

Тема 1. Вступ до дисципліни. Загальні поняття.

План

- 1.1. Розвиток науки про складання виробів.
- 1.2. Механічне оброблення vs Складальні процеси
- 1.3. Виріб та його елементи
- 1.4. Класифікація з'єднань деталей
- 1.5. Розроблення послідовності складання виробу

1.1. Розвиток науки про складання виробів.

Складання виробів почалось з того моменту, коли виникла потреба з'єднати дві окремі деталі між собою. Напевне одними з перших *складальних одиниць* (СО) були мотика, кам'яна сокира, в яких робоча частина насаджувалась або прив'язувалась до рукоятки. Проте аж до першої половини 20-го сторіччя науки про складання машин не існувало. [Пас. дисс.]

З 30-х років 20-го сторіччя (часи індустріалізації в СРСР) починають розроблятися наукові основи складального виробництва, які стосувались, в першу чергу, забезпечення точності складання, взаємозамінності деталей, забезпечення якості конкретних конструктивних рішень.

Технологічний процес складання (ТПС) є завершальною частиною виробничого процесу від якого значною мірою залежать технічні та експлуатаційні показники *складального виробу* (СВ), а також економічні показники виробництва, тому детальна розробка ТПС є беззаперечною умовою успішного функціонування виробництва в цілому [15].

До 60-х років в Радянському Союзі з'являються ґрунтовні наукові праці. В 60-ті – 80-ті роки ціла плеяда видатних вітчизняних вчених суттєво розвинула наукові основи складальних процесів. В ті часи особлива увага приділялась механізації та автоматизації процесів складання.

Починаючи з 80-х років акцент складального виробництва зміщується в бік автоматизованого проектування процесів складання і складального виробництва, забезпечення оптимальності проектних рішень та управління.

1.2. Механічне оброблення vs Складальні процеси

Суттєве підвищення продуктивності механічного оброблення останнім десятиліттям стало можливим завдяки появі нового високоавтоматизованого і високопродуктивного обладнання (зокрема для високошвидкісного

оброблення), з одного боку, і розвитку систем автоматизації підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК (САМ-систем), з іншого боку.

Проте прогрес в підвищенні продуктивності складання вузлів і машин не є таким вражаючим. Загальні витрати праці на операції складання в США [289, 290] коливаються від 20% у фармацевтичній промисловості до 60% у виробництві телекомунікаційного устаткування. В середньому на операції складання витрачається 53% виробничого часу, а його частка в собівартості виробу коливається від 10% до 30% і має тенденцію до збільшення.

Таку ситуацію ми можемо пояснити двома причинами.

Перша причина криється в домінуванні при складанні допоміжного часу над основним. Відомо [14, 22, 23, 44, 62, 103, 104, 118, 181], що процес складання включає в себе стадії, характерні для:

- ручного складання;
- механізованого;
- автоматизованого.

Ці характерні стадії можуть відрізнитись лише засобами їх реалізації і тим, яким чином і в якій степені керування ними передається від людини технічним засобам. Елементи і стадії автоматичного складання ілюструються прикладом встановлення пістонів контактних в плату з неметалу (рис. 1.1) [193].

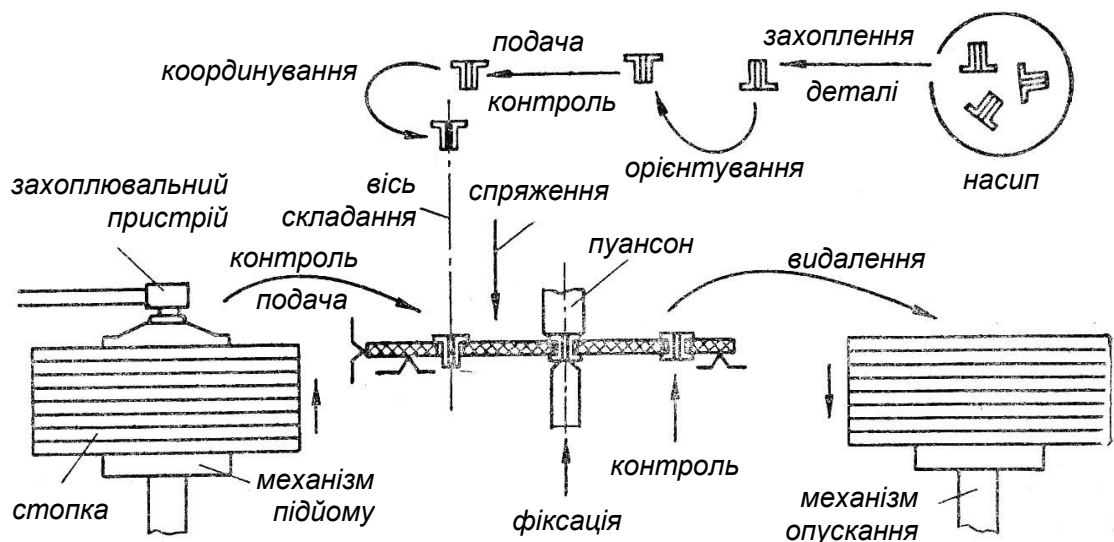


Рис. 1.1. Складові технологічної операції встановлення пістонів

Деталі доставляють до місця їхнього спряження в спеціальній тарі або насипом (в неупорядкованому положенні), або упорядковано у види стопки, касети тощо [32–35, 244]. З насипу деталі захоплюють різними засобами і способами, орієнтуються в просторі і часі поштучно або партіями [124, 191]. Далі виконується контроль наявності й положення деталей перед спряженням (доцільним при цьому є й контроль якості), а потім подача й координування пістону. Далі слідує відповідальний процес – орієнтування деталей перед суміщенням їхніх поверхонь. При координуванні суміщаються проекції осей деталей, що спрягаються, а при відносному орієнтуванні шляхом обертання, в загальному випадку навколо 3-х взаємно перпендикулярних осей, – повне суміщення в просторі осей симетрії елементів двох деталей. Далі вздовж осі складання відбувається спряження поверхонь пістона і отвору в платі. Базова деталь (плата) після контролю подається зі стопки захоплювальним або іншим пристроєм на позицію складання, де й відбувається безпосередньо складання (фіксація) двох деталей в незмінному положенні. Після встановлення чергового пістону відбувається процес післяопераційного контролю якості.

Таким чином **витрати часу на допоміжні переходи – транспортування, орієнтування, базування и закріплення деталей перед безпосереднім складанням є суттєвими, в той час коли сам процес реалізації з'єднання часто виконується дуже швидко** (установка, пресування, клепання, загвинчування, точкове або контактне зварювання). Виключенням є лише операції зварювання по шву, паяння, склеювання.

Саме тому підвищення продуктивності операцій складання можливе:

- або за рахунок застосування великої кількості високопродуктивного допоміжного обладнання, що призведе до зменшення допоміжного часу, в тому числі і за рахунок його суміщення з основним;
- або за рахунок обґрунтованого зменшення кількості деталей, що збільшуватиме собівартість виготовлення (а не складання).

Другою причиною, на наш погляд, є недостатній розвиток систем автоматизації технологічного підготовки виробництва (рис. 1).

Сьогодні, з одного боку, ми маємо весь спектр програмного забезпечення для проектування і конструювання:

- CAD – Computer Aided Design – системи проектування виробу:
 - системи низького рівня¹ (AutoCAD, КОМПАС);

¹Самостійно розібратись, в чому полягає відмінність між CAD-системами різних рівнів

- середнього рівня (*SolidWorks, T-FLEX CAD*);
- високого рівня (*CATIA, ProEngineer*);
- CAE – Computer Aided Engineering – Ansis, Nastran, Dynamic Design – системи автоматизації інженерних розрахунків.

З іншого боку на ринку присутні розвинуті системи, що використовуються безпосередньо в процесі виробництва для керування верстатами з ЧПК, промисловими роботами, іншим технологічним обладнанням (*CAM – Computer Aided Manufacturing – PowerMill, MasterCAM, T-FLEX ЧПУ*), системи моделювання і планування виробництва (*CAPP – Computer Aided Process Planning – DELMIA*).

