

## Лекція 7.

# АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ЇХ АВТОМАТИЧНОГО ОРІЄНТУВАННЯ

### 7.1. Теоретичні відомості

#### 7.1.1. Коротка інформація щодо призначення та складу технологічного обладнання

*Гнучка виробнича система (ГВС)* – це сукупність у різних поєднаннях устаткування з ЧПУ, зокрема ГВК, окремих одиниць ТО, що об'єднує ОТО, ДТО, ПР, і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, що має властивість автоматизованого переналадження при виробництві виробів певної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик.

Розробка ТП виготовлення ОВ, тобто деталей, складальних одиниць, комплектуючих виробів загальномашинобудівного застосування у ГВС на металорізальних верстатах передбачає вибір ТО:

- **основного технологічного обладнання (ОТО)**, на якому виконуються основні технологічні операції, наприклад, свердлування, точіння, пресування, слюсарно-складальні операції, операції клепаання, склеювання тощо;
- **допоміжного технологічного обладнання (ДТО)**, на якому виконуються допоміжні технологічні операції, що направлені на упорядкування виробничого середовища. До складу допоміжних технологічних операцій відносять операції транспортування деталей до місця їх обробки або захоплення ПР, відсікання деталей від загального потоку, орієнтування, позиціонування, встановлення та зняття деталей з верстата;
- **промислових роботів (ПР)**, що використовуються у виробничому процесі для виконання рушійних функцій, аналогічних функціям людини, при переміщенні предметів виробництва та/або технологічного оснащення.

Для діючих ТП механічної обробки різанням досить значний відсоток допоміжного часу (від 20 до 70% для дрібних і середніх деталей та від 50 до 70% для великих деталей) займають допоміжні технологічні операції, що пов'язані із упорядкуванням виробничого середовища.

Упорядкування виробничого середовища дозволяє зменшити ступінь невизначеності по відношенню до ОВ за рахунок забезпечення інформації про їх параметри (тип, положення, орієнтацію). Упорядкування виробничого середовища забезпечується шляхом застосування ПР із системами очутливлення (при цьому підвищується універсальність ПР), або застосуванням ЗУС – спеціальних автоматичних пристроїв, які виконують певні функції процесу упорядкування ОВ (при цьому підвищується спеціалізація виробничої системи).

### 7.1.2. Загальні відомості про автоматичне орієнтування

При автоматизації процесів виробництва серед допоміжних технологічних операцій особливу увагу приділяють автоматичному орієнтуванню тому, що форма готових ОВ складніша за форми заготовок, які призначенні для обробки на ОТО, а у більшості випадків ОВ необхідно подати на робочу позицію у орієнтованому положенні. Для забезпечення орієнтованого положення застосовують **пристрої орієнтування** (ПО) – функціонально-технологічні одиниці ГВК, які здійснюють автоматичне орієнтування, тобто переведення ОВ з початкового (іноді довільного) в задане положення відносно базових поверхонь ОВ.

Під **автоматичним орієнтуванням** розуміють процес, під час якого ОВ без участі людини приводяться з довільного стану у задане положення відносно деяких базових поверхонь. Базовими є поверхні, які призначені для захвату, транспортування чи встановлення ОВ на робочі позиції.

Процес автоматичного орієнтування як правило складається з двох етапів.

На **першому етапі**, який називають первинним орієнтуванням, ОВ переводиться із довільного положення, наприклад, з навалу, у перше будь-яке стійке визначене помітне положення, тобто в таке, при якому проєкції ОВ на визначальні поверхні є неповторюваними при інших орієнтованих положеннях. Причому, довільне положення ОВ при первинному орієнтуванні називають первинним неорієнтованим положенням (ПНП).

На **другому етапі** автоматичного орієнтування, який називають вторинним орієнтуванням, ОВ поступово переводиться від одного стійкого визначеного положення на визначальних поверхнях до іншого до тих пір, доки він (ОВ) не буде приведений в одне наперед визначене положення. Причому початкове положення ОВ при вторинному орієнтуванні називають початковим орієнтованим положенням (ПОП), а кінцеве – кінцевим орієнтованим положенням (КОП).

Приклад процесу переведення ОВ із ПНП у ПОП та КОП, що ілюструє процес орієнтування, приведено на рис. 7.1.1.

Відомо, що для забезпечення необхідного орієнтованого положення ОВ використовують лінійні переміщення та кутові повороти. Необхідні за технологією орієнтуючі рухи ОВ при їх функціональній та технологічній взаємодії з ПО утворюють так званий *склад орієнтуючих рухів* (СОР). СОР при автоматичному орієнтуванні може містити два типи орієнтуючих рухів: лінійні орієнтуючі рухи (ЛОР) та кутові орієнтуючі рухи (КОР), що реалізуються різними конструкціями ПО.

Крім того, при автоматичному орієнтуванні на ОВ відповідно до їх фізико-механічних властивостей для забезпечення виконання необхідного СОР можуть діяти різні за своєю фізичною природою сили, за рахунок чого здійснюється взаємодія ПО та ОВ. При цьому ПО, що використовують при орієнтуванні різні за фізичною природою *типи силових впливів* (ТСВ), взаємодіють з ОВ з різних конструктивних матеріалів.

Реалізація зазначених процесів можлива при функціональній взаємодії ПО та ОВ щодо автоматичного орієнтування останніх. Аналізовані множини ПО та ОВ в сукупності складають систему орієнтації об'єктів виробництва (СООВ), яку можна представити як виробничу систему, що має певну структуру і складається із функціонально взаємодіючого комплексу ПО та ОВ (рис. 7.1.2).

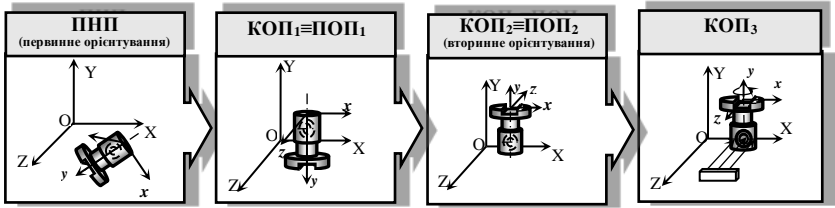


Рис. 7.1.1. Приклад процесу переведення *OB* із ПНП через  $KOPI \equiv POPI$ ,  $KOPI2$  ( $KOPI2 \equiv POPI2$ ) у  $KOPI3$

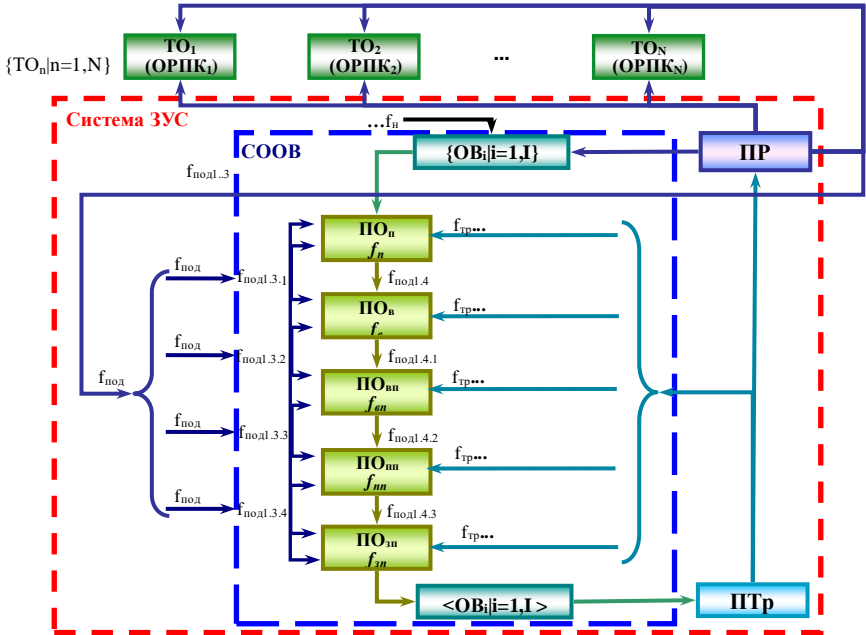


Рис. 7.1.2. Структурна схема ГВС із розвинутою системою засобів упорядкування середовища (ЗУС):

- COOB* – система упорядкування об'єктів виробництва;
- OB* – об'єкти виробництва;
- ПТр* – пристрій транспортний;
- ПО* – пристрій орієнтування;
- ПР* – промисловий робот;
- ТО* – технологічне обладнання;
- ОРПК<sub>N</sub>* – *N*-те орієнтоване кінцеве положення *OB*

Автоматизація процесу орієнтування *OB* включає етапи:

- автоматизованого вибору засобів автоматичного орієнтування, тобто *ПО*;
- визначення технології автоматичного орієнтування об'єктів орієнтування (якими є *OB*);

- функціонального узгодження засобів та об'єктів автоматичного орієнтування.

При цьому автоматизація процесу орієнтування ОВ можлива тільки при функціональній взаємодії ПО та ОВ. Функціонально взаємодіючий комплекс ПО, які виконують певні функції автоматичного орієнтування, та ОВ доцільно розглядати системно із виділенням їх у СООВ, яка є складовою частиною системи ЗУС.

### **7.1.3. Аналіз та класифікація об'єктів виробництва щодо їх автоматичного орієнтування**

Автоматичне орієнтування є досить складним процесом. Проблеми, що виникають при цьому, полягають у невідповідності між функціональними можливостями ПО та конструкторсько-технологічними ознаками ОВ, що орієнтуються, та зумовлені різноманіттям технологічних процесів, конструкцій ПО, складністю процесу орієнтування, а також втратою орієнтованих положень у ряді випадків при завантаженні та транспортуванні ОВ із однієї робочої позиції на іншу.

Тому при виборі ПО необхідною є попередня оцінка складності ОВ щодо їх автоматичного орієнтування.

Для цього враховуються такі специфічні особливості ОВ як симетричність, наявність характерних ознак форми, фізико-механічні властивості конструкційного матеріалу тощо. Крім того, складність форми ОВ, яка визначає складність автоматичного орієнтування ОВ, визначається кількістю та порядком їх осей та площин симетрії. Причому складність форми ОВ зменшується зі збільшенням кількості осей та площин симетрії, тобто до надання ОВ правильних геометричних форм.

