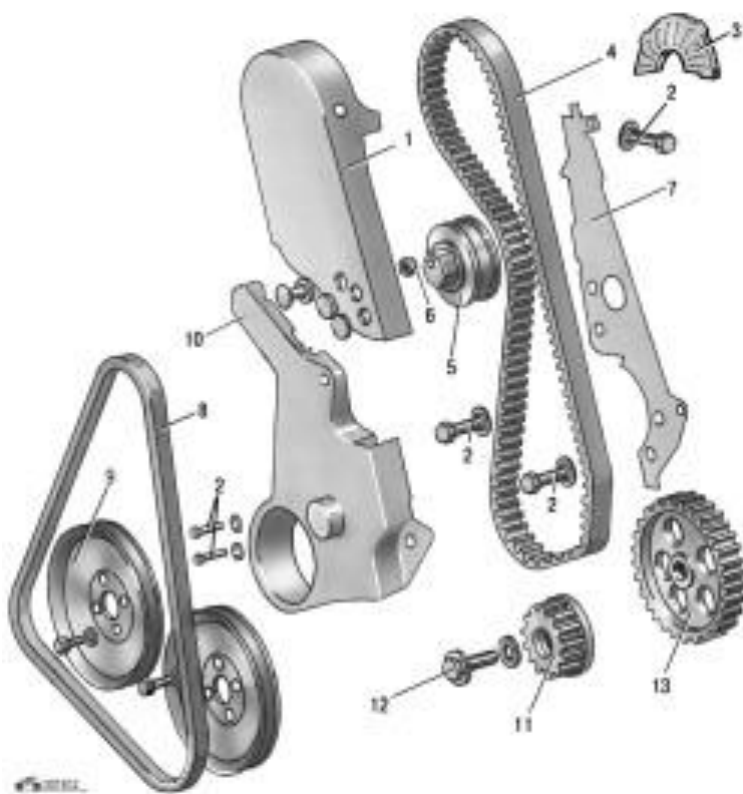


Складальні процеси в машинобудуванні



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Складальні процеси в машинобудуванні

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2013

УДК 621.717
ББК 34.6
С13

Рекомендовано до друку Вченою Радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 1 від 26.09.2013 р.)

Рецензенти:

О. В. Нахайчук, доктор технічних наук, професор

А. П. Поляков, доктор технічних наук, професор

Ю. А. Буренніков, кандидат технічних наук, професор

Савуляк, В. В.

С13 Складальні процеси в машинобудуванні : навчальний посібник / укладач: В. В. Савуляк – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 99 с.

В посібнику розглянуті основні теоретичні питання побудови технологічних процесів складання виробів машинобудівної, аналізу технологічності конструкції виробів, способам отримання різноманітних видів з'єднань та методам побудови складальних розмірних ланцюгів. Приділено увагу засобам і інструменту для автоматизації та механізації складання.

Навчальний посібник призначений для студентів спеціальностей "Технології машинобудування", "Відновлення та підвищення зносостійкості деталей та конструкцій", "Машинобудування" всіх форм навчання і може використовуватись під час аудиторної та самостійної роботи.

УДК 621.717
ББК 34.6

В. Савуляк, 2013

ЗМІСТ

	с.
Вступ	5
1. Складальні процеси в машинобудуванні.....	6
1.1 Місце складання в процесі виготовлення виробів.....	6
1.2. Службове призначення та технічні вимоги до машини.....	11
1.3. Технологічні схеми складання.....	13
2. Технологічність складальних одиниць.....	18
2.1. Вимоги до технологічності складальних одиниць.....	18
2.2. Технологічність складальних одиниць в умовах автоматично- го і ручного складання.....	22
3. Складальні розмірні ланцюги.....	26
3.1. Точність складання і методи її досягнення.....	26
3.2. Методи розрахунку складальних розмірних ланцюгів.....	29
4. Утворення з'єднань в процесі складання виробу.....	34
4.1. Класифікація з'єднань.....	34
4.2. Утворення нерухомих з'єднань.....	35
4.3. Утворення рухомих з'єднань.....	38
4.3.1. Складання різьових з'єднань	38
4.3.2. Складання шпонкових з'єднань.....	43
4.3.3. Складання шліцьових з'єднань.....	44
4.3.4. Складання підшипникових вузлів	45
4.3.5. Складання зубчастих і черв'ячних передач.....	48
4.3.6. Складання рухомих конусних з'єднань.....	50
4.4. Складання з'єднань по плоским поверхням.....	51
5. Контроль і випробування під час та після складання.....	53
5.1. Контроль з'єднань та геометричних параметрів виробів.....	53
5.2. Випробування виробів.....	61
5.3. Балансування механізмів.....	64
6. Механізація і автоматизація складальних робіт.....	67
6.1. Обладнання, оснащення та інструмент для ручного та механізованого складання.....	69
6.2. Складальні пристосування і стенди.....	71
6.3. Допоміжне обладнання складального виробництва.....	73
6.4. Автоматизація складальних робіт.....	77
7. Організація складальних робіт.....	84
7.1. Організаційна структура складання.....	84
7.2. Визначення кількості складальних місць та обладнання.....	87
7.3. Розрахунок кількості основного і допоміжного персоналу складального виробництва.....	92
Перелік використаних джерел.....	97

ВСТУП

Основною характеристикою якості освіти студентів конструкторських і технологічних спеціальностей є створення нових, прогресивних технологій отримання машин, їх окремих складальних одиниць і деталей. Ефективність розроблених технологій визначає собівартість кінцевої продукції та її відповідність вимогам споживача.

В машинобудівному виробництві, залежно від характеру технологічних процесів, розрізняють три стадії: заготівельну, механообробних і складальну.

Заготівельні виробництва в якості вихідних виробів використовують продукцію металургійних підприємств, що надходить у вигляді «чушок» і прокату різного сортаменту металів. Методами литва і обробки тиском ці вироби перетворюються на виливки, поковки, штампування, які своїми розмірами і конфігураціями вже дають уявлення про реальні деталі автомобілів і тракторів. В той же час, точність розмірів і якість поверхонь виробів, одержуваних у заготівельних виробництвах, в більшості випадків не відповідають вимогам креслень деталей.

Необхідна якість параметрів деталей досягається в механообробних виробництвах. У цих виробництвах методами лезової обробки поверхонь (точіння, фрезерування, протягування, свердління тощо), абразивної обробки (шліфування, хонінгування, полірування і т.д.) і методами поверхневого пластичного деформування забезпечуються вимоги, сформульовані конструктором на кресленні деталі.

Складання - це завершальний етап виробництва, що забезпечує отримання кінцевої продукції із заданими технічними якостями. Порівнюючи три стадії виробництва між собою, на перший погляд видається, що складання виробу найбільш простий етап. Тут не потрібно обладнання, що реалізує великі зусилля і температури, характерні для процесів заготівельного виробництва, великі потужності і широка номенклатура типів обладнання та інструментів механообробки. В принципі, складальні процеси можна реалізувати за рахунок простих технічних засобів і, відповідно, великої кількості робітників. При цьому якість продукції, що випускається і економічні показники роботи підприємства погіршуються.

Створення високоефективного складального виробництва особливо гостро залежить від технологічності конструкції складальних одиниць. Саме збірка є основним критерієм, що визначає якість конструкторських розробок для умов конкретного виробництва.

1. СКЛАДАЛЬНІ ПРОЦЕСИ В МАШИНОБУДУВАННІ

1.1 МІСЦЕ СКЛАДАННЯ В ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ

Процес складання є заключним етапом виготовлення машини, що визначає в значній ступені її експлуатаційні якості. Процес виготовлення машини може гарантувати досягнення усіх необхідних її експлуатаційних показників, а також надійності і довговічності в експлуатації лише при умові високоякісного проведення усіх етапів складання машини (тобто складання і регулювання окремих складаних одиниць – вузлів і загального складання і випробовування виготовленого виробу в цілому).

Це пов'язано з тим, що в процесі складання по різним причинам можуть виникати похибки взаємного розташування деталей, які суттєво знижують точність і службові якості виробу, що складається.

Трудомісткість складання складає 25 ... 35 % загальної трудомісткості виготовлення виробів, а при великому обсязі припасовувальних робіт (в одиничному і дрібносерійному виробництві) вона досягає 40 ... 50 %.

Тому технологічні процеси механічної обробки завжди підпорядковуються технології складання. Тільки розглядаючи виріб в цілому, можна визначити службове призначення кожної окремої деталі, встановити необхідну ступінь точності і шорсткості, призначити вимоги до поверхневого шару, визначити граничні відхилення геометричної форми, тобто призначити технічні умови на виготовлення і складання.

Виготовлення сучасних машин вимагає чіткої організації технологічного процесу складання при ретельній технологічній підготовці виробництва.

В загальному випадку всі процеси під час виробництва можуть бути класифіковані за ознаками:

- 1) за призначенням у виробництві - основний, допоміжний, обслуговуючий;
- 2) за характером виконуваних операцій - заготівельний, оброблювальний, складальний;
- 3) за характером об'єкту виробництва - простий, складний;
- 4) за участю праці в процесі - трудовий, природний;
- 5) за характером протікання в часі - дискретний, безперервний;
- 6) за мірою автоматизації - ручний, механізований, автоматизований, автоматичний.

Виробничий процес є сукупністю взаємозв'язаних трудових, технологічних і природних процесів, в результаті яких початкові матеріали перетворюються на готовий виріб.

Основний процес - процес виготовлення продукції, на якій спеціалізується підприємство і яка призначена для реалізації на ринку.

Допоміжний процес - процес виготовлення продукції, споживаної для власних потреб підприємства (виготовлення технологічного оснащення, робота ремонтів, вироблення усіх видів енергії, виготовлення тари та ін.).

Обслуговуючий процес - процес, що забезпечує протікання основних і допоміжних процесів (транспортування, складування і видача матеріалів і напівфабрикатів у виробництво, процеси лабораторних випробувань, контролю точності приладів та ін.).

Заготівельний процес - процес отримання заготівель (різанням, штампуванням, ковким та ін.).

Оброблювальний процес включає процеси механічної, термічної, хімічної обробки та ін.

Складальний процес - процес отримання складальних одиниць (вузлів), виробів, включає також випробування, консервацію, упаковку.

Простий процес - процес, що складається з ряду послідовних операцій виготовлення певного предмета виробництва (виготовлення деталі, зборка вузла, зборка машини і т. п.).

Складний процес - сукупність координованих в часі простих процесів.

Трудовий процес - процес, здійснюваний за участю людини.

Природний процес - процес, здійснюваний без участі людини (охолодження відливаних, сушка після покриття поверхонь, природне старіння заготівель).

Технологічний процес є складовою частиною виробничого процесу, що містить цілеспрямовану дію на зміну предмета виробництва, - його форми, розміру, зовнішнього вигляду, хімічного складу, агрегатного стану.

На базі одного і того ж технологічного процесу можна організувати ряд виробничих процесів, що мають різні організаційно-економічні показники.

Технологічним процесом складання називається процес з'єднання деталей у вузли, деталей і вузлів у механізми, деталей, вузлів і механізмів в машину. Деталі, вузли, механізми називаються складальними одиницями. Технологічний процес складання поділяють на операції, переходи, прийоми, встановлення і рухи.

Операцією називають закінчену частину технологічного процесу, котру виконує на одному робочому місці один робітник або група робітників.

Переходом називають закінчену частину операції, виконувану на одному робочому місці без зміни інструментів, поверхонь з'єднання, режимів роботи.

Прийом - це частина переходу, що складається із простих робочих рухів, які виконує один робітник.

Встановлення - надання відповідного положення складальним деталям. При виконанні цих елементів робітники виконують певні елементарні рухи.

Позиція - фіксоване положення, яке займає пристосування разом із закріпленою складальною одиницею, яка збирається, щодо інструмента або нерухомої частини обладнання для виконання певної частини операції.

Робочий хід - це закінчена частина технологічного переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента щодо предмета праці, супроводжуваного зміною форми, розмірів, властивостей предмета праці.

Допоміжний хід - це закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструменту, відносно предмета праці, що не супроводжуваного зміною форми, розмірів, властивостей предмета праці, але необхідного для підготовки робочого ходу.

Допоміжний перехід - це закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини або обладнання, які не супроводжуються зміною форми, розмірів, і особливих властивостей предмета праці, але необхідні для виконання технологічного переходу.

Об'єктами виробництва машинобудівної промисловості являють різні машини.

Машина - це виріб, що здійснює доцільні рухи для перетворення енергії або виробництва робіт.

У залежності від основного призначення розрізняють два класи машин:

- машини – двигуни;
- робочі машини (машини - знаряддя).

Машини – двигуни перетворюють один вид енергії в інший, зручний для використання.

Робочі машини – це машини за допомогою яких виконується змінення форми, властивостей і положення об'єкта труда.

Предмети праці в процесі їх виробництва на машинобудівному підприємстві називаються виробами.

Виріб - це предмет або набір предметів виробництва, які виготовляються на підприємстві.

Вироби в залежності від їх призначення поділяють на:

- вироби основного виробництва, що призначені для поставки (реалізації);
- виріб допоміжного виробництва, що призначені для власних потреб підприємства.

Стандартами встановлено такі види виробів:

- деталь;
- базова деталь;
- складальна одиниця (вузол);
- складальний комплект;
- комплектувальний виріб;
- агрегат.

Деталь - це виріб, виготовлений з однорідного за видом і маркою матеріалу без застосування складальних операцій.

Базова деталь – це деталі з базовими поверхнями, що виконують в складальному з'єднанні (вузлі), роль з'єднувальної ланки, що забезпечує при складанні відповідне відносне положення інших деталей.

Складальна одиниця - це частина виробу, яка збирається окремо і надалі бере участь у процесі складання як одне ціле.

Вузол - це складальна одиниця, яка може збиратися окремо від інших складових частин виробу (або виробу в цілому) і виконувати певну функцію у виробі одного призначення тільки разом з іншими складовими частинами.

Складальний комплект – це група складових частин виробу, які необхідно подати на робоче місце для складання виробу або його складової частини.

Комплектувальний виріб – це виріб підприємства-постачальника, застосовуваний як складова частина виробу, що його випускає підприємство-виробник.

Агрегат - це складальна одиниця, яка має повну взаємозамінність, з можливістю складання окремо від інших складових частин виробу (або виробу в цілому) і здатністю виконувати певну функцію у виробі або самостійно.

Об'єктами виробництва на машинобудівному підприємстві, крім машин та їх частин, можуть бути комплекси комплектуючих виробів.

Комплекс - це два і більше виробу, які не були з'єднані на підприємстві складальними операціями, але призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій. Наприклад: автоматична лінія, цех - автомат, верстат з ЧПК з керуючими панелями і т.п.

Комплект - це два і більше двох виробів, які не були поєднані на підприємстві складальними операціями і представляють набір виробів, які мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру (наприклад, комплекти запасних частин, інструменту та приладів, вимірювальної апаратури, пакувальної тари тощо).

Вироби в залежності від наявності або відсутності в них складових частин ділять на наступні категорії:

- не специфіковані (деталі) - не мають складових частин;
- специфіковані (складальні одиниці, комплекси, комплекти), складаються з двох і більше складових частин.

Заключним етапом у виготовленні виробу є складання.

Складання - це процес утворення рознімних або нероз'ємних з'єднань складових частин або виробу в цілому. В залежності від утворюваних, в процесі складання, елементів збірку поділяють на вузлову і загальну.

Вузлове складання (збірка) - це процес, об'єктом якого є складова частина виробу.

Загальне складання - це процес, об'єктом якого є виріб в цілому.

По стадіях процесу складання поділяється на такі види:

1) попереднє складання (збірка) - складання заготовок, складових частин або виробу в цілому, які в подальшому підлягають розбиранню (наприклад, попередня збірка вузла з метою визначення розміру нерухомого компенсатора);

2) проміжне складання (зборка) - складання заготовок, виконуване для подальшої їх спільної обробки (наприклад, попередня збірка корпусу редуктора з кришкою для подальшої спільної обробки отворів підшипників);

3) складання під зварювання - складання заготовок для їх подальшого зварювання;

4) остаточне складання - складання виробу або його складової частини, після якої не передбачене його подальше розбирання під час виготовлення.

Після остаточного складання для деяких виробів може слідувати демонтаж, до складу якого входять роботи по частковому розбиранні зібраного виробу з метою підготовки його до упаковки та транспортування до споживача (наприклад, збірка великих парових і гідравлічних турбін).

За методом утворення з'єднань процес складання поділяється на:

- слюсарну збірку - збірку виробу або його складової частини за допомогою слюсарно-складальних операцій;
- монтаж - установку виробу або його складових частин на місці використання (монтаж верстата з ЧПУ на підприємстві-споживачі);
- електромонтаж - монтаж електровиробів або їх складових частин, які мають струмопровідні елементи;
- зварювання, паяння, клепку і склеювання.

Зміст робіт, пов'язаних з виконанням складальних операцій залежить від типу складального виробництва. Тип складального виробництва (одиничне, серійне, масове) має великий вплив на технологію і організацію процесу збірки в машинобудуванні. Одиничне і дрібносерійне складальне виробництво характеризується:

- великою номенклатурою виробів;
- відсутністю усталеної технології складання;
- широким використанням універсального обладнання і інструментів;
- наявністю висококваліфікованих робітників;
- великим обсягом припасувальних робіт.

В багатосерійному виробництві обсяг робіт по збірці поділяється на складові частини, виділяється вузлове і загальне складання. Значно зменшується обсяг припасувальних робіт. Вироби збирають серіями, повторюючи через певні проміжки часу. У масовому виробництві складання однойменних виробів ведеться постійно. Є чіткий поділ на вузлове і загальне складання. За кожним робочим місцем закріплені певні складальні операції. Час виконання однієї складальної операції узгоджують із загальним темпом збірки. Розробляються найдокладніші вузлові технологічні процеси і технологічний процес загального складання. Обладнання розташовується по потоку у відповідності з технологією збірки. Припасувальні роботи, як правило, відсутні. Кваліфікація робітників нижче, ніж в одиничному і серійному виробництві. У структуру складальної операції в загальному випадку входять: подача деталей; їх орієнтація відносно один одного або якої-небудь однієї деталі; з'єднання; закріплення; зняття зібраного вузла і, нарешті, контроль (можливо і навпаки - контроль, а потім зняття вузла або подача його на наступну позицію збірки).

У складі технологічного процесу складання виробу в загальному вигляді виділяють наступні основні види робіт: підготовчі роботи; припасувальні;

власне складальні; регулювальні; контрольні; заправні роботи (змащення, консервування і т.д.); демонтажні.

Як видно з даного переліку, в технологічному процесі складання виробу є технологічні і допоміжні роботи. До перших відносять ті роботи, які мають безпосереднє відношення до збірки і виконуються в складальному цеху (власне складальні, регулювальні, контрольні, заправні, демонтажні). До допоміжних робіт відносять підготовчі та припасовувальні роботи. Поділ складального технологічного процесу на операції вимагає такої організації переходів, щоб їх оперативний час був однаковим або кратним між собою, а при масовому потоковому складанні дорівнювали або були кратні такту збірки.

1.2. СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАШИНИ

Розроблені технологічні процеси збирання обов'язково повинні враховувати службове призначення, технічні вимоги до машини, забезпечувати високу стабільність процесу виготовлення та оптимальний рівень якості продукції.

Під службовим призначенням машини розуміється максимально уточнене і чітко сформульоване завдання, для вирішення якого призначається машина.

Помилки, допущені під час розробки й уточнення службового призначення машини, призводять до створення недосконалих машин, до зайвих витрат праці на їх виготовлення, освоєння й експлуатацію.

Формулювання загального завдання, як правило, не викликає труднощів, але крім формулювання такого завдання, потрібно визначити всі додаткові умови та вимоги, що максимально уточнюють і конкретизують загальне завдання, тобто встановлюючи службове призначення конкретної машини, необхідно якнайточніше з'ясувати її функції і головне подати ці уточнення не тільки в якісній, але і кількісній формі.

Виконуючи аналіз службового призначення по-перше, необхідно з'ясувати, до якого класу машин належить цей виріб (енергетичного, робочого чи інформаційного).

Оскільки кожна машина створюється для виконання певного технологічного процесу, то визначення службового призначення необхідно починати з вивчення й опису самого процесу.

Під технологічним процесом, реалізованим машиною або за її допомогою, будемо розуміти сукупність послідовних дій, спрямованих на досягнення визначеного результату.

У зв'язку з цим формула службового призначення виробу повинна нести у собі таку основну інформацію:

- вичерпні дані про технологічний процес (для чого конкретно призначений виріб): продукцію, її вид, розміри, якість, кількість;
- умови, у яких буде працювати виріб: до них входять показники (із допустимими відхиленнями), що характеризують якість вихідного продукту,

вид та кількість спожитої енергії, режими роботи машини і її вплив на стан навколишнього середовища;

- вимоги до зовнішнього вигляду, безпеки роботи, зручності і простоти обслуговування та керування, рівня шуму, коефіцієнта корисної дії, ступінь механізації й автоматизації тощо.

Аналогічний підхід використовують при аналізі службового призначення окремих складових машини (агрегатів, вузлів, підвузлів тощо).

Найважливіший документ, що відображає службове призначення виробу - це технічні умови (ТУ). Технічні умови - невід'ємна частина технічної документації на обладнання. Вони повинні містити всі вимоги до обладнання, до його виготовлення, контролю, приймання, постачання, а також ті, які недоцільно вказувати в конструкторській або іншій технічній документації.

Згідно ДСТУ 1.3:2004 технічні умови (ТУ) - це нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким мають відповідати продукція, процеси та послуги.

ТУ є системним документом, тому що ТУ на будь-який виріб машинобудування, повинні містити наступні розділи (крім, зрозуміло, вступної частини):

- технічні вимоги;
- вимоги безпеки;
- вимоги до охорони навколишнього середовища;
- правила приймання;
- методи контролю (випробувань, аналізу, вимірювань);
- транспортування та зберігання;
- вказівки по експлуатації (застосування);
- гарантії постачальника.

ТУ тісно пов'язані зі службовим призначенням виробів. Міждержавний стандарт ГОСТ 2.114-95, що діє і в Україні, регламентує змістову частину технічних умов в машинобудуванні. Цей нормативний документ, узагальнює, уніфікує і узаконює всю практику розробки технічних умов на найрізноманітніші вироби.

У вступній частині ТУ вказують характеристику об'єкта, в якому використовують дану продукцію, загальну характеристику або умовне позначення сфери застосування і умов експлуатації продукції (на відкритому повітрі, в умовах вологого тропічного клімату, в середовищі осушеного трансформаторного масла і т. п.).

У розділі "Технічні вимоги" вказують вимоги, що визначають показники якості і експлуатаційні характеристики виробу. Показники та властивості продукції (виробів) обов'язково наводяться з урахуванням умов і режимів експлуатації, а також умов і режимів випробувань.

Деякі вимоги неможливо встановити заздалегідь, так як відповідні показники не можуть бути виражені безпосередньо, а лише встановлені за умови однозначного дотримання будь-яких інших вимог (до організації виробництва, гігієнічні вимоги до виробничих приміщень і виконавців,

використання певних елементів технологічного процесу, матеріалів, покриттів, спеціального технологічного обладнання або оснащення, тривалість обкатки, припрацювання, витримка готових виробів або матеріалів, рецептура тощо). У цьому випадку всі ці вимоги повинні бути також приведені в розділі "Технічні вимоги".

Залежно від характеру та службового призначення виробу у відповідних ТУ повинні бути передбачені вимоги до якості, яким виріб повинен відповідати.

Вимоги до якості встановлюються залежно від службового призначення. Вони повинні і можуть враховувати наступні фактори:

- фізико-хімічні, механічні та інші властивості, такі, як міцність, твердість, структура, шорсткість поверхні, хімічний склад, граничний вміст домішок, теплостійкість, термостійкість, зносостійкість, чутливість, точність тощо;
- експлуатаційні показники: продуктивність, швидкість, коефіцієнт корисної дії, витрата електроенергії, палива і масла тощо;
- група властивостей "надійності", тобто власне надійність, а також довговічність, безвідмовність, збереженість тощо;
- вимоги до конструкції, ергономічні, художньо-естетичні, органолептичні, біологічні, санітарно-гігієнічні та інші показники цього роду (скажімо, безпека в експлуатації, рівень шуму, перешкодозахищеність, зусилля, необхідні для управління та обслуговування, запаси регулювання органів управління, час готовності після включення, запах, смак, токсичність, маркувальні, захисні та інші види покриттів тощо);
- стабільність параметрів при впливі факторів зовнішнього середовища (кліматичних, механічних, циклічних змін температури, агресивних середовищ тощо);
- стійкість до миючих засобів, засобів дезінфекції, засобам і умовам стерилізації, паливу, олив; радіаційна стійкість тощо);
- особливі вимоги, наприклад, до умов та застережень під час транспортування, зберігання, користування, вогне- та вибухобезпеки, періодичності огляду, контролю, переконсервації тощо.

1.3. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ СКЛАДАННЯ

Побудова процесів загальної і вузлової зборки може бути наочно представлено за допомогою технологічних схем. Ці схеми відображають структуру і послідовність комплектування виробів і вузлів.

Технологічна схема складання показує послідовність приєднання та закріплення деталей (вузлів, складальних одиниць, агрегатів) у виробі або складальній одиниці. При розробці технологічної схеми складання необхідно обґрунтувати послідовність збирання. Критеріями вибору послідовності складання є: 1) поділ виробів на складальні одиниці, які зменшують кількість ланок у складальних розмірних ланцюгах і полегшують досягнення необхідної

точності, а так само забезпечують більш зручне складання і розбирання;
2) послідовність регулювань положення деталей у виробі або складальній одиниці.

При розподілі виробу на складальні одиниці і деталі доцільно керуватися наступними рекомендаціями:

- складальна одиниця не повинна бути занадто великою за габаритними розмірами і масою або складатися зі значної кількості деталей і з'єднань;

- якщо в процесі складання потрібне проведення випробувань, обкатки або спеціальної слюсарної пригонки складальної одиниці, то вона повинна бути виділена в особливу складальну одиницю (наприклад, зубчаста пара заднього мосту легкового автомобіля);

- складальна одиниця при наступному монтажі її в машині не повинна піддаватися будь-якому розбиранню, але якщо це неминуче, то відповідні роботи з розбирання необхідно передбачити в технології (кришка з корпусом шестеренного насоса);

- більшість деталей машин, за виключенням її головних базових деталей (станина, рама тощо), а також деталей кріплення та різьбових з'єднань, повинні бути включені в ті чи інші складальні одиниці, з тим щоб скоротити кількість окремих деталей, які безпосередньо подаються на загальну складання;

- трудомісткість складання повинна бути приблизно однакова для більшості складальних одиниць;

- складальна одиниця не повинна розбиратися як в процесі складання, так і в процесі подальшого транспортування і монтажу;

- габаритні розміри складальних одиниць повинні встановлюватися виходячи з необхідності забезпечення можливості їх складання і з урахуванням наявності технічних засобів для їх транспортування;

- складальним операціями повинні передувати підготовчі та припасувальні роботи, пов'язані з різанням металу, які зводяться в окремі операції і повинні проводитися на спеціальному робочому місці або в механічному цеху на верстатах;

- виріб слід розбивати таким чином, щоб конструктивні умови дозволили здійснювати збірку найбільшого числа складальних одиниць незалежно одна від одної і без шкоди для експлуатаційних характеристик машин, що забезпечує кращу ремонтпридатність.

Побудова технологічної схеми складання є необхідним кроком, що передуює розробленню технологічного процесу складання. Вона являє собою графічне зображення послідовності приєднання до базового виробу (деталі) інших деталей і складальних одиниць до перетворення базового виробу у готовий виріб. З метою спрощення побудови схеми складання доцільно провести попереднє розбиття виробу на вузли, підвузли, складальні одиниці та деталі (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 - Схема розбиття (розбирання) і складання машини

У загальному вигляді схема складання показана на рисунку 2. Індексація елементів машини здійснюється відповідно до номерів, проставлених на складальних кресленнях і в специфікаціях. Елемент, з якого починається складання, називається базовим. В якості базових деталей зазвичай приймаються вироби, які дозволяють виконати відносно велику кількість складальних з'єднань без переустановки. Однак, у тих випадках, коли явна базова деталь в складальній одиниці відсутня, необхідно розробити кілька маршрутів збирання і подальше проектування вести для кожного варіанту. Вибір оптимального варіанту маршруту збірки є складним завданням, тому що правильність його рішення визначається тільки на заключних етапах проектування, в результаті витрат великої праці на опрацювання кожного варіанту. Число варіантів, взятих для опрацювання, можна скоротити, якщо керуватися двома ознаками вибору оптимального маршруту збирання:

- кращим є той маршрут збірки, який забезпечує мінімальну кількість зміни баз виробу;
- маршрут повинен забезпечувати зручність установки деталей і можливість контролю якості виконаних складальних з'єднань.

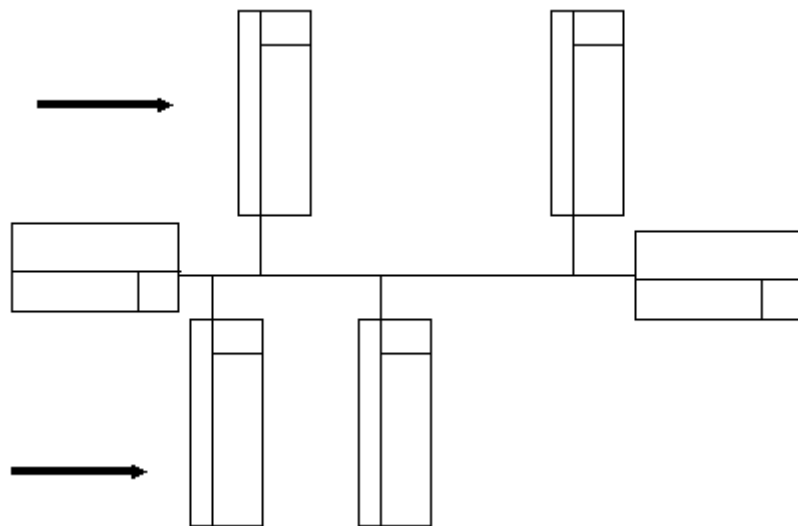


Рисунок 1.2 - Приклад оформлення технологічної схеми складання

Процес комплектування об'єкта складання зображується горизонтальною прямою лінією. Її проводять у напрямку від базового елемента виробу до зібраного об'єкта. Зверху умовно зображуються в порядку послідовності збирання всі деталі, що безпосередньо входять у виріб, а знизу вузли. На технологічних схемах вузлового складання ці вузли розчленовуються на підвузли і деталі. При цьому складальні одиниці 1-го порядку (ті, що входять безпосередньо в машину), а також інших порядків можуть бути подані своїми схемами складання. Технологічні схеми складання пояснюють надписами – зносками, що пояснюють характер складальних робіт (установити, запресувати, приварити нагвинтити, вгвинтити, перевірити зазори і т. д.), коли вони не ясні зі схеми, і контролювання, яке виконується при складанні. Додаткові роботи, до

яких можна віднести часткове або повне розбирання складових частин при складанні машини, також відображують на схемі пояснювальним надписом.

