводов, печатных плат, узлов, блоков и приборов. Введ. 01.10.83.
7. ОСТ 92-1046-82. Типовые технологические операции подготовки печатных плат к сборке и монтажу блоков и узлов. Введ. 01.10.83.
8. ТТП. Промывка печатных плат в спиртобензиновой смеси.
9. ОСТ 4 ГО.033.200. Припой и флюсы для пайки. Марки, состав, свойства и область применения. Введ. 01.01.80.
10. ОСТ 4 ГО.050.012. Нормативы времени (элементные). Нормирование монтажных работ. Введ. 01.11.73.
11. Отраслевые нормативы времени для технического нормирования электромонтажных работ в приборном производстве. Дифференцированные и укрупненные нормативы. Введ. 01.07.80.
12. Классификатор технологических операций машиностроения и приборостроения 1 25 151. м.: Изд-во стандартов, 1987.
13. ТТП. Изготовление субблоков и узлов на печатных платах.
14. ОСТ 4 ГО.054.266. Аппаратура радиоэлектронная. Сборочно-монтажное производство. Сборка блоков (модулей II уровня). Типовые технологические процессы. Введ. 01.07.82.

15. Сборка, регулировка и испытание авиационных приборов: Учебник для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп./ З.Ф. Уразев, В.А. Асс, Я.Н. Алексеев, В.Я. Мясников. -М.:Машиностроение, 1983.
16. ОСТ 4 ГО.060.010-ГО.060.056. Инструмент и типовая технологическая оснастка для сборочно-монтажных работ в производстве РЭА. Введ. 01.07.76.
17. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. 2-е изд., перераб. и доп. Вып 21. Производство радиоаппаратуры и аппаратуры проводной связи.-М.: Экономика, 1990.
18. Коридкий И.Г., Орлова В.Г. Проектирование технологических процессов обработки давлением деталей приборов и систем управления летательных аппаратов: Учеб. пособие.- Харьков: Харьк. авиацион-т, 1982.
19. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке.- Л.:Машиностроение, 1971.
20. Воицкий Е.А. Расчет и конструирование механизмов приборов и систем: Учеб. пособие для студентов вузов.-М.:Высш. школа, 1980.
21. Классификатор технологических переходов машиностроения и приборостроения 1 89 187.-И.: Изд-во стандартов, 1991.
22. Тищенко О.Ф., Валедицкий А.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов.-М.: Машиностроение, 1977.
23. ОСТ 4.010.030-81. Установка навесных элементов на печатных платах. Введ. 01.01.83.
24. ОСТ 92-9389-80. Установка электрорадиоэлементов на печатные платы радиотехнической аппаратуры. Введ. 01.01.82.

1. Загальні правила проектування технологічних процесів складання	3
2. Осваємлення із завданням	6
3. Аналіз технічних умов на складання і контроль	6
4. Визначення типу виробництва	7
5. Вибір організаційної форми складання	10
6. Аналіз технологічності	11
7. Розробка технологічної схеми складання	15
8. Вибір допоміжних матеріалів і визначення норм витрат	17
9. Укрупнене нормування робіт	18
10. Розробка операцій технологічного процесу	18
10.1. Поділ процесу на операції	19
10.2. Суттєвішія операції	20
11. Нормування технологічного процесу	27
12. Оформлення технологічних карт	28
13. Розробка спеціального пристрою	29
13.1. Розробка механічного пристрою	30
13.2. Розробка пристрою для контролю електричних параметрів	33
14. Зміст проекту	34
15. Оформлення пояснювальної записки	35
16. Оформлення складального креслення завдання	37
Додаток 1. Зразок бланку завдання на курсовий проект	39
Додаток 2. Зразок змісту основної частини записки	40
Додаток 3. Приклад заповнення бланків	41
Список використаної та рекомендованої літератури	42

0.00

Заболотний Віталій Анисимович

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
СКЛАДАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОІВ
ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Редактори: В. М. Коваль, Л. О. Кузьменко

Зв. план, 1997

Підписано до друку 12.11.97

Формат 60×84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк.

Умовн.-друк. арк. 2,5. Облік.-вид. арк. 2,81. Т. 100 прим.

Замовлення 73. Ціна вільна

Харківський авіаційний інститут
310070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
Ротапринт друкарні ХАІ
310070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