Проте рівень розвитку систем, які б дозволяли в автоматичному режимі реалізовувати технологічне підготовлення виробництва (*CAPE – Computer Aided Production Engineering*), є досить низьким. Так сьогодні не існує системи, яка б дозволила по тривимірній моделі або кресленню складального виробу автоматично синтезувати якнайкращу технологію складання.

Розвиток систем автоматизованого проектування (САПР) протягом останніх 30-ти років [1, 2, 10, 25, 45, 71, 82, 84, 116, 173, 196, 198, 209, 214, 231–233] окреслив послідовність вирішення задач автоматизованого проектування ТПС: введення даних – синтез варіантів – аналіз – прийняття рішення. Як наслідок, стали чітко виділеними три основні напрямки подальших розробок, зв'язок між якими ілюструє рис.1.2:

- створення математичних моделей об'єктів складання;
- розробка алгоритмів синтезу послідовності складання виробів;
- розробка моделей технологічних процесів та оцінки їх ефективності.

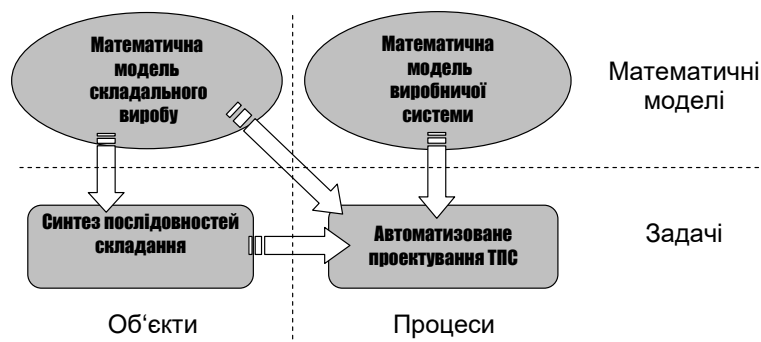


Рис. 1.2. Використання математичних моделей виробу і виробничої системи при автоматизованому проектуванні ТПС

1.3. Виріб та його елементи

Деталь– це виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без застосування складальних операцій (наприклад, вал, гвинт, литий корпус).

Складальна одиниця– це виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві-виробнику шляхом складальних операцій (скручуванням, обпресуванням, клепанням, зварюванням, паянням, розвальцюванням і т.п.). Наприклад, верстат, автомобіль, редуктор, зварений корпус.

Комплекс – два і більше специфікованих вироби, не з'єднані на підприємстві-виробнику складальними операціями, але призначені для взаємопов'язаних експлуатаційних функцій.

Комплект – два і більше виробів, з'єднані на підприємстві складальними операціями, або набір виробів, які мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру (наприклад, комплект запасних частин, комплект інструменту, комплект вимірювальних інструментів).

Складові частини (складальні одиниці) можуть бути спроектовані з урахуванням конструкторських і технологічних вимог (ГОСТ 3.1108-82), відповідно до яких розрізняють:

- конструктивні складальні одиниці,
- технологічні складальні одиниці і вузли.

Конструктивна складальна одиниця– це одиниця, спроектована лише за функціональним принципом. Наприклад, механізми газорозподілу, механізми приводу та регулювання в верстатах, тощо.

Технологічна складальна одиниця, або вузол– це складальна одиниця, складання якої може виконуватись окремо від інших складових частин виробу (або виробу в цілому) і виконувати певну функцію у виробі одного призначення тільки спільно з іншими складовими частинами (ГОСТ 23887-79).

Так, наприклад, у виробі «Редуктор планетарний двоступінчатий» (рис. 1. 3) можуть бути виділені дві *складальні одиниці*: вузол вхідного валу; вузол вихідного валу (рис. 1. 4).

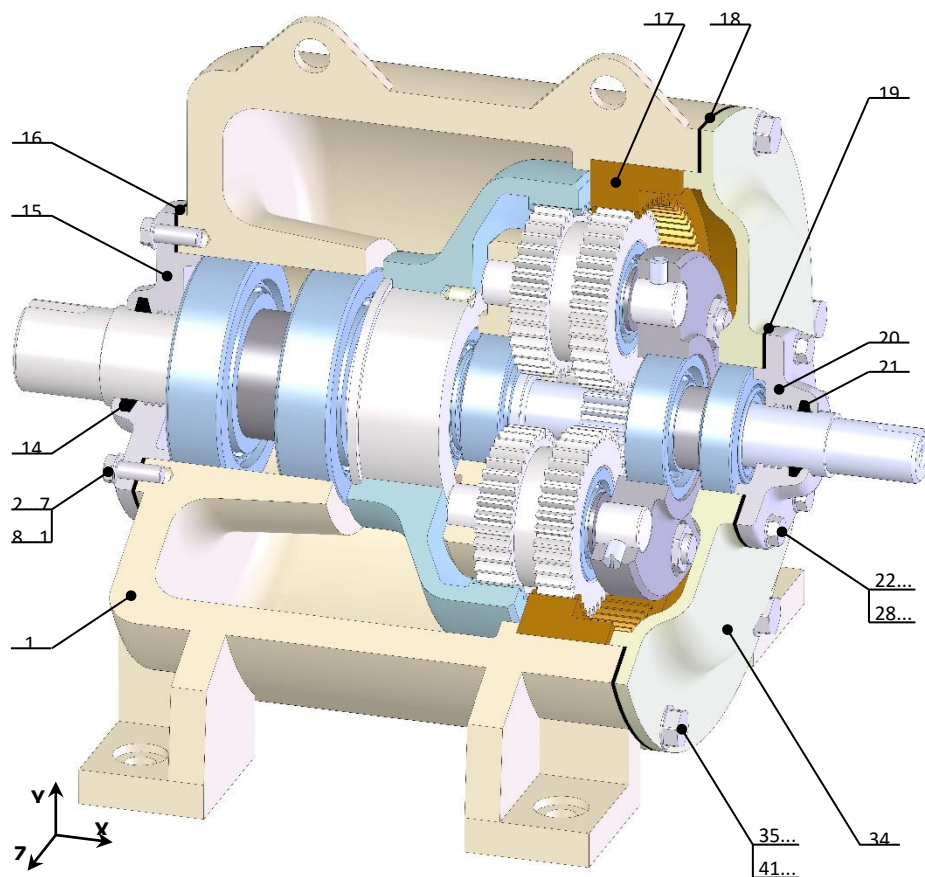


Рис. 1.3. Виріб «Редуктор планетарний двоступінчатий»

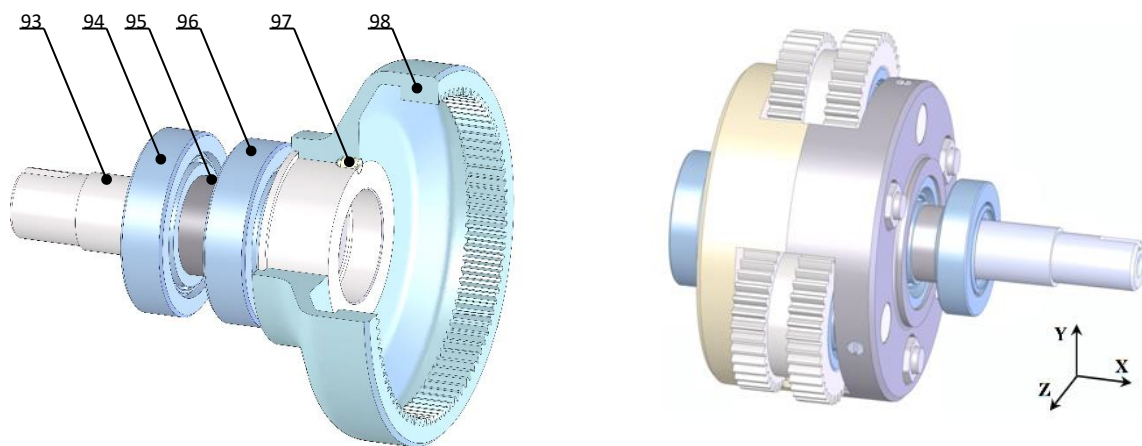


Рис. 1.4. Складальні одиниці виробу «Редуктор планетарний двоступінчатий»: а - вузол вихідного валу; б – вузол вхідного валу

Агрегат— це складальна одиниця, яка характеризується повною взаємозамінністю, можливістю складання окремо від інших складових частин виробу (або виробу в цілому) і здатністю виконувати певну функцію у виробі чи самостійно. Складання виробу або його складових частин з агрегатів називається агрегатним.