Рекомендований порядок заповнення граф, що позначають деталі і складальні одиниці показаний на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 - Заповнення граф елемента схеми складання

Питання для самоконтролю

1. Що таке службове призначення?
2. На основі яких міркувань формують службове призначення виробу?
3. Сформулюйте перелік основних пунктів, які повинно містити службове призначення.
4. Призначення та склад технічних умов.
5. Критерії розбиття виробу на складальні одиниці і деталі.
6. Види технологічних схем складання.
7. Порядок побудови технологічної схеми складання.

2. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ

2.1. ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ

Технологічність конструкції - це сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті виробів для заданих значень показників якості та умов виконання робіт.

У відповідності зі стандартом оцінка технологічності конструкції виробу буває двох видів: якісна («добре - погано», «допустимо - недопустимо») і кількісна (за основним і додатковими показниками технологічності).

Всі показники технологічності класифікуються за такими ознаками: об'єкт та область використання (виробничі, експлуатаційні, ремонтні); кількість ознак технологічності (одиничні, комплексні, інтегральні); області аналізу; спосіб вираження; значимість; система оцінювання.

Показники технологічності поділяються за кількістю ознак на одиничні (характеризують тільки одну ознаку технологічності конструкції виробу) і комплексні (характеризують дві або більше ознак технологічності). Показники за областю аналізу поділяються на технічні й техніко-економічні. За способом вираження показники поділяються на основні й додаткові; за системою оцінювання показники технологічності є базові й конструкції, що розробляється.

За етапами вивчення технологічність конструкції виробу буває:

виробнича - технологічність конструкції виробу на етапі виробництва виробу;

експлуатаційна - технологічність конструкції виробів на етапі експлуатації та поточного ремонту виробу;

ремонтна - технологічність конструкції виробу при всіх видах ремонту, крім поточного.

Виробнича технологічність досягається і оцінюється в першу чергу якісно за рахунок:

1. Підвищення серійності при виготовленні (обробці, складанні, випробування тощо) і, як наслідок, створення однакових конструкцій шляхом:

- уніфікації, виробів, складальних одиниць і деталей шляхом приведення декількох різних конструкцій до однієї, зокрема, за рахунок запозичення з інших виробів та повторюваності деталей і складальних одиниць у межах, одного виробу;

- створення параметричних рядів на основі базової конструкції;

- стандартизації виробів, складальних одиниць, деталей і їх елементів (різьбових елементів, діаметрів отворів, галтелей і т.п.)

2. Раціонального призначення матеріалів і зниження його витрат за рахунок:

- вибору найбільш дешевого матеріалу без втрати якості виробництва;

- вибору найбільш дешевого виду заготовок: прокат, лиття, штампування тощо;
- найбільш економного витрачання матеріалів шляхом зміни конструкції, призначення припусків тощо;
- вибору найбільш легко оброблюваного матеріалу;
- скорочення обсягу дорогої механічної обробки;
- зниження маси деталей і виробу в цілому;
- обмеження номенклатури застосовуваних матеріалів у виробі.

3. Вибору раціональних за формою елементів конструкцій деталей, які забезпечують:

- жорсткість конструкції;
- взаємозамінність (відсутність або скорочення припасувальних операцій);
- зручність і низьку вартість виготовлення деталей за рахунок правильної розстановки розмірів;
- правильне розташування елементів деталі і їх уніфікації тощо.

4. Вивченні умов виробництва, де буде виготовлятися виріб:

- наявності обладнання, оснащення, уніфікованих технологічних процесів, традицій виробництва, наявності кваліфікованих кадрів;
- застосування прогресивних технологічних процесів;
- застосування засобів автоматизації виробничих процесів тощо.

В таблиці 2.1 показані рекомендовані показники оцінки технологічності конструкції виробу.

Таблиця 2.1 - Рекомендовані показники технологічності конструкції виробу згідно ГОСТ 14.201-83 (вибірково)

Показники технологічності конструкції виробу	Види виробів			
	Деталь	Складальна одиниця	Комплекс	Комплект
1	2	3	4	5
1. Трудомісткість виготовлення	+	+	+	+
2. Питома матеріаломісткість	-	+	+	-
3. Технологічна собівартість виробу	+	+	+	+
4. Середня оперативна трудомісткість технічного обслуговування	0	+	+	-
5. Середня оперативна вартість технічного обслуговування	0	+	+	-
6. Середня оперативна тривалість технічного	0	0	0	0

обслуговування				
7. Питома трудомісткість виготовлення виробу	-	+	+	-
8. Трудомісткість монтажу	-	+	+	-
9. Коефіцієнт застосовуваності матеріалу	-	+	0	0
10. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів	+	0	0	0
11. Коефіцієнт збірності	-	+	+	-

Примітка:

1) знак "+" означає, що обов'язкове визначення величини показника точними методами;

2) знак "-" означає, що для даного виду виробів або стадії розробки конструкторської документації показник не визначається;

3) знак "0" означає, що не обов'язково визначення показника в загальному випадку.

До основних показників відносять наступні: трудомісткість виготовлення виробу; рівень технологічності конструкції по трудомісткості виготовлення; технологічна собівартість виробу; рівень технологічності конструкції по технологічній собівартості виробу.

До додаткових показників технологічності конструкції виробу відносять дві основні групи:

- техніко-економічні показники (трудомісткості - відносна трудомісткість заготівельних, робіт відносна трудомісткість процесу виготовлення по видам робіт, відносна трудомісткість підготовки виробу до функціонування, відносна трудомісткість профілактичного обслуговування функціонуючого виробу, відносна трудомісткість ремонтів виробу, коефіцієнт ефективності взаємозамінності; собівартості - відносна собівартість підготовки виробу до функціонування, відносна собівартість профілактичного обслуговування функціонуючого виробу, відносна собівартість ремонтів виробу, питома вартість ремонтів)

- технічні показники (уніфікації конструкції - коефіцієнт уніфікації виробу, коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів, коефіцієнт стандартизації виробу, коефіцієнт повторюваності; уніфікації застосовуваних технологічних процесів - коефіцієнт застосування типових технологічних процесів; витрати матеріалу - маса виробу, питома матеріаломісткість виробу, коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт застосовуваності матеріалу;

обробки - коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхні; складу конструкції - коефіцієнт збірності, коефіцієнт перспективного використання в інших виробках).

Додаткові показники технологічності дозволяють оцінити: рівень стандартизації і уніфікації виробу; надійність виконання встановлених для виробів функцій при мінімальному числі основних частин; можливість раціонального членування на складові частини (коефіцієнт збірності); дотримання принципу взаємозамінності, а також усунення припасувальних і доводочних робіт (коефіцієнт взаємозамінності); надійність теоретичної схеми базування і дотримання принципу суміщення складальної, технологічної та вимірювальної баз; можливість автоматизації складальних робіт (коефіцієнт автоматизації $K_{авт}$). Кількість показників, які характеризують технологічність конструкції виробу може сягати 50 штук.

Для випадку автоматичного складання за значенням коефіцієнта автоматизації можна судити про рівень автоматизації складання виробу і його складових частин. Значення $0 < K_{авт} < 0,45$ низький ; $0,45 \leq K_{авт} \leq 0,60$ — середній; $K_{авт} > 0,60$ — високий ступінь автоматизації.

Методика аналізу конструкції виробу на технологічність та оцінки рівня технологічності виробу встановлена ГОСТ 14.201-73.

Вибір складу показників технологічності конструкцій здійснюється відносно до конкретного виробу згідно ГОСТ 14.202-73 (таблиця 2.2).

Для кількісної оцінки технологічності конструкції виробу можна застосувати узагальнений коефіцієнт технологічності

$$K_T = \sum_{i=1}^m \lambda_i K_i,$$

де K_i - величина i -го коефіцієнту технологічності; λ_i - рівень значимості i -го коефіцієнту технологічності.

Таблиця 2.2 - Розрахункові формули і вагові коефіцієнти (орієнтовно) для розрахунку коефіцієнта технологічності виробу

Назва коефіцієнта K_i	Позначення і розрахункова формула	Параметри формул	λ_i		
			одиничне	серійне	масове
Коефіцієнт числа деталей	$K_{чд} = e^{-0,006n}$	n - загальна кількість деталей і складальних одиниць у виробі	0,2	0,15	0,1
Коефіцієнт повторюваності	$K_{пов} = 1 - Q/n$	Q - кількість найменувань деталей і складальних одиниць у виробі	0,2	0,1	0,05
Коефіцієнт механізації	$K_{мех} = n_{мех}/n$	$n_{мех}$ - кількість деталей, які можна встановити зі застосуванням засобів механізації	0,1	0,2	0,3

Коефіцієнт взаємозамінності	$K_{вз} = n_{вз} / n$	$n_{вз}$ - кількість з'єднань, які виконуються по методу повної взаємозамінності	0,15	0,2	0,2
Коефіцієнт уніфікації і стандартизації	$K_y = n_y / n$	n_y - кількість стандартних та уніфікованих деталей.	0,1	0,15	0,15
Коефіцієнт числа напрямків	$K_v = 1 - V_i / n$	V_i - кількість напрямків складальних рухів	0,2	0,1	0,05
Коефіцієнт збірності	$K_{зб} = O / Q$	O - кількість складальних одиниць у виробі	0,05	0,1	0,15

Примітка: Сума вагових коефіцієнтів λ_i для будь-якого набору коефіцієнтів, що характеризують технологічність виробу, має становити одиницю.

Якщо, після проведених розрахунків коефіцієнт K_T знаходиться в межах 0,7 ... 1, то конструкція вважається високотехнологічною, якщо $K_T = 0,2...0,7$ - технологічною, а якщо $K_T = 0...0,2$ - нетехнологічна.

З метою більш комплексного дослідження технологічності виробу потрібно також проводити якісний аналіз.

2.2. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ В УМОВАХ АВТОМАТИЧНОГО І РУЧНОГО СКЛАДАННЯ

Для автоматизованого і потокового складання виріб повинен мати просту компоновку з мінімальною кількістю найменувань складових частин. Це особливо важливо, так як при великому числі деталей складальна лінія виходить складною, багатопозиційною і, як наслідок цього, малонадійною в роботі. Надійність роботи такої лінії визначається як добуток надійності її елементів (складальних позицій). Для забезпечення високої продуктивності складання, автоматизовану жорстко блоковану лінію доцільно застосовувати при числі складальних позицій не більше 12 ... 16. При більшому числі позицій рекомендують створювати міжопераційні заділи або використовувати несинхронний транспорт, який повинен забезпечувати незалежну роботу кожної позиції зі своїм певним тактом. Тому одним з головних напрямків відпрацювання конструкції виробу на технологічність є її спрощення за рахунок скорочення кількості деталей, заміни з'єднань важких для механізованого складання. Конструкція виробу повинна передбачати зручність його збирання і розбирання (ремонтпридатність). Для цього, перш за все, вона повинна мати можливість розділятися на складові частини (складальні одиниці), збірку яких можна провести відособлено і самостійно на окремих складальних ділянках або роботизованих складальних комплексах. Якщо механізми виробу є одночасно і його складовими частинами, то перед подачею на вузлове складання вони проходять контроль і випробування, що дозволяє уникнути появи дефектів під час загального складання і підвищує якість виробу. Використання уніфікованих стандартних деталей і складових частин не тільки скорочує трудомісткість і вартість їх виготовлення, але і веде до

скорочення номенклатури складального устаткування і інструментів. Так, число автоматичних складальних позицій, їх конструктивне виконання і складність залежить від уніфікації елементів виробу, що збирається. Якщо мова йде про незалежні з'єднання, які можна виконати в будь-якій послідовності, то коефіцієнт повторюваності характеризує можливість застосування багатошпindelних складальних позицій. При цьому число обладнання одноцільового призначення залежатиме від раціонального розташування цих з'єднань у виробі - відстань між ними повинна бути більшою або дорівнювати мінімально допустимій відстані між осями виконавчих складальних механізмів. Якщо складаний виріб має повторювані залежні з'єднання, що виконуються в певній послідовності і роздільно, так як між ними встановлюються інші деталі, то коефіцієнт повторюваності характеризує число однакових складальних позицій в лінії. Витрати на підготовку виробництва та проектування таких позицій скорочується. У роботизованих складальних комплексах коефіцієнт повторюваності характеризує скорочення типорозмірів захватних подаючих приладів. Застосування уніфікованих елементів і складових частин конструкції дозволяє застосовувати типові стандартне складальне устаткування, вартість якого набагато нижче. При розробці оригінального автоматичного обладнання витрати на його проектування, виготовлення дослідних зразків і налагодження зростають в 1,8 ... 2,0 рази.

Крім того, для автоматичного складання дуже важливим є напрямок складального руху. Число напрямків складальних рухів під час складання виробів має бути мінімальним, тому що від цього залежить структура складальної лінії, число позицій, комплект оснащення, і її габарити, продуктивність складання. Для умов автоматичного збирання найкращим рухом є вертикальний рух згори донизу. Горизонтальний напрямок збірного руху неприйнятний для більшості складальних робіт. Тому, якщо рух складання відрізняється від вертикального, збираний виріб доводиться кантувати, крім того збірка в горизонтальному положенні накладає додаткові вимоги до точності положення деталей, що збираються, і до точності позиціонування складального робота. Кожне кантування веде не тільки до підвищення вартості складання, а й до збільшення тривалості складального циклу. Для досягнення необхідної точності взаємного положення елементів виробу, що збирається, слід поєднувати складальні бази з технологічними і вимірювальними базами. Базова деталь виробу повинна мати технологічну базу, що забезпечує достатню стійкість збираного об'єкта. Вкрай не бажаним для автоматичного складального процесу є зміна технологічних баз виробу, що збирається, так як це вимагає не тільки кантування збираного об'єкта, а й створення нових складальних пристосувань і розчленування лінії на ділянки зі своїми транспортними системами і привідними станціями. Це призводить до збільшення вартості складальних робіт і зниження точності збірки. Для дотримання принципу взаємозамінності доцільно запобігати багатоланковим розмірним ланцюгам, які звужують допуски на виготовлення складових ланок. Якщо скоротити число ланок неможливо, то в конструкції виробу слід

передбачити жорсткий або регульований компенсатор. У цьому випадку необхідну точність вихідної (замикаючої) ланки легко забезпечити підбором або припасуванням жорсткого компенсатора або установкою на необхідний розмір регульованого компенсатора. При автоматичному виконанні складання виробу і його складових частин необхідно, щоб точність замикаючої ланки складальної розмірного ланцюга забезпечувалася методом повної взаємозамінності. Виконання припасувальних робіт, як правило, неприпустимо. Проведення регульовальних робіт, розбирання і повторного збирання вимагає ручних операцій і знижує рівень автоматизації виробництва.

Якщо з'єднання виконуються методом групової взаємозамінності (селективна збірка), то автоматизувати процес можливо, але зі збільшенням капітальних витрат на 10 ... 15%, оскільки потрібно здійснювати суцільний % контроль сполучених поверхонь деталей, що збираються. Для цього збірні лінії необхідно оснастити контрольними автоматами, а позиції - додатковими вібробункерами і подавальними пристроями в системі адресування. У випадках, коли за умовами складання необхідно забезпечити визначити єдино можливе положення зібраних елементів у виробі, передбачають установчі позначки, контрольні штифти, несиметричне розміщення кріпильних деталей. Для розбирання виробу при його обслуговуванні та ремонті необхідно передбачити зручне пресування штовхачів, різьбові отвори для віджимних гвинтів, рим-болти і виступи для захоплення і підйому важких деталей. При конструюванні виробу необхідно забезпечити можливість зручного підведення високопродуктивних механізованих і автоматизованих збірних інструментів до місця сполучення деталей. При виконанні з'єднань з зазором та натягом, а також нарізних з'єднань необхідно мати західні фаски на торцях сполучених поверхонь, а також направляючі елементи (пояски і розточки) для поліпшення умов збирання. Наявність фасок і напрямних елементів на торцях сполучених поверхонь деталей дозволяє за допомогою спеціальних складальних виконавчих механізмів і приладів компенсувати наявні на складальній позиції похибки. Це істотно підвищує рівень механізації та автоматизації складальних процесів. Для забезпечення складання деталей по декільком посадковим поверхням останні слід робити ступінчастими з різними довжинами посадочних шийок. При цьому безвідмовність автоматичного збірного процесу підвищується на 15 ... 30%.

Технологічний процес автоматичного складання істотно відрізняється від ручної і механізованої збірки. Для забезпечення автоматичного складання потрібно мати: 1) бункерно-орієнтуючі пристрої для простих деталей виробу, касети або магазини, завантажені більш складними за своєю конфігурацією деталями в попередньо орієнтованому вигляді, 2) накопичувачі, які сполучаються з бункерно-орієнтуючими пристроями відкритими або закритими лотками; 3) відсікачі - пристрої для поштучної видачі деталей з накопичувача на складальну позицію автомата; 4) живильники - пристрої для передачі деталей з накопичувача після вивільнення її відсікачем на складальну позицію автомата (надсилають деталь для точного з'єднання зі спряжованою деталлю),

5) пристрої для отримання з'єднань (пресових , клепаних і т.д.); 6) пристрої, які виконують спеціальні функції (обдувку, наносять мастило тощо); 7) пристрої, які контролюють правильність виконання з'єднання; 8) механізм для видалення зібраного виробу з автомата в тару або на транспортер для передачі на наступний автомат без зміни орієнтації.

Таким чином, на перший план під час аналізу технологічності виробу для автоматизованого складання виходять питання орієнтації і подачі деталей і складальних одиниць в робочу зону.

Для ручного складання до конструкції ставлять ряд подібних вимог з деякими відмінностями:

1. Для скорочення тривалості загальної збірки бажано, щоб окремі складальні одиниці приєднувалися до базового елемента незалежно один від одного, тим самим з'являється можливість паралельного виконання складальних операцій.

2. У тих випадках, коли точність з'єднання складальних одиниць (деталей) досягається регулюванням в процесі складання, необхідно передбачити відповідні risks (мітки), контрольні штифти і подібні елементи орієнтації та фіксування складальних одиниць (деталей).

3. Необхідно передбачати в конструкції виробу можливість візуального контролю утворюваних з'єднань та вільний доступ складальних інструментів і пристроїв, що полегшують працю і підвищують продуктивність складальних робіт.

6. Вироби повинні збиратися без складних пристосувань і стендів. Бажаним є складання без повороту базової деталі.

7. Слід скорочувати спільну механічну обробку деталей, що сполучаються, а також припасувальні і доводочні роботи "по місцю". Після них необхідно ретельно очищати виріб, щоб стружка, тирса не залишилися в механізмі.

Питання для самоконтролю

1. Поняття технологічності конструкції виробу.
2. Якісна і кількісна характеристика технологічності конструкції.
3. Кількісне визначення показників технологічності конструкції.
4. Етапи визначення технологічності.
5. Вимоги до технологічності конструкції за умов ручного складання.
6. Вимоги до технологічності конструкції виробу в умовах автоматичного і автоматизованого складання.

3. СКЛАДАЛЬНІ РОЗМІРНІ ЛАНЦЮГИ

3.1. ТОЧНІСТЬ СКЛАДАННЯ І МЕТОДИ ЇЇ ДОСЯГНЕННЯ

Точність складання - один з найважливіших техніко-економічних показників якості машин. Параметри, що характеризують точність як машини в цілому, так і її конструктивних і складальних елементів, встановлюють, виходячи зі службового призначення виробу.

Точність складання - ступінь збігу матеріальних осей, контактних поверхонь чи інших елементів сполучених деталей з розташуванням їх умовних прототипів, положення яких визначається відповідними розмірами на кресленні або технічними вимогами. До основних показників точності складання відносять: точність відносного руху виконавчих поверхонь; точності їх геометричних форм і відстаней між цими поверхнями; точність їх поворотів. Точність машини є функцією точності складових її частин - деталей, вузлів та їх з'єднань. Великою протилежній точності складання є похибка складання. Похибка складання викликається: похибками розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь сполучених деталей; неякісною обробкою поверхонь, що сполучаються; неточною установкою і фіксацією складальних одиниць у процесі збірки; неякісною припасуванням і регулюванням сполучених складальних одиниць виробу; порушеннями умов і режимів виконання складальних операцій; геометричними неточностями складального обладнання, пристосувань та інструментів; неточністю налаштування обладнання; деформаціями деталей під дією залишкових напружень в їх матеріалі. Якщо похибка збірки перевищує задану величину, то це призводить до зниження якості складання, а значить і якості виробу в цілому. З'єднання деталей, які утворені в процесі складання виробу, можуть бути нерухомими або рухомими. Ступінь рухливості (нерухомості) з'єднання деталей залежить від величин зазорів (натягів), отриманих при збірці, або, інакше, від величин відхилень розмірів сполучених деталей. Таким чином, точність складання закладається конструктором при розробці виробу, а забезпечується технологіями отримання деталей і збірки.

Взаємозв'язок деталей і з'єднань виробу визначається на основі виявлення і аналізу розмірних ланцюгів. Основні завдання розмірного аналізу наступні:

1. Розрахунок номінальних розмірів і допусків складальних одиниць виробу.
2. Визначення найбільш раціонального методу досягнення необхідної точності виробу або його складових частин.
3. Вивчення взаємозв'язку складальних одиниць виробу.
4. Розробка послідовності комплектації.

Правильне виконання розмірного аналізу на основі різних методів вирішення розмірних ланцюгів дозволяє забезпечити задану точність виробу і його складових частин. Необхідна точність з'єднань і виробу в цілому може

бути забезпечена методами повної та неповної взаємозамінності. Метод неповної взаємозамінності реалізують: а) груповим підбором; б) регулюванням; в) припасуванням.

Метод повної взаємозамінності застосовують у великосерійному і масовому виробництві. При збірці цим методом відбувається лише з'єднання деталей, що сполучаються, виготовлених з розмірами і допусками, встановленими з конструктивних міркувань. Деталі для складання цим методом виготовляють з малими допусками (вартість операцій механічної обробки деталей відносно висока), тому точність збірки (останнього у ланки) забезпечується автоматично.

Метод неповної взаємозамінності застосовують у серійному і одиничному виробництві. Він характеризується виготовленням деталей з великими допусками, внаслідок чого точність збірки (замикаючої ланки) забезпечується не у всіх зібраних виробів. Додаткові витрати, пов'язані з виправленням бракованих виробів, компенсують економією, одержуваною під час виготовленні деталей з великими допусками.

Груповий підбір застосовують у тих випадках, коли конструктивні допуски менше технологічних. Суть методу полягає в тому, що деталі виробу, який складається обробляють за розширеними економічно досяжними допусками і сортують за їх дійсним розмірам на групи таким чином, щоб при з'єднанні деталей, що входять в однойменні групи, була забезпечена точність замикаючої ланки, встановлена вимогами складального креслення. Метод групової взаємозамінності застосовується, в основному, для розмірних ланцюгів, що складаються з невеликого числа ланок.

Метод регулювання - це метод, при якому точність замикаючої ланки досягається зміною розміру або положення компенсуючої ланки без зняття шару металу. На розміри сполучених деталей призначають великі технологічні допуски, а точність з'єднання досягається введенням в розмірний ланцюг додаткової ланки - компенсатора (рис. 3.1 - 3.3). Компенсатори можуть бути нерухомими (прокладки, шайби, проміжні кільця), рухомими (клин, втулки, проміжна муфта, ексцентрик) і пружними (пружини, еластичні муфти, гумові прокладки).

В якості нерухомих компенсаторів зазвичай застосовують комплекти з деталей виробу, що підбираються при складанні за місцем до досягнення необхідної точності замикаючої ланки, або набори прокладок однакової або різної товщини, що підбираються за місцем з тією ж метою. Рухомі компенсатори - це пристрої або окремі деталі, переміщенням або поворотом яких забезпечується необхідний розмір замикаючої ланки. По безперервності регулювання рухомі компенсатори розділяють на компенсатори з періодичним регулюванням і з безперервним регулюванням, як правило, автоматичні. При використанні рухомих і нерухомих компенсаторів створюються умови для досягнення необхідної точності замикаючої ланки в процесі експлуатації. За призначенням всі типи компенсаторів ділять на групи, відповідно до відхилень які вони компенсують - лінійні або кутові.

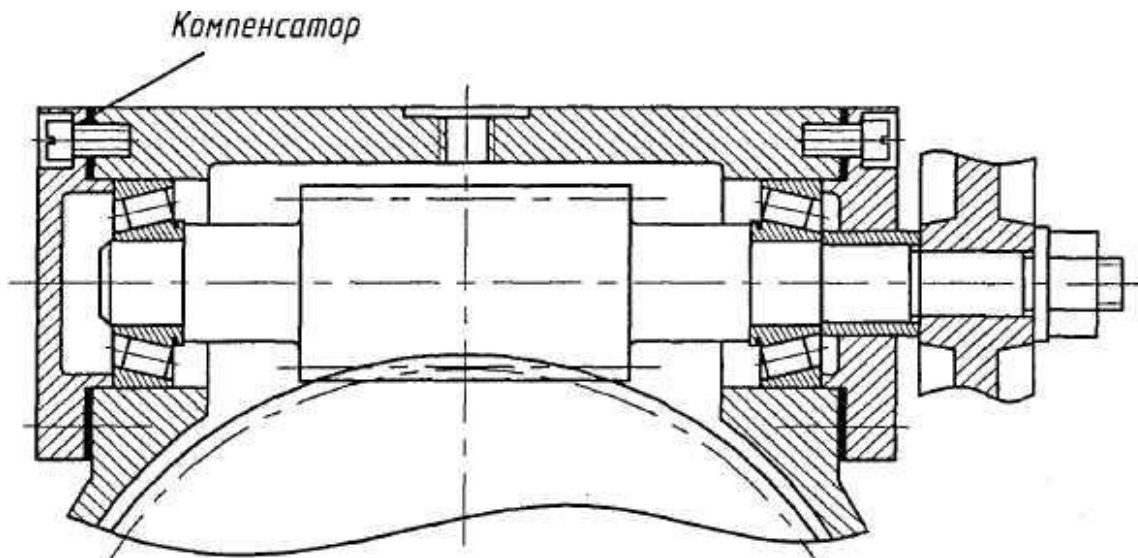


Рисунок 3.1 - Спосіб регулювання осьового зазору в кінчному роликовому підшипнику

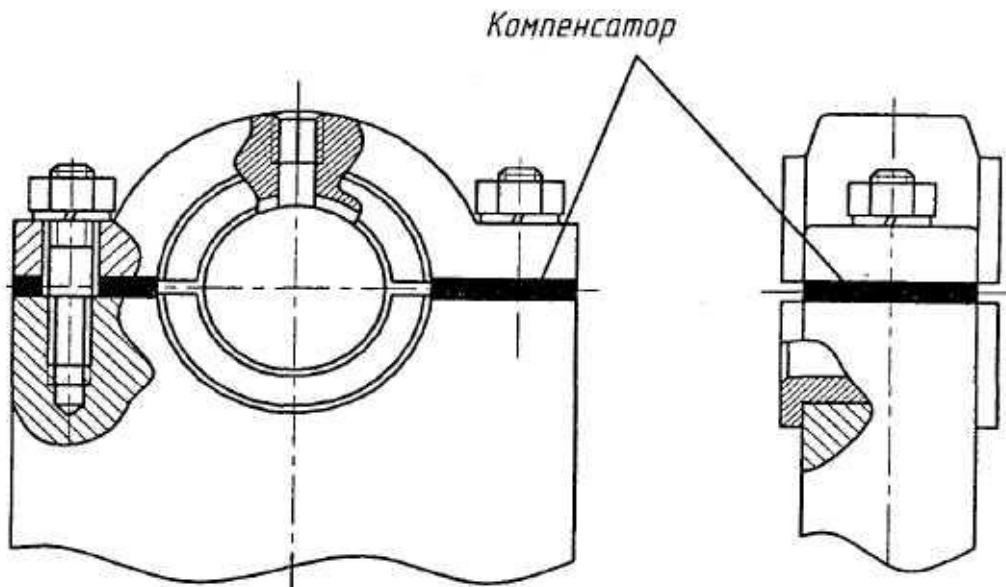


Рисунок 3.2 - Спосіб регулювання радіального зазору в підшипнику ковзання

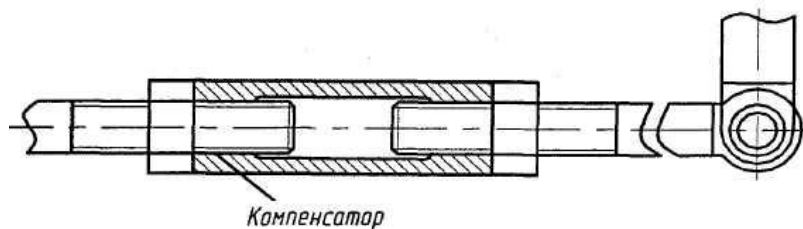


Рисунок 3.3 - Спосіб регулювання відстані між елементами конструкції за допомогою гайки

При виборі в розмірному ланцюзі компенсатора керуються такими міркуваннями: 1) в якості компенсатора вибирають деталь, зміна розміру (що є складовою ланкою) якої при додатковій обробці вимагає найменших витрат; 2) неприпустимо в якості компенсатора вибирати деталь, розмір якої є спільною

складовою ланкою паралельно пов'язаних розмірних ланцюгів. Порушення цієї умови призводить до виникнення похибки, «блукаючої» з одного розмірного ланцюга в інший.

