

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. ВИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ КООРДИНАТ ВЕРСТАТІВ З ЧПК (з бали)

Мета: отримати практичних навичок у визначенні систем координат в різних групах верстатів з ЧПК.

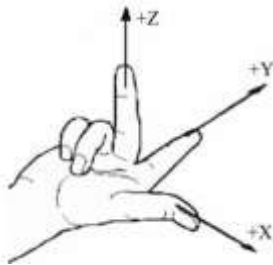
Забезпечення заняття

- Плакат (стенд) із зображенням груп верстатів з ЧПК (токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні, багатоцільові тощо)
- Довідкова література / конспект лекцій
- Аркуші формату А4, креслярське приладдя або графічний редактор

Теоретичні відомості

Програмування рухів робочих органів і здійснення заданих переміщень у верстатах з ЧПК тісно пов'язані з системами координат. Більшість вітчизняних і зарубіжних верстатів з ЧПК мають систему координат, запропоновану Міжнародною організацією зі стандартизації – ISO. Стандартна система координат верстата з ЧПК — це права прямокутна (декартова) система XYZ, що вибирається відповідно до рекомендацій ISO (в Україні — ДСТУ ISO 841).

Додатні напрямки осей визначають правилом правої руки: великий палець — вісь X, вказівний — вісь Y, середній — вісь Z.



Вісь Z — паралельна осі шпинделя; додатний напрямок — виведення інструмента від заготовки (вгору).

Вісь X — для токарних верстатів паралельна поперечній подачі супорта; для фрезерних/свердлильних — поздовжній подачі стола.

Вісь Y — визначається за правилом правої руки (для фрезерних — поперечна подача стола).

Розрізняють три основні системи координат:

Система координат верстата — початок Ов у базовій точці (для токарних — центр дзеркала кулачкового патрона; для фрезерних — базова точка затискного пристрою).

Система координат деталі — початок Од обирає технолог, прив'язуючи його до конструкторської бази деталі.

Система координат інструмента — пов'язана з вершиною різця або центром фрези.

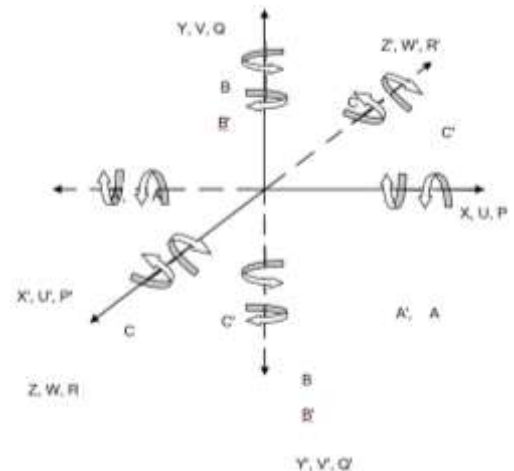


Рисунок 1.1— Стандартні системи координат у верстатах з ЧПК

Крім того, розрізняють абсолютний (відлік від нульової точки) та інкрементальний/відносний (відлік від попередньої точки) способи завдання координат.

В основу покладена права система координат з осями X, Y, Z, які вказують додатні напрямки руху інструменту відносно нерухомої заготовки. Якщо інструмент нерухомий, а відносно нього рухається заготовка, то відповідні її додатні переміщення, спрямовані у протилежні боки, позначаються літерами X', Y', Z' (рис. 1.1).

За додатні напрямки переміщень рухомих органів приймають такі їх переміщення, при яких інструмент і заготовка віддаляються один від одного. При розташуванні системи координат у просторі користуються такими правилами: вісь X завжди розташовують горизонтально, а вісь Z суміщають з віссю обертання інструмента. Лише у токарних верстатах, де замість інструмента обертається заготовка, вісь Z суміщають з віссю шпинделя. У деяких верстатах передбачено переміщення по одній і тій же осі кількох (двох-трьох) робочих органів. Тоді використовують вторинні (U, V, W) і третинні (P, Q, R) осі. Колові переміщення інструмента відносно заготовки вважаються додатними при напрямку проти годинникової стрілки, якщо дивитися на вістря відповідної осі координат. Позначаються вони латинськими літерами A, B, C. При колових рухах заготовки за годинниковою стрілкою додатні напрямки змінюються на зворотні, а кутові координати позначаються A', B', C'.

На рисунку 1.2 подано приклади розташування осей координат для найбільш типових компонувань верстатів з ЧПК.