Схема розчленування (декомпозиції) виробу – схема поділу виробу на складальні одиниці та деталі із зображенням їх відносного розташування.

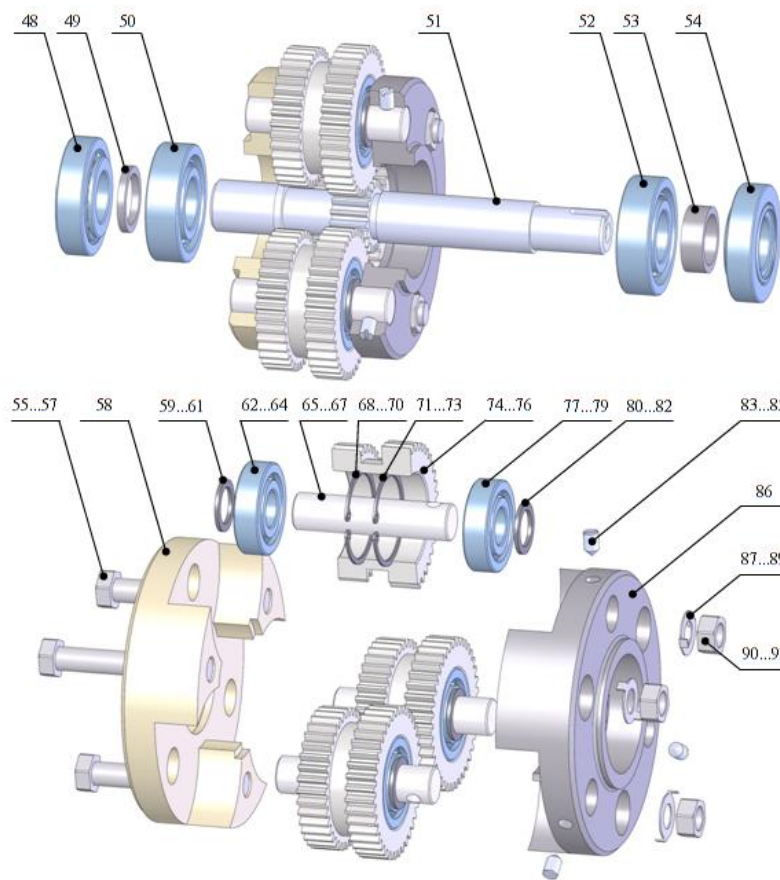


Рис. 1.5. Вузол вхідного валу

1.4. Технологія складання

Технологічний процес складання – технологічний процес, який містить дії по встановленню та утворенню з'єднань складових частин заготовки або виробу [ГОСТ 23887-79].

Види робіт, що відносять до процесу складання

Підготовчі	Роботи з приведення деталей, а також покупних виробів до стану, який вимагається умовами складання: миття, сортування на розмірні групи, укладання в тару тощо
Приганяльні	Роботи, пов'язані із забезпеченням складальності з'єднань і технічних вимог до них: обпилювання і

	зачистка, притирання, полірування, шабріння, свердління, розгортання, правка.
Власне складальні	Роботи по з'єднанню двох або більшого числа деталей для отримання складальних одиниць і виробів основного виробництва.
Розкладальні	Роботи по розділенню виробу (складальної одиниці) на деталі та/або підскладання
Регулювальні	Роботи, що проводяться в процесі складання або після нього з метою досягнення необхідної точності у взаєморозташуванні деталей в складальній одиниці або виробі.
Контрольні	Роботи, що виконуються в процесі складання або після нього, з метою перевірки відповідності складальних одиниць і виробів параметрам, встановленим кресленням і технічними умовами на складання.
Демонтажні	Роботи по частковому розкладанню складеного виробу для підготовки його до упаковки і транспортування до споживача.

Складальна операція – технологічна операція встановлення та утворення з'єднань складових частин заготовки або виробу [ГОСТ 23887-79].

Складальна одиниця n-го порядку – складальна одиниця, яка складається на n-му етапі процесу складання.

Складання будь-якої машини, окремих механізмів і навіть простих з'єднань необхідно здійснювати в певній послідовності. Послідовність складання визначається насамперед конструкцією виробу та його частин, а також мірою необхідного розподілу складальних робіт. Встановлена послідовність введення деталей і складальних одиниць в технологічний процес складання виробу характеризує систему його комплектування.

Послідовність комплектування може бути одноваріантною для простих складальних одиниць і багатоваріантною для складних виробів. Прикладами одноваріантної послідовності комплектування можуть бути складальні одиниці, наведені на рис. У першому випадку (рис. , а) в гніздо встановлюється

шарикопідшипник, а потім стопорне кільце; у другому (рис. , б) шарикопідшипник встановлюється на валик і стопориться кільцем; у третьому (рис. , в) – після напресування шарикопідшипника на шліцах валика встановлюють шестерню. Інші послідовності комплектування тут неможливі.

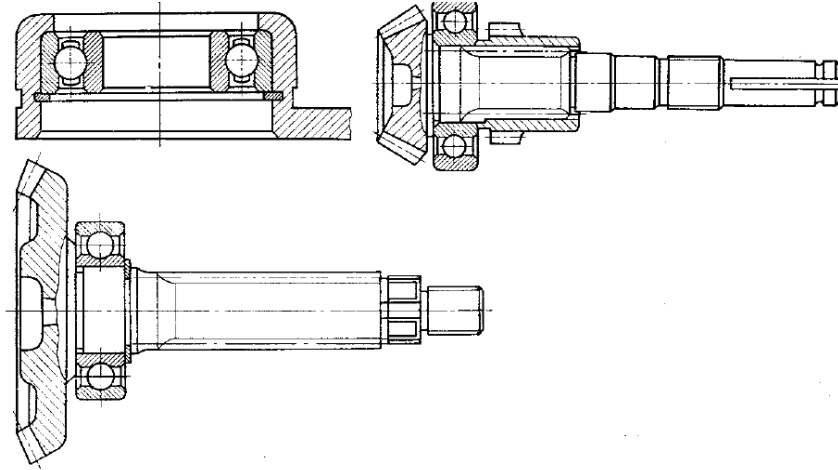


Рис.

Проте в складних складальних одиницях і виробках, коли в комплектуванні беруть участь десятки і сотні деталей, можливий ряд варіантів послідовності складання.

В цьому випадку виникає завдання застосування оптимального варіанту, що забезпечує найкраще виконання встановлених технічних вимог і високу якість об'єкту складання, при мінімальних витратах праці і коштів.

Послідовність складання – послідовність введення деталей та складальних одиниць в технологічний процес складання.

Процес комплектування складальних одиниць виробу для наочності зображують у виді схем.

Схема складання виробу – графічне зображення у виді умовних позначень послідовності складання виробу або його складової частини.

Цю схему слід будувати так, щоб відповідні складальні одиниці і деталі були представлені в порядку їх введення в технологічний процес складання.

Розроблення схеми складання виробу починаємо з вибору базових деталей для кожної складальної одиниці (на рис. 7 позначені подвійним

колом). При прийнятті рішення стосовно базової деталі необхідно враховувати наведені нижче рекомендації.

Базова деталь (СО) – деталь (СО), з якої починають складання виробу і до якої приєднують інші деталі та/або складальні вироби. Це деталь (СО) з базовими поверхнями, що виконує в складальному з'єднанні (вузлі) роль сполучної ланки, яке забезпечує при складанні відповідне відносне положення інших деталей.