Припасування полягає в тому, що необхідна точність з'єднання досягається індивідуальним припасуванням однієї деталі до іншої. Припасування застосовують в одиничному і дрібносерійному виробництві.

3.2. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ СКЛАДАЛЬНИХ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Загальна характеристика методів досягнення точності замикаючої ланки розмірного ланцюга та область їх застосування наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Методи розрахунку точності замикаючої ланки розмірного ланцюга, які застосовують під час складання (ГОСТ 23887-79, ГОСТ 16319-80, ГОСТ 14.320-81)

Метод	Сутність методу	Область застосування
1	2	3
Повної взаємозамінності	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається у всіх об'єктів шляхом врахування в ньому складових ланок без вибору, підбору або зміни їх значень	Використання економічно доцільно за умови досягнення високої точності при малій кількості ланок розмірного ланцюга і при достатньо великій кількості виробів, що збиратимуться
Неповної взаємозамінності	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається у наперед відомої частини об'єктів шляхом врахування в ньому складових ланок без вибору, підбору або зміни їх значень	Використання доцільно для досягнення точності в багатоланкових розмірних ланцюгах; допуски на складові ланки при цьому більші, ніж в попередньому методі, що підвищує економічність отримання складальних одиниць; в частини виробів похибка замикаючої ланки може перевищувати гранично допустиму, тобто присутній ризик отримати частину не складаних виробів
Групової взаємозамінності	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга	Застосовується для досягнення найбільш високої точності замикаючих ланок

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
	досягається шляхом включення в розмірний ланцюг складових ланок, що належать до однієї з груп, на які вони попередньо розсортовані	розмірних ланцюгів з малою кількістю ланок; вимагає чіткої організації сортування деталей на розмірні групи, їх маркування, зберігання і транспортування в спеціальній тарі
Припасування	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається зміною розміру компенсуючої ланки шляхом зняття з компенсатора певного шару матеріалу	Використовується при складанні виробів з великою кількістю ланок; деталі можуть бути виготовлені з економічно доцільними допусками, але необхідні додаткові витрати на припасування компенсатора; економічність суттєво залежить від правильного вибору компенсуючої ланки, яка не повинна належати декільком пов'язаним розмірним ланцюгам
Регулювання	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається зміною розміру або розташування компенсуючої ланки без видалення матеріалу з компенсатора	Подібний до методу припасування, але має перевагу в тому, що під час складання не потрібно виконувати додаткові роботи пов'язані зі зняттям шару металу; забезпечує високу точність і дає можливість періодично її відновлювати в процесі експлуатації машини

Незважаючи на різноманітність видів розмірних ланцюгів, існує ряд загальних методичних прийомів їх виявлення і складання, застосовуваних у такій послідовності:

1) на основі поставленої задачі розрахунку, встановлюють замикаючу ланку розмірного ланцюга. При складанні схеми складального розмірного ланцюга слід виходити з того, що в одного ланцюга може бути тільки одна замикаюча ланка;

2) користуючись складальними і робочими кресленнями деталей виробу, а при необхідності і натуральними зразками, виявляють деталі і складальні одиниці виробу, розміри яких впливають на величину замикаючої ланки. У

складальному ланцюзі кожна деталь може брати участь тільки одним зі своїх розмірів;

3) встановлюють напрям діючих на деталі робочих і складальних навантажень, що визначають взаємне положення деталей, при якому у відповідності з умовами задачі розрахунку фіксується величина замикаючої ланки;

4) викреслюють ескіз взаємодіючих деталей і складальних одиниць виробу, що впливають на величину замикаючої ланки;

5) виявляють і позначають на ескізі поверхні контактів (конструкторські бази) взаємодіючих деталей і складальних одиниць, утворені під дією складальних або робочих навантажень;

6) безпосередньо на ескізі або поруч з ним викреслюють схему основного розмірного ланцюга, який включає замикаючу та інші складові ланки, що з'єднують конструкторські бази сполучених деталей, утворюючи при цьому замкнутий контур; в схемі розмірного ланцюга з паралельними розмірами кожна деталь повинна бути представлена лише одним розміром, що з'єднує базові поверхні деталей;

7) після того, як усі ланки, виявленого розмірного ланцюга, будуть спроектовані на обраний напрям, отримують вихідне рівняння основного розмірного ланцюга;

8) безпосередньо по кресленнях або за допомогою похідних розмірних ланцюгів визначають значення складових ланок вихідного рівняння основного розмірного ланцюга;

9) підставляючи отримані таким чином значення всіх ланок у вихідне рівняння, отримують рівняння основного ланцюга.

Для прямої задачі в залежності від способу її розв'язання застосовують декілька можливих алгоритмів.

При методі повної взаємозамінності необхідно дотримуватися наступного порядку розрахунку.

1. Вибирається спосіб визначення допусків на складові ланки. При виборі способу пробних розрахунків на всі складові ланки розмірного ланцюга призначаються економічно обґрунтовані допуски, граничні відхилення і обчислюються координати середин полів допусків для всіх складових ланок.

2. Проводиться перевірка правильності призначення допусків і прийнятих координат середин полів допусків на складові ланки. У разі необхідності вносять корективи і проводять повторну перевірку.

3. У разі вибору способу єдиного квалітету для визначення допусків на складові ланки обчислюють число одиниць допуску a для всіх складових ланок розмірного ланцюга і по числу a визначають квалітет. За цим квалітетом призначають допуски і граничні відхилення на всі складові ланки, крім однієї, обраної в якості регулюючої ланки.

4. Для регулюючої ланки визначають допуск, координату середини поля допуску і граничні відхилення.

При методі неповної взаємозамінності необхідно виконувати наступні розрахунки.

1. Встановлюється відсоток ризику і величина довірчого інтервалу, призначаються коефіцієнти відносного розсіювання і відносної асиметрії для всіх складових ланок.

2. Вибирається спосіб визначення допусків на складові ланки розмірного ланцюга: спосіб пробних розрахунків або спосіб одного квалітету.

3. При виборі способу пробних розрахунків проводиться перевірка правильності призначення допусків і граничних відхилень. Якщо необхідно, то вносяться корективи і проводиться повторна перевірка отриманих значень.

4. При виборі способу одного квалітету визначається число одиниць допуску. В якості регулюючої ланки вибирається ланка з найбільшим номінальним розміром.

5. Визначається допуск і граничні відхилення на регулюючої ланки.

При методі групової взаємозамінності необхідно зберігати наступний порядок розрахунку.

1. Встановлюються конструкторські допуски на всі складові ланки за методом повної взаємозамінності.

2. Визначаються конструкторські граничні відхилення для збільшувальних і зменшувальних ланок розмірного ланцюга.

3. Встановлюються як виробничі допуски на всі ланки розмірної ланцюга шляхом збільшення в одне і те ж число раз конструкторських допусків, так і число груп сортування деталей.

4. Визначаються граничні відхилення для кожної групи окремо для збільшувальних і зменшувальних ланок за стандартною схемою.

При методі припасування і регулювання необхідно дотримуватися наступного порядку розрахунку.

1. Вибирається ланка і тип компенсатора: рухомий або нерухомий.

2. Призначаються економічні в даних виробничих умовах допуски і встановлюються граничні відхилення на всі складові ланки, включаючи ланку-компенсатор при методі припасування і виключаючи її при методі регулювання.

3. Визначається величина необхідної компенсації похибки останнього у ланки розмірної ланцюга.

4. Визначається величина необхідної компенсації координати середини поля розсіювання похибки замикаючої ланки. Обчислюються граничні значення величини необхідної компенсації розміру замикаючої ланки.

5. Уточнюється номінальний розмір нерухомого компенсатора при використанні методу пригону. При використанні методу регулювання за допомогою набору прокладок співпадіння середини полів допусків замикаючої і компенсуючої ланки забезпечується шляхом зміни номінального розміру або координати середини поля допуску останньої.

Під час вирішення зворотної задачі порядок розрахунку розмірних ланцюгів буде трохи іншим. При цьому слід розрізняти теоретичні та виробничі

розрахунки. Теоретичні розрахунки використовуються технологами-складальниками при впровадженні у виробництво нових виробів з метою встановлення методів складання. Виробничі розрахунки виконуються в умовах, коли виріб вже знаходиться у виробництві, і мета їх полягає в перевірці правильності призначення допусків на складові ланки, а при розрахунку за ймовірнісним методом - в уточненні прийнятих значень коефіцієнтів відносного розсіювання та відносної асиметрії.

Порядок теоретичного розрахунку розмірних ланцюгів.

1. Виявляється замикаюча ланка і складові ланки розмірного ланцюга по складальному кресленню виробу. По робочих кресленнях деталей встановлюють номінальні розміри, допуски і граничні відхилення на всі складові ланки розмірного ланцюга. Складається схема розмірного ланцюга і визначаються типи складових ланок.

2. Вибирається метод розрахунку розмірних ланцюгів: метод максимуму і мінімуму або ймовірнісний метод. При виборі ймовірнісного методу встановлюється коефіцієнт ризику (отримання браку) і коефіцієнти відносного розсіювання для всіх складових ланок, а також приймаються значення коефіцієнтів α_i .

3. Визначається величина номінального розміру, допуску та координати середини поля допуску замикаючої ланки залежно від прийнятого методу розрахунку розмірних ланцюгів.

Порядок виробничих розрахунків розмірних ланцюгів.

1. Аналогічно попередньому.

2. Вибирається метод розрахунку розмірного ланцюга. При виборі ймовірнісного методу розрахунку для кожної складової ланки проводиться визначення статистичними методами коефіцієнтів відносного розсіювання і α_i .

3. Визначається величина номінального розміру, допуску, координати середини поля допуску та граничних відхилень замикаючої ланки і порівняння отриманих результатів з аналогічними теоретичними розрахунками. Вносяться відповідні корективи.

Питання для самоконтролю

1. Види досягнення точності складання.
2. Доцільність використання методу повної взаємозамінності під час складання.
3. Особливості методів припасування і регулювання для досягнення точності виробу.
4. Алгоритм розрахунку складальних розмірних ланцюгів методом максимуму-мінімуму.
5. Алгоритм розрахунку складальних розмірних ланцюгів теоретично-ймовірнісним методом.

4. УТВОРЕННЯ З'ЄДНАНЬ В ПРОЦЕСІ СКЛАДАННЯ ВИРОБУ

4.1. КЛАСИФІКАЦІЯ З'ЄДНАНЬ

Різноманітні види з'єднань деталей машин класифікуються на групи:

- за формою поверхонь, що з'єднуються;
- за характером контакту;
- за конструкцією і умовами експлуатації;

За формою з'єднання бувають:

- гладкі (циліндричні і конічні);
- різьбові (циліндричні і конічні);
- зубчасті (циліндричні, конічні, гвинтові, черв'ячні);
- шліцьові (прямобічні і евольвентні);
- плоскі або з плоскими стиками (наприклад, шпонкові з'єднання);
- сферичні (наприклад, тіла кочення в підшипнику).

За характером контакту з'єднання бувають:

- з поверхневим контактом (гладкі, різьбові і шліцьові);
- з лінійним контактом (зубчасте з'єднання);
- з точковим контактом (сферичне з'єднання).

За конструкцією і умовами експлуатації з'єднання деталей можуть бути:

- рухомі;
- нерухомі.

Рухомі і нерухомі з'єднання у залежності від можливості демонтажу поділяються на:

- роз'ємні (що вільно розбираються);
- нероз'ємні (що не розбираються).

З'єднання можуть бути:

- нерухомими рознімними (нарізні, пазові, шпонкові, штифтові, конічні)

– I клас;

- нерухомими нероз'ємними (з'єднання, які отримані: запресовуванням, розвальцьовуванням, клепаанням) – II клас;

- рухомими рознімними (вал – вальниця, плунжер – втулка, зубці зубчастих коліс) – III клас;

- рухомими нероз'ємними (деякі вальниці, запірні клапани) – IV клас.

Найбільш розповсюдженими в машинобудуванні з'єднання класу III, а потім класів I і II. З'єднання класу IV зустрічаються рідко.

До класу V відносять з'єднання, що здійснюються введенням в зону контакту спряжених деталей додаткового матеріалу (металу, що наплавляється при зварюванні, припою, клею, пластмас, мастик). Ці з'єднання є нерухомими і нероз'ємними. Їх застосовують при виконанні заготовок (зварюванням, паянням), на проміжних етапах механічного оброблення (перед остаточною обробкою), а також на складальних операціях (під час деяких методів зварювання, паяння, склеювання).

До класу VI відносяться з'єднання, що одержують спеціальними методами (залиттям деталей розплавленим металом або пластмасою, обв'язуванням проволокою, з'єднуванням тонкостінних деталей із м'яких листових металів або пластмас скріпками, зшиванням тонких листових деталей із неметалів тощо).

4.2. УТВОРЕННЯ НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ

Нерухомі з'єднання характеризуються неможливістю взаємного переміщення пов'язаних деталей. Нерухомі з'єднання можуть бути виконані за пресовим посадкам (гарантований натяг або за перехідними посадкам, можливий натяг або зазор). Для забезпечення міцності з'єднань в перехідних посадках часто застосовуються додаткові конструктивні елементи (шпонки, штифти, шліци).

Нерухомі з'єднання виконують нероз'ємними (з гарантованим натягом, зварні, паяні, клейові, а також з'єднання, які одержують в процесі лиття або пластичного деформування) і роз'ємними (різьбові, шпонкові, шліцьові).

Складання нерухомих з'єднань з гарантованим натягом може здійснюватися трьома методами: запресуванням валу в отвір, нагріванням охоплюваної деталі (отвору) або охолодженням валу. При запресуванні можуть бути використані ударна дія молотка або зусилля, що створюється пресом (гвинтовим, пневматичним або гідравлічним). Нагрівання охоплюваної деталі для створення нерухомого з'єднання проводиться в гарячій масляній ванні (перехідні посадки) або в нагрівальній печі (гаряча посадка). Утворення нерухомого з'єднання з охолодженням валу до низької температури застосовується в тих випадках, коли два перших способи збірки не можуть бути застосовні. В якості джерел холоду використовуються: вуглекислота (температура випаровування близько $-78,5$ °C), зріджене повітря, кисень (температура випаровування від -183 до -195 °C), рідкий азот (температура випаровування близько $-195,8$ °C).

Теплові посадки доцільно застосовувати при великих діаметрах і незначній площі з'єднання (бандажі коліс, зубчасті вінці тощо), а також для тонкостінних охолоджуваних деталей. При складанні цих з'єднань під пресом охоплюючі деталі можуть здеформуватись. Збірку з нагріванням виконують із загальним і місцевим нагріванням охоплюючої деталі. Деталі невеликих і середніх розмірів нагрівають в масляних або водяних ваннах. Для великогабаритних деталей (станин, щитів електродвигунів) застосовують місцевий нагрів ділянки, що примикає до посадкового отвору, газовим полум'ям, пристроями з електричними спіралями або індуктором СВЧ. Температура нагріву коливається в межах $75 - 400$ °C залежно від необхідного натягу. Час та інтенсивність нагріву встановлюють у межах технічних вимог. При автоматичному складанні деталі нагрівають у тунельно-конвеєрних нагрівальних пристроях. Деталі типу кілець нагрівають індукційними пристроями. Нагрівання великогабаритних деталей ускладнено, у цих випадках

застосовують охолодження деталей, що охоплюються. Для кращого спрямування деталей на поверхнях, що сполучаються, необхідно передбачити фаски або циліндричні пояски і застосовувати спеціальні пристосування. Для попередження задирів поверхонь і зменшення сил запресовування застосовують мінеральне масло, масло з дисульфідом молібдену або графітом. У разі розбирання з'єднань з гарантованим натягом застосовують знімачі; в конструкціях деталей для полегшення демонтажу передбачають відповідні елементи.

Для з'єднання деталей з листового матеріалу та профільного прокату широко застосовується зварювання. Зварювальні роботи при поточковому складанні зазвичай виконуються на лінії складання. Для більшої точності взаємного розташування зварюваних деталей використовуються відповідні пристосування (кондуктори). Щоб зменшити деформацію деталей в процесі зварювання, їх міцно закріплюють на пристосуванні, яке повинно мати жорстку конструкцію. Найбільш поширені такі види зварювання: дугове ручне, автоматичне дугове під шаром флюсу, точкове, шовне, тертям. Точкове і шовне зварювання використовують при з'єднанні тонких листів. При конструюванні деталей, що мають зварне з'єднання, керуються такими правилами:

- зварні шви розташовують у доступних місцях;
- суміжні зварні шви по можливості віддаляють один від одного, щоб зводити до мінімуму зосередження наплавленого металу;
- при з'єднанні масивних деталей з тонкими вводять клинові ділянки;
- для забезпечення точного відносного розташування деталей, що з'єднуються передбачають їх взаємну фіксацію конструктивними елементами безпосередньо на деталях або використовують спеціальні оправки.

Пайка знаходить обмежене застосування (при виконанні бляшаних робіт, монтажі електричних схем і виготовленні радіаторів). Методами високотемпературної пайки (капілярної, дифузійної, контактної-реактивної, металокерамічної) отримують нероз'ємні з'єднання з властивостями, близькими до властивостей основних матеріалів, і міцністю, що перевищує міцність зварних з'єднань. Паяні з'єднання виконують стиковими, внаклад і телескопічними. Для високоякісної пайки передбачають між деталями, що сполучаються, зазор в межах 0,05-0,15 мм. В залежності від температури плавлення припою розрізняють пайку м'якими і твердими припоями. М'які (зазвичай олов'янисто-свинцеві) припої мають температуру плавлення нижче 400 °С, а тверді (мідні, мідно-цинкові) - понад 500 °С. М'які припої володіють меншою міцністю. При необхідності мати більшу міцність використовують тверді припої. Якщо пайка проводиться тільки для отримання щільності, використовують м'які припої. Крім припою під час паяння застосовують різні флюси, призначення яких зводиться до захисту місця спаю від корозії, забезпечення кращого змащування місця спаю розплавленим металом, а також розчинення металевих окислів. Паяння точних з'єднань виконують у захисному середовищі або в вакуумі. В одиничному і дрібносерійному виробництві найбільше застосування має паяння паяльником або газовим пальником; у

багатосерійному і масовому виробництвах деталі нагрівають у ваннах, газових печах, використовують електричний нагрів. Для паяння в даний час починають застосовуватися різні напівавтоматичні пристрої, в яких широко застосовується індукційний нагрів струмами високої та промислової частоти. Перспективним напрямом розвитку технології паяння є застосування ультразвуку. Цей спосіб пайки особливо зручний для алюмінієвих сплавів, так як високочастотні коливання руйнують окисну плівку, і пайка відбувається без флюсу. Для одержання особливо міцних з'єднань при товстих швах отримує поширення новий спосіб пайки за допомогою волокнисто-металевих сталевих прошарків, які розміщені в місці спаю. Утворені в місці спаю при нагріванні капіляри з метало волокна дають можливість краще заповнити простір стику. У приладобудуванні застосовують високопродуктивний груповий метод пайки хвилею припою.

Клепання використовується в тих випадках, коли не може бути застосоване зварювання і небажані кріпильні різьбові з'єднання. Обсяг клепаних з'єднань з розвитком зварювального виробництва поступово скорочується; вони витісняються зварними, клейовими і різьбовими сполуками. Розрізняють силове міцне і силове щільне заклепкове з'єднання. Останнє разом із сприйняттям сил забезпечує герметичність з'єднання. Заклепувальні з'єднання здійснюють за допомогою заклепок різноманітного виконання. Клепання виконують в холодному і гарячому стані. Гаряче клепання застосовують для заклепок діаметром понад 12 мм. Заклепку нагрівають до температури 1000 ... 1100 °С. Клепання здійснюють клепальними молотками або під пресом. Для заклепок діаметром 3...12 мм використовують пневматичні преси, понад 12 мм – гідравлічні і пневмогідравлічні преси. Клепальні преси застосовують у вигляді стаціонарних установок або підвісних скоб. Зусилля, яке розвивається пресом, повинно дорівнювати $25F$ (Н) при холодному клепанні і $10F$ (Н) при гарячому, де F - площа перерізу стрижня заклепки, см^2 .

Для механізації процесу клепання багато заводів розробляють і виготовляють для потреб свого виробництва різноманітне обладнання, що дозволяє полегшити і прискорити виконання, цієї важкої і довготривалої операції. При масовому складанні клепаних з'єднань в малогабаритних вузлах економічно вигідно застосовувати спеціалізовані установки напівавтоматичної дії. Постановку трубчастих заклепок виконують шляхом відборткування і розвальцювання із застосуванням спеціальних оправок.

Контроль клепаних з'єднань здійснюється оглядом, простукуванням заклепок; щільні з'єднання піддаються гідравлічним випробуванням. Відповідальні заклепочні з'єднання контролюються методом рентгеноскопії.

Для забезпечення щільного і герметичного з'єднання труб з наконечниками застосовується розвальцювання кінців труб. Такий спосіб придатний для труб з пластичного матеріалу (мідь, латунь). Цей спосіб використовують при складанні з'єднань, натяг в яких створюється за рахунок радіального розширення охопленої або стиснення охоплюючої деталі. Основне призначення таких з'єднань - забезпечити герметичність від

проникнення газів або рідин. Вони відносяться до числа рідко демонтованих, оскільки розбирання супроводжується псуванням однієї або обох деталей з'єднання. У сучасних машинах ці з'єднання мають велике поширення.

Розвальцювання здійснюється на токарних, токарно-револьверних свердлильних і спеціальних верстатах і установках під дією тиску, створюваного роликівим інструментом. Процес розвальцювання, легко піддається автоматизації. У цьому випадку в цикл автоматизації збирання включають також операції пневмо- або гідроконтролю на герметичність з'єднання.

Склеюванням користуються при з'єднанні дерев'яних або пластмасових деталей. Останнім часом застосовується також склеювання металевих деталей спеціальними клеями, що забезпечують високу міцність з'єднання (ВС-10Т, БФ-4, ВТ-2 тощо). Клейові з'єднання міцніше заклепкових і зварних при роботі на зріз, але мають невисоку теплостійкість (не більше 300°C) і з часом втрачають свої властивості. Міцність клейового з'єднання пропорційна площі склеювання.

Пластичним деформуванням з'єднують, як правило, тонкостінні деталі ємностей, кожухів і трубопроводів з пластичних матеріалів. Поширені фальцовані з'єднання тонкостінних деталей отримують шляхом спільного загинання кромки.

4.3. УТВОРЕННЯ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ

4.3.1. Складання різьових з'єднань

Серед різноманітних з'єднань деталей машин різьові з'єднання є найбільш поширеними. Вони становлять 15-25% від загальної кількості з'єднань. Широке поширення різьових з'єднань в конструкціях машин пояснюється простотою і надійністю цього виду кріплень, зручністю регулювання затягування, а також можливістю розбирання і повторного складання з'єднання без заміни деталі.

Різьове з'єднання двох елементів утворюється за допомогою болтів, шпильок, гвинтів і гайок. Для запобігання самовідгвинчування гайок застосовуються пружинні і стопорні шайби, шплінти або стопоріння дротом, а також кернування потайних головок гвинтів. При збиранні нарізного з'єднання гайка (болт) повинна бути затягнута з певним зусиллям, торець гайки і торець болта повинні щільно прилягати до опорної поверхні без перекосів. В іншому випадку створюються згинальні моменти, які можуть викликати обрив болта. Для забезпечення герметичності посадки шпильки, в наскрізному різьовому отворі, і попередження її самовідгвинчування різь змащується суриком. Для герметизації з'єднання труб з фітингами застосовують змащування різі олійною фарбою (білилами) і обмотування її волокнами льону.

Болтові і гвинтові з'єднання за технологією збірки можна розділити на з'єднання, що збираються без затяжки і з'єднання, в яких створюється попереднє зусилля. Найбільшого поширення отримали з'єднання другого типу.

Попереднє затягування різьбових з'єднань під час складання грає істотну роль у підвищенні довговічності роботи складальної одиниці або виробу і повинно бути таким, щоб пружні деформації деталей з'єднання при сталому режимі роботи механізму знаходились в межах, передбачених його конструкцією. Зменшення величини попереднього затягування призводить до появи зазорів в стику деталей, в результаті чого з'являються додаткові динамічні навантаження, які скорочують втомну міцність різьбових деталей.

При великому числі гайок рекомендується затягувати їх в певному порядку. Загальний принцип - спочатку затягують середні гайки, потім пару сусідніх гайок праворуч і пару сусідніх гайок ліворуч і т.д., поступово наближаючись до країв (рисунок 4.1).

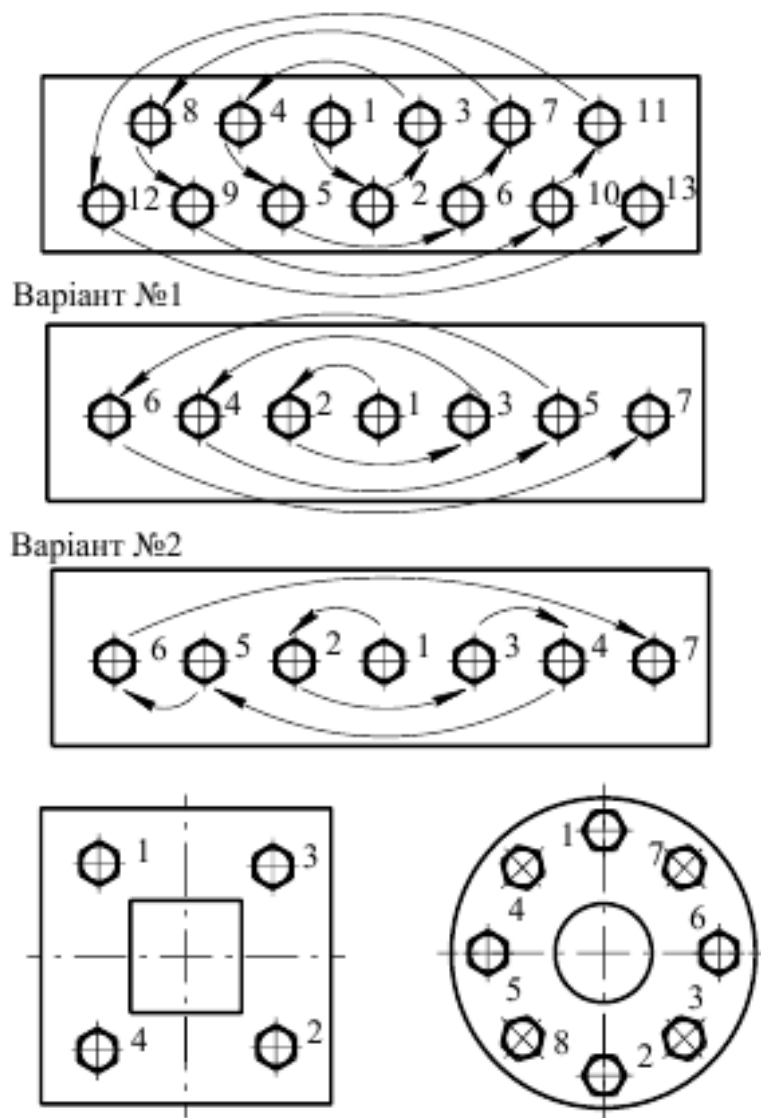


Рисунок 4.1 - Схема затягування різьбових з'єднань

Затягування гайок доцільно проводити поступово, тобто спочатку затягнути всі гайки на $1/3$ зусилля затягування, потім на дві третини і тільки після цього - на повну величину зусилля затягування. Гайки, розташовані по

колу, слід затягувати хрест-навхрест. У процесі розбирання різьбових з'єднань доцільно дотримуватись зворотного порядку відгвинчування гайок, це дозволить запобігати перекосу скріплюваних деталей. Іноді для зменшення зносу різі корпусу в нього встановлюють втулки із зовнішньою та внутрішньою різзю.

Механізація складання різьбових з'єднань в умовах масового і серійного виробництва досягається застосуванням електричних і пневматичних інструментів (гайковертів, шпилькокрутів тощо). В умовах масового виробництва застосовують багатошпindelні гайковерти, у яких всі шпindelі приводяться в рух від одного двигуна, і з індивідуальним приводом кожного шпindelя.

У випадку використання різьбових з'єднань в якості кріплення основним завданням, яке постає перед ними, є уникнення розкриття стику або знерухомлення з'єднання. Основним фактором, який дозволяє досягнути поставлених задач є величина зусилля затягування. Для розрахунку зусилля затягування розрізняють різьові з'єднання з зазором між болтом і деталлю та без зазору.

Розрахунок різьбового з'єднання в разі встановлення болтів з зазором включає в себе дві пов'язані між собою задачі: визначення сили попереднього затягування болтів і оцінку їх міцності. На першому етапі розрахунку з'єднання визначають необхідне зусилля попередньої затяжки болтів. У різьбовому з'єднанні, навантаженому нормально до площини стику силою і перекидаючим моментом, необхідне зусилля затяжки болтів визначають по одній з умов:

- запобігання розкриття стику з урахуванням коефіцієнта зовнішнього навантаження і з запасом по щільності v ;
- забезпечення жорсткості з'єднання шляхом обмеження найменшого напруження в стику;
- збереження герметичності з'єднання циліндр-кришка з прокладкою ущільнювача.

Різьбові з'єднання з болтами, що встановлюються в отворах деталей без зазору, можуть бути навантажені силами і моментом в площині стику. При розрахунку міцності з'єднання не враховують сили тертя в стику і не визначають силу затяжки болтів. Виконуючи розрахунок, перш за все з умови рівноваги, визначають силу, яка буде зрушувати найбільш навантажений болт. Потім записують умову міцності на зріз найбільш навантаженого болта з'єднання. У проектному розрахунку з умови міцності болта отримують вираз для визначення одного з невідомих значень: необхідного діаметра стрижня болта або допустимого напруження на зріз стрижня болта. У випадку двох невідомих в умові міцності болта попередньо задаються одним з них з подальшою оцінкою правильності вибору. Міцність болта обумовлюється діаметром стрижня і класом міцності. Межу текучості матеріалу, який використовується при виборі допустимих напружень для розрахунку стрижня болтів на зріз, беруть залежно від класу міцності болтів. Розміри болтів вибирають по необхідному діаметру стрижня. Довжину болта визначають за

місцем з'єднання, забезпечуючи запас різьби не менше двох кроків. При з'єднанні тонкостінних деталей необхідний додатковий розрахунок на зминання стрижня болта і стінок отворів деталей, аналогічний розрахунку клепаних з'єднань. Допустимі напруги зминання визначають по слабшому матеріалу болта або деталі.