Перша опорна точка програми називається вихідною або стартовою. Вона вивіряється при настроюванні верстата і відіграє роль початку координат, від якого розраховують програму обробки конкретної заготовки. Однак точність положення робочого органу при цьому в кожний момент часу залежить від точності відпрацювання координат попередніх опорних точок. Помилки у відпрацюванні окремих переміщень тут можуть накопичуватися, тому останнім часом намітилась тенденція до використання абсолютного методу відліку координат.

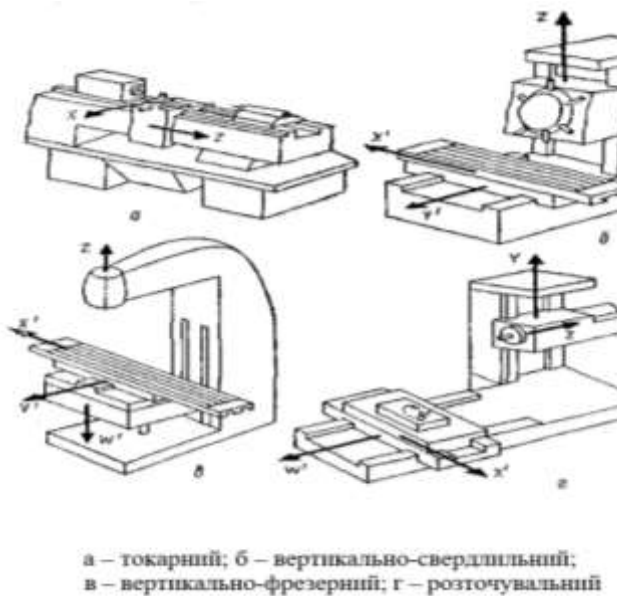


Рисунок 1.2 – Розташування осей координат у верстатах з ЧПК

За числом рухів (координат), які керуються, системи ЧПК бувають дво-, три-, чотири-, п'яти- і більше координатними (рис. 1.2). У позиційних системах рухи по окремих координатах можуть здійснюватися хоч і одночасно, але не узгоджено. Для контурних систем важливою характеристикою є число координат, які одночасно й узгоджено управляються. Проте деякі контурні системи ЧПК побудовані так, що узгоджені переміщення можливі не по всіх координатах одночасно, а тільки при відсутності руху по одній з осей координат. Такі системи з однією неповною координатою іноді позначають дробовим числом, додаючи до цілого числа координат, які працюють одночасно й узгоджено, ще половину координати. Наприклад, чотирикоординатна система з однією неповною координатою позначається як 3,5-координатна. Число координат, що управляються одночасно, важлива технологічна характеристика верстата.

Для оброблення заготовки будь-якої конфігурації на токарному верстаті, як правило, досить двох координат за числом двох основних напрямків подач – поздовжньої і поперечної. Для токарного верстата, оснащеного двома супортами (наприклад, верстат моделі 1734Ф3), стає необхідною чотирикоординатна система управління.

Свердлильні верстати з ЧПК звичайно двокоординатні, оскільки їх основне завдання – суміщення інструмента з віссю отвору. Для розточувальних верстатів частіше застосовують трикоординатні системи. Фрезерні верстати повинні мати не менше трьох координат, які керуються одночасно, для обробки складних криволінійних поверхонь просторовими рядками. Найбільш раціональні п'ятикоординатні фрезерні верстати, у яких додатково програмуються повороти заготовки і нахили інструмента, що дає змогу обробляти важкодоступні ділянки поверхні та поліпшувати умови різання.

Завдання

1. Визначити індивідуальний варіант (табл.1.1)
2. Описати верстат (табл.1.2): повна назва; тип та клас верстата за класифікацією; наведіть існуючі марки; основні технічні характеристики (робочий хід по осях, потужність приводу, максимальну частоту обертання шпинделя).
2. Описати призначення (табл.1.2): для обробки яких деталей призначений верстат; перелічіть виконувані операції та різучий інструмент для кожної з них.
3. Накреслити систему координат (табл.1.2): визначити кількість керованих осей, позначити осі X, Y, Z (та A, B, C — за наявності) і основні точки верстата (M, R, W, E, B, N — за таблицею 1.2), актуальні для даного типу обладнання.
4. Дати відповіді на запитання, оформити звіт.