Технологічні закономірності процесу складання, пред'являють ряд вимог до БЕ, котрі обумовлюють можливість реалізації схеми базування та точність виконання з'єднань [22]:

- наявність зовнішніх поверхонь, що не беруть участь в монтажних рухах інших елементів (у протилежному випадку – встановлення та закріплення БЕ в пристрої неможливе, або ж виникне необхідність в перебазуванні);
- наявність поверхонь, установка на які БЕ відбуватиметься елементарним переміщенням (по прямолінійній траєкторії);
- значно менші масово-інерційні характеристики для елемента, що приєднується, аніж для БЕ (інакше виникає потреба у збільшенні простору та зусиль для переміщення).

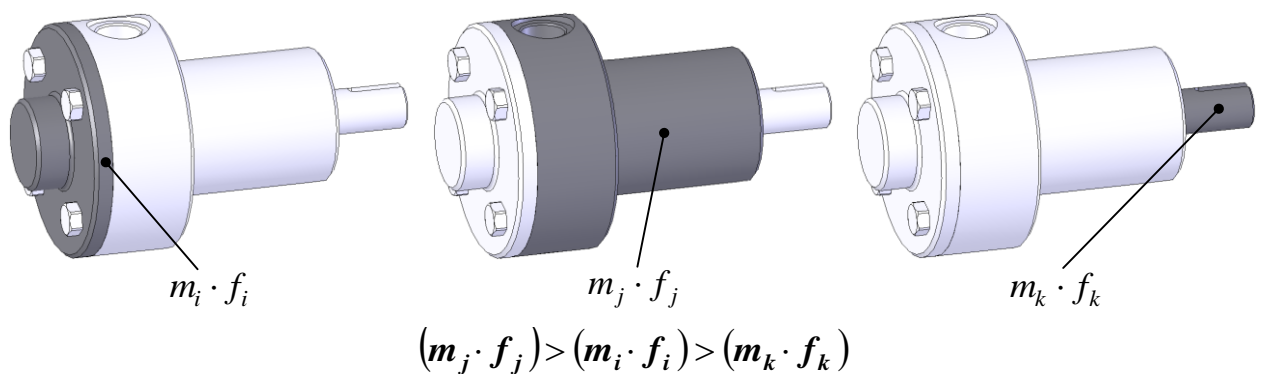


Рис. 2.14. Приклад визначення базового елемента – деталі a_j
(вільні для доступу ділянки поверхонь позначені темним кольором)

де m - маса елемента;

f - сумарна площа вільних для доступу ділянок поверхонь.

Базова деталь—деталь, з якої починають складання виробу і до якої приєднують інші деталі та/або складальні вироби []. Це деталь з базовими поверхнями, що виконує в складальному з'єднанні (вузлі) роль сполучної ланки, яке забезпечує при складанні відповідне відносне положення інших деталей.

Однією з основних задач, яка вирішується при розробці ТПС, є мінімізація кількості перебазувань під час складання виробу. Вирішення даної задачі дає можливість зменшити:

- число позицій, на яких виконується операція перебазування;
- кількість пристосувань для базування та кантування;
- виробничий цикл (за рахунок скорочення кількості допоміжних операцій).

Отже, можна зробити висновок, що в якості базового доцільно обрати елемент, який забезпечує відсутність перебазування на всіх технологічних операціях складання СО (наприклад, шляхом незмінності поверхонь по яким відбувається його установка в пристосуванні) [Кореньков].

В якості базового доцільно обрати елемент, який забезпечує відсутність перебазування на всіх технологічних операціях складання СО (наприклад, шляхом незмінності поверхонь по яким відбувається його установка в пристосуванні).

Для СО «Сателіт» в якості базової деталі доцільно прийняти деталь вал (a_{65}). Необхідно також передбачити попереднє встановлення стопорних кілець (a_{68}, a_{71}) в зубчасте колесо a_{74} .

Деталі та СО зображують на схемі у вигляді невеликих прямокутників, в які вписують назву, номер і кількість відповідних частин.

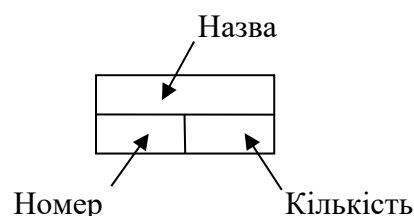


Рис. 8. Зображення деталей та СО на схемі складання виробу

Оскільки процес складання починається з введення в нього базової деталі або СО, то, очевидно, і схема повинна починатися з умовного

зображення цих складових частин виробу. Завершуватись схема повинна готовим виробом.

Від позначення базової деталі до позначення готового виробу проводять суцільну горизонтальну (вертикальну) лінію. Як правило складальні одиниці відображають з однієї сторони цієї лінії, а окремі деталі з іншої.

Для СО «Сателіт» схема складання виглядатиме як показано на рис. 9.

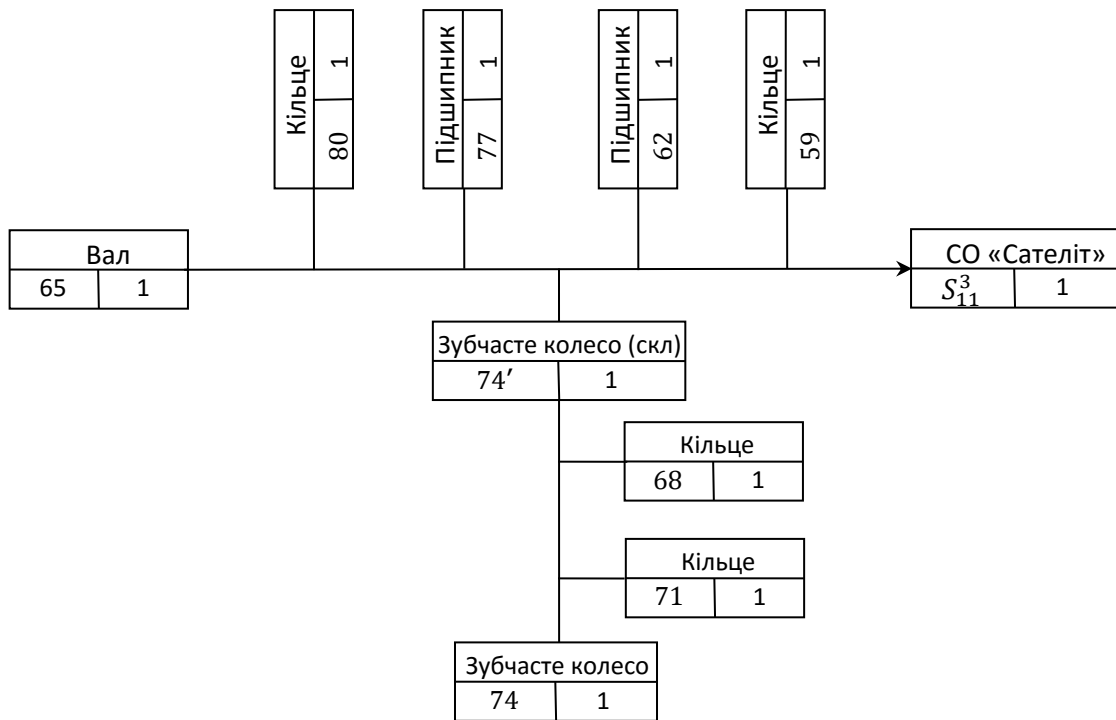


Рис. 9. Схема складання СО «Сателіт»

Для СО «Водило» в якості базової доцільно обрати деталь кришка (a_{86}). Схема складання СО «Водило» може бути представлена як показано на рис. 10. На цій схемі схема складання СО «Сателіт» показана повністю.

Необхідно відзначити, що зображення на одній схемі складання всіх рівнів декомпозиції виробу може виявитись занадто складним. В таких випадках доцільно відображати різні рівні декомпозиції на окремих схемах. Таким чином, за умови наявності схеми, зображеної на рис. 9, схему складання СО «Водило» можна спростити так, як показано на рис. 11.