Основою аналізу складності ОВ щодо автоматичного орієнтування є їх класифікація. Першорядне значення мають класифікаційні ознаки, що несуть визначальну інформацію про можливість автоматичного орієнтування як такого, про конструктивно-геометричні особливості ОВ, тобто інформацію про технологію автоматичного орієнтування. Другорядне значення мають класифікаційні ознаки, що несуть уточнюючу інформацію щодо вибору ПО для автоматичного орієнтування. До таких ознак віднесені фізико-механічні властивості матеріалу ОВ тощо.

Таким чином, на основі вище зазначеного класифікаційні ознаки ОВ розбиваються на основну та додаткову фасетні групи за фасетним методом класифікації.

Основну фасетну групу складають фасети:

**$\Phi_C$**  „Симетричність”, що характеризує симетрію ОВ, тобто наявність осей і площин симетрії та їх взаємне розташування;








**$\Phi_\phi$**  „Форма”, що характеризує особливості форми ОВ, наприклад, циліндрична або призматична;

**$\Phi_{ко}$**  „Конструктивні особливості”, що характеризує наявність зовнішніх або внутрішніх конструктивних елементів ОВ.

Додаткову фасетну групу складає фасета  **$\Phi_{до}$**  „Додаткові ознаки”, що визначає конструкційний матеріал ОВ, його феромагнітні та електродинамічні властивості, відбиваючі ознаки.

Класифікаційними ознаками фасети  **$\Phi_C$**  „Симетричність” виступають ознаки наявності та кількості осей обертання і площин симетрії ОВ, а також їх взаємне розташування (табл. 7.1.1).

Класифікаційні ознаки фасети  $\Phi_c$  „Симетричність”

Наявність осей обертання та площин симетрії			Приклади ОВ	
кількість		взаємне розташування осей та площин симетрії	схема	представники
осей обертання	площин симетрії			
1	безліч	площини симетрії проходять через вісь обертання		—
1	1	площина, що перпендикулярна до осі		– гладкі валики; – втулки; – ступінчасті валики з однаковими кінцями
1	2	одна площина проходить через вісь симетрії, паралельно до неї, друга площина – перпендикулярна осі		– симетричні валики з лисками, канавками, прорізами; – розрізні втулки; – симетричні валики з отворами, що перетинаються з віссю; – диски з отворами та шпонковими канавками тощо
1	1	площина проходить паралельно вісі симетрії		– несиметричні ступінчасті валики з розрізами по торцю; – фланці з отворами або інші ОВ ступінчастої форми з привареними вушками
відсутні	1	—		– корпуси механізмів тощо
відсутні	2	площини взаємно перпендикулярні		– опори; – важелі тощо
відсутні	3	площини взаємно перпендикулярні		– плитки; – балки тощо

До ОВ, що мають тільки вісь обертання, відносять, як правило:

- валики:
  - = з різними торцями;
  - = з несиметричними виточками;
- диски:
  - = з канавками на одному з торців;
  - = з фасками;
  - = з головками типу головок болтів;
- високі та низькі ковпачки:

- = 3 виточками на торцях;
- = 3 різними розточками тощо.

До ОВ, що не мають вісі обертання, але мають одну, дві та три площини симетрії, відносять ОВ, які за основною формою зовнішньої поверхні не є тілами обертання, наприклад, корпуси механізмів, опори, важелі, плити, балки тощо.

Класифікаційними ознаками фасети  $\Phi_{\phi}$  „Форма” є складність форми ОВ, що впливає на вибір технології автоматичного орієнтування. Множина ОВ може вписуватись у форму циліндра або призми. Крім того, окремим випадком циліндричної форми є конус, а призматичної форми – піраміда.

В зв'язку з цим виділено чотири типові форми ОВ (табл. 7.1.2).

Таблиця 7.1.2

### Класифікаційні ознаки фасети $\Phi_{\phi}$ „Форма”

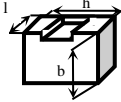

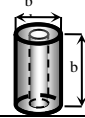





Форма ОВ	Графічне представлення типової форми	Приклад ОВ	Форма ОВ	Графічне представлення типової форми	Приклад ОВ
Циліндрична			Конусна		
Призматична			Пірамідальна		

Класифікаційні ознаки фасети  $\Phi_{ko}$  „Конструктивні особливості” несуть інформацію про габаритні розміри, форму та особливості конструктивних елементів ОВ (табл. 7.1.3). ОВ характеризуються певним набором габаритних розмірів – висотою  $b$ , шириною  $h$ , довжиною  $l$ .

Таблиця 7.1.3

### Класифікаційні ознаки фасети $\Phi_{ko}$ „Конструктивні особливості”

Конструктивні особливості ОВ	Приклад ОВ	Конструктивні особливості ОВ	Приклад ОВ
ОВ має три габаритні розміри, які суттєво відрізняються один від одного: $l > h > b$		ОВ із зовнішніми конструктивними елементами, наприклад, лисками, канавками	
ОВ має три габаритні розміри, два з яких майже однакові: $h \approx b$ , або $l \approx h$ , або $l \approx b$		ОВ з внутрішніми конструктивними елементами, наприклад, отворами на торцях	

ОВ має три габаритні розміри, які майже однакові: $l \approx h \approx b$		ОВ з асиметрією торців, тобто конструктивні елементи розташовані на одному з торців, наприклад, канавки, фаски	
ОВ має два габаритні розміри, які суттєво відрізняються один від одного: $b > d$		ОВ із симетрією торців, тобто конструктивні елементи розташовані на обох торцях	
ОВ має два габаритні розміри, які майже однакові: $b \approx d$		ОВ середнього розміру – найбільший габаритний розмір становить 100 – 250 мм	
Мініатюрні ОВ – найбільший габаритний розмір до 100 мм		ОВ великих розмірів – найбільший габаритний розмір більше 250 мм	

Комплекс орієнтуючих рухів ОВ при автоматичному орієнтуванні формується ПО. На визначення функціонального взаємозв'язку ПО та ОВ впливають ознаки додаткової фасетної групи  $\Phi_{до}$  „Додаткові ознаки”. Такими ознаками є:

- фізико-механічні ознаки матеріалу ОВ;
- його:
  - = електродинамічні;
  - = пневмогідрравлічні;
  - = гідравлічні;
  - = пневматичні;
  - = відбиваючі ознаки.

З врахуванням вказаного класифікаційними ознаками фасети  $\Phi_{до}$  „Додаткові ознаки” виступають:

- різні конструктивні матеріали;
- феромагнітні властивості;
- відбиваючі ознаки;
- електродинамічні властивості.

Основою *конструктивних матеріалів*, що використовуються в машино – та приладобудуванні, є матеріали на основі заліза, міді, свинцю та олова. До таких матеріалів відносяться чавуни, сталі, бронзи, латуні. Крім того, можуть використовуватись інші конструкційні матеріали: алюмінієві, магнієві, нікелеві, кобальтові, титанові сплави, сплави на основі міді, цинку, молібдену, цирконію, хрому, берилію. Серед неметалевих конструкційних матеріалів в машино – та приладобудуванні отримали розповсюдження пластики, термопластичні полімерні матеріали, кераміка, деревина, скло та резина.

Деякі конструкційні матеріали, що отримали широке розповсюдження у машино – та приладобудуванні, приведені в табл. 7.1.4.

Класифікаційні ознаки фасети *Фдо* „Додаткові ознаки”

Назва ознаки	Можливі значення ознаки	Стан ознаки
Матеріал	Сталь	Феромагнетик, провідник
	Алюміній	Парамагнетик, провідник
	Чавун	Феромагнетик, провідник
	Бронза	Діамагнетик, провідник
	Латунь	Діамагнетик, провідник
	Деревина	Діамагнетик, діелектрик
	Пластмаса	Діамагнетик, діелектрик
	Скло	Діамагнетик, діелектрик
Феромагнітні властивості	Титан	Діамагнетик, напівпровідник
	Феромагнетик	Пермалой, смугове залізо, чавунне лиття, нікель, тверда сталь
	Діамагнетик	Мідь, скло, вісмут
Електродинамічні властивості	Парамагнетик	Платина, алюміній, ебоніт, повітря
	Провідник	Мідь, алюміній, цинк, олово, магній, свинець, залізо, чавун, сталь, вугіль
	Напівпровідник	Кремній, германій, арсенід галію, титан
Відбиваючі властивості	Діелектрик	Скло, фарфор, деревина, смола
	Звуку	
	Ультрафіолетових променів	
Пневматичні	Променів інфрачервоного випромінювання	
	Виражені	
Гідравлічні	Не виражені	
	Виражені	
Пневмогідравлічні	Не виражені	
	Виражені	

Вказані конструкційні матеріали характеризуються наявністю феромагнітних, електродинамічних та відбиваючих ознак. Ці ознаки проявляються при взаємодії магнітостатичного, електростатичного та змінного магнітного полів на ОВ, виготовлених з феромагнітних струмопровідних, надпровідних, немагнітних струмопровідних та діелектричних матеріалів. Відбиваючі ознаки проявляються при опроміненні або освітленні ОВ. З використанням таких ознак працюють фотоелектричні, акустичні, інфрачервоні, голографічні та інші так звані екстремальні ПО. Проява цих ознак викликається фізико-механічними властивостями матеріалу та конфігурацією ОВ.

Наявними можуть бути *пневматичні, гідравлічні та пневмогідравлічні* ознаки, які проявляються при взаємодії ОВ з повітряним, рідинним та комбінованим середовищем відповідно. Вказані ознаки доцільно



використовувати для вибору ПО з метою автоматичного орієнтування мініатюрних ОВ та ОВ середнього розміру (див. табл. 7.1.4).

Класифікація ОВ за основними та додатковими класифікаційними ознаками наведена на рис. 7.1.3.