В загальному випадку зусилля затягування ($F_{зам}$) болта визначається з умови не розкриття стику

$$F_{зам} = K(1 - \chi) \times F,$$

де K – коефіцієнт запасу затяжки під дією статичного навантаження (див. табл. 4.1); F - зусилля розтягу, яке діє на болт; χ - коефіцієнт зовнішнього навантаження, який показує, яка частина зовнішньої сили F розтягує болт. В уточненому розрахунку коефіцієнт зовнішнього навантаження визначають за податливістю болта і з'єднаних деталей.

Таблиця 4.1 - Значення різних коефіцієнтів, що застосовуються при розрахунку болтових з'єднань

Навантаження	Коефіцієнт	Рекомендовані значення	Примітка
Попередньо затягнуте болтове з'єднання	K	1,25-2	Статичне навантаження
		2-4	Змінне навантаження
1,3-2,5		М'яка прокладка	
2-3,5		Металева фасонна прокладка	
	χ	3-5	Металева плоска прокладка
0,2-0,3		Жорсткі фланці	
		0,5-0,7	Податливі фланці

Необхідно відмітити, що на практиці не розкриття стику деталей залежить не тільки від значення сили затяжки $F_{зам}$, але і від її збереження в процесі експлуатації. Останнє залежить від багатьох факторів: якості обробки поверхонь стику, числа стиків, точності різьби, надійності стопоріння різі, якості прокладки. Ці фактори складно піддаються обліку особливо при змінних в часі навантаженнях. Тому в ряді випадків логічно приймати $F_{зам} \approx K \cdot F$.

Еквівалентні напруження в болті, які обмежують зусилля затяжки

$$\sigma_{екв} = \frac{4F_{р.з.б.}}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p],$$

де d_1 – внутрішній діаметр різі болта; $[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[s]}$ – допустиме напруження розтягу матеріалу болта; $F_{р.з.б.}$ – розрахункове зусилля, яке діє на болт; σ_m - границя текучості матеріалу болта; $[s]$ - коефіцієнт запасу міцності.

Розрахунок $F_{р.з.б.}$ може бути виконаний за двома варіантами:

1-й варіант - за умови, якщо болт підтягується після прикладання зовнішнього навантаження F , тобто безпосередньо в процесі роботи. Тоді $F_{p.z.b.}$ визначається

$$F_{p.z.b.} = 1,3F[K(1-\chi) + \chi];$$

2-й варіант - затяжка бота відбувається за відсутності зовнішньої сили F

$$F_{p.z.b.} = F[1,3K(1-\chi) + \chi].$$

Якщо відомі умови тертя між болтом і поверхнею деталі, розрахунок максимальної і мінімальної сили та моменту затягування можна вести за виразами

$$Q_{max} = \frac{M_{max}}{\frac{d_2}{2}f_{pmin} + \frac{D_m}{2}f_{Tmin}},$$

$$Q_{min} = \frac{M_{min}}{\frac{d_2}{2}f_{pmax} + \frac{D_m}{2}f_{Tmax}},$$

$$M_{max} = \frac{\sigma_T \cdot F \left[\frac{d_2}{2}f_{pmin} + \frac{D_m}{2}f_{Tmin} \right]}{[s] \cdot \sqrt{1 + 0,75 \left[16 \cdot d_2 \frac{F \cdot f_{pmax}}{\pi d^3} \right]^2}},$$

$$M_{min} = 0,5 \cdot \sigma_T \cdot F_1 \left[\frac{d_2}{2}f_{pmax} + \frac{D_m}{2}f_{Tmax} \right],$$

де F - площа поперечного перерізу болта; F_1 - площа перерізу болта по внутрішньому діаметру різі d_1 ; f_p і f_T - коефіцієнти тертя у різі та на опорній поверхні гайки (головки болта) (таблиця 4.2); d_2 - середній діаметр різі; $\frac{D_m}{2} = \frac{D_0^3 - d_0^3}{3 \cdot (D_0^2 - d_0^2)}$ - наведений радіус дії сил тертя опорної поверхні гайки (головки болта); $D_0 \approx 0,95S$ і $d_0 \approx d$ - зовнішній і внутрішній діаметри опорної кільцевої поверхні (S - розмір зіву ключа); d - зовнішній діаметр різі.

Таблиця 4.2 - Коефіцієнт тертя у нарізних з'єднаннях при різних покриттях та мастильних матеріалах

Покриття болтів та гайок	Коефіцієнт тертя	Без мастильного матеріалу	Машинне мастило	Солідол
1	2	3	4	5
Без покриття	f_p	$0,4^{+0,12}_{-0,08}$	$0,21^{+0,03}_{-0,02}$	$0,19^{+0,02}_{-0,03}$
	f_T	$0,2^{+0,04}_{-0,06}$	$0,12^{+0,02}_{-0,02}$	$0,13^{+0,01}_{-0,02}$
Оксидування	f_p	$0,64^{+0,2}_{-0,14}$	$0,45^{+0,06}_{-0,06}$	$0,44^{+0,05}_{-0,07}$
	f_T	$0,34^{+0,09}_{-0,14}$	$0,26^{+0,03}_{-0,07}$	$0,26^{+0,03}_{-0,07}$

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
Цинкування	f_p	$0,4^{+0,08}_{-0,16}$	$0,19^{+0,01}_{-0,04}$	$0,17^{+0,02}_{-0,03}$
	f_T	$0,09^{+0,01}_{-0,02}$	$0,1^{+0,02}_{-0,01}$	$0,09^{+0,02}_{-0,01}$
Фосфатування	f_p	$0,02^{+0,03}_{-0,05}$	$0,18^{+0,02}_{-0,03}$	$0,17^{+0,02}_{-0,02}$
	f_T	$0,1^{+0,02}_{-0,01}$	$0,11^{+0,02}_{-0,01}$	$0,11^{+0,02}_{-0,02}$
Кадміювання	f_p	$0,29^{+0,03}_{-0,05}$	$0,21^{+0,04}_{-0,06}$	$0,14^{+0,01}_{-0,03}$
	f_T	$0,17^{+0,05}_{-0,07}$	$0,11^{+0,04}_{-0,06}$	$0,06^{+0,01}_{-0,02}$

4.3.2. Складання шпонкових з'єднань

У шпонкових з'єднаннях використовують клинові, сегментні, призматичні шпонки. Основними завданнями, які потрібно виконати в процесі утворення шпонкового з'єднання є: забезпечення паралельності і співпадіння осей шпонкового паза і деталей, що становитимуть з'єднання; гарантувати наявність радіального зазору; забезпечити необхідні посадки в шпонковому з'єднанні.

При складанні шпонкових з'єднань необхідно дотримуватися таких правил: краї і стінки шпонкових пазів і шпонок не повинні мати гострих кромek, забоїн і наклепу; зазори між шпонкою і шпонковими пазами повинні бути перевірені і перебувати в межах, встановлених технічними умовами; установка шпонки на вал повинна здійснюватись за допомогою мідного молотка або струбцин, а в разі запресовування під пресом вал повинен лежати на опорі; після складання шпонкового з'єднання необхідно переконавшись в тому, що між верхньою гранню шпонки і дном шпонкової канавки є зазор. Якщо цей зазор відсутній і деталь «висить» на шпонці, то з'єднання розбирають і повторно складають, інакше неминуче виникнення наклепу на деталях і навіть руйнування вузла.

Після того як шпонка буде запресована в паз на валу, перевіряють щупом наявність чи відсутність бічного зазору, потім насаджують деталь, яка охоплює, (шків, маховик, зубчасте колесо) і перевіряють наявність радіального зазору. Величина цього зазору стандартизована. У тих випадках, коли після збирання радіальний зазор перевірити неможливо, необхідно до складання ретельно перевірити розміри пазів в ступиці і на валу за допомогою спеціальних шаблонів.

Шпонки великих розмірів, які щільно встановлюються в паз рекомендують запресовувати під пресом. В умовах багатосерійного і масового виробництва припасування призматичних і сегментних шпонок (в процесі самого складання) не здійснюють. В одиничному і дрібносерійному виробництві припасувальні роботи при складанні допускаються, якщо до шпонкових з'єднань пред'являють високі вимоги по точності.

4.3.3. Складання шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання дозволяють забезпечити більш точне центрування, ніж шпонкові з'єднання, а також підвищену точність. Залежно від застосовуваної посадки центруючих елементів шліцьові з'єднання поділяють на три групи: важкорознімні, легкорознімні і рухливі. У сучасному машинобудуванні широко застосовують прямобічні, евольвентні і трикутні циліндричні шліци. У з'єднанні з прямобічними шліцами деталь, що охоплює, може бути центрована по зовнішній поверхні, по поверхні западин або по бічних сторонах шліців. У з'єднаннях з евольвентними шліцами центрування проводиться за профілем зубів або по зовнішній поверхні шліців. За умови застосування трикутних шліців деталі центрують по бічних профілях шліців. Слід зазначити, що при складанні шліцьових з'єднань повна взаємозамінність навіть в умовах масового виробництва звичайно не досягається через дуже малі зазори, що витримуються в центруючих з'єднаннях. Складання шліцьових з'єднань починають з уважного огляду деталей, що підлягають збірці. На поверхнях шліців не повинно бути найменших забоїн, задирок або задирів. Для попередження можливого заїдання шліців при складанні з'єднання необхідно, щоб всі зовнішні фаски на торцях деталей і заокруглення шліців були правильно виконані. У важкорознімних (нерухомих) шліцьових з'єднаннях, що мають глуху, тугу або щільну посадку, ступицю зазвичай напресовують на вал за допомогою спеціального пристосування або на пресі. Проводити складання з'єднання за допомогою молотка (кувалди) не слід, оскільки від різних за силою ударів утворюються задирки на шліцах або перекіс насаджуваної деталі. При необхідності зібрати вузол з дуже тугою посадкою, яку важко отримати зусиллями преса або пристосування, рекомендується охоплюючу деталь перед напресуванням нагріти до 100-120 °С, а після посадки і охолодження на повітрі перевірити точність складання. Також для зменшення сил тертя в процесі встановлення застосовують попереднє міднення (при посадці з зазором) або свинцювання шліців (при посадці з натягом). Товщину шару покриття не враховують при підрахунку зазору (натягу).

У легкорознімних і рухливих з'єднаннях охоплюючі деталі встановлюють на місце під дією невеликих зусиль і навіть вручну; при цьому охоплюючі деталі перевіряють на биття, а також на хитавицю під час переміщення по шліцах. Зазори в легкорознімному з'єднанні є причиною перекошу сполучених деталей, особливо при навантаженні, яке діє несиметрично щодо середньої площині охоплюваної деталі. Переміщення охоплюючої деталі в правильно зібраній складальній одиниці має здійснюватись легко, без заїдань, а хитавиця під дією створюваного вручну крутного моменту допускається в дуже вузьких межах. Велике значення в рухомих з'єднаннях має співвісність охоплюючого отвору деталі і шліцьового валу. При повній співвісності всі шліци валу мають контакт з шліцами отвору, а якщо співвісність порушена, такого контакту не буде, що погіршить умови роботи з'єднання. Цю обставину слід враховувати під час складання.

4.3.4. Складання підшипникових вузлів

При складанні механічних передач широко використовуються підшипники кочення: кулькові та роликові підшипники (голчасті і конічні). Основне призначення підшипників у вузлі - сприймати радіальні і осьові навантаження на вал та перерозподіляти їх на корпус і станину механізму. Залежно від напрямку дії цих навантажень підшипники поділяються на радіальні, радіально-упорні і упорні. Методи їх встановлення мають деякі відмінності. Перед встановленням підшипників їх необхідно розконсервувати, тобто зняти з їх поверхні заводську запобіжну мастило, очистити, потім промити. Підшипник промивають у 6 % розчині олії в бензині, або в антикорозійному розчині (1% тританоламіну, 0,2% нітритунатрію, 0,1% змочувача ОП-10). Промивку слід здійснювати таким чином, щоб уникнути контакту підшипників з брудом, для чого їх слід помістити в кошик з дроту і в ході промивки періодично струшувати. Чисті підшипники ретельно просушити. Після промивання їх перевіряють на легкість обертання і шум. Для цього кульковий підшипник утримують за внутрішнє кільце в горизонтальному положенні і обертають зовнішнє кільце. На завершення підготовки підшипники підганяють під посадкові місця, а також покривають посадочні місця валу, корпусу і підшипника тонким шаром робочої оливи (літолом, ціатімом, в крайньому випадку солідолом).

При виборі способу монтажу підшипників основних типів враховують вид посадки, габаритні розміри і серійність виробництва. При монтажі прецизійних підшипників необхідно усунути радіальний зазор і створити попередній натяг. Цього досягають установкою кільця різної висоти, а в спарених підшипниках - в результаті затвердіння шару реактопласту, попередньо нанесеного між навантаженими внутрішніми кільцями (між зовнішніми кільцями встановлюють прокладку).

Найбільш поширені з'єднання підшипників кочення з валом і корпусом наведено на рисунках 4.2 і 4.3.¶

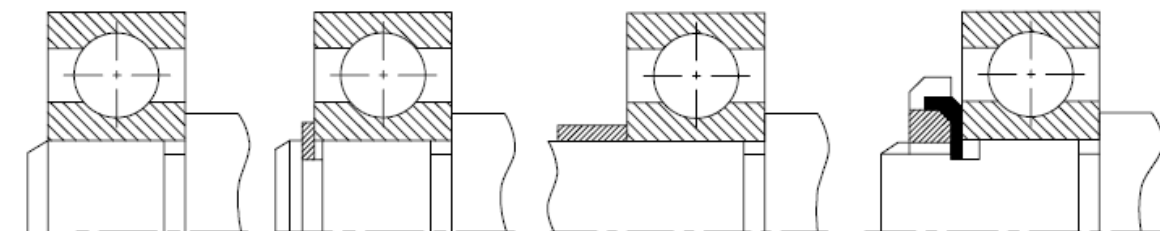


Рисунок 4.2 - Установка підшипників кочення на валах

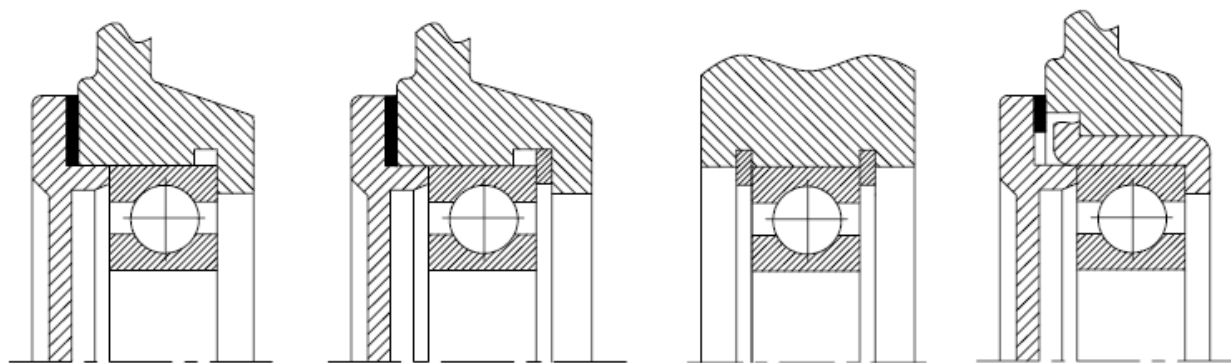


Рисунок 4.3 - Установка підшипників кочення в корпусі

Посадку підшипників на вал або в корпус роблять тільки на ретельно очищені і змащені мінеральним маслом посадочні поверхні після перевірки посадочних розмірів. При цьому необхідно дотримуватися таких основних правил:

1. При посадці підшипника на вал зусилля запресовування повинен бути прикладене тільки до внутрішнього кільця, а при посадці в корпус - до зовнішнього.

2. Для посадки підшипника на вал його нагрівають в гарячому мастилі до температури 80-90°C. Підвищувати температуру нагрівальної ванни вище 90°C з метою полегшення посадки підшипників не слід. Корпус нагрівають, занурюючи його в нагріте до температури 80-100°C мастило або обдуваючи гарячим повітрям. При неможливості нагріву корпусу охолоджують підшипник.

3. При посадці підшипників для уникнення перекосу кільця зусилля запресовування має розподілятися рівномірно по всьому торцю кільця. З цією метою застосовують різні монтажні пристосування, оправки, труби, кільця. Напресований підшипник перевіряється на прокручування від руки. При цьому повинен бути забезпечений легкий та рівний, без заїдань, хід. Крім цього перевіряється осьовий і радіальний зазор, при чому осьовий не повинен перевищувати 0,1 - 0,7 мм, а радіальний - в 12 - 20 разів менше.

4. Не застосовувати таких способів монтажу підшипників, при яких зусилля запресовування можуть передаватися через тіла кочення або сепаратор.

5. При монтажі розбірних підшипників їх необхідно перевіряти за заводським монтажним маркуванням, яке нанесене на кільцях, і насаджувати на вал відповідно до цього маркування. Деталі розбірного підшипника перед зануренням в нагрівальну ванну перев'язують м'яким дротом, склавши їх за монтажним маркуванням.

6. При демонтажі придатних для експлуатації підшипників необхідно прийняти всі запобіжні заходи, щоб не пошкодити їх при знятті з посадочних місць. Для демонтажу застосовують ручні та механічні (або гідравлічні) преси, а також спеціальні пристосування. У підшипників, встановлених на вали і в корпуси, не повинно бути торкання між рухомими і нерухомими деталями, зависання валу на деталях ущільнення і зсувів зовнішніх кілець щодо

внутрішніх, при установці підшипників в розпір, до торцевих стінках гнізд корпусів. Крім того, підшипники, посаджені на вал, перевіряють на плавність і безшумність в роботі і на нагрів при випробуванні в роботі.

Конічні роликові підшипники дозволяють тимчасово витримувати велике навантаження, як в радіальному, так і в осьовому напрямку. Зазори в таких підшипниках не залежать від їх посадки на валу і в корпусі. Регулювання зазорів проводиться при складанні підшипникових вузлів.

Монтаж конічних роликових підшипників здійснюється роздільно, тобто внутрішнє кільце з роликками і сепаратором напресовується на вал, а зовнішнє кільце - в корпус. При цьому особливо ретельно необхідно стежити за правильністю запресовування зовнішнього кільця. Для запобігання перекосу його запресовують із застосуванням спеціальних пристосувань. Радіальний зазор в конічному підшипнику регулюється шляхом осьового зсуву зовнішнього кільця на величину «С» (рисунок 4.4), яку знаходять за стандартом в залежності від розміру та конструкції підшипників. Необхідні зазори досягаються застосуванням прокладок, регулювальних гайок або гвинтів (рисунок 4.5). Зняття підшипників кочення з валу або корпусу проводиться за допомогою преса або знімачів. У складальних одиницях, які піддаються дії великих інерційних сил, для зменшення габариту і ваги застосовуються голчасті підшипники. Робочими поверхнями підшипника часто є поверхні валу і сполученої з ним деталі (рисунок 4.6). Для усунення перекосу голки встановлюються досить щільно, але в біговому зазорі. При цьому сумарний зазор досягається не більше 1,5 - 2 мм. Радіальний зазор допускається в межах 0,02 - 0,13 мм (при діаметрах підшипників 25 – 100 мм). Торцевий зазор між голками і буртиками 0,1 - 0,2 мм.

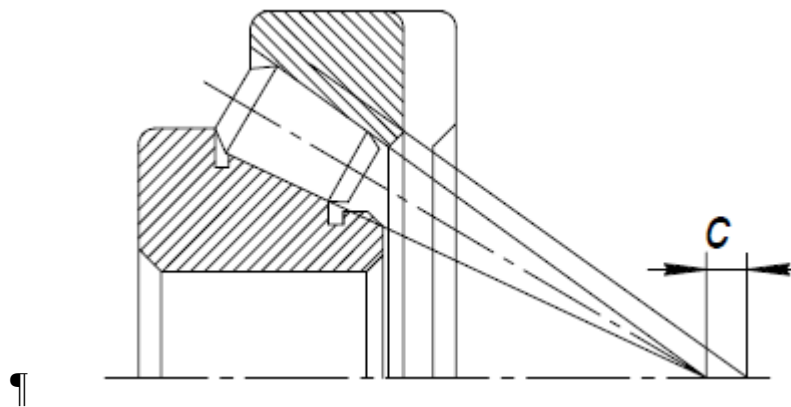


Рисунок 4.4 - Схема регулювання радіального зазору конічного роликового

Складання голчастого підшипника виконують із застосуванням штучного валика з діаметром на 0,1 - 0,2 мм менше дійсного (рисунок 4.7а). Робочі поверхні змащуються солідолом, що утримує голки від розсипання. Голки встановлюють в зазор по 2 ... 3 штуки послідовно. Остання голка повинна входити вільно. Після закінчення постановки голок встановлюють обмежувальні кільця, вставляють справжній валик, який витісняє штучний

(рисунок 4.7б). Зібраний підшипник перевіряється на обертання, яке повинно бути вільним, без заїдання.

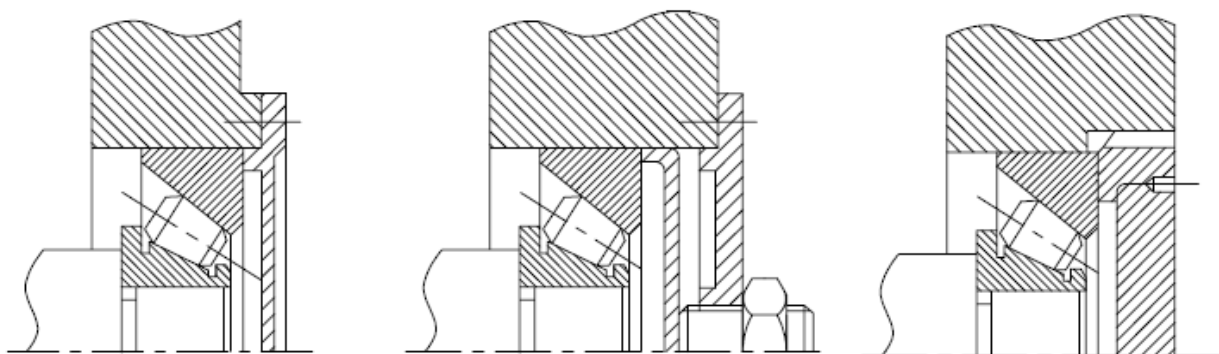


Рисунок 4.5 - Способи регулювання зазорів конічних роликопідшипників

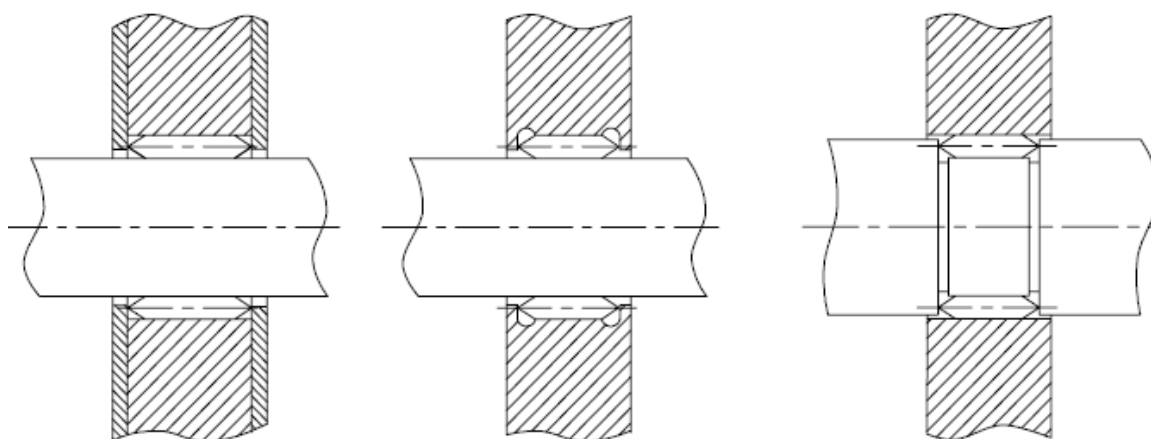
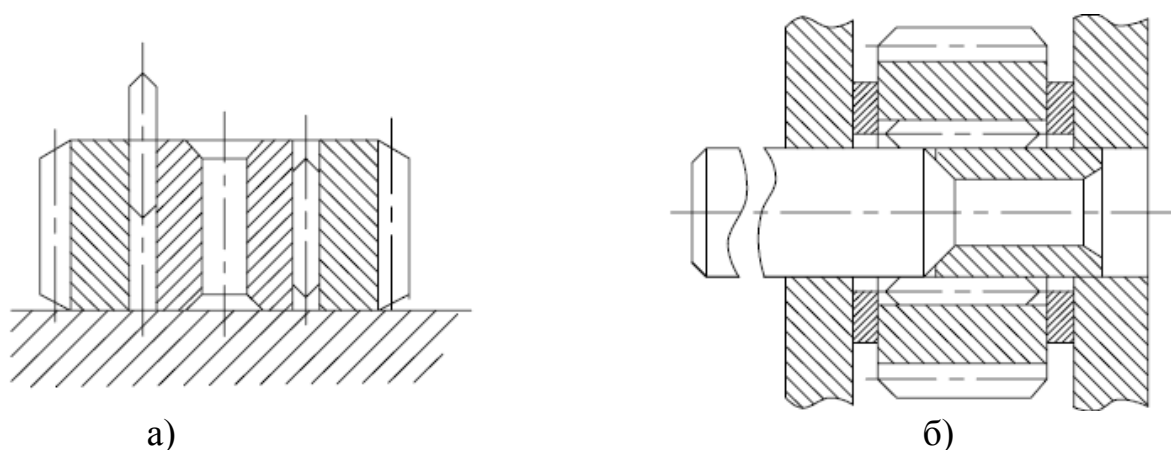


Рисунок 4.6 - Схеми складальних одиниць з голчастими підшипниками



а)

б)

Рисунок 4.7 - Складання голчастого підшипника

4.3.5. Складання зубчастих і черв'ячних передач

Нормальна робота зубчастих коліс вимагає виконання при збірці ряду умов, найбільш суттєві з яких наступні: точка дотику зубів зубчастих коліс повинна знаходитися на початковому колі; робота зубчастого зачеплення повинна бути плавною, без поштовхів і ривків.

Ці вимоги повинні забезпечуватися не тільки якісним з виготовленням деталей в механічному цеху, але і правильно побудованим технологічним процесом складання.

При складанні зубчастих передач виконують такі роботи:

- установку зубчастого колеса на валу;
- установку валів з зубчастими колесами в корпусі;
- регулювання і контроль зачеплення зубчастих коліс.

Циліндричні зубчасті передачі становлять 75 ... 80% загальної кількості передач. Посадку циліндричних коліс на центрувальні поверхні валу здійснюють під пресом із застосуванням спеціальних інструментів, призначення яких полягає у забезпеченні установки колеса на посадочній шийці без перекосу. Необхідність запобігання перекосів слід передбачати і при демонтажі зубчастих коліс; зняття коліс проводиться також під пресом або за допомогою знімачів. Перед запресовуванням колеса слід перевірити стан спряжуваних поверхонь. При запресовуванні до упору слід переконатися в наявності фаски потрібного розміру.

При установці зубчастих коліс найбільш часто зустрічаються наступні похибки: гойдання зубчастого колеса на шийці валу, радіальне биття початкового кола, торцеве биття і нещільне прилягання до буртика валу.

Биття перевіряється на спеціальних контрольних пристосуваннях індикаторами і еталонними шестернями, щільність прилягання - контрольним щупом. Радіальне биття зубчастого вінця допускається у межах 0,025-0,075 мм, торцеве - 0,10 ... 0,15 мм. Якість зубчастого зачеплення зазвичай забезпечується виконання всіх елементів з'єднання в межах допусків відповідно до стандартів. При складанні в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва перевіряються боковий і радіальний зазори, а також правильність зачеплення по плямі контакту. Вона повинна знаходитись в середній частині бічної поверхні зубів. При неправильному контакті плями зміщені.

Зібрані швидкохідні зубчасті передачі часто піддають випробуванням з вимірюванням переданих крутних моментів і рівня шуму. Підвищений шум свідчить про дефекти виготовлення або збірки зубчастих коліс. Норми шумності стандартизовані.

Зубчасті колеса конічних передач мають зуб змінної товщини, що ускладнює як виготовлення, так і збірку цих коліс. Для забезпечення правильної роботи конічної передачі необхідно під час складання виконання наступних умов: зубчасті колеса повинні мати правильний профіль і точну товщину зуба; осі отворів або шийок зубчастих коліс повинні проходити через центр початкового кола і не мати перекосів; осі гнізд в корпусі повинні лежати в одній площині, перетинатися в певній точці, під потрібним кутом; опорні деталі передач (підшипники, стакани тощо) не повинні мати ні зміщення, ні перекосу осей.

Велике значення має забезпечення співпадіння вершин ділительного конуса обох спряжених коліс. З цією метою проводиться перевірка остаточно виготовлених коліс на спеціальних приладах по еталонному колесу. Про якість

зачеплення судять по плямі контакту. Вважається, що кращим буде випадок, коли пляма контакту з еталонною шестернею буде розташовуватися ближче до тонкого кінця зуба, внаслідок чого, по-перше, при деформації зуба в роботі контакт буде збільшуватися і, по-друге, тонка сторона зуба швидше припрацьовуватиметься. Пляма контакту не повинна доходити до краю зуба по довжині 1,5 ... 3,0 мм і по висоті 0,4 ... 1,0 мм. Норми на контакт конічних передач трохи нижче норм на контакт зубів циліндричних коліс

Збірка конічної передачі полягає в регулюванні зачеплення, для чого колеса переміщують у напрямку осей до збігу уявних вершин їх конусів. У цей момент буде досягнутий необхідний і однаковий по всьому колу зазор між зубами. При регулюванні можуть переміщатися обидва колеса або одне колесо. Після закінчення регулювання положення зубчастих коліс фіксується регулювальними кільцями (прокладками) або регулювальними гайками. Регулювання за одним нерухомим колесом простіше і здійснюється наступним чином. Одне з зубчастих коліс встановлюється прокладками по певній координаті і закріплюється. Після цього орієнтовно встановлюють спряжене зубчасте колесо за допомогою набору прокладок і перевіряється зазор. Якщо зачеплення незадовільне, встановлюється новий набір прокладок і знову перевіряється зазор. У серійному і масовому виробництвах операцію регулювання виконують на спеціальних стендах.