Подальше проектування схеми складання для виробу «Редуктор планетарний двоступінчатий» виконується аналогічно, тому в даних методичних вказівках не наводиться.

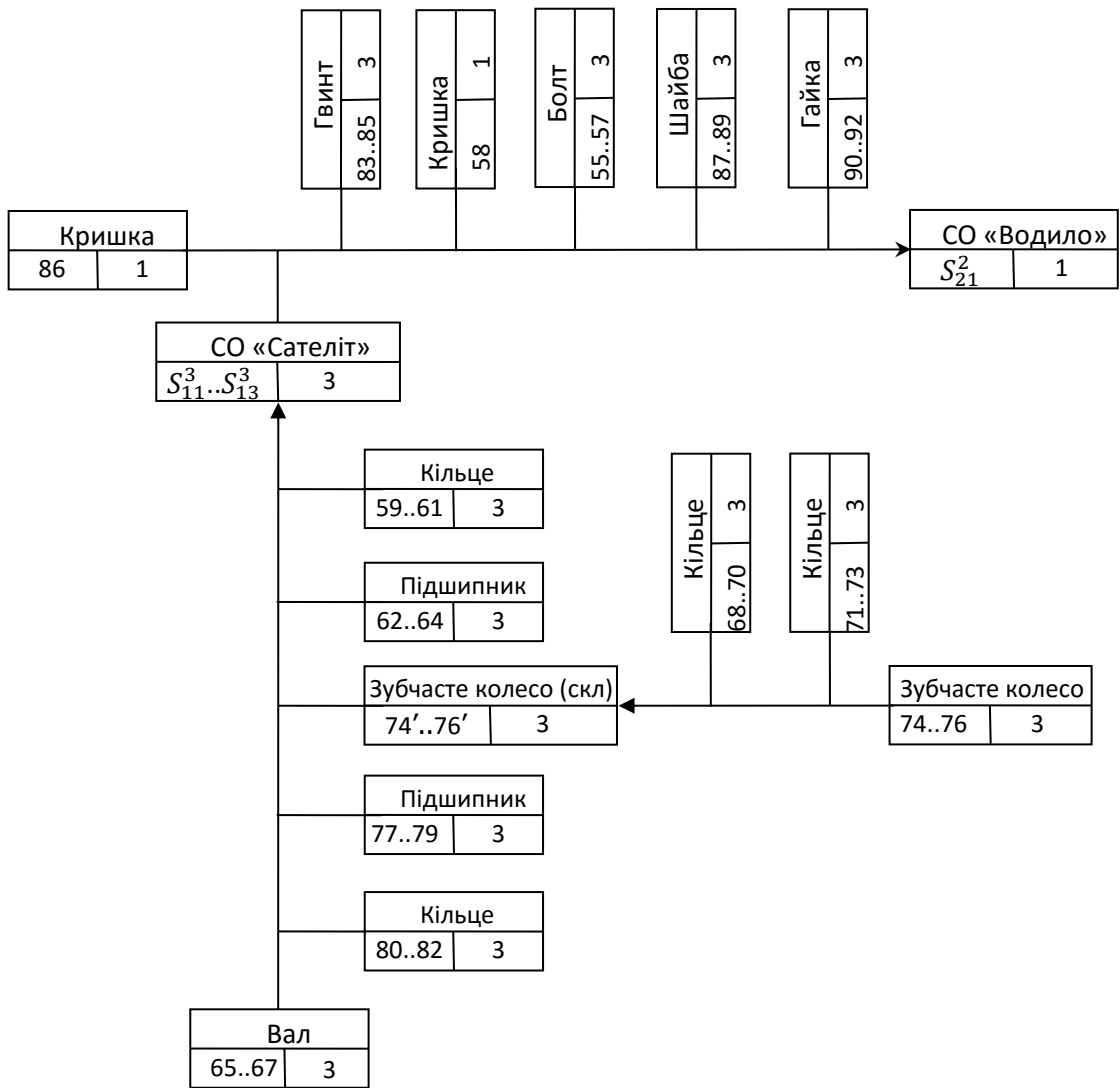


Рис. 10. Схема складання CO «Водило»

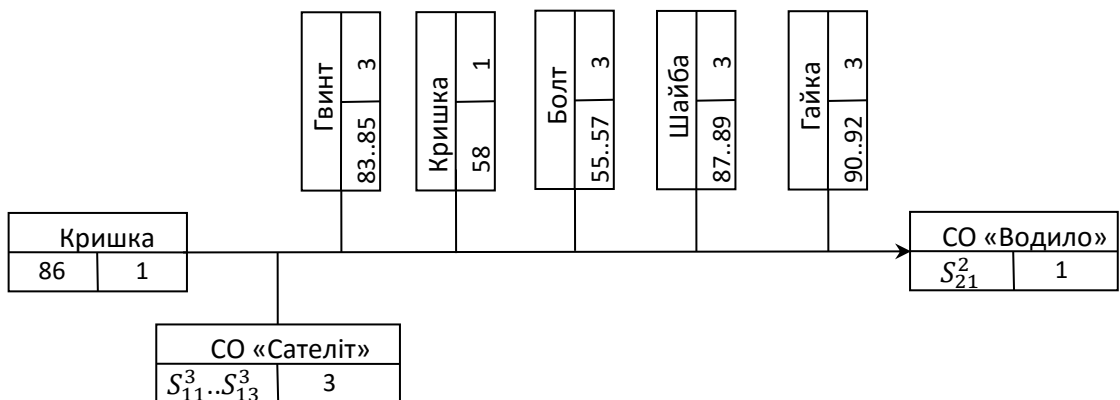


Рис. 11. Укрупнена схема складання CO «Водило»

Схема декомпозиції виробу та схема (схеми) складання виробу в розрахунково-графічній роботі представляються на аркуші паперу А1. На цьому ж аркуші наводиться креслення або 3Dмодель складальної одиниці з

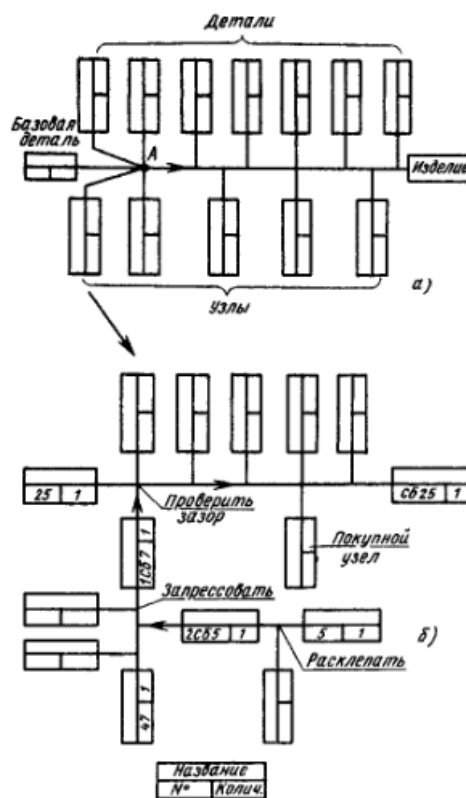
відповідним позначенням деталей. Всі рішення, які приймаються в процесі проектування, наводяться в пояснювальній записці до РГР.

Схема складання виробу – графічне зображення у виді умовних позначень послідовності складання виробу або його складової частини.

Цю схему слід будувати так, щоб відповідні складальні одиниці (групи, підгрупи) і деталі були представлені в порядку їх введення в технологічний процес складання.

Оскільки процес складання починається з введення в нього основної, або, як її зазвичай називають, базової деталі або СО, то, очевидно, і схема повинна починатися з умовного зображення цих складових частин виробу. Деталі, підгрупи і групи зображують на схемі у вигляді невеликих прямокутників, в які вписують індекс, номери і кількість відповідних частин. Загальна схема комплектування виробу представлена на рис. ,а [].

Для машини з великою кількістю деталей і складальних одиниць розгорнута схема може бути громіздкою і тому незручною для користування. У таких випадках у виробництві застосовують укрупнені схеми (рис. , б), на які наносять тільки умовні позначення груп, а також деталей, що не входять в групи і підгрупи.