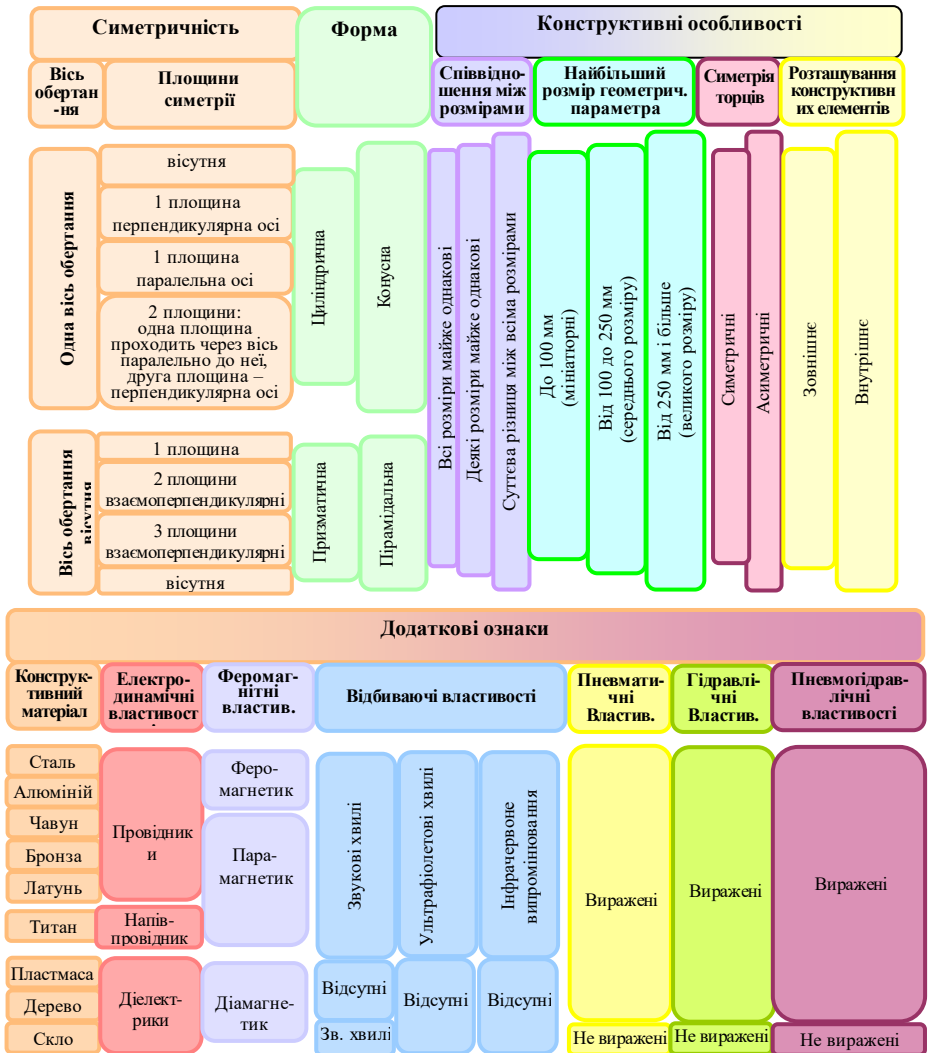


Рис. 7.1.3. Класифікація ОВ щодо автоматичного орієнтування

### 7.1.4. Формалізований опис конструктивних особливостей та фізико-механічних властивостей об'єктів виробництва

З метою переведення описової інформації про ОВ у форму, зручну для її подальшої автоматизованої обробки, наприклад, за допомогою штучних нейронних мереж (ШНМ), необхідним є створення формалізованого опису конструктивних особливостей та фізико-механічних властивостей ОВ.

Класифікаційними ознаками фасети  $\Phi_C$  „Симетричність” виступають ознаки наявності, кількості та взаємного розташування осей обертання та площин симетрії ОВ.

Відповідно з цим в основу формалізованого опису фасети пропонується покласти такі характеристики ОВ, як:

- наявність у нього (ОВ):
  - = тільки однієї осі обертання  $o$  (рис. 7.1.4, а);
  - = однієї площини симетрії  $p_1$  та осі обертання  $o$  (рис. 7.1.4, б);
  - = двох площин симетрії  $p_1, p_2$  та осі обертання  $o$  (рис. 7.1.4, в);
  - = трьох площин симетрії  $p_1, p_2, p_3$  (рис. 7.1.4, г).

Причому, взаємне розташування осі обертання і площин симетрії може бути взаємно паралельним та / або перпендикулярним.

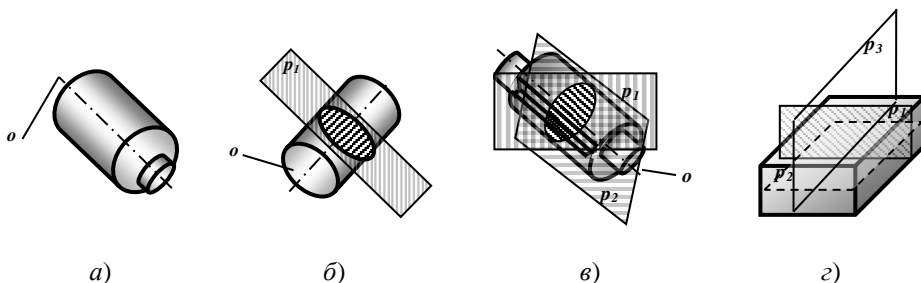


Рис. 7.1.4. Приклади ОВ з різними варіантами взаємного розташування осей обертання та площин симетрії

Таким чином, формалізований опис класифікаційної ознаки симетричності  $\Phi_C$  певного ОВ можна представити у вигляді:

$$\Phi_C = o, p_i, \tau, \quad (7.1.1)$$

де  $o$  – наявність у ОВ осі обертання;

$p_i$  – наявність у ОВ площин симетрії,  $p_i \in (p_1, p_2, p_3)$ , де  $p_1, p_2, p_3$  – площина симетрії, що відповідно перпендикулярна до осі обертання, паралельна осі обертання, тобто проходить через неї, та перпендикулярна іншій площині при відсутності у ОВ осі обертання;

$\tau$  – вид взаємного розташування осей, площин симетрії: паралельно та/або перпендикулярно,  $\tau \in \{\parallel, \perp\}$ .

Віссю обертання ОВ можуть бути вісь  $x$  та  $y$ , а площинами, що аналізуються щодо їх взаємного розташування із віссю –  $XOY, XOZ, YOZ$  (табл. 7.1.5).

Таблиця 7.1.5

Можливі значення координатних осей та площин, утворених ними, та їх взаємне розташування для ОВ типу тіл обертання

Вісь обертання	Площини симетрії	
	$p_1$	$p_2$
$o$		
$x$	$zoy$	$xoy$ або $zox$
$y$	$xoz$	$yoz$ або $xoy$

Відповідно з цим в загальному випадку формалізований опис фасети  $\Phi_C$  „Симетричність” може бути представлений упорядкованою множиною послідовно з’єднаних логічною функцією виключної диз’юнкції  $\nabla$  формалізованих описів всіх класифікаційних ознак цієї фасети:

$$\Phi_C \rightarrow \{o \nabla p \nabla (p_1 \perp o) \nabla (p_1 \perp o \parallel p_2) \nabla (o \parallel p_2) \nabla (p_1 \perp p_2) \nabla (p_1 \perp p_2 \perp p_3)\}. \quad (7.1.2)$$

Алфавіт формалізованого опису класифікаційних ознак фасети  $\Phi_C$  „Симетричність” та приклади формалізованих описів відповідних ознак наведені в табл. 7.1.6.

Таблиця 7.1.6

Алфавіт та приклади формалізованих описів класифікаційних ознак фасети  $\Phi_C$  „Симетричність”

Наявність класифікаційних ознак ОВ та варіанти їх взаємного розташування	Значення відповідних складових формалізованого опису					Формалізований опис
	$o$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$\tau$	
ОВ має тільки вісь обертання	✓					$\Phi_C \rightarrow \{o\}$
	$x$					$\Phi_C \rightarrow \{o = x\}$
	$y$					$\Phi_C \rightarrow \{o = y\}$
ОВ має вісь обертання та площину симетрії, що перпендикулярна до осі	✓	✓			$\perp$	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 \perp o\}$
	$x$	$zoy$			$\perp$	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = zoy \perp o = x\}$
	$y$	$xoz$			$\perp$	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = xoz \perp o = y\}$
ОВ має вісь обертання та одну площину симетрії, що паралельна осі	✓		✓		$\parallel$	$\Phi_C \rightarrow \{o \parallel p_2\}$
	$x$		$xoy$		$\parallel$	$\Phi_C \rightarrow \{o = x \parallel p_2 = xoy\}$
			$xoz$		$\parallel$	$\Phi_C \rightarrow \{o = x \parallel p_2 = xoz\}$
	$y$		$yoz$		$\parallel$	$\Phi_C \rightarrow \{o = y \parallel p_2 = yoz\}$
			$xoy$		$\parallel$	$\Phi_C \rightarrow \{o = y \parallel p_2 = xoy\}$

ОВ має вісь обертання та дві площини симетрії, одна з них проходить через вісь паралельно до неї, друга – перпендикулярна	✓	✓	✓	⊥ та	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 \perp o \parallel p_2\}$
	x	zoy	xoy	⊥ та	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = zoy \perp o = x \parallel p_2 = xoy\}$
			xoz	⊥ та	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = zoy \perp o = x \parallel p_2 = xoz\}$
	y	xoz	yoz	⊥ та	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = xoz \perp o = y \parallel p_2 = yoz\}$
			xoy	⊥ та	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = xoz \perp o = y \parallel p_2 = xoy\}$
ОВ має тільки одну площину симетрії	✓				$\Phi_C \rightarrow \{p\}$
		xoy			$\Phi_C \rightarrow \{p = xoy\}$
		yoz			$\Phi_C \rightarrow \{p = yoz\}$
		xoz			$\Phi_C \rightarrow \{p = xoz\}$
ОВ має дві взаємно перпендикулярні площини	✓	✓		⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 \perp p_2\}$
	xoy	yoz		⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = xoy \perp p_2 = yoz\}$
		xoz		⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = xoy \perp p_2 = xoz\}$
	xoz	yoz		⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = xoz \perp p_2 = yoz\}$
		xoy		⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = xoz \perp p_2 = xoy\}$
	yoz	xoy		⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = yoz \perp p_2 = xoy\}$
		xoz		⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 = yoz \perp p_2 = xoz\}$
ОВ має три взаємно перпендикулярні площини	✓	✓	✓	⊥	$\Phi_C \rightarrow \{p_1 \perp p_2 \perp p_3\}$
		xoy	yoz	xoz	⊥

Примітка: ✓ – наявність класифікаційної ознаки;  
 пусті клітинки – відсутність класифікаційної ознаки

Класифікаційними ознаками фасети  $\Phi_\phi$  „Форма” є типи форми ОВ, що можуть бути описані набором певних геометричних параметрів, які використовуються як основа формалізованого опису фасети. Такими параметрами можуть бути, наприклад, висота  $b$ , ширина  $h$ , довжина  $l$ , кут при основі  $\alpha$ , який може бути визначений нахилом твірних ОВ, а також найбільший  $d_{max}$  та найменший  $d_{min}$  діаметри (рис. 7.1.5) тощо.