Складання черв'ячної передачі починається зі складання вузла черв'ячного колеса, тобто збирання вінця з маточиною. Вінець встановлюють на маточину, свердлять і нарізають різь в отворах під стопори, вгвинчують стопори і кернять їх. Після цього перевіряють биття вінця. Аналогічно проводиться складання колеса, вінця і маточина якого стягуються болтами.

Монтаж черв'ячних зубчастих коліс на валах і їх перевірку здійснюють так само, як і у випадку складання циліндричних коліс. Правильність зачеплення визначається дотриманням заданих кута перетину осей черв'яка і черв'ячного колеса, міжцентрової відстані, бічного зазору в зачепленні, а також співпадіння середньої площини колеса з віссю черв'яка. Для здійснення цих перевірок існують спеціальні інструменти. Комплексну перевірку правильності зачеплення здійснюють перевіркою на фарбу. При правильному зачепленні черв'яка фарба повинна покривати поверхню зуба черв'ячного колеса на 60 ... 70% по довжині і висоті. Зібрані зубчасті та черв'ячні передачі для припрацювання тертьових поверхонь, контролю складання і перевірки в умовах, близьких до експлуатаційних, піддають обкатці під навантаженням.

4.3.6. Складання рухомих конусних з'єднань

Рухомі конусні з'єднання знаходять застосування в запірних пристроях (пробкові крани, клапани) і в регульованих підшипниках кочення і ковзання.

Рухомі конусні з'єднання, що перешкоджають проникненню газів і рідин, часто в процесі складання необхідно припасовувати. Наприклад, щільність прилягання клапанів до фаски гнізда блоку або його головки часто досягається

за рахунок притирання. У масовому виробництві клапанів щільність з'єднання досягається за рахунок шліфування фаски клапана та чистової обробки гнізд.

Притирання конусних спряжень здійснюється переважно без використання притиру. В цьому випадку одній з деталей надається зворотнопоступальний рух з її періодичним підйманням. Для покращення якості притирання необхідно рівномірно наносити притиральний порошок і рідину на оброблювану поверхню.

Контроль якості притирання і збірки конусних з'єднань здійснюється зовнішнім оглядом сполучених поверхонь, заливкою гасу (перевірка на просочування), а також спеціальними приладами і установками для вимірювання компресії. Після притирання складальні одиниці ретельно промивають і обдувають повітрям. Залишки абразиву на сполучених поверхнях недопустимі, так як це призводить до появи задирів, рисок, подряпин і порушення щільності з'єднання.

Якість притирання і його продуктивність в великій мірі залежать від питомого тиску, який створюється в процесі обробки. Звичайні тиски становлять 0,08 – 0,15 МПа, за менших тисків продуктивність притирання зменшується, а залишкова шорсткість збільшується. Збільшення питомих тисків до 0,15 – 0,2 МПа супроводжується збільшенням зняття шару металу, і, в більшості випадків, такою самою якістю поверхні. Подальше збільшення тиску призводить до появи задирів, подряпин та погіршення якості поверхні.

Загалом притирання під час складання застосовують тоді, коли необхідно отримати точний розмір деталі за рахунок зняття дуже малого припуску, або для досягнення щільного прилягання поверхонь, яке забезпечує гідравлічну непроникність з'єднання. Точність розмірів, яка досягається притиранням сягає 0,1 мкм.

Припуски на притирання деталей зазвичай становлять 0,03 - 0,05 мм.

Ручне притирання – трудомістке і малопродуктивне, тому його потрібно уникати і по можливості замінювати на механізоване притирання. Для цього застосовують електричні або пневматичні ручні машини з обертовим рухом робочого органу, а також спеціальні верстати. В будь-якому випадку притирам або деталям, що притираються, надається складний рух з метою уникнення накладання слідів від обробки один на одного. Під час притирання спряжених конічних або циліндричних пар притир здійснює обертовий рух з підйманням і опусканням. При цьому, вал або отвір, які притираються, повинні мати можливість самовстановлюватись за рахунок конструкції пристосування.

4.4. СКЛАДАННЯ З'ЄДНАНЬ ПО ПЛОСКИМ ПОВЕРХНЯМ

Для визначення взаємного положення деталей, що сполучаються з площиною, застосовують різноманітні методи: використання отворів під болти, гвинти, шпильки, установка на штифтах, центрування на буртах. Отвори під болти в деталях можуть бути просвердлені заздалегідь, потім встановлюються і слабо затягуються кріпильні болти, і правильність взаємного положення

деталей досягається регулюванням за рахунок зазорів між отворами і кріпильними болтами. Після остаточного затягування виконують свердління отворів під штифти, якими деталі фіксуються в певному положенні. Для забезпечення можливості розбирання штифти з деталлю, яка буде зніматись, з'єднуються по рухомій посадці.

Штифти застосовують циліндричні і конічні. Для зручності запресування штифтів в їх торці передбачають різьбовий отвір.

Зустрічаються випадки, коли базові поверхні паралельні, але не лежать в одній площині (рисунок 4.7). У цьому випадку, якщо немає конструктивних обмежень, по одному з стиків встановлюють пружну прокладку, що скорочує трудомісткість виготовлення. Під час складання часто необхідно створення щільного з'єднання. Для забезпечення цієї вимоги в стику встановлюють спеціальні прокладки (з пароніту, прогумованого азбесту, картону тощо) або заливають ущільнюючі пасти.

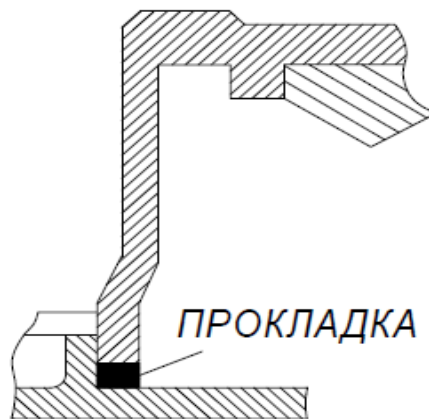


Рисунок 4.7 - Застосування пружних прокладок при установці деталей по двох паралельних площинах

Для створення точної базової поверхні без додаткових припасу вальних робіт широко застосовують пластмаси. Після вивірки сполучених поверхонь в зазор між ними подається пластмаса АСТ-Т, в результаті чого після затвердіння отримують рівну і точну базову поверхню. За рахунок застосування пластмас може бути значно скорочена трудомісткість підготовки спряжених поверхонь. Вони можуть бути оброблені грубо або зовсім не оброблюватись.

Питання для самоконтролю

1. Перерахуйте основні класифікаційні ознаки з'єднань.
2. Вкажіть особливості застосування останніх двох класів з'єднань.
4. Опишіть основні способи отримання нерухомих з'єднань.
5. З яких міркувань визначають зусилля затягування різьбових з'єднань.
6. Особливості складання шпонкових, шліцьових та конусних з'єднань.
7. Особливості складання зубчастих і черв'ячних передач та підшипникових вузлів.

5. КОНТРОЛЬ І ВИПРОБУВАННЯ ПІД ЧАС ТА ПІСЛЯ СКЛАДАННЯ

5.1. КОНТРОЛЬ З'ЄДНАНЬ ТА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБІВ

Збірка виробів являє собою останню стадію технологічного процесу, коли некондиційна деталь або складальна одиниця, які потрапили в складальний цех, ще можуть бути виявлені і вилучені, для запобігання випуску неякісної продукції - браку.

У машинобудуванні при складанні виробів зустрічаються два види браку - остаточний і виправний. Остаточним вважається брак, коли у зібраній складальній одиниці не можна усунути наявні відхилення від встановлених вимог. Одна або кілька деталей складальної одиниці при цьому виявляються зовсім непридатними для подальшого використання. При виправному браку виявлені похибки можуть бути усунені, після чого зібрана складальна буде відповідати технічним умовам. У разі конвеєрного складання похибки усуваються на спеціально виділених робочих місцях. Для цієї мети поряд зі складальним конвеєром встановлюють кілька ділянок рольганга. При виявленні відхилень машину, яка складається, знімають з конвеєра і подають кран-балкою або тельфером на рольганг, а після усунення недоліків - знову на конвеєр. Контроль в складальних цехах здійснюють у процесі складання і після закінчення складання. Основний контроль якості складання ведуть самі складальники (самоконтроль). Більшість операцій, контрольованих виконавцем під час роботи, не потребують додаткової перевірки. Відповідальність за якість виконання приймає на себе складальник. Однак є в технології такі операції, для перевірки якості виконання яких потрібно значний час і спеціальна апаратура. Поєднати виконання технологічних робіт і операцію контролю якості на протязі регламентованого темпу складальник в цьому випадку не може. Тоді контрольна операція виділяється як самостійна. При проектуванні ТП на вузловий і на загальній збірці повинні бути передбачені робочі місця для контролерів на таких операціях. Темп роботи контролерів має бути підпорядкований темпу роботи конвеєра. У тому випадку, коли час, необхідний для перевірки, значно менше темпу конвеєра, один контролер поєднує кілька операцій, здійснюючи так званий "летючий", тобто епізодичний контроль.

Залежно від складності і відповідальності машини, що збирається, контролю піддаються всі вироби, або певна їх частина. Контрольні операції виконуються відповідно до технологічних карт контролю, в яких вказується метод і послідовність перевірки, обладнання та інструменти, які застосовуються.

У маршрутному технологічному процесі вказують операції контролю і параметри контролю, що включаються до складальної операції.

При вузловому і загальному складанні перевіряють:

1. Наявність необхідних деталей в складальних з'єднаннях (виконується оглядом).

2. Правильність положення сполучених деталей і вузлів (виконується оглядом).

3. Зазори в складальних з'єднаннях (щупи, індикатори і т.д.).

4. Точність взаємного положення зібраних деталей (радіальне і осьове биття перевіряють на спеціальних стендах).

5. Герметичність з'єднання в спеціальних пристроях і щільність прилягання фарби на поверхню.

6. Затяжку різьбових з'єднань, міцність і якість заклепок, міцність вальцювальних та інших з'єднань.

7. Розміри, задані в складальних кресленнях (приєднувальні розміри).

8. Виконання спеціальних вимог (врівноваженість вузлів обертання, підгонка за масою і статичним моментом). Перевірку виконують щупом в процесі складання або після її закінчення.

9. Параметри зібраних виробів і їх складових частин (наприклад, продуктивність, витрата і тиск насоса, точність ділильних механізмів, якість контактів в електричних з'єднаннях тощо).

10. Зовнішній вигляд зібраних виробів (відсутність пошкоджень деталей, забруднення та інші дефекти, які можуть виникнути в процесі складання).

У функцію контролю входить також перевірка послідовності виконання складальних переходів (порядок затягування різьбових з'єднань, послідовність накладення зварних швів) і перевірка обов'язкового виконання допоміжних операцій (промивання, очищення складаних виробів).

Як правило, якість отримання з'єднань перевіряють одним з нижче наведених способів.

1) Необхідний зазор зазвичай контролюється при складанні з допомогою щупів або свинцевого дроту. Свинцевий дріт діаметром 0,2 ... 0,3 мм укладають між деталями, що сполучаються, а після розбирання зібраних деталей по товщині зім'ятого дроту судять про величину зазору в будь-якому місці з'єднання.

2) Запресування можна перевірити випробуванням його на герметичність під гідростатичним тиском. Якість запресування деталей можна визначити також ультразвуковим методом. Зібраний виріб поміщають в звукоізольоване приміщення і за допомогою спеціальної апаратури вимірюють параметри вібрацій та інтенсивності шумів. Подальший аналіз записаних спектрограм дає можливість встановити правильність витриманих при складанні зазорів-натягів, а також відсутність спотворень форми деталей у місцях їх з'єднання.

3) Контроль якості нерухомих рознімних з'єднань передбачає забезпечення надійного закріплення деталей різьбових з'єднань, шпонок, шліців і штифтів. Затяжку різьбових з'єднань перевіряють граничними і динамометричними ключами. У шпонкових з'єднаннях щупом перевіряють зазор між шпонкою і маточиною в радіальному напрямку. У шліцьових з'єднаннях контролюють співвісність деталей, що з'єднуються і зазор між

зубами. У штифтових з'єднаннях перевіряють співвісність отворів під штифт в з'єднуються деталях і їх діаметр.

4) Якість клепанних з'єднань перевіряють оглядом або простукуванням заклепок. Щільні з'єднання піддають гідравлічним випробуванням. Найбільш відповідальні клепані з'єднання перевіряють рентгенівськими променями.

5) Якість збірки трубопроводів перевіряють стисненим повітрям і мильною піною.

Приклади контролю геометричних характеристик з'єднань показані на рисунках 5.1 - 5.8.

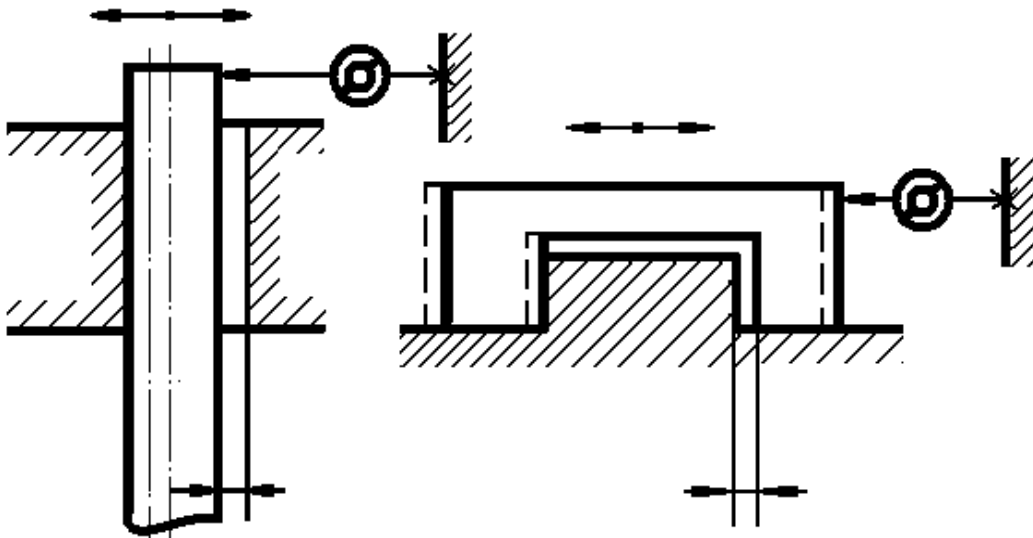


Рисунок 5.1 - Схеми контролю зазорів в з'єднанні

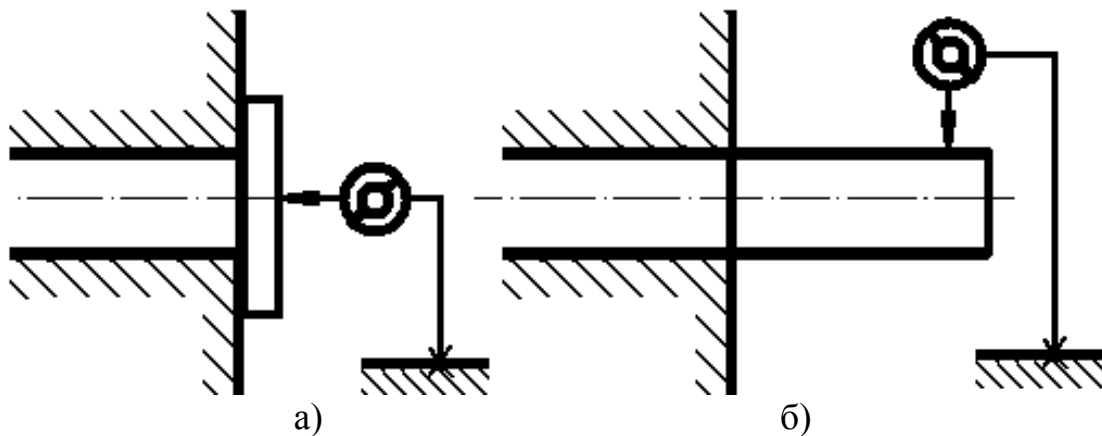


Рисунок 5.2 - Схеми контролю складальної одиниці осьове і радіальне биття

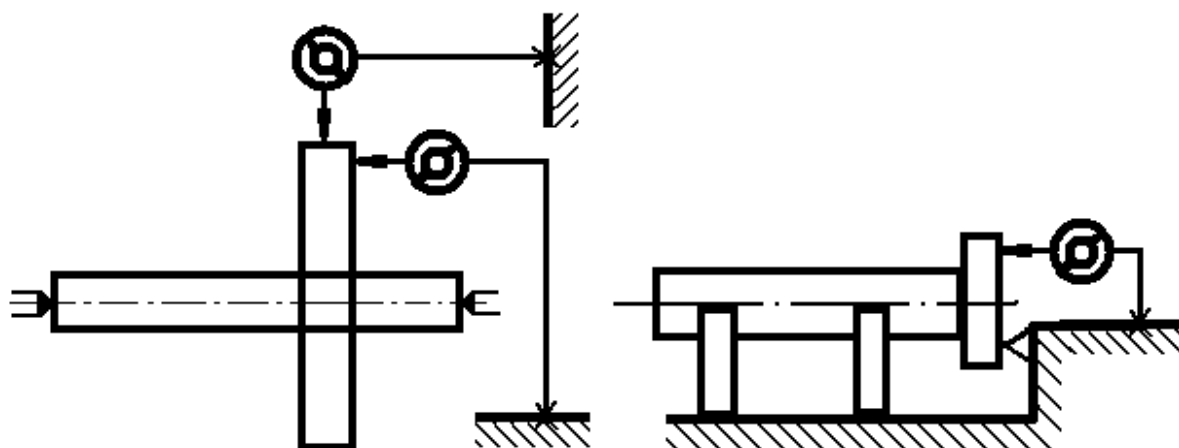


Рисунок 5.3 - Схеми контролю складальної одиниці на торцьове і радіальне та радіальне биття

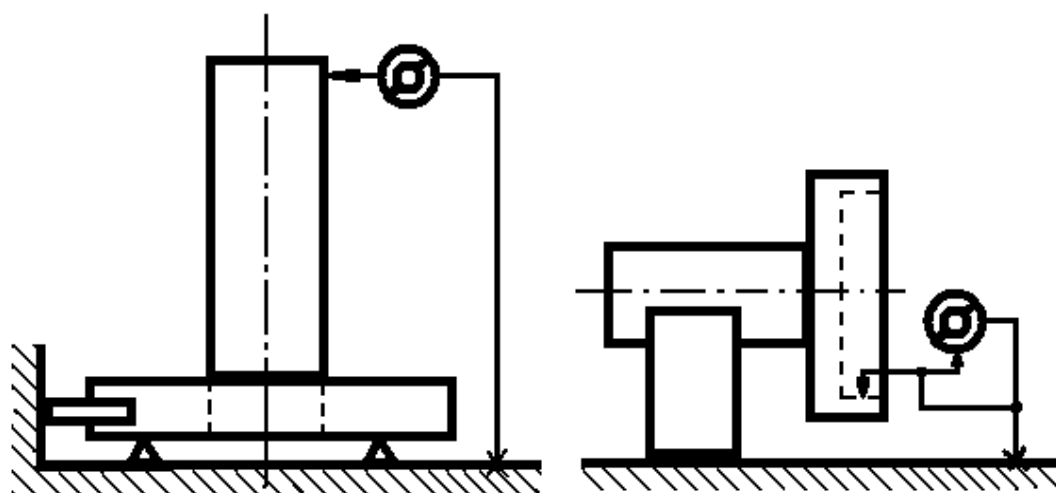


Рисунок 5.4 - Схеми контролю складальної одиниці на радіальне биття

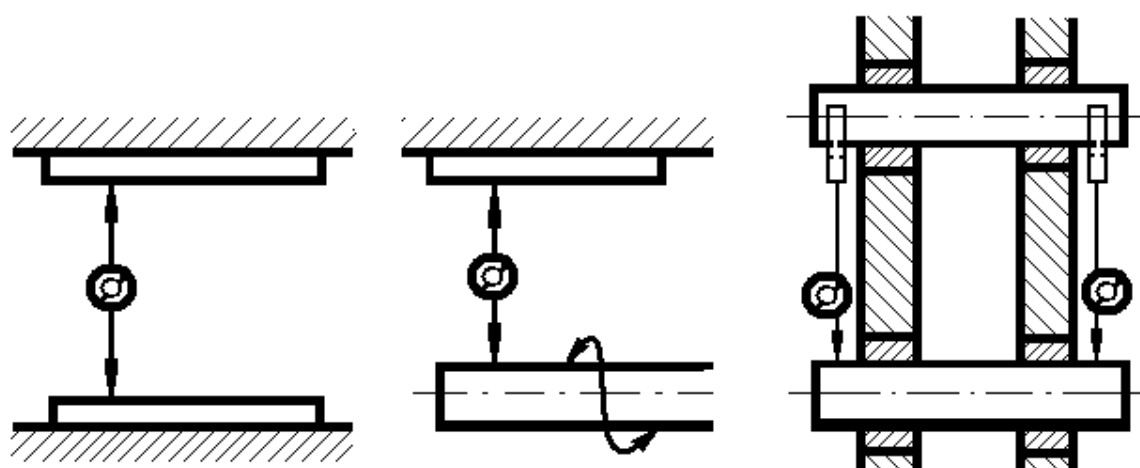


Рисунок 5.5 - Схеми контролю паралельності

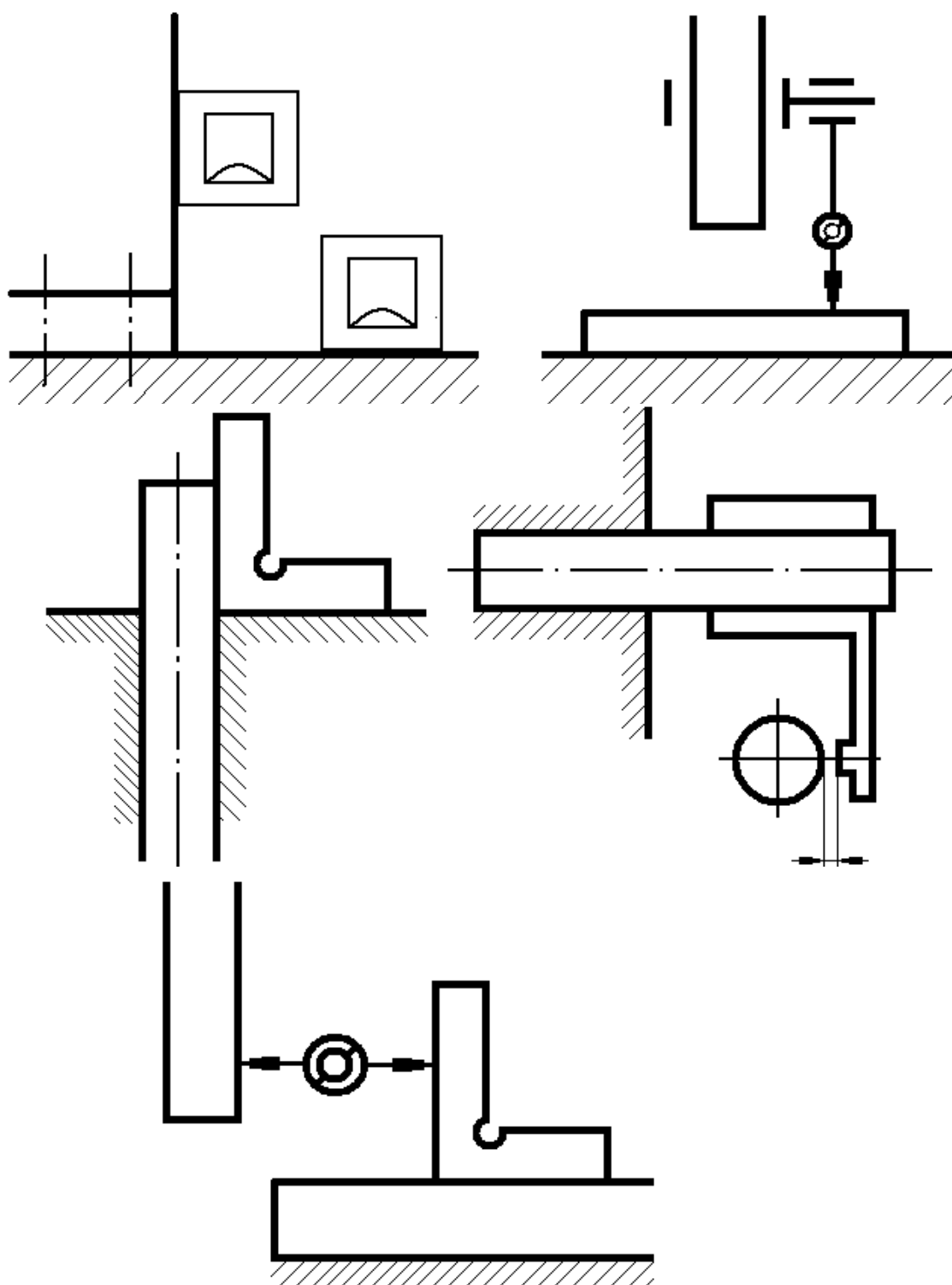


Рисунок 5.6 - Схеми контролю перпендикулярності

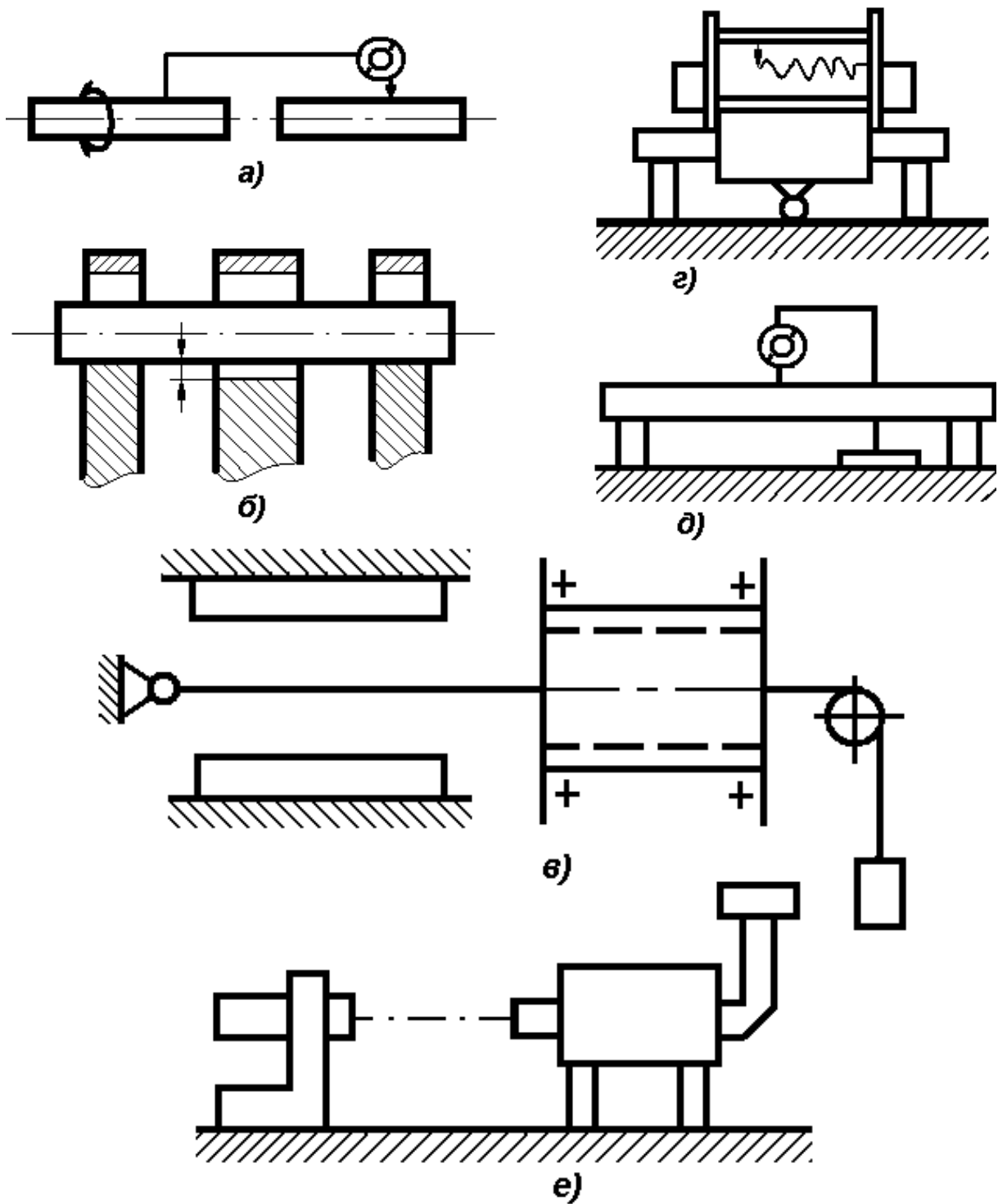


Рисунок 5.7 - Схеми контролю співвісності (а-в) та прямолінійності і площинності (г-е)

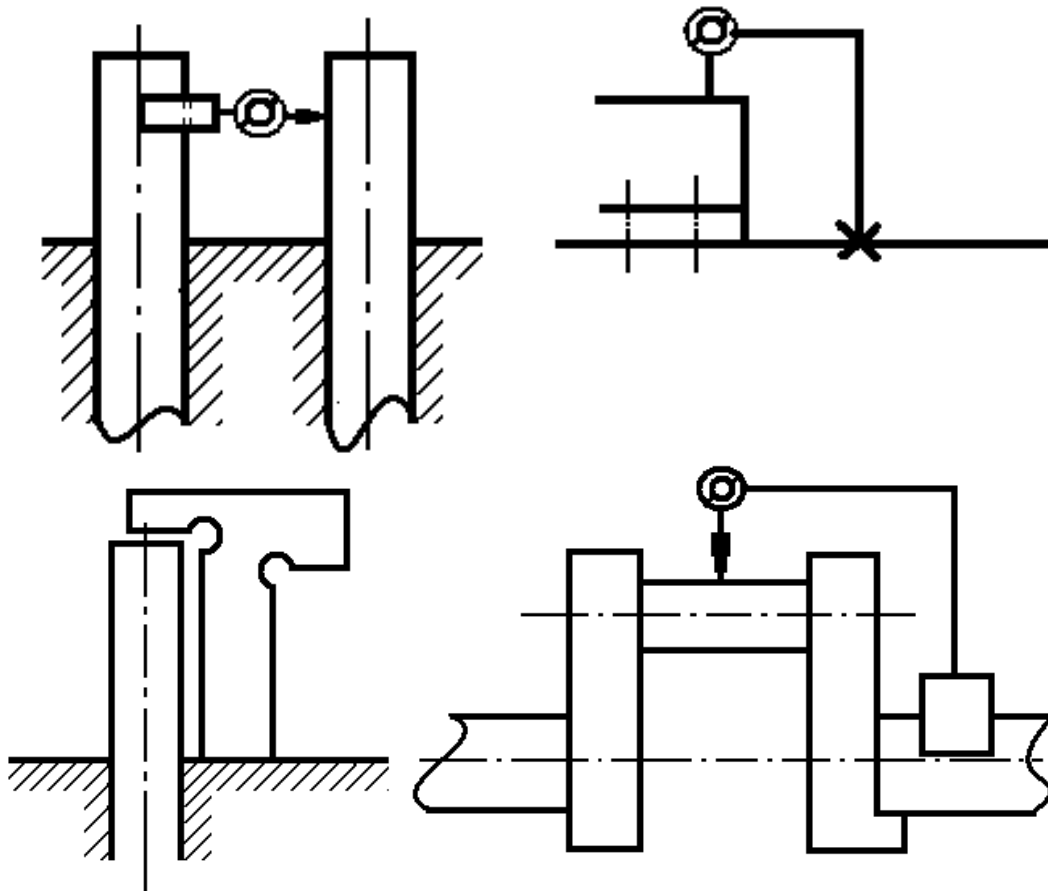


Рисунок 5.8 - Схеми контролю розташування деталей в складальних одиницях

Засоби контролю, для здійснення відповідних переходів і операцій, вибирають з урахуванням їх метрологічних характеристик (меж і точності вимірювання), конструктивних особливостей (габарити, маса), економічних міркувань, а також з урахуванням покращення умов праці контролерів. Ефективність будь-якого контролю тим вище, чим ближче результати вимірювань контрольованих параметрів до їх дійсних значень. При проектуванні операцій контролю вихідними даними є точність контролю і його продуктивність. В якості засобів вимірювання використовують універсальні штангенінструменти, мікрометричні і індикаторні інструменти, електричні та пневматичні прилади і різні спеціальні контрольні прилади, пристосування, стенди та установки.