1.5. Класифікація з'єднань деталей

Існують різноманітні варіанти класифікації з'єднань деталей.

За збереженням цілісності після розкладання:

- *рознімні* (різьбові, клинові, штифтові, шпонкові, шліцьові, стопорні)
- *нерознімні* (з натягом, вальцьовані, клепані, зварні, паяні, клеєні).

За можливістю відносного руху деталей:

- *рухомі;*
- *нерухомі.*

За формою спряжуваних поверхонь:

- *пласке з'єднання*
- *циліндричне*
- *конічне*
- *сферичне*
- *гвинтове*
- *профільне*

Така класифікація передбачає врахування конструктивного виконання, а не фізичного принципу реалізації з'єднання, від якого безпосередньо залежить вибір технологічного обладнання. З точки зору технології, шпонкове, штифтове й шліцьове з'єднання, залежно від посадки можуть бути або з'єднанням із натягом, або кінематичною парою, яка припускає переміщення.

З точки зору проектування технологічного процесу більш доцільно класифікувати відомі з'єднання (рис. 1.6) наступним чином [Пас. дисс.]:

- *за фізичним принципом дії, який призначається конструктором і є властивістю СВ;*
- *за фізичним (технологічним) принципом реалізації, який призначається технологом і є властивістю виробничого середовища для реалізації з'єднання.*

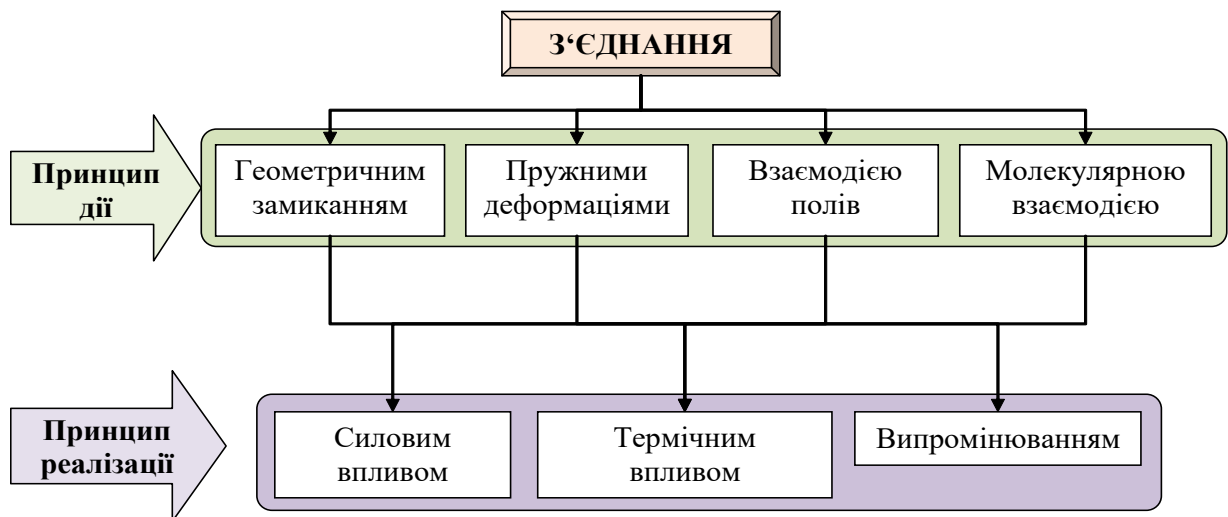


Рис. 1.6. Класифікація з'єднань за фізичними принципами дії та реалізації

1.4.1. З'єднання, що діють за рахунок геометричного замикання

До з'єднань, що діють за рахунок геометричного замикання, відносяться різьбові, заклепкові, вальцьовані з'єднання, стопорні шайби з елементами, що відгинаються, внутрішні і зовнішні стопорні кільця, заскочки.

Різьбові (нарізні) з'єднання

До різьбових відносяться з'єднання, утворені болтами з гайками, гвинтами, шпильками, установочними гвинтами, анкерними болтами, різьбовими вставками та гвинтами саморізами. Всі різьбові з'єднання відносяться до рознімних з'єднань, які, за винятком з'єднань гвинтами-саморізами, допускають розкладання при ремонті та обслуговуванні повторне складання. Різьбові з'єднання можуть використовуватись для фіксації взаємного положення двох, трьох або пакету деталей (рис. 1.7).

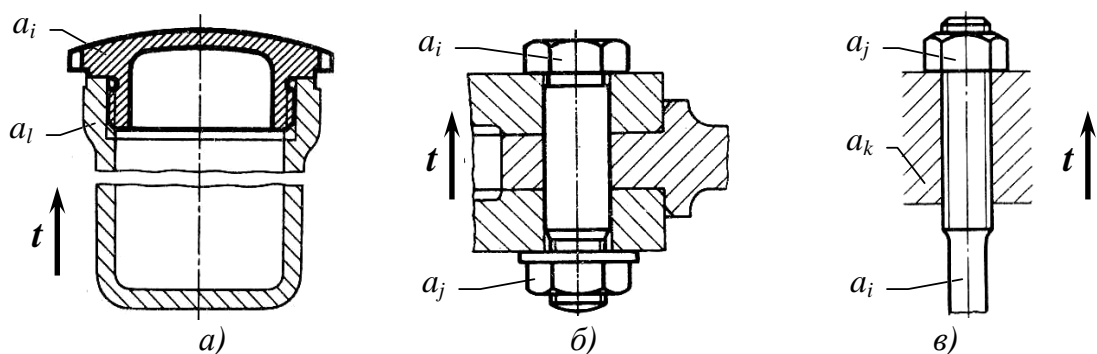


Рис.1.7. Різновиди утворення різьбових з'єднань:
а – між двома деталями; *б* – пакету деталей; *в* – трьома деталями

З'єднання з пластичним деформуванням деталей

Характерною особливістю з'єднань такого типу є зміна форми однієї або кількох деталей, що утворюють з'єднання. Тому слід говорити про дві форми деталі(ей) – до моменту складання і після складання.

Заклепкові з'єднання

Варіанти виконання заклепкових з'єднань зображені на рис. 1.8.