	Група верстата								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ за списком	2, 12,22	8,18,28	5,15,25	1, 11, 21	7,17,27	3,13,23	9,19,29	4,14,24	6,16,26

ТИПОВІ МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ З ЧПК

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРИЗНАЧЕННЯМ

1. ТОКАРНА ГРУПА  Токарний верстат з ЧПК Токарний верстат з похилою станиною Токарно-фрезерний центр з ЧПК	2. СВЕРДЛИЛЬНА ТА РОЗТОЧНА ГРУПА  Вертикально-свердильний верстат з ЧПК Радіально-свердильний верстат з ЧПК Розточувальний верстат з ЧПК Координатно-розточний верстат з ЧПК
3. ШЛІФУВАЛЬНІ, ПОЛІРУВАЛЬНІ, ПРИТИРАЛЬНІ ТА ДОВОДОЧНІ ГРУПИ  Круглошліфувальний верстат з ЧПК Плоскошліфувальний верстат з ЧПК Безцентрово-шліфувальний верстат з ЧПК Притирочний і доводочний верстат з ЧПК	4. КОМБІНОВАНІ ГРУПИ  Фрезерно-токарний центр з ЧПК Токарно-шліфувальний центр з ЧПК Свердильно-фрезерно-токарний центр з ЧПК Електроерозійно-фрезерний центр з ЧПК
5. ЗУБО-РІЗЬБООБРОБЛЮВАЛЬНІ ГРУПИ  Зубофрезерний верстат з ЧПК Зубоділітний верстат з ЧПК Різьбофрезерний верстат з ЧПК	6. ФРЕЗЕРНІ ГРУПИ  Вертикально-фрезерний обробний центр з ЧПК Горизонтально-фрезерний обробний центр з ЧПК Універсальний фрезерний обробний центр з ЧПК Плоскоосовий фрезерний центр з ЧПК
7. СТРОГАЛЬНІ, ПЛОТУВАЛЬНІ, ПРОТЯЖНІ ГРУПИ  Подовжено-строгальний верстат з ЧПК Попереčno-строгальний верстат з ЧПК Протяжний верстат з ЧПК Вертикально-протяжний верстат з ЧПК	8. РІЗАЛЬНІ ГРУПИ  Стрічочний верстат з ЧПК (з автоматичною подачею) Дісковий відрізний верстат з ЧПК (з автоматичною подачею)
9. РІЗНІ ГРУПИ  Лазерний верстат з ЧПК Електроерозійний верстат з ЧПК Гідроабразивний верстат з ЧПК	

Контрольні запитання

1. Що таке система координат верстата і за яким правилом вона будується?
2. Які фактори визначають кількість координатних осей верстата?
3. Чому напрямок осі Z завжди пов'язаний з віссю обертання шпинделя?

Таблиця 1.2 – Результати роботи

Варіант	Групи верстатів		
Група верстата	Марка верстата		
Назва верстата		робочий хід по осях	
Клас		потужність приводу	
Тип		МАХ частота обертання шпинделя	
Призначення верстата		Деталі	
		Операції	
		Інструменти	
Система координат			

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. ВИЗНАЧЕННЯ НУЛЬОВОЇ ТОЧКИ ДЕТАЛІ (3 бали)

Мета: отримати практичні навички вибору нуля деталі та прив'язки його до конструкторської бази.

Забезпечення заняття

- Плакат (стенд) із зображенням груп верстатів з ЧПК (токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні)
- Довідкова література / конспект лекцій
- Аркуші формату А4, креслярське приладдя

Теоретичні відомості

Нульова точка деталі (або нуль заготовки, позначається літерою **W**) — це початок системи координат самої деталі, від якого технолог-програміст відраховує всі розміри та рухи інструмента під час написання керуючої програми для верстатів із ЧПК.

На відміну від нерухомої машинного нуля (нульової точки верстата **M**), нуль деталі є рухомим і задається оператором перед початком обробки кожної нової заготовки.

Таблиця 2.1-Умовне позначення початку систем координат

Піктограма	Буквене позначення	Значення	
	M	Нуль верстата / Машинний нуль	Головна незмінна точка, яку жорстко задає виробник усередині робочої зони верстата. Від неї відраховуються всі інші переміщення.
	R	Вихідна точка / Референтна точка)	Позиція, до якої супорт під'їжджає під час калібрування після вмикання верстата, щоб система точно знала своє положення.
	W	Нуль заготовки/ Нуль деталі	Початок координат, який обирає оператор або програміст на самій заготівлі для зручності прив'язки розмірів з креслення.
	E	Нуль інструмента	Точка прив'язки на самому різальному інструменті (зазвичай вершина різця).
	B	Точка встановлення інструмента	Базова точка на держачі або гнізді револьверної головки, куди монтується інструмент.
	N	Точка зміни інструмента	Безпечна позиція, куди автоматично від'їжджає вузол з інструментами для безпечної заміни одного різця на інший.

Система координат деталі використовується безпосередньо під час технологічного програмування. Її початок називають нулем деталі або робочим нулем.