Відповідальним за вибір об'єкту, методу і засобів контролю є технолог. Він розробляє технологічне завдання на проектування спеціальних контрольних-вимірювальних пристроїв та інструментів, вибирає схему контролюючого пристосування з урахуванням найбільш оптимальної реалізації операції контролю.

Відповідно до ГОСТ 16263-70 всі методи вимірювань поділяються на дві групи: методи безпосередньої оцінки і методи порівняння. Методи порівняння в свою чергу включають в себе метод протиставлення, диференціальний метод, нульовий метод, метод заміщення і метод збігів.

При методі безпосередньої оцінки значення вимірюваної величини визначають безпосередньо по відліковому пристрою вимірювального приладу прямої дії (вимірювальний прилад, в якому передбачено одне або декілька перетворень сигналу вимірювальної інформації в одному напрямку, тобто без зворотного зв'язку). На цьому методі засновані всі стрілочні прилади (вольтметри, амперметри, ватметри, лічильники електричної енергії, термометри, тахометри і т.п.). Слід зазначити, що при використанні даного методу вимірювань міра як речове відтворення одиниці виміру, як правило, безпосередньо в процесі вимірювання участі не бере. Порівняння вимірюваної величини з одиницею вимірювання здійснюється побічно шляхом попереднього градування вимірювального приладу за допомогою зразкових мір або зразкових вимірювальних приладів. Точність вимірювань за методом безпосередньої оцінки в більшості випадків невелика і обмежується точністю застосовуваних вимірювальних приладів.

Метод порівняння з мірою - це метод вимірювань, в якому вимірювану величину порівнюють з величиною, що відтворюється мірою. Метод порівняння з мірою, у якому вимірювана величина і величина, відтворена мірою, одночасно впливають на прилад порівняння, за допомогою якого встановлюється співвідношення між цими величинами, називається методом протиставлення. Це, наприклад, вимірювання маси на важільних вагах з використанням врівноважуючих гир на обох чашах ваг. У цьому випадку при якісному виконанні пристрою порівняння (мале тертя в опорах, стабільність співвідношення плечей важеля тощо) може бути досягнута висока точність вимірювань (приклад - аналітичні ваги).

Диференціальний метод (метод різниць) - це метод порівняння з мірою, у якому на вимірювальний прилад діє різниця вимірюваної величини і відомої величини, що відтворюється мірою. Цей метод дозволяє отримувати результати вимірювань з високою точністю навіть у разі застосування щодо неточних вимірювальних приладів, якщо з великою точністю відтворюється відома величина. Зазначений метод широко використовується, зокрема, при перевірці засобів вимірювань. Ефект підвищення точності результатів вимірювань, який досягається при диференціальному методі, виявляється тим значніше, чим ближче до істинного значення знаходиться значення міри вимірюваної величини. У тому випадку, коли результуючий ефект впливу величин на прилад порівняння доводять до нуля, диференціальний метод вимірювань перетворюється на нульовий. Очевидно, що в нульовому методі вимірювань використовується міра повинна бути змінною (регульованою), а прилад порівняння виконує функції індикатора рівності нулю результуючого впливу вимірюваної величини і міри. Нульовий метод дозволяє отримати високу точність вимірювання.

Методом заміщення називається метод порівняння з мірою, у якому вимірювану величину заміщують відомою величиною, що відтворюється мірою. Це, наприклад, зважування з почерговим переміщенням вимірюваної маси та гир на одну і ту ж чашку ваг. Метод заміщення можна розглядати як

різновид диференціального або нульового методу, що відрізняється тим, що порівняння вимірюваної величини з мірою здійснюється різночасно.

Метод збігів - це метод порівняння з мірою, у якому різницю між вимірюваною величиною і величиною, що відтворюється мірою, вимірюють, використовуючи збіг позначок шкал або періодичних сигналів. Прикладами цього методу є вимірювання довжини за допомогою штангенциркуля з ноніусом, вимірювання частоти обертання стробоскопом.

5.2. ВИПРОБУВАННЯ ВИРОБІВ

Під час випробувань перевіряють правильність складання і функціонування різних елементів керування та блокування та відповідність технічним вимогам. В процесі випробувань здійснюється загальна перевірка якості досягнутої як під час виготовлення деталей, так і збірки складових частин і виробу в цілому.

Випробування виробів, як правило, виконують на спеціальних дослідних ділянках. Це обумовлюється тим, що процес випробувань зазвичай супроводжується підвищеним шумом, виділенням газів, диму, особливо при випробуванні двигунів або зібраної машини. Вид і програма випробувань визначаються конструктором і включаються в технічні умови на виріб. Усі виробничі випробування можуть бути зведені до наступних видів: приймальні; контрольні; спеціальні.

Приймальні випробування виконують для визначення фактичних експлуатаційних характеристик виробу або його складальної одиниці, наприклад, потужності, витрат пального, геометричній точності, правильності роботи механізмів і т.д. Під час проведення приймальних випробувань контролер заносить всі зауваження до роботи агрегату в супровідну карту. Вироби, у яких виявляють дефекти, разом з картою випробувань передають на ділянку доопрацювання. Контрольним випробуванням піддають тільки ті вироби, у яких під час приймальних випробувань були виявлені і на ділянках доробки усунені дефекти. Контрольні випробування проводять за тими ж технічними умовам, що й приймальні.

Спеціальні випробування проводять у разі, коли необхідно вивчити яке-небудь явище в машині, а також у разі заміни матеріалу однієї або декількох деталей чи заміни технології обробки. Програму і режими цих випробувань розробляють залежно від мети їх проведення.

Залежно від виду та призначення випробувань і програми випуску виробу та складальні одиниці піддаються випробуванням на холостому ходу або під навантаженням. При випробуваннях виробів на холостому ходу перевіряють правильність роботи механізмів управління, надійність блокування, точність і безвідмовність різних автоматичних пристроїв. Випробування під навантаженням проводять в умовах, близьких до експлуатаційних. Такі випробування дозволяють перевірити правильності складання, а також міцність і довговічність деталей.

Згідно ДСТУ 3021–95 «Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення» передбачено 62 види випробувань. Найпоширенішими видами випробувань розподіленими за класифікаційними ознаками є:

1) За методами, умовами і місцем проведення. Поділяються на дві підгрупи:

фізичні випробування, до яких відносяться:

стендові — випробування об'єкта, що проводяться на випробувальному обладнанні;

лабораторні — випробування об'єкта, що проводяться в лабораторних умовах;

полігонні — випробування об'єкта, що проводяться на випробувальному полігоні;

натурні — випробування об'єкта в умовах, які відповідають умовам його використання згідно з прямим призначенням з безпосереднім оцінюванням чи контролем визначуваних характеристик властивостей об'єкта;

швартові та ходові для морської техніки;

наземні та польотні для авіаційної техніки.

випробування з використанням моделей проводять методами фізичного, математичного моделювання й статистичних випробувань.

2) За призначенням.

контрольні — випробування, які проводяться для контролю якості об'єкта, що у свою чергу поділяються на:

кваліфікаційні — контрольні випробування установчої серії чи промислової партії, які проводяться для оцінки готовності підприємства до випуску продукції даного типу в заданому обсязі,

типові — контрольні випробування виготовлюваної продукції, які проводяться з метою оцінки ефективності та доцільності впроваджуваних змін у конструкцію, рецептуру чи технологічний процес,

сертифікаційні — контрольні випробування продукції, що проводяться з метою встановлення відповідності характеристик її властивостей індивідуальним і (чи) міжнародним нормативним документам,

періодичні — контрольні випробування виготовлюваної продукції, що проводяться в обсягах та в терміни, які установлені нормативними документами, з метою контролю стабільності якості продукції та можливості продовження її виготовлення;

дослідні — випробування, які проводяться для вивчення певних характеристик властивостей об'єкта;

порівнювальні — випробування аналогічних за характеристиками або однакових об'єктів, що проводяться в ідентичних умовах для порівняння характеристик їх властивостей;

визначальні — випробування, які проводяться для визначення значень характеристик об'єкта з заданими значеннями показників точності та (чи) вірогідності.

3) За стадіями життєвого циклу продукції:

доводжувальні — дослідні випробування, що проводяться під час розроблення продукції з метою оцінки впливу внесених у неї змін для досягнення заданих значень показників її якості;

попередні — контрольні випробування дослідних зразків і (чи) дослідних партій продукції з метою визначення можливості їх пред'явлення на приймальні випробування;

приймальні — контрольні випробування дослідних зразків, дослідних партій продукції чи виробів одиночного виробництва, що проводяться для визначення доцільності впровадження цієї продукції у виробництво та (чи) використання за призначенням.

4) За тривалістю:

прискорені — випробування, методи і умови проведення яких забезпечують отримання необхідної інформації про характеристики механічних властивостей об'єкта за істотно коротший час, ніж за нормальних випробувань;

нормальні — випробування, методи та умови проведення яких забезпечують одержання необхідного обсягу інформації про характеристики властивостей об'єкта в такому ж інтервалі часу, як і в передбачених умовах експлуатації;

скорочені — випробування, що проводяться за скороченою програмою.

5) За рівнем проведення:

відомчі — випробування, що проводяться комісією з представників зацікавленого міністерства чи відомства;

міжвідомчі — випробування, що проводяться комісією з представників декількох зацікавлених міністерств і (чи) відомств, або приймальні випробування встановлених видів продукції для приймання складових частин об'єкта, розробленого спільно кількома відомствами;

державні — випробування встановлених найважливіших видів продукції, що проводяться головною організацією державних випробувань чи приймальні випробування, які проводяться державною комісією або випробувальною організацією, якій надано право їх проведення.

б) За видом зовнішніх впливів. Випробування на дію зовнішнього чинника впливу — випробування в природному чи штучному навколишньому середовищі, впливу якого можуть зазнати зразки з метою оцінки їхніх робочих характеристик під час експлуатації, транспортування, зберігання, в умовах яких вони можуть опинитись на практиці. Цей вид випробувань буває наступних видів:

механічні — випробування на дію механічних чинників: статичних (розтягування, стиснення, згинання, крутіння, зріз, вдавлювання) та динамічних (удар, лінійні сталі прискорення, вібрації, акустичний шум);

електричні — випробування на дію електричної напруги, струму чи поля;

електромагнітні — випробування на дію електромагнітних полів;

радіаційні — випробування на дію радіаційних чинників;

магнітні — випробування на дію магнітного поля;

хімічні — випробування на дію спеціальних (хімічних) середовищ;

кліматичні — випробування на дію кліматичних чинників;

біологічні — випробування на дію біологічних чинників.

7) За результатами впливу.

руйнівні — випробування з застосуванням руйнівних методів контролю;

неруйнівні — випробування з застосуванням неруйнівних методів контролю;

випробування на стійкість — випробування, що проводяться для контролю здатності виробу виконувати свої функції та зберігати значення параметрів у межах установлених норм під час дії на нього певних чинників;

випробування на міцність — випробування, що проводяться для визначення значень впливових чинників, які викликають вихід значень характеристик властивостей об'єкта за встановлені границі чи його руйнування.

8) За обумовленими характеристиками об'єкта:

випробування на надійність — випробування, які виконують для визначення чи контролю показників надійності в заданих умовах;

граничні випробування — випробування, що проводяться для визначення залежностей між гранично допустимими значеннями параметрів об'єкта і режимом експлуатації;

технологічні випробування — випробування, що проводяться під час виготовлення продукції з метою оцінки її технологічності;

функційні випробування — випробування, що проводяться з метою встановлення значень показників призначення об'єкта;

атестаційні випробування — випробування, що проводяться для оцінки якості продукції під час її атестації за категоріями якості;

випробування на витривалість — випробування пристрою за певних умов роботи, протягом певного часу, з певною метою;

випробування на довговічність — випробування для перевірки на тривалість роботи за нормальних умов якого-небудь компонента чи пристрою.

Для кожного вузла, машини або механізму встановлюють свою сукупність випробувань, яка дозволяє визначити якість продукції після виготовлення і її зміну в процесі експлуатації, ремонту та утилізації.

5.3. БАЛАНСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ

Однією з особливостей розвитку техніки є систематичне збільшення робочих швидкостей обертання роторів машин, приладів, механізмів (під ротором мається на увазі деталь, вузол або ціла машина, що здійснює обертовий рух). Цілком природно, що зі збільшенням швидкостей обертання виникають і підвищені вібрації. Вібрації, що виникають під час роботи машин і механізмів, створюють додаткові навантаження на деталі, збільшують їх знос, знижують термін служби виробів, чинять несприятливий фізіологічний вплив на організм людини.

У процесі проектування машин і механізмів прагнуть зменшити шкідливі вібрації, вибираючи найбільш правильні рішення в конструкціях і технологіях

виготовлення, домагаються вагової симетрії всіх рухомих частин шляхом їх врівноваження. Однак, в процесі виготовлення і експлуатації деталей і вузлів виникають умови, що порушують симетрію і призводять до неврівноваженості. Для зменшення неврівноваженості при виготовленні, ремонті, експлуатації здійснюють балансування тіл обертання шляхом зміни їх маси або геометрії.

Балансування – це визначення числових значень та кутів дисбалансів ротора і подальше їх зменшення коригуванням масою ротора. Балансування буває статичним (усувається не співпадіння центра мас ротора і осі обертання) і динамічним (усувають не співпадіння осі обертання і осі моменту інерції ротора).

У практиці прийнято деталі й вузли жорсткої конструкції з коловою швидкістю менше 5-6 м/с піддавати тільки статичному балансуванню, а деталі, у яких довжина в три рази більше діаметра і колова швидкість понад 3-6 м/с - динамічному балансуванню.

Статичне балансування здійснюють на вивірених загартованих призмах. Довжину призм підбирають з таким розрахунком, щоб деталь могла повернутися на 1,5-2 оберти. Ротор, під дією неврівноваженої маси P , яка розташована на певній відстані від геометричної осі та осі обертання, повертається важкою стороною донизу. Для врівноваження деталі на її протилежному боці, на такій же відстані від осі обертання встановлюють вантаж вагою, рівною P . Якщо довжина деталі більше її діаметра, то для статичного балансування треба врівноважуючий вантаж змістити вбік, тоді врівноважуючі сили P будуть рівні і протилежно спрямовані. Однак така статично збалансована деталь при великій кутовій швидкості працює нерівномірно, оскільки протилежні сили утворюють момент, який прагне повернути поздовжню вісь деталі. Це спричиняє додаткове навантаження на підшипники, тому такі деталі, як вали, доцільніше піддавати динамічному балансуванню.

Балансування на шарикопідшипникових або роликотопідшипникових опорах здійснюють так само, як в призмах. При цьому точність балансування збільшується в міру зменшення опору в опорах. Крім призм і роликів, у великосерійному і масовому виробництві статичне балансування здійснюється на спеціальних балансувальних вагах.

Для динамічного балансування застосовують спеціальні верстати. Верстати для балансування деталей під час їх обертання мають складну кінематичну та електричну схему і застосовуються для балансування високої точності.

Майже всі застосовувані методи динамічного балансування засновані на припущенні, що амплітуди вібрації підшипника пропорційні силам, що визивають ці вібрації і що зрушення фаз між напрямком максимального відхилення й напрямком сили, не змінюється при постійній частоті вібрації, тобто при постійній швидкості обертання.

Динамічний дисбаланс усувають висвердлюванням частини металу в противагах (при балансуванні колінчастого вала), в неробочій частині маховика

(при балансуванні колінчастого вала в зборі з маховиком), зміною маси гайок і шайб (при балансуванні молотильного барабану) та ін.

Питання для самоконтролю

1. Які основні параметри перевіряють після або в процесі складання.
2. Вкажіть основні способи перевірки якості отриманих з'єднань.
3. Вкажіть основні методи визначення параметрів виробу під час контролю і вимірювань та дайте їх характеристику.
4. Перерахуйте основні класифікаційні ознаки видів випробувань.
5. Охарактеризуйте основні види випробувань.
6. Для чого проводять випробування на холостому ході і під навантаженням.
7. Обґрунтуйте необхідність балансування рухомих мас.
8. Які є види балансування.
9. Опишіть процедуру статичного і динамічного балансування.
10. Якими способами відбувається усунення дисбалансу ротора?

6. МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

Залежно від того, якими способами виконуються елементарні дії складального переходу, можна виділити чотири групи рівнях складання (таблиця 6.1).

1) Ручне складання. Процес, при якому всі необхідні дії: переміщення деталей, орієнтація, силове замикання тощо виконуються вручну. Використовується універсальний слюсарний інструмент, універсальні пристосування.

2) Механізоване складання. Установка деталей, силове замикання деталей виконуються механізмами, наприклад, одно-і багато шпindelьними головками, при досить значному обсязі дій виконаних вручну: установка шайб, попереднє орієнтування гайок, установка шпонок, шплінтів тощо.

3) Автоматизоване складання. Частина складальних позицій устаткування працює в автоматичному циклі. Ручна праця максимально механізована і застосовується для складання тільки складно орієнтованих деталей і вузлів.

4) Автоматичне складання. Всі складальні дії проводяться тільки механізмами в автоматичному режимі. Рух, орієнтація в просторі, фіксація і з'єднання деталей в процесі автоматичного складання виконують засобами механізації і автоматизації. Під такими засобами мають на увазі сукупність обладнання і технологічного оснащення, яке призначене для виконання всіх операцій виробничого процесу складання. Автоматичне з'єднання двох окремих деталей передбачає їх визначене відносне положення і рух у просторі. Співвідношення значень параметрів положення і руху поверхонь деталей, за яким вони повинні бути з'єднані, одержали назву умов складання. Дотримання цих умов є однією з основних вимог для автоматизації процесів складання, оскільки вони є визначальними під час вибору основного та допоміжного складального обладнання, корегування конструкції деталей і вузлів складаного виробу, встановлення вимог до проміжного контролю вузлів та деталей.

Під засобами механізації і автоматизації складання мають на увазі обладнання і технологічне оснащення, призначене для виконання всіх операцій виробничого процесу складання. За типом виконуваних операцій складальне обладнання ділять на основне і допоміжне. Основне (технологічне) обладнання виконує процеси з'єднання деталей і їх фіксацію в складальній одиниці відповідно до вимог конструкції. Допоміжне обладнання обслуговує процеси збірки: видалення готових виробів, переміщення об'єктів збірки між операціями, орієнтацію деталей, контроль процесів складання. Для виконання операцій складання двох деталей необхідно перемістити деталі в зону складання, зорієнтувати їх, розташувати спряжувані поверхні одна відносно іншої, з'єднати їх і зафіксувати положення. Переміщення деталей і складальних одиниць між операціями здійснюється конвеєрами, поворотними столами, маніпуляторами або роботами.

До складу технологічного устаткування складального цеху входять:

- складальні стенди;

Таблиця 6.1 - Рівні механізації і автоматизації процесу складання

Рівень автоматизації процесу складання	Просторова орієнтація	Поштучна видача в зону складання	Спряження деталей	Силове замикання	Управління допоміжними механізмами	Переміщення виробу	Встановлення виробу на позицію складання	Тип виробництва	Характеристика обладнання і механізмів
Ручне складання	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	Одиничне і дрібносерійне	Верстаки, стенди, рольганги, ручний інструмент, універсальні пристосування
Механізоване складання	Р	Р	Р	Р/М	Р	М	М	Середньосерійне і великосерійне	Однопозиційне і багатопозиційне обладнання з фіксацією виробу на позиції складання; багато шпindelний механізований інструмент і преси керовані вручну; спеціалізовані пристосування
Автоматизоване складання	Р/М	Р/М	Р/М	М	Р/М	М	М	Великосерійне і масове	Частина позицій складального обладнання працює в автоматичному режимі, ручна праця максимально механізована і застосовується лише для погано орієнтованих деталей
Автоматичне складання	М	М	М	М	М	М	М	Масове	Всі позиції обладнання працюють в автоматичному режимі

Р – здійснення операції вручну; М – здійснення операції за допомогою засобів механізації.

- преси;
- механізовані складальні установки, ручний і механізований інструмент (гайковерти, шпильковерти, свердлильні і шліфувальні машини та ін.);
- складальні автомати;
- установки і стенди для випробування устаткування.

В залежності від рівня механізації і автоматизації процесу складання використовують відповідне обладнання, оснащення та інструмент (слюсарно-складальний інструмент).

За призначенням складальні пристрої можна поділити на такі основні групи:

- пристрої-затискачі – служать для закріплення виробів, складаних одиниць або деталей, що складаються, у положенні, яке вимагається для складання, а також для придання стійкого положення складаної одиниці і полегшення її складання;
- установочні пристрої призначені для правильного і точного встановлення деталей або складаних одиниць, які з'єднуються, одна відносно другої, що гарантує одержання необхідних монтажних розмірів;
- робочі пристрої використовуються при виконанні окремих операцій технологічного процесу складання, наприклад вальцювання, запресовування, встановлення і зняття пружин тощо;
- контрольні пристрої використовуються для контролю конструктивних параметрів, що одержують в процесі складання.

6.1. ОБЛАДНАННЯ, ОСНАЩЕННЯ ТА ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ РУЧНОГО ТА МЕХАНІЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ

Слюсарно-складальний інструмент застосовується при вузловому та загальному складанні машин та механізмів для з'єднання їх елементів та припасувальних робіт.

Для з'єднання елементів машин застосовують ручний і механізований слюсарно-складальний інструмент. Застосування механізованого інструменту підвищує продуктивність праці складальників у 10-20 разів в порівнянні з продуктивністю при складанні ручними інструментами. Механізований інструмент широко використовується в масовому і великосерійному виробництвах. Важливою умовою його застосування є спеціалізація складальників по виду робіт і уніфікація кріпильних деталей. Для припасувальних робіт в одиничному і дрібносерійному виробництві (обпилювання, зняття задирок, шабрування, притирання, прорубання маслорозподільчих канавок, свердління та розвертування отворів по місцю тощо) використовується стандартний ручний інструмент (напилки, шабери, притири, зубила, крейцмейселі, свердла, розвертки тощо) та частково спеціальний інструмент (притири, оправки, шблони). Зменшення трудомісткості припасувальних робіт досягається застосуванням засобів

механізації (ручні, пневмо- або електросвердлильні машини, машини для обпилювання і шабрування, пневмомолотки, механічні пристрої для притирання тощо), а також заміною їх відповідної механічною обробкою (шліфування замість обпилювання, тонке розточування замість шабрування отворів тощо).

До ручного слюсарно-складального інструменту відносять:

- ключі гайкові з відкритим зівом односторонні ГОСТ 2841-80;
- ключі гайкові з відкритим зівом двосторонні ГОСТ 2839-80;
- ключі гайкові кільцеві двосторонні колінчаті ГОСТ 2906-80;
- ключі шарнірні для круглих шліцьових гайок ГОСТ 16984-79

(одноріжкові);

- ключі ріжкові ГОСТ 6394;
- ключі торцеві для деталей з шестигранним поглибленням "під ключ"

ГОСТ 11737-74;

- ключі торцеві із внутрішнім шестигранником ГОСТ 28787-83;
- ключі гайкові розвідні ГОСТ 7278-75;
- ключі для шпильок;
- щипці для розлучення пружинних кілець;
- щипці для стиснення пружинних кілець;
- молотки слюсарні сталеві ГОСТ 2310-77;
- напилки ГОСТ 1465-80 плоский (тупоносий, гостроносий), квадратний, тригранний, ромбічний; з рискою № 0, 1, 2, ..., 5;
- зубила слюсарні ГОСТ 7211-72 з кутом заточення 35°, 45°, 60° і 70°;
- кернери ГОСТ 7213-72 з діаметром $d = 2,0; 3,2; 4,0; 6,3$;
- кусачки торцеві ГОСТ 7282-75;
- плоскогубці комбіновані ГОСТ 5547-75 ("пасатижі");
- круглогубці ГОСТ 7283-73;
- викрутки шліцьові і хрестові ГОСТ 24437-80 і ГОСТ 10754-80 тощо.
- ключі для нормованої затяжки КРМ-60 $M_{кр} = 100 \dots 600$ Н·м.

Ручні машини для слюсарно-припасувальних робіт підвищують продуктивність праці в 3-10 разів у порівнянні з ручним інструментом. Ручні машини (механізований інструмент) - група технологічних машин з вбудованими двигунами, маса яких повністю або частково сприймається руками оператора, керуючого машиною (їх маса зазвичай 1,5-10 кг). Для приведення в дію робочого органу в машинах використовують приводи: пневматичні, електричні, рідше гідравлічні. Для згвинчування різьбових з'єднань широко використовують різезагвичувальні машини (гайкокрут, гвинтокрут, шпилькокрут). Гайкокрути бувають кутові з пневмоприводом, прямі ударні з електро- або пневмоприводом.

Свердлильні машини застосовуються не тільки для свердління, але і для зачистки, полірування, шліфування при установці в шпindelь відповідного робочого інструменту. Шліфувальні машини застосовують для зняття наплавів металу, видалення літників, зачищення зварних швів.

6.2. СКЛАДАЛЬНІ ПРИСТОСУВАННЯ І СТЕНДИ

Складальні пристосування є ефективним засобом механізації ручної збірки і необхідними додатковими пристроями автоматизованого складального обладнання.

В залежності від призначення складальні пристосування можна розділити на наступні основні групи:

а) пристосування-затискачі, які використовують для закріплення складаних виробів, складальних одиниць або деталей в потрібному для складання положенні, а також для надання стійкості складальній одиниці і полегшення її складання;

б) установчі пристосування, які призначені для вірного і точного встановлення з'єднаних деталей або складальних одиниць відносно одне одного, що гарантує отримання необхідних монтажних розмірів;

в) робочі пристосування, які використовують під час виконання окремих операцій технологічного процесу складання, наприклад, вальцювання, запресування, встановлення і зняття пружин, ущільнень тощо;

г) контрольні пристосування, які виготовлені відповідно до конфігурації, форми, розмірів та інших особливостей контрольованих спряжень складальних одиниць і виробів для визначення відповідності конструктивних параметрів, які отримують в процесі складання, вимогам технічного завдання і умов.

До пристосувань затискачів вказують наступні основні вимоги: кріплення деталі складальної одиниці в пристосуванні повинно бути достатньо надійним і міцним; затискання повинно здійснюватись мінімальною кількістю найпростіших прийомів і якомога швидше; закріплення не повинно деформувати деталі або викликати пошкодження їх поверхонь; за необхідністю точного встановлення деталей затискачі не повинні зміщувати їх під час закріплення.

Зрозуміло, що складання не буде точним, якщо в процесі затискання або під час операції чи переходу деталей буде деформуватись. Це може відбуватись, наприклад, внаслідок неправильного розташування деталі або складальної одиниці, або невдалого вибору місця затискання, при недостатній кількості опор, під дією занадто великої сили затискання тощо. Слід враховувати, що нерідко деформуються навіть дуже масивні деталі, особливо якщо затискання здійснюється вручну, без контролю. Тому пневматичні і пневмогідравлічні затискачі, які утримують деталі з постійним і необхідним тиском, мають значну перевагу перед ручними. Якщо під час складання ставиться вимога щодо точної фіксації складальної одиниці, а також закріплення її для уникнення зміщення під дією прикладених сил рекомендують застосовувати пневматичні затискачі з клиновими або важільними підсилювачами.

За ступенем спеціалізації складальні пристосування поділяють на універсальні і спеціальні; за типом приводу - на механічні, пневматичні, гідравлічні тощо.

Універсальні пристосування найбільш широко застосовують в одиничному і дрібносерійному виробництві. До них відносяться:

1. Плити й складальні балки, які служать для установки, вивірки і закріплення зібраних машин та їх вузлів; виготовляються з чавуну; на установчій поверхні мають Т-подібні пази.