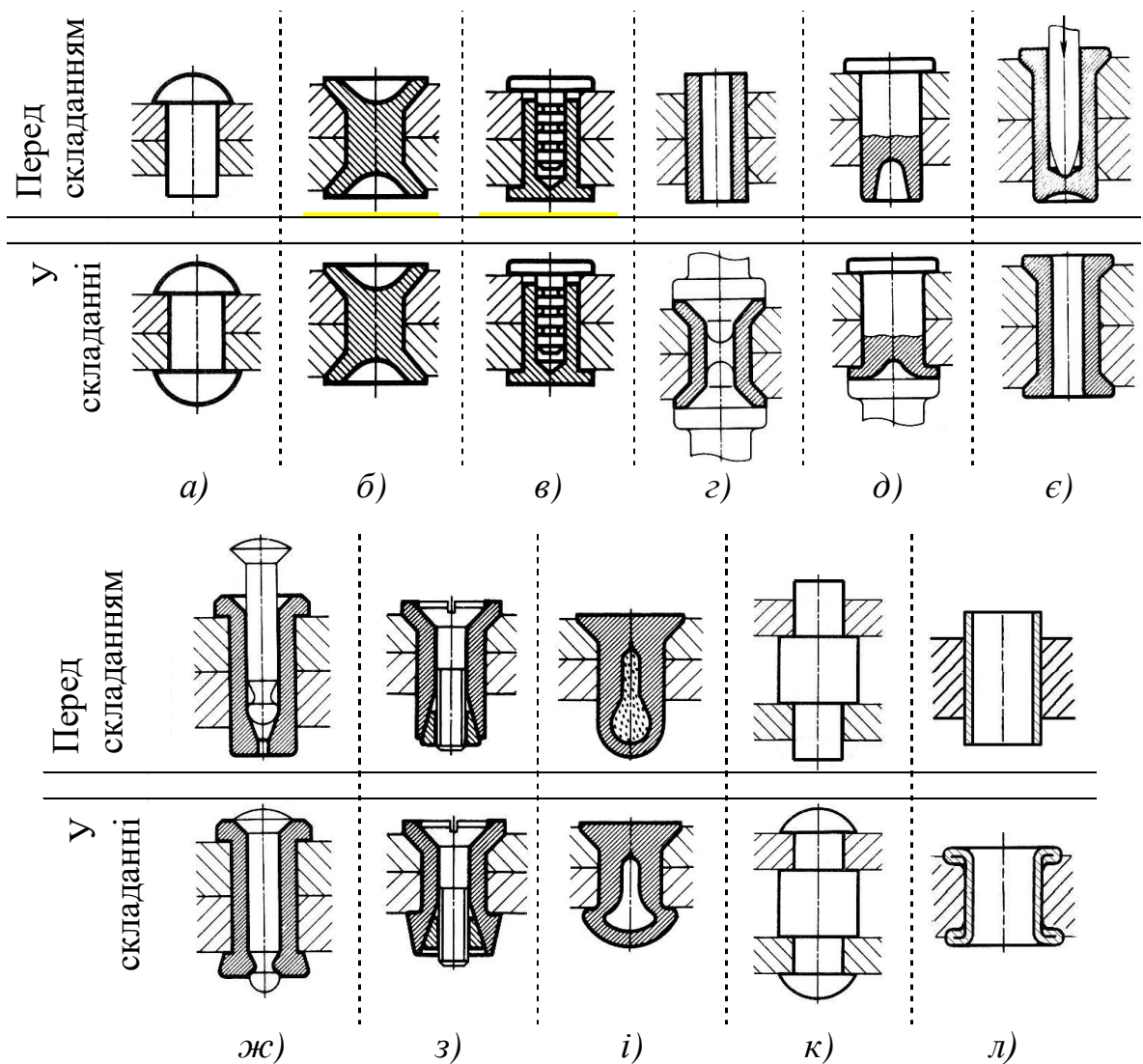


Рис. 1.8. Заклепкові з'єднання: *а* – зі сферичною головкою; *б* – із заглибленням; *в* – з пуансоном; *г* – трубчасті; *д* – з піднутренням; *е* – закладна трубчаста; *ж* – закладна з пуансоном; *з* – закладна з гайкою; *і* – закладна із зарядом; *к* – дистанційна; *л* – пістон

З'єднання з іншими деталями, що деформуються

З'єднання, що отримують геометричним замиканням за рахунок деформування однієї або кількох деталей мають різні варіанти конструктивної реалізації, частина з яких представлена на рис. 1.9.

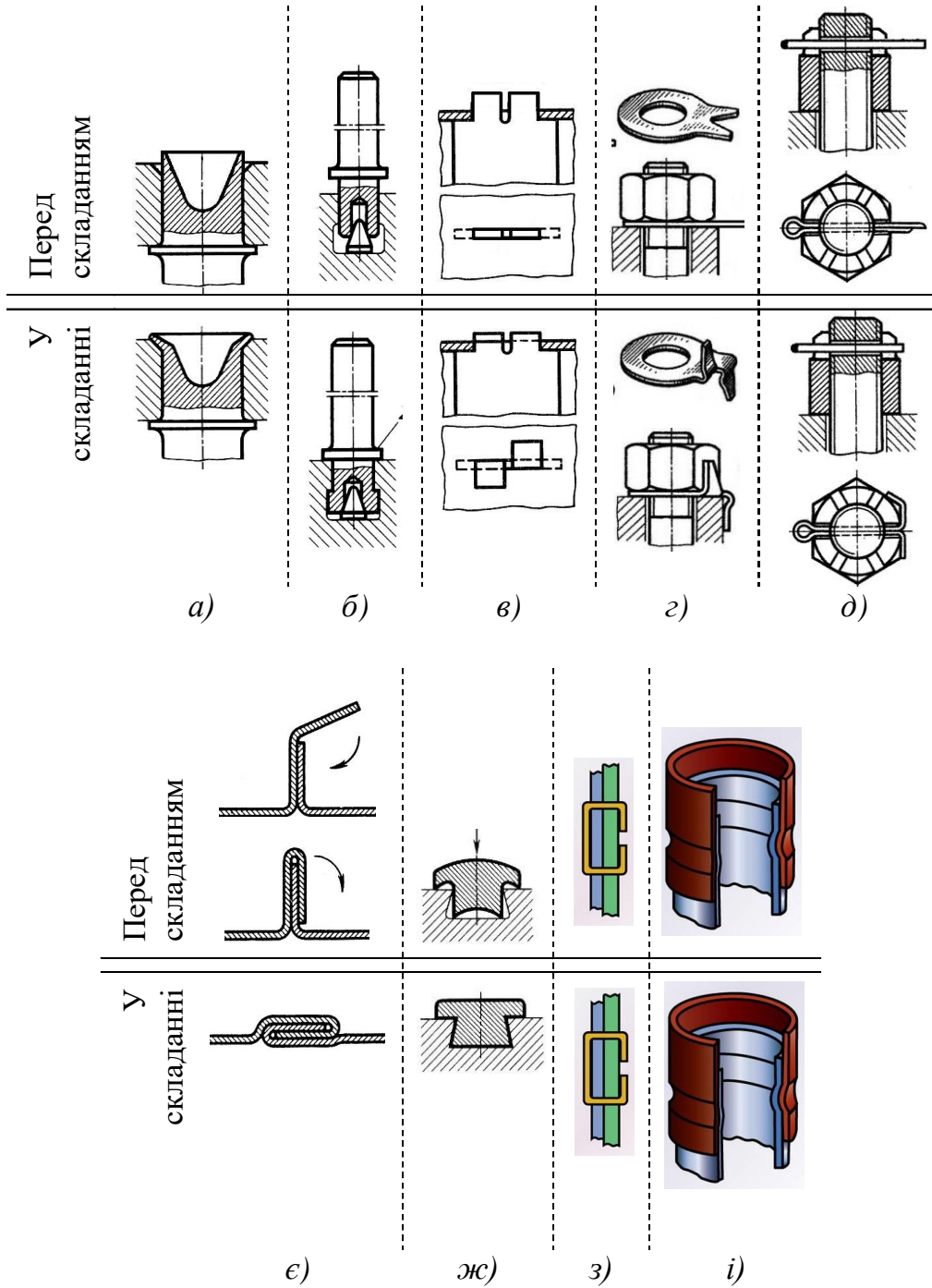


Рис. 1.9. Отримання з'єднань з пластичним деформуванням деталей: а – вальцюванням; б – кернуванням; в – відгинанням лапок в пластинах;

*г – відгинанням лапок в кільцях; д – шпінтуванням; е – фальцюванням;
ж – пуклюванням; з – скобами; і – гофруванням*

Всі з'єднання такого типу поділяються на з'єднання, утворені тільки двома деталями (рис. 1.9, а, б, ж) та з'єднання, утворені двома або більше деталями (рис. 1.9, в, г, д, е, з, і).

З'єднання з пружними деталями

Характерною особливістю з'єднань такого типу є можливість деталі(ей) багаторазово змінювати свою форму в процесі складання.

В машинобудуванні застосовуються такі конструктивні типи з'єднань з пружними деталями: стопорні кільця (внутрішні, зовнішні з осьовим або радіальним встановленням, храпові) і засочки (фіксатори). З'єднання з пружними деталями характеризуються широким конструктивним розмаїттям (рис. 1.10). Слід відмітити, що з'єднання такого типу є технологічними з точки зору реалізації з'єднання, проте дуже часто деталі, що його утворюють є нетехнологічними з точки зору виготовлення.