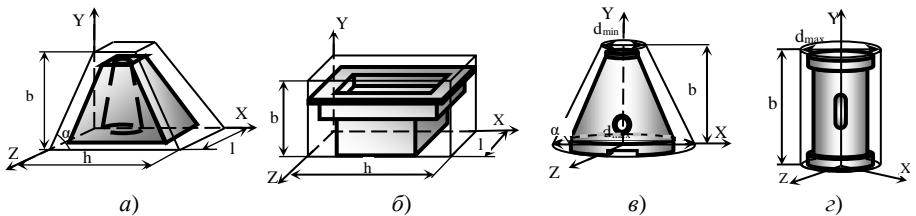


Рис. 7.1.5. Приклади типових форм ОВ, що можуть бути описані набором геометричних параметрів

Формалізовані описи класифікаційних ознак фасети  $\Phi_\phi$  „Форма” подається набором вказаних геометричних параметрів наступним чином:

$$\Phi_\phi = \{b, h, l, \alpha, d_{\min}, d_{\max}\}. \quad (7.1.3)$$

Очевидно, що при рівності нулю деяких параметрів можуть бути отримані формалізовані описи ОБ різних форм. Причому, при описанні ОБ типу циліндр очевидним є рівність максимального та мінімального діаметрів цього ОБ. В зв'язку з цим приймається  $d_{\min} = d_{\max}$  і у формалізованому описі ОБ циліндричної форми використовується одне значення  $d_{\max}$ .

В загальному випадку формалізований опис фасети „Форма” може бути представлений упорядкованою множиною послідовно з'єднаних логічною функцією виключної диз'юнкції  $\nabla$  формалізованих описів всіх можливих класифікаційних ознак фасети:

$$\Phi_\phi \rightarrow \{(b; \alpha; d_{\min}; d_{\max}) \nabla (b; h; l) \nabla (b; d_{\max}) \nabla (b; h; l; \alpha)\}. \quad (7.1.4)$$

Приклади формалізованих описів класифікаційних ознак фасети  $\Phi_\phi$  „Форма” для різних типових форм ОБ наведені в табл. 7.1.7.

Таблиця 7.1.7

### Приклади формалізованих описів класифікаційних ознак фасети $\Phi_\phi$ „Форма”

Класифікаційна ознака – типова форма ОБ	Наявність відповідних складових формалізованого опису						Формалізований опис
	$b$	$h$	$l$	$\alpha$	$d_{\min}$	$d_{\max}$	
Циліндрична	✓					✓	$\Phi_\phi \rightarrow \{b; d_{\max}\}$
Конусна	✓			✓	✓	✓	$\Phi_\phi \rightarrow \{b; \alpha; d_{\min}; d_{\max}\}$
Призматична	✓	✓	✓				$\Phi_\phi \rightarrow \{b; h; l\}$
Пірамідальна	✓	✓	✓	✓			$\Phi_\phi \rightarrow \{b; h; l; \alpha\}$

Класифікаційними ознаками фасети  $\Phi_{KO}$  „Конструктивні особливості” є співвідношення габаритних розмірів ОБ та особливості їх конструктивних елементів. При цьому, визначення співвідношень між геометричними параметрами, наприклад, висотою  $b$ , шириною  $h$ , довжиною  $l$ , що характеризують ОБ, дає можливість формування формалізованого опису класифікаційних ознак цієї фасети. Так, формалізований опис класифікаційних ознак можна представляти набором певних параметрів, що відображають співвідношення між розмірами геометричних параметрів, характеризують величину найбільшого за розміром геометричного параметру та симетрію торців ОБ:

$$\Phi_{KO} = \{r_i | i = \overline{1, 3}; m_j | j = \overline{1, 3}; \xi \in (\xi, \bar{\xi}); z | z \in (z_s, z_e)\}, \quad (7.1.5)$$

де  $r$  – параметр, що характеризує співвідношення між розмірами геометричних параметрів ОВ, наприклад, висотою  $b$ , шириною  $h$ , довжиною  $l$ ;  $r \in (r_1, r_2, r_3)$ , де  $r_1, r_2, r_3$  – при суттєвій різниці розмірів, майже однакових деяких розмірів та майже однакових всіх розмірів геометричних параметрів ОВ відповідно;

$m$  – параметр, що характеризує величину найбільшого розміру геометричного параметра ОВ;  $m \in (m_1, m_2, m_3)$ , де  $m_1, m_2, m_3$  – для випадків найбільшого розміру геометричного параметру ОВ до 100 мм (ОВ вважають мініатюрним); від 100 до 250 мм (ОВ вважають середнього розміру); від 250 мм і більше (ОВ вважають великим) відповідно;

$\xi$  – параметр, що характеризує симетрію торців ОВ, тобто наявність або відсутність конструктивних елементів на обох або одному торці ОВ;  $\xi \in (\xi, \bar{\xi})$ , де  $\xi, \bar{\xi}$  – для випадків симетричних торців, тобто розташуванні однакових конструктивних елементів на обох торцях; асиметричних торців, тобто розташуванні різних конструктивних елементів на обох торцях або на одному торці відповідно;

$z$  – параметр, що характеризує наявність зовнішніх та внутрішніх конструктивних елементів ОВ;  $z \in (z_3, z_6)$ , де  $z_3, z_6$  – наявність зовнішніх, внутрішніх конструктивних елементів відповідно.

В загальному випадку формалізований опис фасети  $\Phi_{КО}$  „Конструктивні особливості” може бути представлений упорядкованою множиною послідовно з’єднаних операторами зв’язку формалізованих описів класифікаційних ознак фасети  $\Phi_{КО}$ :

$$\Phi_{КО} \rightarrow \{r, m, \xi, z; r \in \{r_1, r_2, r_3\}; m \in \{m_1, m_2, m_3\}; \xi \in \{\xi, \bar{\xi}\}; z \in \{z_3, z_6\}\},$$

$$r \rightarrow \{r_1 \nabla r_2 \nabla r_3\}; m \rightarrow \{m_1 \nabla m_2 \nabla m_3\}; \xi \rightarrow \{\xi \bar{\nabla} \bar{\xi}\}, \quad (7.1.6)$$

$$z \rightarrow \{z_6 \nabla z_3 \nabla (z_6 \wedge z_3)\},$$

де  $\wedge, \nabla$  – позначення логічних функцій кон’юнкції та виключної диз’юнкції відповідно.




З виразу (7.1.6) маємо:

$$\Phi_{КО} \rightarrow \{(r_1, m_1, \xi, z_3) \nabla (r_1, m_2, \bar{\xi}, z_6) \nabla \dots \nabla (r_3, m_3, \xi, z_3, z_6)\}. \quad (7.1.7)$$

Таким чином, вирази (7.1.6) та (7.1.7) фактично є формалізованим описом фасети  $\Phi_{КО}$  „Конструктивні особливості”.

Приклади формалізованих описів класифікаційних ознак фасети  $\Phi_{КО}$  „Конструктивні особливості” наведені в табл. 7.1.8.

**Приклади формалізованих описів класифікаційних ознак фасети  $\Phi_{KO}$   
„Конструктивні особливості”**

Опис ОВ	Наявність відповідних складових формалізованого опису											Формалізований опис
	r			m			$\xi$		z			
	r1	r2	r3	m1	m2	m3	$\xi$	$\bar{\xi}$	z3	z6	z3, z6	
 <p>ОВ з симетричними торцями, зовнішніми конструктивними елементами на твірній, суттєвою різницею розмірів, найбільший геометричний розмір 200 мм</p>	✓				✓		✓					$\Phi_{KO} \rightarrow \{r_1, m_2, \xi, z_3\}$
 <p>ОВ з асиметричними торцями, внутрішніми та зовнішніми конструктивними елементами, суттєвою різницею розмірів, найбільший розмір 240 мм</p>	✓				✓		✓				✓	$\Phi_{KO} \rightarrow \{r_1, m_2, \bar{\xi}, z_3, z_6\}$
 <p>ОВ з асиметричними торцями, внутрішніми та зовнішніми конструктивними елементами, майже однаковою величиною двох розмірів, найбільший розмір 120 мм</p>		✓			✓		✓				✓	$\Phi_{KO} \rightarrow \{r_2, m_2, \bar{\xi}, z_3, z_6\}$

Класифікаційними ознаками фасети  $\Phi_{до}$  „Додаткові ознаки” є:

- конструкційні матеріали, що можуть бути використані для виготовлення ОБ;

- їх відбиваючі, пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні ознаки, феромагнітні та електродинамічні властивості.

Так, *формалізований опис класифікаційних ознак* можна представляти набором певних параметрів, що відображають фізико-механічні властивості матеріалу та його назву.

Наприклад, параметр, що вказує назву конструктивного матеріалу, можна описати наступним чином:

$$M_t \rightarrow \{M_{Cm} \nabla M_A \nabla M_{\mathcal{C}} \nabla M_B \nabla M_L \nabla M_D \nabla M_{\Pi} \nabla M_{Ck}\}, \quad (7.1.8)$$

де  $M_t$  – параметр, що вказує на конструктивний матеріал ОБ;  $t \in \{Cm, A, \mathcal{C}, B, L, D, \Pi, Ck\}$ , де  $Cm, A, \mathcal{C}, B, L, D, \Pi, Ck$  – скорочене умовне позначення конструктивних матеріалів: сталь, алюміній, чавун, бронза, латунь, дерево, пластмаса, скло відповідно;

$\nabla$  – тут і далі математичне позначення логічної функції виключної диз’юнкції (виключне АБО).

Параметр, що характеризує феромагнітні властивості матеріалів, пропонується описувати за допомогою виразу:

$$F_e \rightarrow \{F_f \nabla F_p \nabla F_d\}, \quad (7.1.9)$$

де  $F_e$  – параметр, що характеризує феромагнітні властивості матеріалів;  $e \in \{f, p, d\}$ , де  $f, p, d$  – скорочене умовне позначення матеріалу феромагнетика, парамагнетика і діамагнетика відповідно.

Параметр, що характеризує електродинамічні властивості матеріалу:

$$E_l \rightarrow \{E_p \nabla E_{\bar{p}} \nabla E_{\overline{p}}\}, \quad (7.1.10)$$

де  $E_l$  – параметр, що характеризує електродинамічні властивості матеріалу;  $l \in \{p, \bar{p}, \overline{p}\}$ , де  $p, \bar{p}, \overline{p}$  – умовне позначення провідникових, діелектричних та напівпровідникових властивостей матеріалу відповідно.