2. Призми та кутники служать для установки і закріплення вузлів або базових деталей. Їх установчі поверхні точно обробляють; на них виконують наскрізні видовжені вікна для кріпильних болтів.

3. Струбцини використовують для тимчасового скріплення деталей і вузлів зібраних машин (наприклад, під час зварювання).

4. Домкрати використовують для встановлення та підтримки громіздких і важких деталей і вузлів.

5. Слюсарні лещата з ручним приводом (ГОСТ 4045-75Е) з шириною губок 63,80,100 ... 200 мм виготовляють трьох типів: 1) лещата загального призначення, 2) лещата з поворотною губкою для фасонних деталей; 3) лещата з додатковими губками для труб.

6. Захвати застосовують для передачі зібраних виробів і подачі деталей на складання.

Спеціальні пристосування застосовують у великосерійному і масовому виробництві. Розрізняють два типи таких пристосувань.

Тип 1: пристосування для нерухомої установки і закріплення базових деталей і вузлів виробу, що збирається. Пристосування цього типу повинні забезпечувати стійке положення деталі (вузла) в процесі складання. Точного базування при цьому не вимагається. Зусилля затиску повинно бути достатнім, щоб утримувати деталь (складальну одиницю) при впливі на неї складального обладнання. Часто пристосування цього типу роблять поворотними як в горизонтальній, так і у вертикальній площині для забезпечення доступу до виробу, що збирається з різних сторін. Пристосування даного типу можуть бути стаціонарними (встановленими на верстаках, столах, фундаментах) і рухомими (переміщуваними по рольгангам або конвеєру).

Тип 2: пристосування для точної і швидкої взаємної установки деталей або частин виробу, що з'єднуються. Ці пристосування звільняють складальників від трудомісткої орієнтації та вивірки з'єднаних деталей, прискорюють процес складання. Такі пристосування мають не тільки затискні, а й напрямні (базуючі) елементи. Ці пристосування застосовують при посадках з натягом, розвальцьовуванні, клепанні, зварюванні, пайці тощо.

Спеціальні пристосування можуть застосовуватися для виконання окремих складальних операцій: попереднього стиснення і установки пружин, запресовування деталей складної конфігурації, установки ущільнювальних кілець тощо. Такі пристосування можуть забезпечуватися силовим приводом: ручним (важільним, гвинтовим, ексцентриковим), пневматичним (найбільш часто), рідше гідравлічним (для великих зусиль) або електромеханічним (при великому ході).

Спеціальні складальні пристосування складаються з корпусу і змонтованих на його основі настановних елементів і затискних пристроїв. Установчі елементи забезпечують необхідне положення деталей і частин виробу без вивіряння. Вони повинні мати достатньо розвинену поверхню, щоб уникнути зминання контактуючих опорних поверхонь виробу. Часто з цією метою настановні елементи облицьовуються твердою гумою або пластмасою.

Затискні елементи забезпечують фіксацію і стійкість встановлених елементів виробу, оберігають їх від зсуву під дією сил складального обладнання. Для убезпечення від деформування поверхонь деталей, які фіксують, торці затискних елементів оснащують м'якими вставками (накладками). В якості затискних елементів можуть використовуватися прямі і Г-подібні прихвати. В якості приводу використовуються пневмо- і гідроциліндри. Іноді використовують вакуумні прихвати, пружинні затискачі (останні не перешкоджають тепловому розширенню деталей, що важливо, наприклад, під час зварювання).

В багатьох випадках, особливо під час складання вузлів середніх і великих розмірів, доцільно суміщати установчі, затискні та, інколи, контрольні функції пристосування. Такі пристосування прийнято називати складальними стендами (стапелями). Під час складання деталі закріплюють в масивних каркасах, на яких і виконують всі необхідні припасувальні і складальні операції. Завдяки виконанню принципу постійності конструкторських баз в самих стендах (стапелях) забезпечується співпадіння і єдність баз складальних одиниць та, в результаті, точне стикування їх між собою під час загального складання.

Розрізняють обробні і складальні стапелі. Перші призначені для механічної доробки стикових поверхонь та інших елементів агрегатів, другі – для виконання всіх підготовчих операцій і складання складальних одиниць.

Для зручності складання багато пристосувань забезпечують поворот складаного виробу відносно горизонтальної або вертикальної площини. Такі пристрої називають кантувачами.

6.3. ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Допоміжне обладнання можна розділити на транспортне, підймальне та установче. В якості підймального обладнання при складанні застосовують домкрати, лебідки, талі, електричні та пневматичні приймачі. Поєднання функцій підйому і транспортування об'єктів складання досягається застосуванням тельферів, мостових кранів, кран-балок, поворотних і пересувних підлогових кранів (рисунки 6.1). Для рухомого складання виробів застосовують такі транспортні засоби: рольганги, рейкові та безрейкові візки і конвеєри. Рольганги можуть бути однорядні і дворядні (за кількістю рядів роликів), горизонтальні та похилі (по кутовому розташуванню відносно горизонтальної поверхні підлоги) (рисунки 6.2). Горизонтальний рольганг встановлюють на висоті 0,6 - 0,8 м від підлоги. Рух вантажів здійснюється під

дією прикладеної до них сили (поштовху). Рольганг похилий або гравітаційний має нахил до 5° . Вироби рухаються під дією сил тяжіння, а зупиняються на робочих позиціях за допомогою спеціальних упорів. Перевагою використання рольгангів є простота конструкції, дешевизна виготовлення та експлуатації. Недолік - можливість транспортування, лише деталей, які мають велику опорно-базову поверхню.

Складальні візки з закріпленими на них виробами переміщують від одного робочого місця до іншого по підлозі (безрейкові візки), або по рейках, які змонтовані на одному рівні з підлогою.

Складальні конвеєри по призначенню несучого органу поділяються на робочі (несучий орган використовується для виконання технологічних процесів складання і міжопераційного транспортування) та розподільчі (несучий орган використовується лише для міжопераційного транспортування), а складання здійснюється після знімання виробів на робоче місце. За характером руху робочого органу конвеєри можуть бути з безперервним і пульсуючим рухом несучого органу, а по розташуванню робочого органу вони поділяються на підвісні, естакадні та підлогові.



Рисунок 6.1 - Підіймально-транспортне обладнання складальних цехів

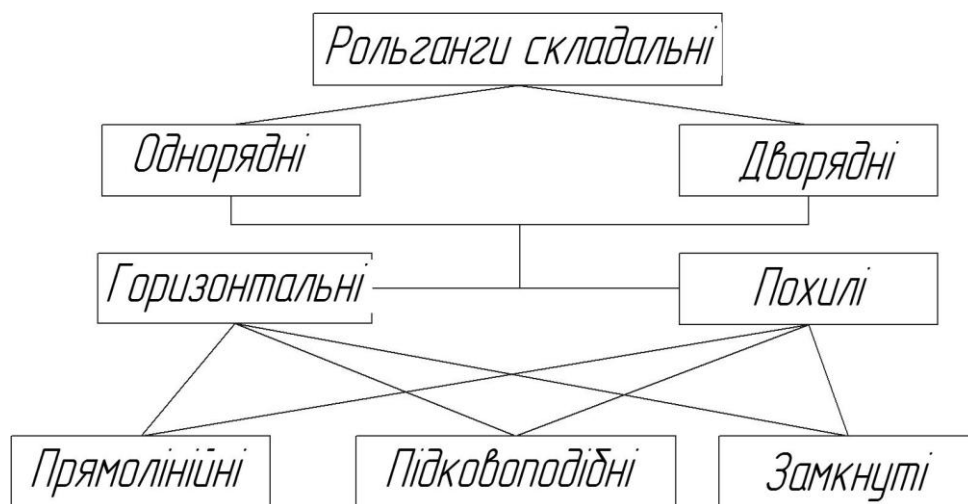


Рисунок 6.2 - Різновиди складальних рольгангів

Розберемо особливості основних типів складальних конвеєрів (таблиця 6.2):

а) Конвеєри пластинчасті вертикально-замкнуті бувають робочими естакадного і підлогового типу. На такому конвеєрі збираються вузли, які не потребують кантування в процесі складання. Маса зібраних вузлів на конвеєрах естакадного типу - до 40 кг, підлогового типу – до 2000 кг. Швидкість руху пульсуючого конвеєра – 5 - 15 м/хв, безперервного - 0.3 - 5,5 м/хв.

б) Конвеєри пластинчасті горизонтально-замкнуті виконуються робочими і розподільчими. Робочі застосовуються в лініях з жорстким зв'язком робочих позицій. Ці конвеєри мають пульсуючий рух зі швидкістю 5 - 15 м/хв. Маса складаного вузла до 20 кг. Розподільчі пластинчасті горизонтально-замкнуті конвеєри застосовуються в несинхронних складальних лініях і мають безперервний рух зі швидкістю 6 - 26 м/хв. Маса зібраних вузлів до 6 кг.

в) Конвеєри візочні горизонтально-замкнуті поділяються на робочі, які застосовують в складальних лініях з жорстким зв'язком, та розподільчі, які також використовують в несинхронних складальних лініях. Робочі конвеєри безперервного руху мають швидкість 0,3 - 3,0 м/хв., а пульсуючі - 4 - 6 м/хв. На цих конвеєрах можна збирати вироби масою до 100 - 200 кг.

г) Конвеєри візочні вертикально-замкнуті бувають тільки робочими з безперервним і пульсуючим рухом візків. Такі конвеєри підлогового типу застосовуються для складання виробів масою до 8000 кг і естакадного типу - до 100 кг. Швидкість руху візків - 6 - 12 м/хв. До недоліків конвеєра відноситься велика металоємність і обов'язкове виконання приямка фундаменту глибиною до 2000 мм.

д) Конвеєри підвісні вантажонесучі горизонтально-замкнуті діляться на робочі і розподільчі. Робочі конвеєри здійснюють пульсуючий рух зі швидкістю до 12 м/хв. Конструкція цього конвеєра забезпечує зручне складання виробів масою до 250 кг (двигуни внутрішнього згорання, редуктори та інші вироби). Розподільчі конвеєри використовують для збірки дрібних виробів (масою до 6 кг).

Таблиця 6.2 – Орієнтована область використання конвеєрів

Конвеєр	Призначення
Стрічковий	Для міжопераційної передачі одиничних виробів та виробів у тарі в обробному і складальному виробництві, в приладобудуванні і точному машинобудуванні
Пластинчатий	Для передачі одиничних виробів і укріплених на супутниках, в заготівельному, обробному і складальному виробництві
Підвісний з автоматичним адресуванням	Для міждільничної передачі виробів у тарі та великогабаритних виробів у машинобудуванні на відстані більше 50 м
Роликовий	Для міжопераційної передачі виробів, укріплених на супутниках, при механічній обробці на відстань менше 50 м

е) Штангові конвеєри з точною фіксацією супутників виконуються тільки робочими естакадного типу з пульсуючим рухом зі швидкістю 7 – 12 м/хв. Такі конвеєри застосовуються для складання виробів масою до 100 кг в лініях з жорстким зв'язком робочих позицій.

ж) Ланцюгові несучі конвеєри естакадного типу в якості робочого органа мають два вертикально-замкнуті ланцюги. На пластинах цих ланцюгів через певний крок змонтовані упори-гнізда для установки базової деталі виробу, що збирається. Такі конвеєри застосовуються для вузлового складання великогабаритних складальних одиниць тракторів, комбайнів, автомобілів і загальної збірки. Ці конвеєри виконуються з пульсуючим рухом ланцюга зі швидкістю 6-12 м/хв для виробів габаритом 2000×4000 і масою до 5000 кг і з безперервним рухом ланцюга зі швидкістю 0,3 - 1,0 м/хв для виробів з масою до 5000 кг.

з) Конвеєри вантажонесучі виконуються з пульсуючим рухом ланцюга зі швидкістю 3 - 6 м/хв для складаного виробу масою до 10000 кг і безперервним - зі швидкістю 0,3 - 1,0 м/хв з тією ж масою виробу. Вантаж, що транспортується (комбайн, сівалка) переміщається своїм ходом по спеціальних напрямних. Направляючі прокладені на підлозі, поза металоконструкцією конвеєра. Переміщуваний виріб з'єднується з тяговим ланцюгом штирем, гачком або тягами, які автоматично або вручну від'єднуються від виробу, що збирається, в кінці конвеєра де вироби з'їжджають своїм ходом або стягуються спеціальним волоком.

і) Крокуючий конвеєр поєднує переваги стаціонарної і рухомої збірки. Виріб переміщається з одного робочого місця на інше за рахунок змінних зворотно-поступальних рухів рухомої рами, на яку укладаються вироби. Крокуючі конвеєри мають переваги перед іншими транспортуючими засобами: вони можуть транспортувати штучні вантажі, різні за характером, масою і габаритами; зручно встановлюватися на рівні підлоги; легко вбудовуватися в поточно-механізовані лінії; значно простіші в експлуатації. Швидкість пульсуючого конвеєра 1 – 25 м/хв. На конвеєрі збираються вироби масою до 15000 кг і вище.

к) Підвісні штовхаючі конвеєри застосовуються в несинхронних складальних лініях. Збірка виконується на підвісці-супутнику. Зчеплення підвісок з ланцюгом здійснюється по команді робітника по мірі завершеності виконання складальної операції на даному робочому місці. Підвіски не мають жорсткого постійного зв'язку з тяговим ланцюгом, який рухається безперервно, та підвіски можуть рухатися разом з ланцюгом, але можуть і зупинятися там, де це необхідно за рахунок використання адресаторів. Адресуючі пристрої (адресатори), у вигляді селекторних механізмів або штифтів, які діють на кінцеві вимикачі, або пристрої з фотоелементами скеровують перевезення вантажу за заданою адресою.

6.4. АВТОМАТИЗАЦІЯ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

Висока трудомісткість і тривалість циклу складання роблять актуальною проблему автоматизації складальних робіт. Автоматизація збирання дозволяє: 1) підвищити якість продукції; 2) підвищити продуктивність праці; 3) вивільнити велику кількість робітників; 4) скоротити обсяг фізичної праці. Однак, автоматизація складальних процесів розвивається надзвичайно повільно з наступних причин:

1. Основна частина продукції виробляється в дрібносерійному і серійному виробництві, а автоматизація поки окупається лише при достатніх обсягах виробництва.

2. Конструкція виробів, що збираються вручну, в більшості випадків абсолютно непридатна для автоматичного складання. Вироби повинні відразу проектуватися під автоматичне складання, наприклад, складатися з автономних вузлів по 4 - 12 деталей.

3. При автоматизації складальних операцій виникають великі труднощі, пов'язані з подачею деталей, їх точним орієнтуванням, фіксацією.

4. При автоматичному складанні найбільш ефективним є метод повної взаємозамінності, що вимагає коротколанкових розмірних ланцюгів і високої точності виготовлення деталей. Інші методи (селективна складання, регулювання) ускладнюють конструкцію складальних автоматів, знижують надійність їх роботи.

Впровадження автоматизації складання раціонально тільки в тих випадках, коли програма випуску виробів досить висока і термін окупності витрат на устаткування за рахунок зниження трудомісткості процесів і скорочення застосування робочої сили не перевищує півтора-двох років. В якості засобів механізації при складальних роботах використовують електричні та пневматичні шпильковерти та гайковерти, також засоби зміни орієнтації виробу в просторі під час складання, механізми повороту, кантування, затискання. У процесі загального складання виробів перевага в автоматизації і механізації надається транспортним засобам. Деталі, складальні одиниці та комплекти до місця збірки можуть подаватися підвісними конвеєрами, які оснащують, в деяких випадках, адресаторами.

Крім створення автоматів і автоматичних ліній, призначених для складання типових складальних одиниць, існує група обладнання, яке створено для виконання переходів або операцій установки характерних деталей певних типорозмірів. Ці автомати застосовують на автоматизованих лініях складання. Наприклад, за допомогою таких автоматів в блоки або головки блоків циліндра встановлюють розподільчі вали, які мають різний діаметр опорних шийок і їх кількість залежить від конструкції двигуна.

Типовий процес автоматичного складання складається з наступних елементарних операцій:

1. Завантаження деталей, що збираються в бункерні або магазинні транспортні пристрої з попередньою їх орієнтацією при видачі на складальні позиції через відсікачі.

2. Орієнтація у просторі з необхідною точністю положення сполучених деталей на складальній позиції (за допомогою жорсткого базування або самоорієнтації. Метод жорсткого базування дозволяє виконувати складання в автоматичному режимі у випадку виконання умов складання. Метод самоорієнтації зазвичай здійснюється шляхом коливання однієї з деталей з амплітудою, достатньої для перекриття похибки орієнтації).

3. З'єднання і фіксація сполучених деталей (складальних одиниць).

4. Контроль точності відносного положення сполучених деталей.

5. Розвантаження і транспортування складальних одиниць на наступну позицію.

Технологічний процес складання розбивається на окремі операції, які здійснюють на окремих складальних автоматах. Як правило, автомат проектується на кілька складальних позицій. Характер позиції визначається змістом виконуваних переходів і застосовуваних інструментів. Склад прийомів визначає послідовність дій механізмів складального автомата. Звичайною схеми складання тут недостатньо, додатково складається циклограма роботи складального автомата, яка відображає послідовність і тривалість у часі всіх дій автомата. Орієнтація деталей є найбільш складним і відповідальним переходом при автоматизації збирання для здійснення якого часто використовуються промислові роботи.

До достоїнств застосування роботів у складальному виробництві відносяться: 1) швидке перепрограмування для виконання складання різних виробів; 2) висока швидкість дії за програмою протягом тривалого часу; 3) надійна робота в умовах несприятливих для людини (висока або низька температура, висока забрудненість середовища, шум, вібрації тощо), 4) можливість використання в стерильних умовах.

Для ефективного застосування роботів необхідна: 1) технологічна відпрацювання конструкції під складання роботом, 2) стандартизація та уніфікація деталей, що збираються вироби; 3) застосування роботів модульної конструкції на базі типових пристроїв і вузлів; 4) збільшення числа рук роботів і маніпуляторів, які входять до його складу.

Роботи застосовують на операціях загального і вузлового складання виробів: на окремих робочих місцях виконаних у вигляді робототехнічних комплексів; вбудованими в складальний конвеєр; вбудованими в складальні напівавтомати і автомати. В складальних цехах промислові роботи виконують наступні основні види робіт: завантаження-розвантаження автоматів, конвеєрів, автоматичних і автоматизованих ліній; встановлення деталей і вузлів в заданому положенні на складаний виріб; точкове і шовне зварювання; фарбування виробів методом розпилення; транспортування і складування деталей і вузлів; подача підготованих до складання деталей на преси для виконання запресування, склепування, відбортовки та інших операцій; за наявності програмних засобів можуть виконувати операції поточного контролю деталей і вузлів; промивка деталей перед складанням; утворення різноманітних з'єднань; допоміжні операції.

Основним недоліком промислових роботів є їх висока собівартість, тривале налагодження, необхідність комплексної перебудови технології виробництва та підвищення технічного рівня решти обладнання цеху.

В поточно-масовому виробництві застосовують спеціальні роботи, які працюють по жорсткій програмі з невеликою кількістю команд. Універсальні роботи застосовують в дрібносерійному і середньосерійному виробництвах. Широко використовують також роботи з цикловим і з числовим програмним керуванням. Точність позиціонування таких роботів досягає 0,05 мм і може бути підвищена за рахунок використання зворотного зв'язку.

Найбільш ефективно промислові роботи використовують сумісно з системою обслуговування, транспортування, складування і контролю, як єдиний швидко переналагоджуваний робототехнічний комплекс керований мікропроцесором.

В процесі збірки складних виробів в компоновці робототехнічних комплексів передбачають магазин змінних захватів і складальних інструментів.

Ще одним напрямком автоматизації складального виробництва є підвищення якості і продуктивності контролю за рахунок використання відповідних засобів. У конструкціях складальних ліній та автоматів передбачають пристрої для контролю наявності деталей у пристосуванні (механізмі), розмірів або положення деталей, параметрів процесу з'єднання. Контроль наявності та положення деталей у складальних механізмах необхідно передбачати для уникнення роботи механізмів вхолосту і поломок обладнання у випадках відмови механізмів завантаження. Контроль розмірів деталей перед автоматичним складанням необхідний для перевірки відповідності деталі технічним вимогам з метою виключення браку. Контроль параметрів з'єднання покликаний надійно забезпечити якість збірки. Цими параметрами можуть бути лінійні розміри або фізичні величини. Фізичні величини, наприклад, момент зтягування, зусилля запресування та інші, контролюють в процесі виконання з'єднання.

У конструкціях складальних автоматів застосовують механічні, електричні, фотоелектричні, пневматичні та інші пристрої контролю.

Механічні пристрої можна використовувати для багатьох видів контролю. Наприклад, вхідний контроль наявності різі потрібного кроку у шпильки здійснюється механічною гребінкою, момент затягування гайки контролюється механічним пристроєм по реактивному моменту на корпусі різзагвинчувального механізму або налаштуванням відповідного запобіжного механізму.

Широко використовують пристрої на основі електричних схем контролю. Основними елементами електричних механізмів контролю є електромагнітні, реостатні, резисторні або ємнісні датчики, які здійснюють безконтактний контроль параметрів. В основному механізми з такими датчиками використовують для контролю наявності деталей у складальних пристроях або їх положення після орієнтації. Принцип роботи датчиків базується на зміні електричного струму, що проходить через датчик, при попаданні в його поле металевих деталей. Електричні датчики опору (тензорезистори) дозволяють також вимірювати параметри процесу. Датчики приклеюються до вимірюваного об'єкта або спеціального елемента вимірювального пристрою. При виникненні деформацій у конструкції змінюється опір датчика і, отже, струм, що проходить через нього.

Вагомими перевагами, які зумовили широке використання, пристроїв з електричним принципом дії є:

1. Аналоговий (безперервний) характер вимірювальної інформації, яка отримується від приладу.
2. Вимірювальна інформація може бути використана для зчитування по шкалі або цифрової індикації (перетворення у цифровий вид), або реєструватись приладами запису, або математично опрацьовуватись за допомогою мікропроцесорів, різноманітних програмованих контролерів та персональних комп'ютерів.
3. Відсутність обмежень на відстань від вимірюваного об'єкта до засобу індикації.
4. Можливість розробки датчиків малих габаритів.
5. Універсальне джерело живлення – електричний струм.
6. Можливість оснащувати один прилад декількома різними шкалами і можливість перемикання між діапазонами виміру.
7. Можливість використання окремих функціональних блоків, вузлів і деталей, які застосовуються в загальній електротехніці і радіоелектроніці.

Разом з тим приладам з електричним принципом дії притаманні деякі недоліки:

1. Складність схем та конструкцій в порівнянні з механічними і пневматичними приладами, що вимагає висококваліфікованого обслуговуючого персоналу відповідного профілю.
2. Відносно висока вартість приладів.
3. Для деяких видів приладів необхідна висока стабілізація живлення. Необхідність живлення більшості приладів від мережі обмежує область їх застосування.

4. Недостатньо висока надійність.

Принцип роботи пневматичних датчиків полягає в тому, що при попаданні деталі в струмінь повітря, що виходить з сопла, в повітряній системі змінюються параметри тиску і витрати. По зміні цих параметрів (в основному параметра тиску) судять про зміну контролюючих параметра. Ці датчики можна використовувати для контролю наявності деталі, її положення і розміру. У складальному процесі пневматичні датчики використовуються рідко і тільки для контролю положення.

Фотоелектричні датчики працюють за наступним принципом. Датчик фотоелектричний (фотодіод) встановлюють на контрольованій позиції і спрямовують на нього промінь від джерела світла. При проходженні між лампочкою і датчиком деталі потік світла на датчик перекривається, і опір фотодіода змінюється. Механізми з фотоелектричними датчиками знайшли широке застосування у визначенні положення деталі. Фотодіоди є чутливими датчиками. При використанні їх для контролю розмірів можна визначити відхилення розміру на декілька мікрон.

Дуже часто під час контролю деталей і виробів складних конструкцій і конфігурації в автоматичному і автоматизованому виробництві використовують координатні вимірювальні машини. На таких машинах здійснюють вимірювання координат окремих точок поверхонь об'єкту вимірювань в прийнятій системі координат і наступне визначення необхідних геометричних параметрів шляхом математичної обробки отриманих значень.

Контрольна вимірювальна машина – це пристрій, який забезпечує встановлення вимірюваного виробу, взаємне переміщення системи вимірювання і виробу, вимірювання цих переміщень по координатам, обробку даних вимірювань і відображення результатів розрахунків вимірюваних геометричних параметрів.

Контрольні вимірювальні машини оснащують вимірювальними головками дотику і на основі оптичних перетворювачів. При використанні головок дотику в момент дотикання вимірювального наконечника з вимірюваною поверхнею подається електричний сигнал на блок відліку переміщень та на блок переміщень виробу. Величина сигналу пропорційна відхиленню вимірювального наконечника від деякого нульового положення.

Більшість оптичних перетворювачів дозволяють вимірювати геометричні параметри з похибкою 1 -2 мкм, а дискретність відліку – 0,1 мкм. Для прецизійних систем похибка вимірювань в межах кроку становить 0,16 – 1 мкм.

Для спрощення доступу до вимірюваних поверхонь контрольні вимірювальні машини обладнують поворотними столами з можливістю руху і повороту відносно всіх координат.

Контрольні вимірювальні машини можуть застосовуватись для контролю практично всіх виробів і деталей машинобудування, за умови наявності відповідного програмного забезпечення, вимірювальної оснастки та змін в конструкції вимірювальної машини. Характеристики деяких контрольних вимірювальних машин показані в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Основні технічні характеристики деяких контрольних вимірювальних машин

Характеристика	Модель		
	ТИП-1	BE-155	ЛР 356К
Координатні переміщення по осям X, Y, Z мм	315; 160; 160	1000; 630; 400	4000; 1000; 2000
Найбільша координатна похибка, мкм по осям X, Y, Z	±1,9/500 ±1,7/400 ±1,9/400	6	80 60 40
Дискретність відліку, мкм	0,5	1	2
Повторюваність результатів вимірювання по осям, мкм	0,5	0,5	5
Найбільше відхилення від прямолінійності переміщення, мкм	2	2	8
Перпендикулярність координатних переміщень, мкм	1,5	1	2,5
Швидкість пришвидшених переміщень по осі X, мм/с	25	100	100
Швидкість точних переміщень, мм/с	0,5	0,019	0,1
Найбільша маса вимірюваного виробу, кг	75	800	5000
Маса контрольної вимірювальної машини, кг	1400	3000	25000
Займана площа, м ²	9	18	40

Ще одним напрямком розвитку вимірювальної техніки є мобільні компактні контрольні-вимірювальні машини, які виконують у вигляді маніпуляторів. Вони дозволяють контролювати вироби простої і складної форми шляхом порівняння реальних поверхонь з комп'ютерною САД-моделлю. Перевагою мобільних контрольні-вимірювальних машин, в порівнянні з стаціонарними, є можливість контролю геометричних параметрів великогабаритних виробів, а також контролю безпосередньо під час технологічного процесу. Довжина вимірювань за допомогою таких машин складає від 1,2 до 3,7 метрів, а за допомогою спеціальних засобів цю величину можна збільшити. Похибка вимірювання залежить від відстані до зони контролю і знаходиться в межах від 5 до 400 мкм.

В сучасних автоматичних і автоматизованих лініях також використовують інформаційно-вимірювальні системи скоординовані з персональними комп'ютерами і системами та оснащені системою технічного зору. Областю застосування таких інформаційно-вимірювальних систем з використанням технічного зору залежить лише від наявного програмного

забезпечення, але найбільш часто їх застосовують для: реєстрація об'єктів в полі зору камери; вимірювання геометричних параметрів об'єкту (площа, периметр, довжина, центр ваги тощо); визначення фізичних параметрів об'єкту тощо.

Питання для самоконтролю

1. Який ручний інструмент використовується в складальному виробництві?
2. В чому полягає основна перевага механізованого інструменту?
3. Наведіть класифікацію складальних пристосувань.
4. Для чого призначені складальні стенди і стапелі?
5. Яке обладнання складального виробництва відносять до допоміжного?
6. Перерахуйте основні типи підйально-транспортних засобів складальних виробництв.
7. Наведіть класифікацію та особливості складальних конвеєрів.
8. Вкажіть основні підстави для здійснення автоматизації складальних робіт
9. Які проблеми перешкоджають автоматизації процесу складання.
10. Вкажіть типовий зміст процесу автоматичного складання.
11. Переваги і недоліки застосування промислових роботів під час складання.
12. Які засоби застосовують для підвищення продуктивності контролю в процесі складання.
13. Для чого призначені контрольні вимірювальні машини.

7. ОРГАНІЗАЦІЯ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

7.1. ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА СКЛАДАННЯ

Розрізняють такі основні організаційні форми складання (рисунок 7.1):

- 1) по рухомості складаного об'єкту - стаціонарну й рухому;
- 2) по способу організації складання – непотокова, групова, потокова.