Нуль деталі вибирають у технологічно зручній точці, наприклад:

- у центрі заготовки;
- на торцевій поверхні;
- у куті заготовки;
- на осі симетрії;
- у центрі отвору;
- на базовій поверхні.

Вибір нуля деталі залежить від конструкції деталі, способу базування та зручності програмування.

У системі координат деталі задають:

- координати контурних точок;
- положення отворів;
- глибини обробки;
- початкові та кінцеві точки руху;

- положення технологічних елементів.

У навчальних матеріалах з програмування CNC машинна система координат використовується для фіксованих положень самого верстата, а система координат деталі — для опису положень, що належать до конкретної заготовки. [\[mitsubishielectric\]](#)

Не мало важливим є установка деталі для обробки, шляхом притиску деталі до відповідної нерухомої точки (опори). Кожна опора зв'язує один ступінь вільності деталі, отже для позбавлення деталі всіх ступенів вільності необхідно, щоб у пристрою було шість нерухомих опорних точок (правило шести точок). При порушенні правила шести точок настає невизначеність базування (рис.2.1)

Ці точки знаходяться в трьох взаємно перпендикулярних площинах (базах) I, II та III: точки 1, 2 і 3, розташовані в площині XOY, позбавляють деталь трьох ступенів вільності - можливості переміщувати уздовж осі OZ і обертатися навколо осей OX, OY; точки 4 і 5, розташовані в площині XOZ, позбавляють деталь двох ступенів вільності - можливості переміщувати уздовж осі OY і обертатися навколо осі OZ; точка 6, розташована на площині YOZ, позбавляє деталь шостого ступеня вільності - можливості переміщувати уздовж осі OX. Сили затиску, що діють у напрямках, перпендикулярних до трьох площин, притискають деталь до шести нерухомих опор. Число нерухомих опор у пристрою не повинне бути більше шести, тому що в протилежному випадку створюється хитке положення оброблюваної деталі в пристрої.

База - це поверхня, лінія або точка деталі, відносно якої визначається положення інших поверхонь заготовки або виробу, а також задається система координат при обробці.

Залежно від призначення бази розрізняють:

Конструкторська база — поверхня (або її вісь, точка), яка визначає положення деталі у виробі (складальній одиниці) і від якої на кресленні проставлені розміри, що визначають форму та положення інших елементів деталі.

Технологічна база - поверхня, яка використовується для базування заготовки під час обробки (встановлення в патрон, на стіл верстата тощо).

Вимірjuвальна база - поверхня, від якої виконується контроль (вимірювання) розмірів.

У цій роботі студент працює саме з **технологічною базою**, оскільки саме вона є вихідною точкою для проставлення розмірів на кресленні деталі, і саме з нею бажано узгоджувати нуль деталі при програмуванні обробки.

Згідно з ДСТУ (аналог ГОСТ 3.1107 та ГОСТ 2.308), база на кресленні позначається спеціальним умовним знаком - **зафарбованим рівностороннім трикутником**, з'єднаним лінією-виноскою з позначуваною поверхнею.

Правила нанесення знака бази:

1. Знак виконується у вигляді рівностороннього трикутника з висотою приблизно 5 мм, зафарбованого чорним кольором (або незафарбованого — залежно від стандарту оформлення, але в навчальних роботах прийнято зафарбовувати).
2. Трикутник розташовується на поличці лінії-виноски, яка проведена від поверхні (лінії), що є базою.
3. Якщо базою є:
 - **площина/поверхня** — трикутник ставиться на самій поверхні або на лінії контуру, що її зображує;
 - **вісь симетрії (наприклад, вісь отвору чи циліндра)** — трикутник розташовується на продовженні осьової лінії;

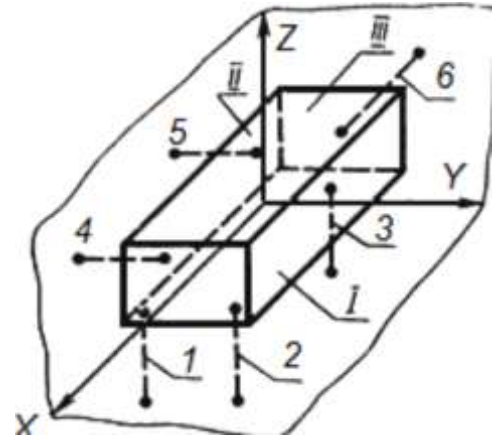
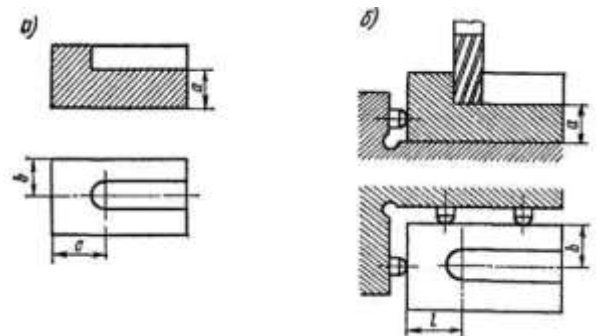


Рисунок 2.1 - Правило 6-ти точок:
1-6 — двосторонні в'язі; I, II, III - бази деталі



- о **точка** — трикутник вказує безпосередньо на позначену *точку*.