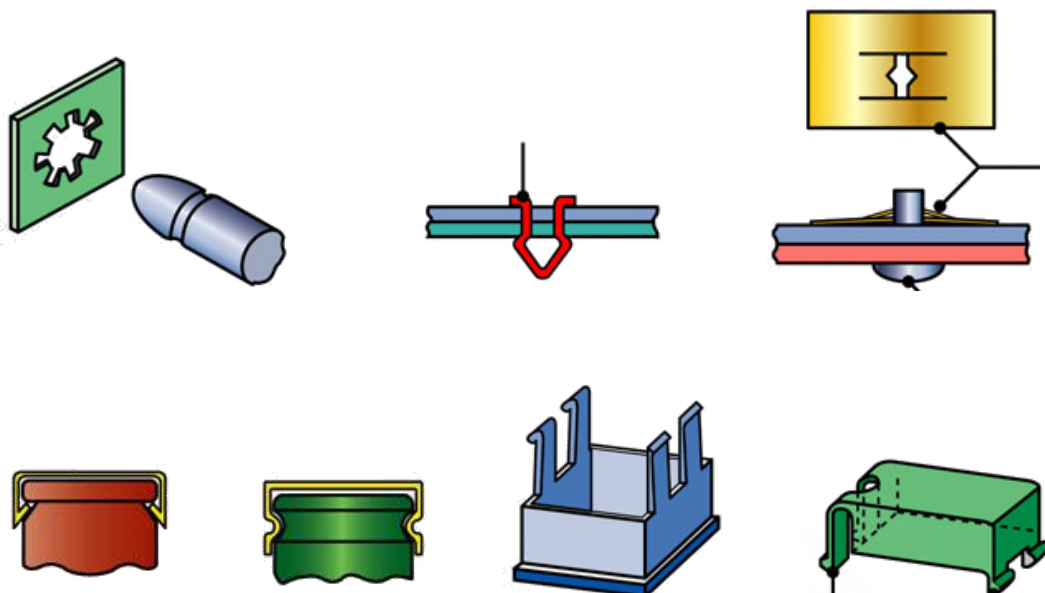


Рис. 1.10. Конструктивні різновиди з'єднання з пружними деталями

1.4.2. З'єднання, що діють за рахунок пружних деформацій

До з'єднань, що діють за рахунок пружних деформацій, відносяться з'єднання з натягом, які поділяються на циліндричні, в яких натяг унеможливує переміщення і поворот, і профільні, в яких натяг забезпечує цілісність в осьовому напрямку, а форма профілю унеможливує поворот (рис. 1.11).

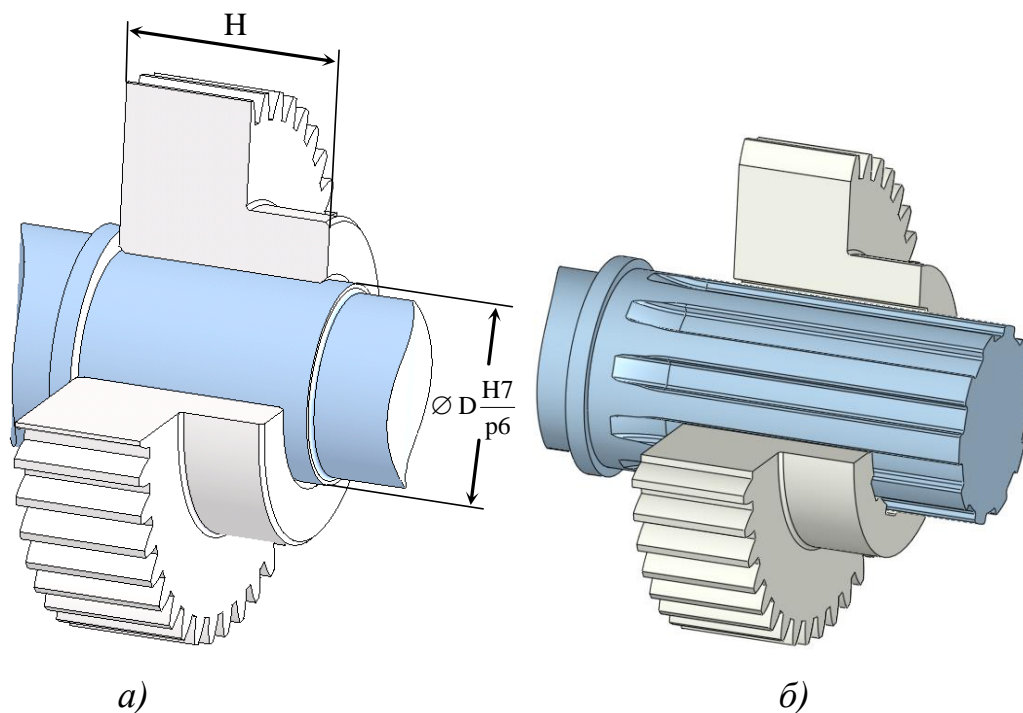


Рис. 1.11. З'єднання, що діють за рахунок пружних деформацій:
а – циліндричне; б – профільне

1.4.3. З'єднання, що діють за рахунок взаємодії полів

До з'єднань, що діють за рахунок взаємодії полів, відносяться з'єднання, в яких незмінне положення однієї деталі відносно іншої забезпечується постійною наявністю фізичного поля (гравітаційного, електромагнітного), величина якого є достатньою для утримання незмінного положення двох деталей (рис. 1.12). Специфіка такого з'єднання полягає в необов'язковому контакті двох або більшої кількості деталей, які піддаються впливу поля.

Використовуються у випадках, коли необхідно часто і швидко роз'єднувати елементи з'єднання.

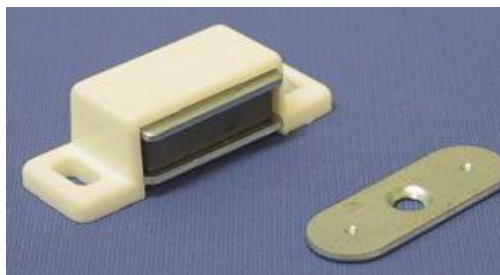


Рис. 1.12. Приклад магнітного з'єднання

1.4.3. З'єднання, що діють за рахунок молекулярної взаємодії

До з'єднань, що діють за рахунок молекулярної взаємодії, відносяться клейові, зварні, паяні з'єднання, а також з'єднання, отримані спеціальними прийомами, наприклад при пошаровому створенні виробу методами швидкого прототипування, або з використанням мікро- і нанотехнологій.

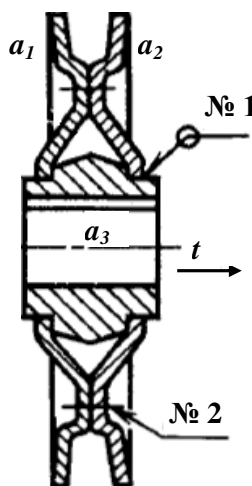


Рис. 4.31. Приклад зварного з'єднання

1.4.5. Варіанти реалізації фізичного принципу дії з'єднання

Для реалізації конкретного з'єднання слід вибрати певний фізичний принцип, від якого, безпосередньо залежить вибір технологічного обладнання. Відзначимо, що можливі будь-які комбінації принципу дії з принципом реалізації.

Силовий вплив реалізується як результат механічної роботи. Пресуванням можна забезпечити наявність сил тертя. Вальцюванням можна отримати

пластичні деформації. Прикладанням сил можна реалізувати з'єднання заскочками і установку стопорних кілець. Силовою дією можна досягти виникнення і тривалої дії міжмолекулярних сил.

Термічний вплив реалізується як результат нагрівання або охолодження однієї або обох деталей з'єднання. Нагріванням з подальшим охолодженням можна забезпечити наявність сил тертя в з'єднанні з натягом. Нагріванням можна отримати пластичні деформації однієї з деталей з'єднання. Нагріванням/охолодженням можна викликати пружні деформації (ефект пам'яті). Нагріванням можна отримати виникнення міжмолекулярних зв'язків (адгезійні з'єднання, зварні, паяні).

Випромінювання реалізується направленим пучком енергії (світловою, електромагнітною, звуковою), внаслідок чого між деталями можуть виникати сили тертя, пластичні або пружні деформації, міжмолекулярні зв'язки.