Параметр, що характеризує відбиваючі властивості матеріалу:

$$W_s \rightarrow \{W_z \nabla W_u \nabla W_i \nabla (W_z \wedge W_u) \nabla (W_u \wedge W_i) \nabla (W_z \wedge W_i) \nabla (W_z \wedge W_u \wedge W_i)\}, \quad (7.1.11)$$

де  $W_s$  – параметр, що характеризує відбиваючі властивості матеріалу;  $s \in \{z, u, i\}$ , де  $z, u, i$  – умовне позначення властивостей матеріалу відбивати звукові та ультрафіолетові хвилі, інфрачервоне випромінювання



відповідно;

$\wedge$ ,  $\nabla$  – математичне позначення логічних функцій кон'юнкції та виключної диз'юнкції відповідно.

Параметр, що характеризує пневматичні властивості матеріалу:

$$P_{\Pi} \rightarrow \{P_{\Pi} \nabla \bar{P}_{\Pi}\}, \quad (7.1.12)$$

де  $P_{\Pi}$  – параметр, що характеризує пневматичні властивості матеріалу;  
 $\Pi \in \{\Pi, \bar{\Pi}\}$ , де  $\Pi, \bar{\Pi}$  – умовне позначення виражених та невиражених пневматичних властивостей матеріалу відповідно.

Параметр, що характеризує гідравлічні властивості матеріалу:

$$G_g \rightarrow \{G_g \nabla \bar{G}_g\}, \quad (7.1.13)$$

де  $G_g$  – параметр, що характеризує гідравлічні властивості матеріалу;  
 $g \in \{g, \bar{g}\}$ , де  $g, \bar{g}$  – умовне позначення виражених та невиражених гідравлічних властивостей матеріалу відповідно.

Параметр, що характеризує пневмогідравлічні властивості матеріалу:

$$P_g \rightarrow \{P_g \nabla \bar{P}_g\}, \quad (7.1.14)$$

де  $P_g$  – параметр, що характеризує пневмогідравлічні властивості матеріалу;  
 $g \in \{g, \bar{g}\}$ , де  $g, \bar{g}$  – умовне позначення виражених та невиражених пневмогідравлічних властивостей матеріалу відповідно.

Відповідно формалізований опис фасети  $\Phi_{до}$  „Додаткові ознаки” представляється упорядкованою множиною послідовно з'єднаних операторами зв'язку вище описаних параметрів:

$$\Phi_{до} \rightarrow \langle M_l, F_c, E_l, W_s, P_{\Pi}, G_g, P_g \rangle. \quad (7.1.15)$$

Таким чином, можемо отримати формалізований опис різних конструктивних матеріалів, наприклад, для ОБ, що виготовлений із сталі, рівняння (7.1.15) матиме вид:

$$\Phi_{до} \rightarrow \{M_{Cm}, F_f, E_p, (W_z \wedge W_u \wedge W_i), P_{\Pi}, G_g, P_g\}. \quad (7.1.16)$$

Як видно із виразу (7.1.16), ОБ, що виготовлений із сталі, є феромагнетиком, провідником, володіє властивостями відбивати звукові, ультрафіолетові та інфрачервоні випромінювання. При взаємодії ОБ з повітряним, рідинним та комбінованим середовищем проявляються пневматичні, гідравлічні та пневмогідравлічні ознаки.

Формалізовані описи кожної фасети дозволяють синтезувати загальний формалізований опис ОБ згідно виразів (7.1.8) – (7.1.16) як набір послідовно розташованих певних параметрів кожної фасети, що з'єднуються за допомогою відповідних логічних функцій кон'юнкції ( $\wedge$ ), виключної диз'юнкції ( $\nabla$ ) та

структурно розділених квадратними дужками [ ] наступним чином:

$$OV \rightarrow \{[\Phi_C(o, p_i, \tau)]; [\Phi_\phi(b, h, l, \alpha, d_{\max}, d_{\min})]; [\Phi_{KO}(r, m, \xi, z)]; [\Phi_{DO}(M_i(M_{Cm}, M_A, M_\mu, M_B, M_D, M_\Delta, M_\Pi, M_{Ck}), F_e(F_f, F_p, F_d), E_l(E_p, E_p^-, E_p^+), W_s(W_z, W_u, W_i), P_\Pi(P_\Pi, P_\Pi^-), G_g(G_g, G_g^-), P_g(P_g, P_g^-))]\}. \quad (7.3.17)$$

### 7.1.5. Приклад формалізованого опису об'єкту виробництва

Приклад формалізованого опису реального ОБ за рис. 7.1.6, а наступний:

$$OV \rightarrow \{[p_1 = xoz \perp o = y \parallel p_2 = yoz]; [b; d_{\max}]; [r_1; m_2; \xi; z_e]; [M_{Cm}; F_f; E_p; W_z \wedge W_u \wedge W_i; P_\Pi; G_g; P_g]\}. \quad (7.1.18)$$

З виразу (7.1.18) випливає, що ОБ (рис. 7.1.6, а):

- виготовлений із сталі;
- має вісь обертання;
- та дві площини симетрії, одна з яких паралельна, а друга перпендикулярна осі (рис. 7.1.6, б);
- циліндричної форми, тобто може бути вписаний у циліндр (рис. 7.1.6, в);
- має суттєву різницю розмірів, найбільший розмір (висота) складає 150 мм;
- симетричні торці;
- внутрішній конструктивний елемент у вигляді наскрізного отвору на твірній;
- конструктивний матеріал ОБ – сталь – є провідником, феромагнетиком, здатен відбивати звукові, ультрафіолетові хвилі та інфрачервоне випромінювання. При взаємодії із повітряним та рідинними середовищами проявляються гідравлічні та пневматичні властивості.

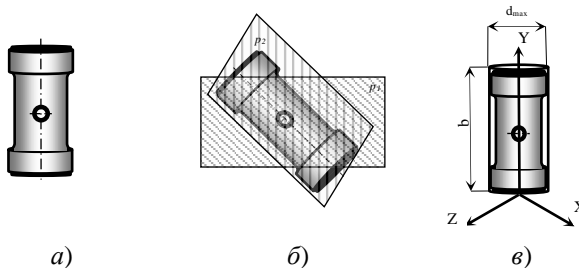


Рис. 7.1.6. Приклад ОБ, формалізовано описаного виразом (7.3.18)

### 7.1.6. Визначення складу орієнтуючих рухів та типів силового впливу на об'єкти виробництва при автоматичному орієнтуванні

Як відомо, в залежності від наявних у ОБ площин симетрії та осей обертання виділяють п'ять груп ОБ з різною кількістю стійких відмітних

положень (КСВП):

- I група: КСВП=24;
- II група: КСВП=12;
- III група: КСВП=6;
- IV група: КСВП=3;
- V група: КСВП=1.

КСВП ОВ однозначно визначають та впливають на технологію автоматичного орієнтування. Але, враховуючи той факт, що ОВ прагне зайняти на орієнтуємих поверхнях завжди найбільш стійке положення, вважають, що ймовірність появи цього положення найбільша. Найчастіше переважним є положення при базуванні ОВ на поверхню найбільшої довжини - наприклад, для гладкого валу це твірна, для шайби - діаметр.

В загальному випадку при переведенні ОВ із ПНП у ПОП та КОП розрізняють дві фази. В *першій фазі* ОВ втрачає перші три степені вільності, наприклад, при падінні (при падінні циліндричної поверхні – перші дві степені вільності). В *другій фазі* ОВ, обертаючись навколо осі, що перпендикулярно розташована до так званої базової площини, втрачає дві інші степені вільності.

При цьому визначено, що які б не були ПОП та КОП ОВ, оптимальним є шлях орієнтування, який складається з переміщення відносно не більше, ніж двох осей, та не більше, ніж із трьох кроків, або так званих ступенів орієнтування – один ступінь первинного орієнтування та два ступені вторинного орієнтування.

Відомо, що автоматичне орієнтування призматичних ОВ та ОВ типу тіл обертання вимагає не більше трьох ступенів орієнтування:

- первинного орієнтування;
- вторинного першого ступеня, яке досягається поворотом ОВ в горизонтальній площині;
- вторинного другого ступеня, яке досягається поворотом в одній з вертикальних площин.

Аналіз зазначеного, а також попередніх розробок дає можливість визначення СОР для різних ОВ. Цей процес може складатись з трьох етапів.

На **I етапі „Аналіз ОВ”** передбачається формалізований опис ОВ за класифікаційними ознаками основної фасетної групи.

На **II етапі „Визначення орієнтованих положень”** здійснюється формалізований опис положень ОВ при автоматичному орієнтуванні, тобто ПНП, ПОП та КОП. **I**

**II етап „Визначення СОР”** передбачає визначення та формалізований опис орієнтуємих рухів ОВ при автоматичному орієнтуванні.

В зв'язку з цим множину ЛОР, необхідних для переведення системи координат  $x, y, z$ , зв'язаної з ОВ, із початкового неорієнтованого положення (ПНП) у початкове орієнтоване положення (ПОП) при первинному орієнтуванні, або із ПОП у кінцеве орієнтоване положення (КОП) при вторинному орієнтуванні відносно абсолютної системи координат  $X, Y, Z$  з базисом  $i, j, k$ , доцільно розглядати як окрему загальну функцію лінійних орієнтуємих рухів (ЛОР), яка представляється як перетворення  $\Psi(l;n):C \rightarrow (l;n)$  кінцевої множини лінійних переміщень ОВ при орієнтуванні у тривимірному просторі  $C$  в кінцеве наперед задане положення  $(l;n)$ , де  $l$  – величина лінійних переміщень,  $n$  – лінійні координати, що задають напрямки переміщень та визначають положення ОВ відносно абсолютної системи координат,  $n \in (a, b, c)$ .

При цьому функція ЛОР  $\Psi(l;n)$  описується сукупністю параметрів, що визначають положення ОВ відносно абсолютної системи координат

$\Psi(l;n) \rightarrow [\Psi_1(l_1;a); \Psi_2(l_2;b); \Psi_3(l_3;c)]$ , де  $\Psi_1(l_1;a); \Psi_2(l_2;b); \Psi_3(l_3;c)$  – параметри, що описують лінійні переміщення ОВ на величини  $l_1, l_2, l_3$  відносно осей  $X, Y, Z$  відповідно абсолютної системи координат;  $a, b, c$  – координати відповідних лінійних переміщень.