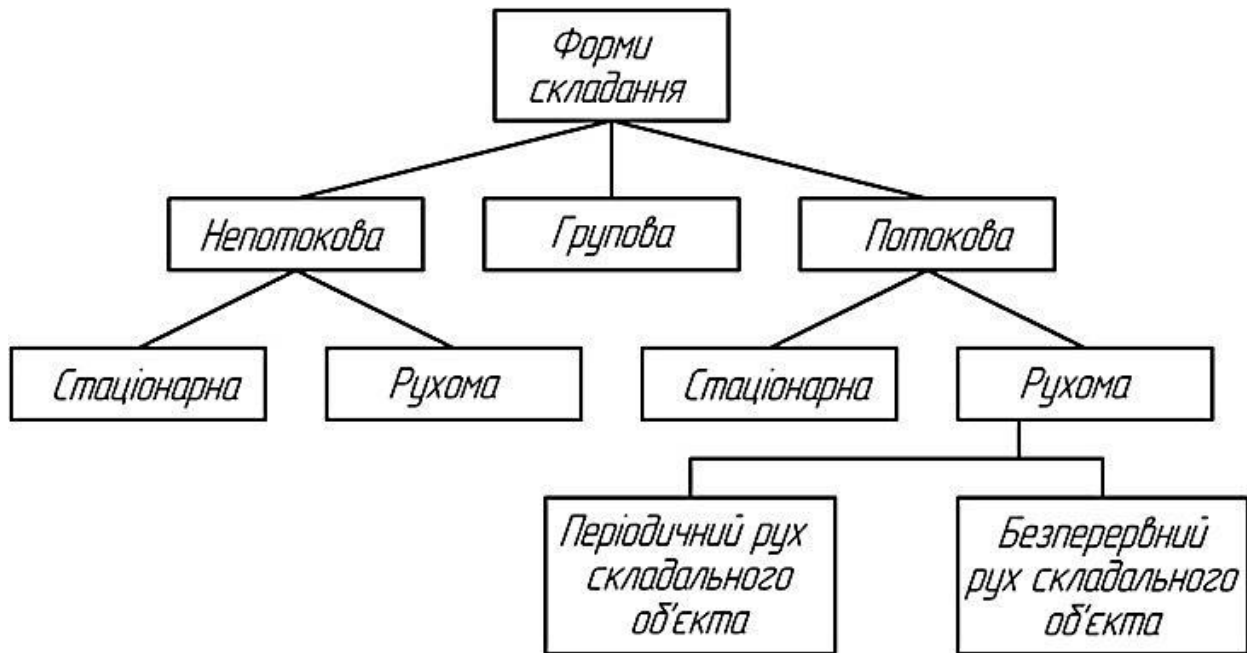


Рисунок 7.1 – Організаційні форми складання

Наближено визначити форму організації складального виробництва можна за допомогою таблиць 7.1 і 7.2.

Групова форма складання характеризується однорідністю конструктивно-технологічних ознак складаних виробів, засобів технологічного оснащення однієї або декількох складальних операцій і спеціалізацією робочих місць. Основою групового складання є групування окремих виробів за конструктивно-технологічними ознаками. Формування груп виробів для складання виконується із урахуванням трудомісткості складання і обсягу випуску. Остаточно номенклатура груп складальних виробів на дільниці або лінії визначається після розрахунку завантаження обладнання. Групова форма складання дуже поширена у серійному виробництві, де використовують переналагодження складального обладнання, механізоване й автоматизоване оснащення, інструмент.

Стаціонарне складання виробу виконується на одному нерухомому місці: на необладнаних площадках, стендах, фундаментах або складальних верстатах. Воно може бути послідовним або паралельним, поточним і непоточним. При послідовному складанні весь обсяг складальних робіт від початку до кінця виконується на одному робочому місці одною бригадою робітників; виріб при цьому збирається з окремих деталей. При паралельному складанні виріб

Таблиця 7.1 – Наближене визначення типу виробництва

Трудомісткість, год	Понад 2500	250 - 2500	25 - 250	2,5 - 25	0,25 - 2,5	Менше 0,25	Тип виробництва
Місячний обсяг випуску виробів, штук	До 1	До 3	До 5	До 8	До 80	1000 – 6000	Одиничний
	2 – 4	3 – 8	6 – 30	9 – 50			Дрібносерійний
	Більше 5	9 – 60	31 – 350	51 – 600	81 – 800		Середньoserійний
		Більше 60	351 – 1500	601 – 3000	801 – 4500		Великосерійний
			Більше 1500	Більше 3000	Більше 4500		Більше 6000

Таблиця 7.2 – Рекомендації по визначенню організаційної форми складання

Тип виробництва							
Одиничне	Дрібносерійне	Середньoserійне		Великосерійне	Масове		
Організаційна форма							
Непотокова			Потокова				
Вид переміщення виробу							
стаціонарний	рухомий		стаціонарний	рухомий			
без розчленува ння складаль них робіт	з розчленуванням складальних робіт						
Спосіб просування виробу							
нерухомий	вільний	примусовий	нерухомий	вільний	примусовий		
Вид обладнання							
Стенд, верстат, підлога цеху тощо	Візок, рольганг тощо	Візок, конвеєр тощо		Обладнаний стенд	Візок, рольганг тощо	Конвеєр із періодичним рухом	Конвеєр з безперервним рухом
Галузь економічно доцільного використання							
Важке та енергетичне машинобуду вання (складання великих дизелів, турбін, прокатних станів	Залізничні потяги, вагони, обладнання хімічної промисловості, апарати електронної галузі			Середні верстати, вантажні автомобілі, літаки, невеликі дизелі тощо	Електродвигуни, карбюратори автомобільних двигунів, автомобільні двигуни, електроапаратура, побутові вроботи		

збирається одною бригадою робітників з окремих деталей і вузлів; окремі вузли збираються паралельно на різних складальних місцях іншими робітниками, що не входять до складу бригади, яка веде загальне складання.

Потокове складання виконується на розташованих в лінію нерухомих стендах. Кожен робітник (або бригада робітників) відповідно до встановленого такту складання виконує одну й ту саму, закріплену за ним операцію, переходячи від одного стенда до іншого. Таке складання звичайно застосовується в умовах дрібносерійного виробництва або при складанні великогабаритних виробів (важкі верстати, двигуни та ін.), а також при великому такті складання.

Таким чином стаціонарне складання в залежності від виду і форми можна розділити на чотири змістові напрямки:

1) Стаціонарне послідовне складання. Виріб збирається повністю на одному складальному робочому місці від початку до кінця. Недоліками цього методу є тривалий цикл і висока вартість збірки. Метод застосовується в одиничному виробництві і якщо по можливості, слід утримуватися від нього і переходити на більш досконалі методи.

2) Стаціонарне паралельне складання. Виріб збирається з деталей і складальних одиниць, попередньо зібраних на інших робочих місцях іншими робітниками. Цикл загального складання виробу при цьому скорочується, можлива спеціалізація вузлової збірки. Метод використовується в серійному виробництві.

3) Стаціонарне потокове складання. Вироби залишаються на робочих місцях протягом усього часу збірки, а робочі переходять від одного робочого місця до іншого по світловому чи звуковим сигналом, що подається через певний час, рівний такту. Інструмент робітника або групи робітників знаходиться на рухомому столі і переміщується разом з робітниками. Перевагами такої форми організації є рівномірний випуск виробів (забезпечується заданим тактом) і більш високі техніко-економічні показники.

4) Стаціонарне непотокове складання. Вироби залишаються на робочих місцях протягом усього циклу складання, всі необхідні складальні одиниці і деталі подаються в зону складання, а робітники (бригади) переходять від одного стенду до іншого по мірі завершення робіт на попередньому об'єкті. Робочі місця комплектуються універсальним складальним устаткуванням та піднімально-транспортними засобами. Окремі переходи складальної операції розподілені між робітниками, бригадиром, або майстром дільниці. При такому процесі складання фізично неможливо розмістити значну кількість робітників поблизу одного складального стенду, бо вони перешкоджатимуть роботі один одного. Тому значна кількість технологічних переходів виконується послідовно. Цикл складання зростає, ритмічна робота утруднюється або стає неможливою. Це спричиняє нерівномірний випуск виробів за одиницю часу.

При рухомому складанні об'єкт, що збирається, переміщується від одного робочого місця до іншого, причому за кожним робочим місцем закріплюються певні операції й робітники, які виконують ці операції. Деталі й складальні

одиниці, необхідні на даній операції, подаються безпосередньо на робоче місце. Рухомі збірки можуть бути непотоковими і поточковими. При непотоковому рухомому складанні після виконання складальних операцій робітник переміщує збирану складальну одиницю на наступне робоче місце. Оскільки тривалість виконання операцій коливається, необхідно мати невеликі міжопераційні запаси. Такий вид збірки застосовується в серійному виробництві. Найбільш досконалою формою організації процесу складання є поточковий рухомий складання з виробами, які безперервно або періодично переміщуються. При поточковій рухомій збірці технологічний процес розчленовується на найпростіші операції, що вимагають малої і приблизно однакової витрати часу на виконання. Для кожної операції встановлюють певне робоче місце і певний робітник (бригада) виконує тільки цю одну операцію. При цьому переміщення виробу між операціями може здійснюватися декількома способами:

- на конвеєрі, що безупинно рухається, швидкість переміщення якого забезпечує можливість виконання складальних операцій на кожному робочому місці (при загальному складанні великих виробів швидкість руху конвеєра становить 0,5 - 5,5 м/хв, а при складанні вузлів середніх розмірів, апаратури й приладів - 0,3 - 1,5 м/хв);

- на конвеєрі з пульсуючим (періодичним) рухом, коли складання відбувається в періоди зупинки об'єкта;

- з переміщенням об'єкта, що збирається, від одного робочого місця до іншого вручну (по рольгангу, на рейкових і безрейкових візках тощо) або за допомогою спеціальних механічних транспортуючих засобів. Спосіб переміщення об'єкту складання приймається залежно від розміру випуску виробів, такту випуску, характеру виробів, трудомісткості і складності складальних операцій та інших технологічних факторів.

Для забезпечення стабільного функціонування процесу рухомого поточкового складання необхідне виконання наступних вимог:

- використання методу повної взаємозамінності;
- докладна розробка технологічного процесу складання;
- розчленовування всього складального процесу на окремі операції, рівні або кратні такту випуску;

- визначення точної кількості робітників-збирачів відповідної спеціалізації й кваліфікації для виконання кожної операції;

- чітка організація складального процесу, що передбачає регулярну й своєчасну подачу комплектуючих, інструмента й пристосувань до робочих місць.

7.2. ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ СКЛАДАЛЬНИХ МІСЦЬ ТА ОБЛАДНАННЯ

Основною розрахунковою величиною при поточковому складанні є такт складання, що визначає період часу рівномірного випуску зібраних виробів або вузлів. При поточковому складанні з регламентованими перервами на

обслуговування робочих місць, відпочинок тощо, використовують дійсний такт складання, який визначається по формулі

$$\tau_{\partial} = \frac{60\Phi_{c.об.}}{N},$$

де $\Phi_{c.об.}$ - ефективний річний фонд часу роботи складального обладнання (робітника) за винятком річних втрат часу на регламентовані перерви на обслуговування робочих місць, відпочинок тощо, годин;

N – річний обсяг випуску виробу або вузла, шт.

Кількість робочих місць або стендів для паралельного складання однакових об'єктів γ_0 розраховується за формулою:

$$\gamma_0 = \frac{T_o - T_c}{T},$$

де T_o – розрахункова трудомісткість усіх переходів складання одного об'єкта (трудомісткість операцій);

T_c – розрахункова трудомісткість переходів, виконання яких збігається за часом із виконанням інших переходів (трудомісткість сумісних операцій);

T – розрахунковий такт складання.

Якщо розроблений технологічний процес складання потрібно виконувати на автоматичному обладнанні чи автоматичних лініях, то такт T_{α} визначається з урахуванням коефіцієнта використання такого обладнання $\eta = 0,7 - 0,75$.

Тоді

$$T_{\alpha} = \frac{60 \cdot F_{c.об.} \cdot \eta}{N}.$$

Для рухомого не потокового складання кількість q_1 робочих місць (робітників) або позицій, які послідовно повинен пройти складальний об'єкт, визначається за формулою

$$q_1 = \frac{T_o - T_c}{(T - t_n^i) \cdot \gamma_1},$$

де t_n^i - розрахунковий час, потрібний для переміщення одиниці складального об'єкта із одного робочого місця на інше;

γ_1 - кількість паралельних потоків, які потрібні для паралельного складання однакових об'єктів, залежно від заданої виробничої програми,

$$\gamma_1 = \frac{T^{н\partial} + t_n^i}{T},$$

де $T_{on}^{нб}$ - трудомісткість найбільшої за часом складальної операції (трудомісткість усіх несуміщених переходів, які складають цю операцію).

Якщо сумісні за часом операції (переходи) відсутні, але час транспортування складаних об'єктів та оперативний час суміщені в одному потоці, то розрахункова кількість q_1 робітників (робочих місць) визначається за виразом

$$q_1 = \frac{T_o}{T}.$$

Подальше підвищення ефективності складання і збільшення програми випуску відбувається за умови використання потокової стаціонарної форми організації роботи, оскільки вона є високопродуктивною і мало затратною в організації. Розрахунок кількості робітників q_2 або бригад-складальників, необхідних для одного потоку (або кількість об'єктів в одному потоці, які знаходяться на складанні) здійснюється за формулою

$$q_2 = \frac{T_o - T_c}{(T - t_p) \cdot \gamma_2},$$

де t_p - розрахунковий час, потрібний для переходу робітників або бригад від одних складаних об'єктів до інших;

γ_2 - кількість паралельних потоків, потрібних для паралельного складання однакових об'єктів, залежно від заданої програми випуску виробів,

$$\gamma_2 = \frac{T_{on}^{нб} + t_p}{T}.$$

Суттєве збільшення кількості складаних виробів призводить до використання потокової рухомої форми складання. Для переміщення складальних об'єктів використовуються різні типи конвеєрів (див. пункт 6.3). При цьому швидкість переміщення безперервного конвеєра визначають

$$v = \frac{L + l_1}{T \cdot \gamma_3},$$

де L – довжина об'єкта, що складається, яка вимірюється у напрямі руху конвеєра, м;

l_1 – відстань між об'єктами, яка потрібна для зручності складання, м; ($l_1 = 0,3 - 1$ м);

γ_3 – кількість паралельних потоків, потрібних для паралельного складання об'єктів, залежно від обсягу випуску виробів.

Обчислена швидкість v не повинна перевищувати швидкості 5,5 м/хв, що допустима технікою безпеки і охороною праці України. У протилежному разі виконання річного обсягу виготовлення виробів за незмінними величинами L і l_1 досягається зростанням кількості паралельних потоків γ_3 . Розрахунок кількості паралельних потоків γ_3 виконується за формулами:

- для складання із безперервним рухом об'єкта (потокове рухоме складання)

$$\gamma_3 = \frac{T_{нб} + t_p^e}{T}$$

де t_p^e - розрахунковий час, потрібний робітнику для повернення у вихідну позицію після виконання операції.

- для складання із періодичним рухом об'єкта

$$\gamma_3 = \frac{T_{шт}}{T} = \frac{T_o + T_d + T_{об} + T_{від}}{T},$$

де $T_{шт}$ – штучний час на виконання однієї операції, хв;

T_o – основний (технологічний час переходу), хв;

T_d – допоміжний (неперекриваний) час переходу, хв;

$T_{об}$ – час обслуговування конвеєра і складальних місць, хв;

$T_{від}$ – час на відпочинок та особисті потреби виконувача, хв.

Розрахункова кількість робочих місць q_3 , або позицій, які повинен пройти складаний об'єкт, визначається за формулами:

- для складання із безперервним рухом об'єкта

$$q_3 = \frac{T_o - T_c}{(T - t_n^e) \cdot \gamma_3};$$

- для складання із періодичним рухом об'єкта

$$q_4 = \frac{T_o - T_c}{(T - t_n^i) \gamma_2}.$$

Довжина робочої частини конвеєра визначається за формулою

$$L_p = (L + l_1) \cdot (q_3 + 1).$$

Потокове складання із рухом складальних об'єктів відрізняється більш високою продуктивністю, найменшим циклом складання, рівномірним випуском продукції і має найбільш високі техніко-економічні показники порівняно з іншими організаційними формами складання.

Оцінка складальної лінії визначається за коефіцієнтом використання складального часу потоку K_c ($K_c < 1$)

$$K_c = \frac{T_o}{T_o + T_n + T_z + T_{ин}}$$

де T_o – час, витрачений на складальні операції;

T_n – час переміщення об'єкта при складанні;

T_z – час зупинок, який виникає через розбіжність часу попереднього складання вузлів і такту загального складання;

$T_{ин}$ – час зупинок, який виникає через розбіжність продуктивності роботи інших цехів і такту загального складання (при проектуванні $T_z = 0$ і $T_{ин} = 0$, тобто зупинка конвеєра неприпустима).

Для непотокового виробництва при детальному проектуванні кількість робочих місць визначається по трудомісткості складання:

$$M_p = \frac{T_{скл} \cdot N}{\Phi_{р.м.} \cdot P_{скл}}$$

де $T_{скл}$ – трудомісткість складання одного виробу, годин;

N - річний випуск виробів або вузлів, штук;

$\Phi_{р.м.}$ - ефективний річний фонд часу робочого місця, годин;

$P_{скл}$ - середня щільність роботи на робочому місці.

Під щільністю роботи розуміють середнє число робітників на одному робочому місці. Вона залежить від габаритних розмірів виробу, складності складання та інших чинників, що визначають можливість одночасної роботи складальників з різних сторін виробу. При роботі на верстаті $P_{скл} = 1$; при роботі на стендах вузлового і загального складання $P_{скл} = 2, 3, 4$ і так далі залежно від габаритних розмірів, складності збірки та інших особливостей складаного виробу.

При укрупненому проектуванні для визначення кількості робочих місць усього цеху або відділення розрахунок виконують по формулі

$$M_{скл} = \frac{\sum T_{скл}}{\Phi_{р.м.} \cdot P_{скл} \cdot \overline{K_3}}$$

де $\sum T_{скл}$ - сумарна трудомісткість річного випуску складального цеху;

$\overline{K_3}$ - середній коефіцієнт завантаження (приймають в межах 0,75...0,8);

$P_{скл} = 1,2 - 1,8$.

При розробленому технологічному процесі складання кількість вказаного устаткування визначається по формулах, аналогічних вживаним для розрахунку кількості верстатів в механічних цехах :

$$C_{обл} = \frac{T_{скл.обл.}}{\Phi_{д.обл.}},$$

де $T_{скл.обл.}$ - річна трудомісткість виконання операцій складання на обладнанні цього типу;

$\Phi_{д.обл.}$ - ефективний річний фонд часу роботи обладнання.

7.3 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ОСНОВНОГО І ДОПОМІЖНОГО ПЕРСОНАЛУ СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Склад і кількість працюючих складальних цехів (дільниць) визначається характером виробничого процесу, рівнем його автоматизації, кооперації і спеціалізації допоміжних служб.

В склад працюючих цеху (дільниці) входять:

- основні і допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);
- службовці;
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

До основних відносяться робітники, що безпосередньо виконують технологічні операції по виготовленню продукції.

До категорії допоміжних відносяться робітники, що виконують технічне обслуговування виробничих дільниць і ліній: робітники ремонтних і інструментальних служб, транспортні і підсобні робітники, робітники складів тощо.

До категорії ІТР відносяться особи, що виконують обов'язки, пов'язані з технічним керівництвом виробничими процесами або ті, що займають посади, які вимагають кваліфікації інженера чи техника: начальники цехів і їх замісники, інженери, техніки, технологи, конструктори, майстри і їх помічники, начальники відділів, дільниць, бюро, лабораторій і їх замісники, нормувальники, економісти, механіки, енергетики, а також лаборанти і т.д.

До категорії службовців відноситься персонал, що виконує роботи по розрахунках, звітності, постачанню, оформленню та ін., тобто бухгалтери, касири, копіювальники, креслярі, секретарі, хронометражисти, завідувачі складів.

До категорії молодшого обслуговуючого персоналу відносяться прибиральники службових приміщень, двірники, кур'єри, гардеробники, ліфтери, вахтери, сторожі.

Кількість основних робітників можна визначити в залежності від типу виробництва і необхідної точності двома способами.

Перший спосіб по трудомісткості (чи верстатомісткості) річного об'єму роботи. Другий спосіб - по прийнятій кількості складальних верстатів, стендів тощо.

В першому випадку

$$P_{верст} = \frac{T_{\Sigma ум-к(ум)}}{F_p \cdot K_m},$$

оскільки

$$T_{\Sigma ум-к(ум)} = T_{ум-к(ум)} \cdot N,$$

то

$$P_{верст} = \frac{T_{ум-к(ум)} \cdot N}{F_p \cdot K_m},$$

де $T_{\Sigma ум-к(ум)}$ - сумарна трудомісткість річного випуску виробів в годинах; F_p - ефективний річний фонд часу робітника (таблиця 7.3) годин; K_m - коефіцієнт багатостатного обслуговування - середнє число обладнання, що обслуговується одним робітником; N - річна програма випуску виробів даного найменування.

Таблиця 7.3 – Ефективний річний фонд часу робітника

Довготривалість		Ефективний річний фонд часу робітників, год
Робочої неділі, год.	Основної відпустки, дні	
41	15	1860
41	18	1840
41	24	1820
36	24	1610
36	36	1520

До основних робітників складальних цехів (дільниць) відносять слюсарів-складальників, наладчиків обладнання, слюсарів для виконання ручних і механізованих операцій обробки, припасування і складання та інших робітників, безпосередньо зайнятих виконанням операцій технологічного процесу виготовлення виробу обробки деталей

В умовах великосерійного і масового виробництва для обслуговування обладнання в складі основних робітників передбачають наладчиків, кількість яких визначають по нормах обслуговування, що встановлені для певного типу обладнання. При визначенні кількості наладчиків потрібно мати на увазі доцільність обслуговування наладчиком кількох груп обладнання.

В умовах дрібно- і середньосерійного виробництв використовувати наладчиків на універсальному обладнанні не рекомендується. Там, як правило, робітники мають високу кваліфікацію і наладку універсального обладнання виконують самі.

Число наладчиків автоматичних ліній визначають по нормах обслуговування в залежності від числа позицій автоматичної лінії. На автоматичних лініях механічного складання один наладчик в залежності від складності наладки обслуговує 1-5 позицій автоматичної лінії. Менші значення норм

приймають для універсальних складальних центрів, більші - для спеціалізованих і спеціальних складальних верстатів.

У відповідності до операційних карт, що визначають характер виконуваних операцій, встановлюють розряд робітника при виконанні операцій і середній розряд робітників дільниці (цеху), проводять розбивку кількості основних робітників в першій і другій змінах. Рекомендовані дані по чисельності основних робітників в першій зміні при 2-х змінах роботи в % від загальної кількості робітників в одиничному і дрібносерійному виробництві - 60, в середньосерійному - 55, у великосерійному і масовому – 50.

Кількість допоміжних робітників визначають в % відношенні від кількості основних робітників, таблиця 7.4. При більш точних розрахунках допоміжних служб кількість допоміжних робітників визначають по нормах обслуговування або в залежності від трудомісткості виконуваного об'єму робіт.

Таблиця 7.4 - Кількість допоміжних робітників складальних цехів (% від кількості основних робітників)

Цехи і лінії	Виробництво:			
	одиничне і дрібносерійне	середньосерійне	великосерійне	масове
Складальні цехи	20-25 40-45*	20-25	20-25	20-25

* Норми приведені для цехів важкого машинобудування з масою складованих виробів більше 50т.

Вказані співвідношення дані з урахуванням централізації всіх допоміжних служб і не враховують робітників по поточному ремонтному і міжремонтному обслуговуванню технологічного, підйомно-транспортного і електрообладнання, слюсарів-інструментальщиків, заточувальників, наладчиків контрольно-вимірювальних приладів, робітників по приготуванню змащувально-охолоджувальних рідин, водіїв електрокар і контролерів відділу технічного контролю. Якщо робітники-ремонтники, заточувальники і слюсарі-інструментальники входять в склад цеху, то вказані норми необхідно збільшити на 4-5% .

Необхідно також мати на увазі, що приведені дані є орієнтовними, так як склад і кількість допоміжних робітників як за абсолютною величиною, так і у відсотках від кількості основних робітників суттєво залежать від рівня автоматизації виробничих процесів. При розподілі загальної кількості допоміжних робітників по змінах можна приймати, що в першу зміну працюють в цехах одиничного і дрібносерійного виробництва—65%, середньосерійного — 60%, великосерійного і масового — 55% допоміжних робітників.

Таблиця 7.5 - Норми для визначення чисельності ІТР

Цехи	Кількість ІТР (у % від кількості основних верстатів механічного цеху або кількості основних робітників складального цеху) при виробництві			
	одиночному і дрібносерійному	середньо-серійному	велико-серійному	масовому
Механічні	24-18	22-16	21-15	20-15
Складальні	12-9	11-8	10-8	10-7

Більші значення норм відповідають кількості основного обладнання цеху до 50 або кількості основних робітників складального цеху до 75, менші значення — кількості обладнання понад 400 одиниць і кількості основних робітників більшій 700.

70% загальної кількості ІТР працюють в першу зміну.

Кількість службовців механічних і складальних цехів визначають по нормах в залежності від кількості основних робітників. Для механічних цехів одиночного і дрібносерійного виробництва в залежності від кількості основних робітників чисельність службовців складає 1,2-2,2%, середньосерійного виробництва 0,9-1,9%, великосерійного виробництва 0,6-1,6%, масового виробництва 0,1-1,4%. Менші значення відповідають чисельності основних робітників цеху більше 700 чоловік, більші — чисельності основних робітників цеху 75.

Для першої зміни чисельність службовців приймають рівною 70% загальної кількості службовців.

Чисельність МОП назначають по нормі одна людина на 500-600 м² площі конторських, побутових приміщень або 1-2% від загальної кількості працюючих.

На закінчення розрахунків складають відомість працюючих, округлюючи розраховані значення до найближчих цілих чисел. Одержані числа — це прийнята кількість працюючих по категоріях.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте організаційні форми складання.
2. Які переваги і недоліки потокового складання.
3. На основі яких показників визначають потрібну кількість обладнання та робочих місць для потокового складання.
4. Вкажіть склад працівників складального відділення або цеху.
5. Від чого залежить чисельність основних і допоміжних працівників складального цеху.
6. Які працівники відносяться до групи основних в складальному виробництві.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 3.1109-82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий.
2. Савуляк В. В. Управління якістю продукції: навчальний посібник / В. В. Савуляк. Вінниця: ВНТУ. – 2012. – 90 с.
3. ДСТУ 1.3:2004. Національна стандартизація. Правила побудови, викладу, оформлення, узгодження, прийняття та позначення технічних умов.
4. ГОСТ 2.114-95 Единая система конструкторской документации. Технические условия.
5. Міренський І. Г. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник / І. Г. Міренський. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 275 с.
6. Боярская Р. В. Проектирование технологических процессов сборки. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию / Р. В. Боярская, Б. Д. Максимович, А. Г. Холодкова. – М.: Изд-во МУТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 51 с.
7. Конспект лекцій по дисципліні «Сборка машин» для студентов дневного и заочного отделений специальности 7.090202 / Сост: Е. В. Мишура, Д. П. Шистко. – Краматорск: ДГМА, 2008. – 203 с.
8. ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.
9. Анализ и оценка технологичности изделий приборостроения. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Сост. В. П. Пашков, Я. А. Поповская. – СПб.: СПбГУАП, 2007. – 22 с.
10. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Ю. Д. Амиров, Т. К. Алферова, П. Н. Волков и др. Под общ. ред. Ю. Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
11. Минько Э. В. Качество и конкурентоспособность продукции и процессов / Э. В. Минько, Минько А. Э., Смирнов В. П. – СПб: СПбГУАП, 2005. – 240 с.
12. Ламин И. И. Проектирование технологических процессов сборки изделий автотракторостроения / И. И. Ламин. – М.: МГТУ "МАМИ", 2008. – 71 с.
13. Технологічні задачі механічної обробки та складання. Методичні матеріали до практикуму з дисципліни "Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин" для студентів спеціальності 7.090202 – "Технологія машинобудування" / Укладач Бондаренко С. Г. – Чернігів: ЧДТУ, 2004. – 190 с.
14. Солонин И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.
15. Основы нормирования точности в машиностроении: учебное пособие для студентов инженерных специальностей / А. А. Шубин, Ю. В. Янюк. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. – 95 с.

16. Безжон В. И. Технологичность конструкций машин: учебное пособие / В. И. Безжон, М. Е. Попов, А. М. Попов. – Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2009. – 63 с.
17. Технология сборочного производства в машиностроении: учебное пособие / И.В. Абрамов, В.Г. Осетров, И.К. Пичугин, Ю.Б. Ярхов; Под общ. ред. И.В. Абрамова, В.Г. Осетрова. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2002. – 460 с.
18. Методика расчета на прочность резьбовых соединений: метод. указ./ сост. С. Л. Лебский, М. М. Матлин, А. В. Попов, А. А. Тетюшев, И. М. Шандыбина. – Волгоград: ВолгГТУ. – 2010. – 32 с.
19. Тарханов В. И. Расчет резьбовых соединений : учебное пособие / В. И. Тарханов, Р. М. Садриев. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 60 с.
20. Морозов И.М. Основы технологии сборки в машиностроении: учебное пособие. Компьютерная версия / И.М. Морозов, В.Ю. – 2-е изд., перер. и доп. – Челябинск: ЮУрГУ, 2006. – 72 с.
21. Цудик В. С. Производство и применение мехатронных систем: конспект лекций / В. С. Цудик. – Тула : ТулГТУ, 2010. – 37 с.
22. Новиков М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М. П. Новиков. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
23. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення.
24. Аврутов В.В. Випробування приладів і систем. Види випробувань та сучасне обладнання: навчальний посібник / В. В. Аврутов, І. В. Аврутова. – К.: НТУУ «Київський політехнічний інститут», 2009. – 64 с.
25. РМГ 29–99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
26. Дивин А. Г. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учебное пособие. В 5 ч. / А. Г. Дивин, С. В. Пономарев. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – Ч. 1. – 104 с.
27. Наукові основи складання машин : конспект лекцій / укладачі : В. І. Савчук, О. В. Івченко – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 212 с.
28. Дрюков В. В. Эксплуатация, ремонт и монтаж технологического оборудования: лабораторный практикум / В. В. Дрюков, А. Г. Кириллов. – Витебск: УО «ВГТУ», 2003. – 78 с.
29. Мартынов Э. З. Технология сборки и монтажа: Конспект лекций / Э. З. Мартынов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 57 с.
30. Рахимьянов Х. М. Технология сборки и монтажа : учебник / Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – 256 с.
31. Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть) : учебник для вузов / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. – М. : Машиностроение, 1986. – 480 с.

32. Киселев Е.С. Проектирование механосборочных и вспомогательных цехов машиностроительных предприятий : учебное пособие / Е. С. Киселев. - Ульяновск: УлГТУ, 1999. - 118 с.

33. Дусанюк Ж. П. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, В. В. Савуляк, С. В. Репінський, О. В. Сердюк. - Вінниця : ВНТУ, 2013. - 150 с.

Навчальне видання

СКЛАДАЛЬНІ ПРОЦЕСИ В МАШИНОБУДУВАННІ

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено В. Савуляк

Підписано до друку
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.

Тел. (0432) 59-87-36.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті в комп'ютерному
інформаційно-видавничому центрі.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-87-38.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.