Параметри, що формують функцію ЛОР  $\Psi(l;n)$  можна представляти відповідними кватерніонами:

$$\Psi_1(l_1;a) \rightarrow q_1(\text{vector}) = i \cdot a;$$

$$\Psi_2(l_2;b) \rightarrow q_2(\text{vector}) = j \cdot b;$$

$$\Psi_3(l_3;c) \rightarrow q_3(\text{vector}) = k \cdot c.$$

З врахуванням зазначеного результатом деякої послідовності лінійних переміщень ОВ в абсолютній системі координат  $X, Y, Z$  є вектор  $l$ , який виходить з початку координат  $0$  в точку  $N$  з координатами  $a, b, c$  (рис. 7.1.7). Причому довжина вектора  $l$  визначається складовими кватерніону  $q_1(\text{vector}) = i \cdot a + j \cdot b + k \cdot c$ , яким може бути представлена функція ЛОР  $\Psi(l;n)$ :  $|l| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ , а послідовність ЛОР, що описується відповідними параметрами лінійних переміщень, – сумою відповідних кватерніонів.

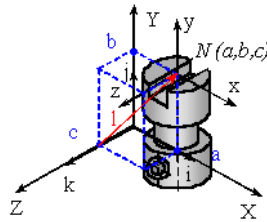


Рис. 7.1.7. Приклад розташування вектора  $l$  в тривимірному просторі

При вторинному орієнтуванні множина КОР, необхідних для переведення системи координат  $x, y, z$ , зв'язаної з ОВ, з ПОП у КОП відносно абсолютної системи координат  $X, Y, Z$  з базисом  $i, j, k$ , розглядається як окрема загальна функція КОР, яку можна представити як перетворення  $\Omega(v;\acute{\omega}): C \rightarrow (v;\acute{\omega})$  кінцевої множини переміщень ОВ, що упорядковуються у просторі  $C$ , в кінцеве наперед задане положення  $(v;\acute{\omega})$ , де  $v, \acute{\omega}$  – відповідно вектор відносних поворотів та кутові координати ОВ, що орієнтуються.

Ця загальна функція КОР  $\Omega(v;\acute{\omega})$  представляється сукупністю параметрів, що визначають положення ОВ відносно абсолютної системи координат

$$\Omega(v;\acute{\omega}) \rightarrow [\Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)],$$

де  $\Omega_1(\varphi), \Omega_2(\theta), \Omega_3(\psi)$  – параметри, що описують поворот ОВ відносно осей  $X, Y, Z$  абсолютної системи координат на кути  $\varphi, \theta, \psi$  відповідно.

Параметри, що формують загальну функцію КОР  $\Omega(v;\acute{\omega})$ , можна представити відповідними кватерніонами:

$$\Omega_1(\varphi) \rightarrow q_1(v, \varphi) = \cos \frac{\varphi}{2} + i \cdot \sin \frac{\varphi}{2};$$

$$\Omega_2(\theta) \rightarrow q_2(v, \theta) = \cos \frac{\theta}{2} + j \cdot \sin \frac{\theta}{2};$$

$$\Omega_3(\psi) \rightarrow q_3(v, \psi) = \cos \frac{\psi}{2} + k \cdot \sin \frac{\psi}{2}.$$

З врахуванням вище зазначеного результатом деякої послідовності кутових перемішень ОБ в абсолютній системі координат  $X, Y, Z$  є поворот ОБ на деякий кут  $\hat{\omega} \in (\varphi, \theta, \psi)$  відносно осі, що колінеарна одиничному вектору  $v$ . Причому загальна функція КОР  $\Omega(v; \hat{\omega})$  може бути представлена кватерніоном  $q(v, \hat{\omega}) = \cos \frac{\omega}{2} + v \cdot \sin \frac{\omega}{2}$ , а послідовність кутових орієнтуючих рухів, що описуються відповідними параметрами повороту, – добутком відповідних кватерніонів.

З врахуванням того, що при автоматичному орієнтуванні ОБ здійснюються два типи орієнтуючих рухів – лінійні та кутові, їх формалізовані описи дозволяють синтезувати та формалізовано описати процес переміщення (рухи) ОБ при автоматичному орієнтуванні.

Очевидно, що між орієнтуючими рухами існує відповідність  $E_i : D_{\Omega\Psi} \rightarrow [\Omega(v; \omega); \Psi(l; n)]$ .

Таким чином, формалізований опис орієнтуючих рухів ОБ має вид:

$$D_{\Omega\Psi} \rightarrow \left[ \sum_{i=1}^m \Omega(v; \omega) \wedge \sum_{j=1}^p \Psi(l; n) \right] \nabla \left[ \sum_{i=1}^m \Omega(v; \omega) \right] \nabla \left[ \sum_{j=1}^p \Psi(l; n) \right], \quad (7.1.19)$$

де  $D_{\Omega\Psi}$  – функція переміщення ОБ при автоматичному орієнтуванні;

$\Omega(v; \omega)$  – функція КОР ОБ;

$\Psi(l; n)$  – функція ЛОР ОБ;

$m, p$  – кількість необхідних КОР та ЛОР відповідно.

### 7.1.7. Приклад формалізованого опису перемішень об'єктів виробництва при автоматичному орієнтуванні

Приклад формалізованого опису перемішень ОБ при переведенні ОБ із ПНП у КОП за рис. 7.1.8 описується наступним виразом:

$$D_{\Omega\Psi} \rightarrow [1 \cdot \Psi(l; n) \wedge 1 \cdot \Omega(v; \omega)]. \quad (7.1.20)$$

$$\begin{array}{ccc} \text{ПНП} & \xrightarrow{\text{ЛОР}} & \text{КОП}_1 \equiv \text{ПОП}_1 \\ \Psi(l; n) \rightarrow [\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \wedge \Psi_z(l_z; z)] & & \xrightarrow{\text{КОР}} \text{КОП}_2 \\ & & \Omega(\omega; v) \rightarrow [\Omega_1(\varphi) \wedge \Omega_2(\theta) \wedge \Omega_3(\psi)] \end{array}$$

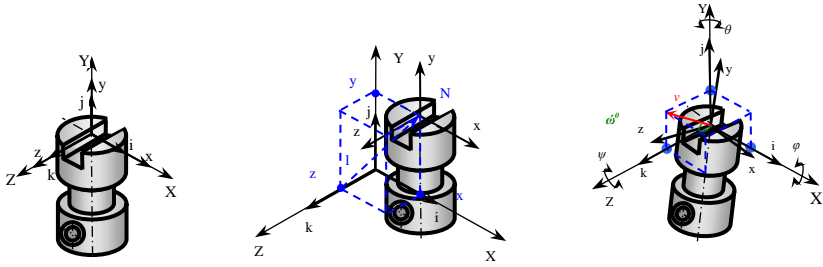


Рис. 7.1.8. Приклад формалізованого опису переміщень ОВ із ПНП (а) через  $КОП_1 \equiv ПОП_1$  (б) у  $КОП_2$  (в) за виразом (7.1.18)

Всі можливі варіанти СОР, що можуть бути виконані для основних ОВ з різними конструктивними особливостями, приведені в табл. 7.1.9.

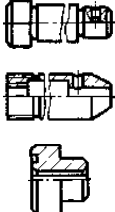
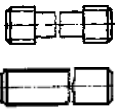
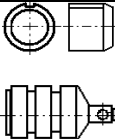
Вивести ОВ із певного стійкого положення можна шляхом автоматичного орієнтування, приклавши до нього додаткову активну силу або момент. Активними силами можуть бути:


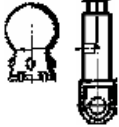

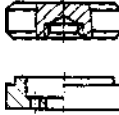
- сили тяжіння;
- сили взаємодії дотичних тіл;
- сили інерції;
- сили впливу орієнтуючих органів тощо.

Перехід із одного стійкого положення у друге відбувається шляхом зміни характеру діючих активних сил, що реалізується різними за конструкцією та фізичними основами функціонування ПО, тобто при орієнтуванні на ОВ діють різні ТСВ. ТСВ ПО на ОВ, які можуть виникати при автоматичному орієнтуванні, приведені в табл. 7.1.10.

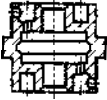
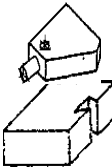
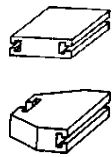
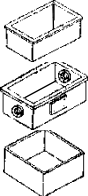
Таблиця 7.1.9

## Можливі СОР для ОП з різними конструктивними особливостями

Симетричність		Форма	Конструктивні особливості			СОР / Коментар	Групи ОБ відповідно до варіантів СОР	Приклади ОП		
Вісь обертання	Площини симетрії/ кількість площин / позначення площин		Співвідношення між габаритними розмірами параметрів	Симетрія торців	Розташування конструктивних особливостей			опис	конструкції	
X	0	Відсутня	Циліндрична кінцева	-	Відсутня	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{O\psi} \rightarrow \{\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \vee [\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_z(l_z; z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta)\}$ <p>Суміщення осі обертання з віссю X абсолютної системи координат. Поворот відносно двох осей X та Y або однієї з вказаних осей абсолютної системи координат</p>	1	Валики з різними торцями, з несиметричними виточками, диски з канавками на одному торці, з фасками, з голівками типу болтів, ОБ кінчної форми, високі та низькі ковпачки, з виточками на торцях, з різними розточками	
	1	Перпендикулярна площина yoz	Циліндрична	-	Наявна	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{O\psi} \rightarrow \{\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \vee [\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_z(l_z; z)]\}$ <p>Суміщення осі обертання з віссю X абсолютної системи координат</p>	2	Гладкі валики та втулки, ступінчасті валики з симетричними кінцями	
	1	Паралельна площина xoy, xoz	Циліндрична	-	Відсутня	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{O\psi} \rightarrow \{\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \vee [\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_z(l_z; z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)\}$ <p>Суміщення осі обертання з віссю X абсолютної системи координат. Поворот відносно двох осей X та Y, або однієї з вказаних осей абсолютної системи координат</p>	3	Несиметричні ступінчасті валики з розрізами по торцю, фланці з отворами, деталі ступінчастої форми з привареними вушками	

X	2	Перпендикулярна площа $xoz$	Циліндрична	-	Наявна	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \} \nabla [ \Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_z(l_z; z) ]; \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi) \}$	4	Симетричні валики з лисками та канавками, розрізані втулки, симетричні валики з отворами, що перетинаються з віссю, диски з отворами і шпонковими канавками	
		Паралельна площа $xoy; xoz$								
Y	0	Відсутня	Циліндрична, конічна	-	Відсутня	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \} \nabla [ \Psi_y(l_y; y) \wedge \Psi_z(l_z; z) ]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta) \}$	5	Валики з різними торцями, з несиметричними виточками, диски з канавками на одному торці, з фасками, з голівками типу болтів, деталі конічної форми, високі та низькі ковпачки, з виточками на торцях, з різними розточками	
							Перпендикулярна площа $xoz$			
	1	Паралельна площа $yoz; xoy$	Циліндрична	-	Наявна	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \} \nabla [ \Psi_y(l_y; y) \wedge \Psi_z(l_z; z) ] \}$	6	Гладкі валики та втулки, ступінчасті валики з симетричними кінцями	
1	Паралельна площа $yoz; xoy$	Циліндрична	-	Відсутня	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y) \} \nabla [ \Psi_y(l_y; y) \wedge \Psi_z(l_z; z) ]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta) \}$	7	Несиметричні ступінчасті валики з розрізами по торцю, фланці з отворами, деталі ступінчастої форми з привареними вушками		



Y	2	Перпендикулярна площина $xOz$	Паралельна площина $yoz$ ; $xoy$	Циліндрична	—	Наявна	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_x; x) \wedge \Psi_y(l_y; y)] \nabla [\Psi_y(l_y; y) \wedge \Psi_x(l_x; z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_3(\psi)\}$	8	Симетричні валики з лисками та канавками, розрізані втулки, симетричні валики з отворами, що перетинаються з віссю, диски з отворами і шпонковими канавками	
Відсутня	1	Площина $xoy$ ; $yoz$ ; $xOz$	Призматична, пірамідальна	Два розміри майже однакові; Суттєва різниця між всіма розмірами	Відсутня	Відсутня	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)\}$	9	Плити, прокладки з розрізами, вирізами та отворами на одній із сторін	
	2	Взаємоперпендикулярні площини $xOz$ і $xoy$ ; $xOz$ і $yoz$ ; $yoz$ і $xoy$ ; $yoz$ і $xOz$ ; $xoy$ і $xOz$ ; $xoy$ і $yoz$	Призматична, пірамідальна	Два розміри майже однакові	Наявна	Наявна	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Omega_1(\varphi); \Omega_3(\psi)\}$	10	Плити, прокладки з розрізами, вирізами та отворами з двох сторін, деталі з пазами, виступами	
	3	Взаємоперпендикулярні площини $xOz$ , $xoy$ та $yoz$	Призматична	Два розміри майже однакові; Суттєва різниця між всіма розмірами; Всі розміри майже однакові	Наявна	Наявна	Зовнішнє та внутрішнє	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Omega_1(\varphi); \Omega_3(\psi)] \nabla [\Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta)]\}$	11	Коробки, футляри, відкриті смонсті, корпуси	

## ТСВ на ОВ при автоматичному орієнтуванні

Тип системи орієнтування	Обмеження за фізико-механічними властивостями конструкційних матеріалів	ТСВ на ОВ		Групи ОВ за ТСВ
		сила, що діє на ОВ	сутність	
Параметричний	Крім крихких матеріалів	тяжіння	орієнтування ОВ здійснюється параметричним способом	1
		тертя		2
		інерції		3
Механічний	Крім крихких матеріалів	механічний вплив	контактне орієнтування	4
Магнітний	Переважно феромагнетики	магніто-статичне поле	безконтактне орієнтування ОВ шляхом дії постійного або змінного магнітного поля	5
	Переважно провідники, феромагнетики та парамагнетики	змінне магнітне поле		6
Електричний	Переважно феромагнетики	електростатичне поле	безконтактне орієнтування ОВ шляхом дії постійного або змінного електричного поля	7
	Переважно діамагнетики та парамагнетики	електродинамічне поле		8
Пневматичний	За фізико-механічними властивостями обмеження відсутні.	перепад тисків стисненого повітря	безконтактне орієнтування ОВ шляхом аеродинамічної дії стисненого повітря та перепаду тисків, що утворюються, або обертального потоку газів, або стисненого повітря, що діють на ОВ	9
	За конструктивними особливостями всі ОВ, крім великих розмірів	обертальний потік газів або стисненого повітря		10
Випромінюючий (фото-, тепло-, ультра-, інфрачервоний)	За фізико-механічними властивостями обмежень немає; за конструктивними особливостями всі ОВ крім великих розмірів	теплове випромінювання	орієнтування ОВ здійснюється шляхом сканування поверхні фотоелементами (системами ультразвукового випромінювання; системами інфрачервоного випромінювання та теплових датчиків) та формування сигналу екстремального значення при проходженні конструктивного елемента ОВ вздовж відповідних датчиків	11
		ультрафіолетове випромінювання		12
		інфрачервоне випромінювання		13
Гідравлічний		стиснена рідина	орієнтування ОВ з використанням енергії стисненої рідини, що діє на ОВ	14
Акустичний	За фізико-механічними властивостями обмежень немає.	ультразвук	визначення положення ОВ та їх орієнтація здійснюється з використанням акустичних систем та акустичних датчиків	15
Телевізійний	За конструктивними особливостями всі ОВ, крім великих розмірів	технічний зір	використовуються телевізійні камери, що працюють в двійковому коді, алгоритми програм розпізнавання складені за допомогою ЕОМ. Зображення профілю ОВ має вигляд багатокутника і визначається в залежності від складності за кількістю кутів, типів та їх розташування	16
Голографічний	конструктивними особливостями всі ОВ, крім великих розмірів	голограма	орієнтування ОВ шляхом співставлення голографічного зображення ОВ та інтерференційної голограми еталонного об'єкта. Голограми можуть бути отримані шляхом опромінення поверхонь об'єктів когерентним потоком світла лазера	17
Комбінований	Крім крихких матеріалів	комбінація механічного впливу та світлового випромінювання	спеціальні механізми для орієнтації ОВ шляхом одночасного впливу вібрацій та магнітного поля, вібрацій та електростатичного поля тощо	18
		одночасний вплив вібрації та магнітного поля		19
		одночасне використання енергії стисненого повітря та рідини		20

### **7.1.8. Функціональне узгодження пристроїв орієнтування з об'єктами виробництва за складом орієнтуючих рухів та типами силового впливу**

Практична реалізація необхідних за технологією вище описаних орієнтуючих рухів може бути забезпечена множиною відомих автоматичних ПО, які відрізняються великим різноманіттям конструкцій та функціональних можливостей.

Відповідно множина відомих ПО за СОП, що можуть бути реалізовані ними, розбивається на 28 груп (табл. 7.1.11).

За ТСВ, що виникають при взаємодії ПО та ОВ при автоматичному орієнтуванні останніх, множина ПО може бути розбита також на 28 груп (табл. 7.1.12).



Продовж. Табл. 7.1.11

Активні	Абсолютна система координат	Компланарність ординатних орт ОВ відповідним координатним орган захватного органу пристрою іншої ТО	Контур екстремалі $k_{ext}$ кут повороту $\omega$ ОВ відносно осей X, Y, Z абсолютної системи координат	КОР відносно осі X  КОР відносно осі Y  КОР відносно осі Z	Пристрої для визначення зайнятого положення	Безконтактні, комбіновані	Магніто-статичне поле; змінне магнітне поле; електростатичне поле; електродинамічне поле; перехід тиску стисненого повітря; обертальний потік газів або стисненого повітря; теплове; ультрафіолетове; інфрачервоне випромінювання; стиснена рідина; ультразвук; технічний зр; голограма; комбінація механічного впливу та світлового випромінювання; магнітне поле; енергія; стисненого повітря та рідини	Магнітні; електричні; пневматичні; випромінюючі; п'єзоелектричні; теплові; гравітаційні; акустичні; електричні; голюграфічні; комбіновані	Спеціальні, універсальні	Пошукні, партійні, поточні	Підфункція взаємного орієнтування	5
Активні	Система координат спряжуваного ОВ	Суміщення положення ОВ із спряжуваним ОВ	Кватерніони лінійних переміщень і поворотів $\# p, q, m$	ЛОР відносно осі X ЛОР відносно осі Y ЛОР відносно осі Z  ЛОР відносно осей X, Y ЛОР відносно осей Y, Z ЛОР відносно осей X, Z ЛОР відносно осей X, Y, Z КОР відносно осі X КОР відносно осі Y КОР відносно осі Z	Пристрої для взаємного орієнтування, самоорієнтування, схвату	Комбіновані, пальцеві, кляшкорові, безконтактні	Комбінація механічного впливу та світлового випромінювання; механічний вплив та магнітне поле; енергія стисненого повітря та рідини; механічний вплив; магніто-статичне поле; змінне магнітне поле; електростатичне поле; електродинамічне поле; перехід тиску стисненого повітря	Комбіновані; механічні; магнітні; електричні	Спеціальні, універсальні	Пошукні, партійні, поточні	Підфункція взаємного орієнтування	8 9 10 11 12 13 14 15 16 17



Таблиця 8.1.12

## Групи ПО за ТСВ

метод орієнтування		система координат відносно якої здійснюється орієнтування		ознака КОП орієнтування		параметри, що описують положення ОВ		Конструктивність		Конструктивна відмітність		Силовий вплив		Функціональна відмітність		Універсальність		Дискретність		Підфункція орієнтування		Група ПО			
Пасивний		Система координат ПО		Контла- рність корди- натних орт ОВ відпо-відним координат- ним ортам захваного органу пристрою іншої ТО		Ширина $x$ , висота $y$ , довжина $z$ , кутові координати ОВ $\emptyset$		БЗЦ, лотки, транспорти, системи з функціями орієнтування, пристрої для просторового орієнтування		Грубчасті Лоткові Фрикційні Вібраційні Вібролотки з фасонними виризами Гачкові Кишенькові Шпиркові Лопастні Пальцеві Секторні Ножові Дискові Шнекові Щілинні Барабанні Зіркові Прорізні		Тяжіння Тертя Інерції		Механічний вплив		Меха- нічний		Спеціальні, універсальні		Пошучні, партійні, поточні		Підфункція протестового орієнтування відносно конструктивних елементів ПО <sub>ор</sub>		1 2 3 4	
														ЛОР відносно осей X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z											

Продовж. табл. 8.1.12

Активні	Абсолютна система координат	Комплярність кординатних орт $OB$ відповідним координатним ортам захваного органу пристрою іншого $TO$	Контур екстремалі $k_{ext}$ , кут повороту $\omega$ $OB$ відносно осей $X, Y, Z$ абсолютної системи координат	Пристрої для визначення зайнятого положення	Безконтактні	Магнітостатичне поле				Магнітний	Спеціальні, універсальні	Популярні, партійні	Підфункція визначення зайнятого положення $f_{\text{за}}$	5
						Змінне магнітне поле	Електростатичне поле	Електродинамічне поле	Перегад тисків стисненого повітря					Обертальний потік газів або стисненого повітря
Активні	Абсолютна система координат	Комплярність кординатних орт $OB$ відповідним координатним ортам захваного органу пристрою іншого $TO$	Контур екстремалі $k_{ext}$ , кут повороту $\omega$ $OB$ відносно осей $X, Y, Z$ абсолютної системи координат	Пристрої для визначення зайнятого положення	Безконтактні	Магнітостатичне поле				Магнітний	Спеціальні, універсальні	Популярні, партійні	Підфункція визначення зайнятого положення $f_{\text{за}}$	15
						Змінне магнітне поле	Електростатичне поле	Електродинамічне поле	Перегад тисків стисненого повітря					Обертальний потік газів або стисненого повітря



Активність			Система координат спряжуваного ОВ			Суміщення положення ОВ із спряжуваним ОВ			Кватерніони лінійних переміщень і поворотів $q_{p, \sigma_m}$			Пристрої для взаємного орієнтування, самоорієнтувачі, схвати			Комбіновані			Комбінація механічного впливу та світлового випромінювання			Комбінований вплив та магнітне поле			Енергія стисненого повітря та рідини			Механічний вплив			Комбінований			ЛОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР та КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР та КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z		
Групи ОВ, класифіковані за СОР	СОР						Групи ПО класифіковані за СОР	Кількість задіяних ПО	Комбіновані			Комбінація механічного впливу та світлового випромінювання			Комбінований вплив та магнітне поле			Механічний вплив			Комбінований			ЛОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР та КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z																	
	Пальцеві			Клишецькові					Безконтактні			Механічний вплив			Магнітоостатичне поле			Змінне магнітне поле			Електродинамічне поле			Перепад тиску стисненого повітря			Обертальний потік газів або стисненого повітря			Теплове випромінювання			Ультрафіолетове випромінювання			Інфрачервоне випромінювання			Спленардіна			Ультразвук			Технічний зір		
	Система координат спряжуваного ОВ						Суміщення положення ОВ із спряжуваним ОВ			Кватерніони лінійних переміщень і поворотів $q_{p, \sigma_m}$			Пристрої для взаємного орієнтування, самоорієнтувачі, схвати			Комбіновані			Комбінація механічного впливу та світлового випромінювання			Комбінований вплив та магнітне поле			Механічний вплив			Комбінований			ЛОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР та КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z										
	Активність						Система координат спряжуваного ОВ			Суміщення положення ОВ із спряжуваним ОВ			Кватерніони лінійних переміщень і поворотів $q_{p, \sigma_m}$			Пристрої для взаємного орієнтування, самоорієнтувачі, схвати			Комбіновані			Комбінація механічного впливу та світлового випромінювання			Комбінований вплив та магнітне поле			Механічний вплив			Комбінований			ЛОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР та КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z							
	Активність						Система координат спряжуваного ОВ			Суміщення положення ОВ із спряжуваним ОВ			Кватерніони лінійних переміщень і поворотів $q_{p, \sigma_m}$			Пристрої для взаємного орієнтування, самоорієнтувачі, схвати			Комбіновані			Комбінація механічного впливу та світлового випромінювання			Комбінований вплив та магнітне поле			Механічний вплив			Комбінований			ЛОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР та КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z							
	Активність						Система координат спряжуваного ОВ			Суміщення положення ОВ із спряжуваним ОВ			Кватерніони лінійних переміщень і поворотів $q_{p, \sigma_m}$			Пристрої для взаємного орієнтування, самоорієнтувачі, схвати			Комбіновані			Комбінація механічного впливу та світлового випромінювання			Комбінований вплив та магнітне поле			Механічний вплив			Комбінований			ЛОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z			ЛОР та КОР відносно осей X, або Y, або Z, або X,Y, або Y,Z, або X,Z, або X,Y,Z							

Після аналізу ПО та ОВ вибір ПО на етапі формування множини функціонально узгоджених ПО та ОВ відповідно до вище описаної методики (див. п. 7.1.3) здійснюється із використанням довідкових таблиць функціонального узгодження ПО та ОВ за СОР (табл. 7.1.13) та функціонального узгодження ПО та ОВ за ТСВ (табл. 7.1.14). За вказаними таблицями вибираються групи відповідних ПО, що мають певні функціональні характеристики. Конкретні моделі ПО слід вибирати за каталогами, довідниками, паспортами, навчальними посібниками та іншими доступними інформаційними джерелами.

Таблиця 7.1.13

Довідкова таблиця функціонального узгодження груп ПО та ОВ за СОР

Групи ОВ, класифіковані за СОР	СОР		Групи ПО класифіковані за СОР	Кількість задіяних ПО
1	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i; x) \wedge \Psi_y(l_j; y)] \nabla \nabla[\Psi_x(l_i; x) \wedge \Psi_z(l_i; z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta)\}$	ЛОР відносно осей X, Y або відносно осей X, Z	1	1
			11	1
			8, 9	2
			3	1
			13	1

			8, 10	2
			18	1
		КОР відносно осей X,Y	5, 6	2
			15, 16	2
		ЛОР та КОР відносно осей X,Y	25	1
			22, 23	2
2	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_z(l_i;z)]\}$	ЛОР відносно осей X,Y	1	1
		або	11	1
		відносно осей X,Z	3	1
			13	1
3	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_z(l_i;z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)\}$	ЛОР відносно осей X,Y	1	1
		або	11	1
		відносно осей X,Z	3	1
			13	1
		КОР відносно осей X,Y,Z	21	1
			5, 6, 7	3
			15, 16, 17	3
4	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_z(l_i;z)]; \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)\}$	ЛОР відносно осей X,Y	1	1
		або	11	1
		відносно осей X,Z	3	1
			13	1
		КОР відносно осей Y,Z	19	1
			6, 7	2
			16, 17	2
4	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_z(l_i;z)]; \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)\}$	ЛОР та КОР відносно осей Y,Z	26	1
			23, 24	2
5	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_z(l_i;z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta)\}$	ЛОР відносно осей X,Y	1	1
		або	11	1
		відносно осей Y,Z	8, 9	2
			2	1
			12	1
			9, 10	2
		КОР відносно осей X,Y	18	1
			5, 6	2
			15, 16	2
		ЛОР та КОР відносно осей X,Y	25	1
			22, 23	2
6	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_y(l_j;y) \wedge \Psi_z(l_i;z)]\}$	ЛОР відносно осей X,Y	1	1
		або	11	1
		відносно осей Y,Z	8, 9	2
			2	1
			12	1
			9, 10	2
7	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_y(l_j;y) \wedge \Psi_z(l_i;z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta)\}$	ЛОР відносно осей X,Y	1	1
		або	11	1
		відносно осей Y,Z	8, 9	2
			2	1
			12	1
			9, 10	2
		КОР відносно осей X,Y	18	1
			5, 6	2
			15, 16	2
		ЛОР та КОР відносно осей X,Y	25	1
			22, 23	2
8	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Psi_x(l_i;x) \wedge \Psi_y(l_j;y)] \nabla \nabla [\Psi_y(l_j;y) \wedge \Psi_z(l_i;z)]; \Omega_1(\varphi); \Omega_3(\psi)\}$	ЛОР відносно осей X,Y	1	1
		або	11	1
		відносно осей Y,Z	8, 9	2
			2	1
			12	1
			9, 10	2
		КОР відносно осей X,Z	20	1
			5, 7	2
			15, 17	2
9	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)\}$	КОР відносно осей X,Y,Z	21	1
			5, 6, 7	3
			15, 16, 17	3
			18, 17	2
			15, 19	2
			5, 19	2

10	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{\Omega_1(\varphi); \Omega_3(\psi)\}$	КОР відносно осей X,Z	20	1
			5, 7	2
			15, 17	2
11	$D_{\Omega\psi} \rightarrow \{[\Omega_1(\varphi); \Omega_3(\psi)] \nabla \nabla [\Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta)]\}$	КОР відносно осей X,Z або відносно осей X, Y	20	1
			5, 7	2
			15, 17	2
			18	1
			5, 6	2
15, 16	2			

Таблиця 7.1.14

## Довідникова таблиця функціонального узгодження груп ПО та ОВ за ТСВ

Групи ОВ класифіковані за ТСВ	ТСВ	Групи ПО, класифіковані за ТСВ
1	тяжіння	1
2	тертя	2
3	інерції	3
4	механічний вплив	4
		18
5	магніто-статичне поле	5
		19
6	змінне магнітне поле	6
		20
7	електростатичне поле	7
		21
8	електродинамічне поле	8
		22
9	перепад тисків стисненого повітря	9
		23
10	обертальний потік газів або стисненого повітря	10
		24
11	випромінювання (теплове, ультрафіолетове, інфрачервоне)	11
		24
		11
		24
12	випромінювання (теплове, ультрафіолетове, інфрачервоне)	11
		24
13	випромінювання (теплове, ультрафіолетове, інфрачервоне)	11
		24
14	стиснена рідина	12
		25
15	ультразвук	13
		26
16	технічний зір	14
		27
17	голограма	17
		28
18	комбінований (механічний вплив та світлове випромінювання, вібрація та магнітне поле, енергія стисненого повітря та рідини)	16
		17
		16
		17
19	комбінований (механічний вплив та світлове випромінювання, вібрація та магнітне поле, енергія стисненого повітря та рідини)	16
		17
20	комбінований (механічний вплив та світлове випромінювання, вібрація та магнітне поле, енергія стисненого повітря та рідини)	16
		17

Таким чином, формується множина технологічно-можливих варіантів складу СООВ. При цьому очевидно, що отримуються її різні варіанти, що передбачають використання множини ПО функціонально та конструктивно можливих до застосування при автоматичному орієнтуванні ОВ. Очевидно, які на базі множини функціонально узгоджених із ОВ ПО можна сформувати кінцеву множину варіантів СООВ, які щодо продуктивності, якості виконання автоматичного орієнтування (точності орієнтування), витрат на формування СООВ тощо будуть не рівноцінними. Тому для визначення конкретних ПО щодо автоматичного орієнтування ОВ необхідним є виконання II та III етапів методики вибору ПО, приведеної в п. 7.1.3.