4. Поруч зі знаком (на поличці лінії-виноски) допускається ставити літерне позначення бази (наприклад, **А, Б**), якщо потрібно посилатися на неї в інших місцях креслення (наприклад, при простановці допусків розташування).



Завдання

1. ☐ Визначити індивідуальний варіант (табл. 2).
2. ☐ Ознайомитися із зображенням верстата із встановленою деталлю та кресленням деталі.
3. ☐ Охарактеризувати верстат (тип, призначення, система координат верстата) накреслити схематично заданий верстат та позначити нуль верстата з осями X, Y, Z.
4. ☐ Проаналізувати креслення деталі, накреслити ескіз та позначити на ескзі деталі конструкторську базу та нуль деталі.
5. ☐ Дати відповіді на запитання, оформити звіт.

Таблиця 2.2 — Розподіл індивідуальних варіантів

	№ за списком									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
№ варіанта	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1

ВИЗНАЧЕННЯ НУЛЯ ДЕТАЛІ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

1. ТОКАРНА ГРУПА



2. СВЕРДИЛЬНА ГРУПА



3. ШЛІФУВАЛЬНА ГРУПА



6. ФРЕЗЕРНА ГРУПА



Контрольні питання

1. Що таке нульова точка деталі та для чого вона потрібна?
2. Чим конструкторська база деталі відрізняється від технологічної?
3. Якими критеріями керуються при виборі нуля деталі та як його розташування впливає на програмування обробки?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ ТОЧОК ДЕТАЛІ

Мета: отримати практичні навички у визначенні координат опорних точок для контура плоскої деталі.

Забезпечення заняття

- Плакат із зображенням деталей для фрезерної обробки
- Довідкова література / конспект лекцій
- Аркуші формату А4, креслярське приладдя або графічний редактор

Пояснення розрахунку

Задана деталь (рис.3.1) для якої необхідно розрахувати координати точок заданої деталі.

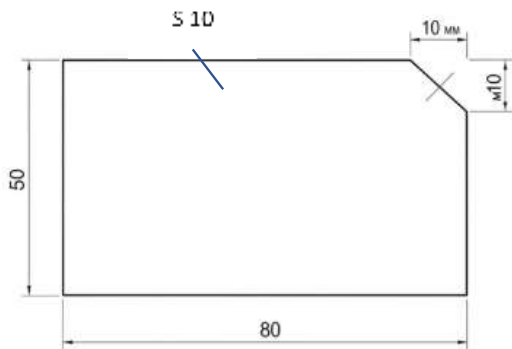


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі

Порядок розрахунку

1. Вибір нуля деталі. За нуль деталі (точка W) обрано нижній лівий кут — він збігається з конструкторською базою, від якої на кресленні проставлені всі основні розміри. Осі X і Y спрямовані вздовж сторін деталі.

2. Визначення координат точок, що лежать на прямих лініях. Координати точки 2 беруться безпосередньо з розмірів креслення відносно нуля: $X = 80$ мм (довжина деталі), $Y = 0$ мм (нижня сторона).

3. Розрахунок координат точок фаски. Це єдині точки, які не збігаються з габаритними розмірами напряму — їх треба розрахувати:

- Точка 3 — де фаска починається на правій стороні: X залишається 80 мм (правий край деталі), а $Y = 50 - 10 = 40$ мм (висота мінус розмір фаски по вертикалі).
- Точка 4 — де фаска закінчується на верхній стороні: Y залишається 50 мм (верхній край), а $X = 80 - 10 = 70$ мм (ширина мінус розмір фаски по горизонталі).

4. Точка 5 (верхній лівий кут) береться напряму з креслення: $X = 0$, $Y = 50$ мм.

5. Систематизація даних в таблицю

Таблиця 3.1 – Розрахунок координат опорних точок деталі

Ескіз деталі	№ точки	Координата X, мм	Координата Y, мм
	1	0	0
	2	80	0
	3	80	40
	4	70	50
	5	0	50

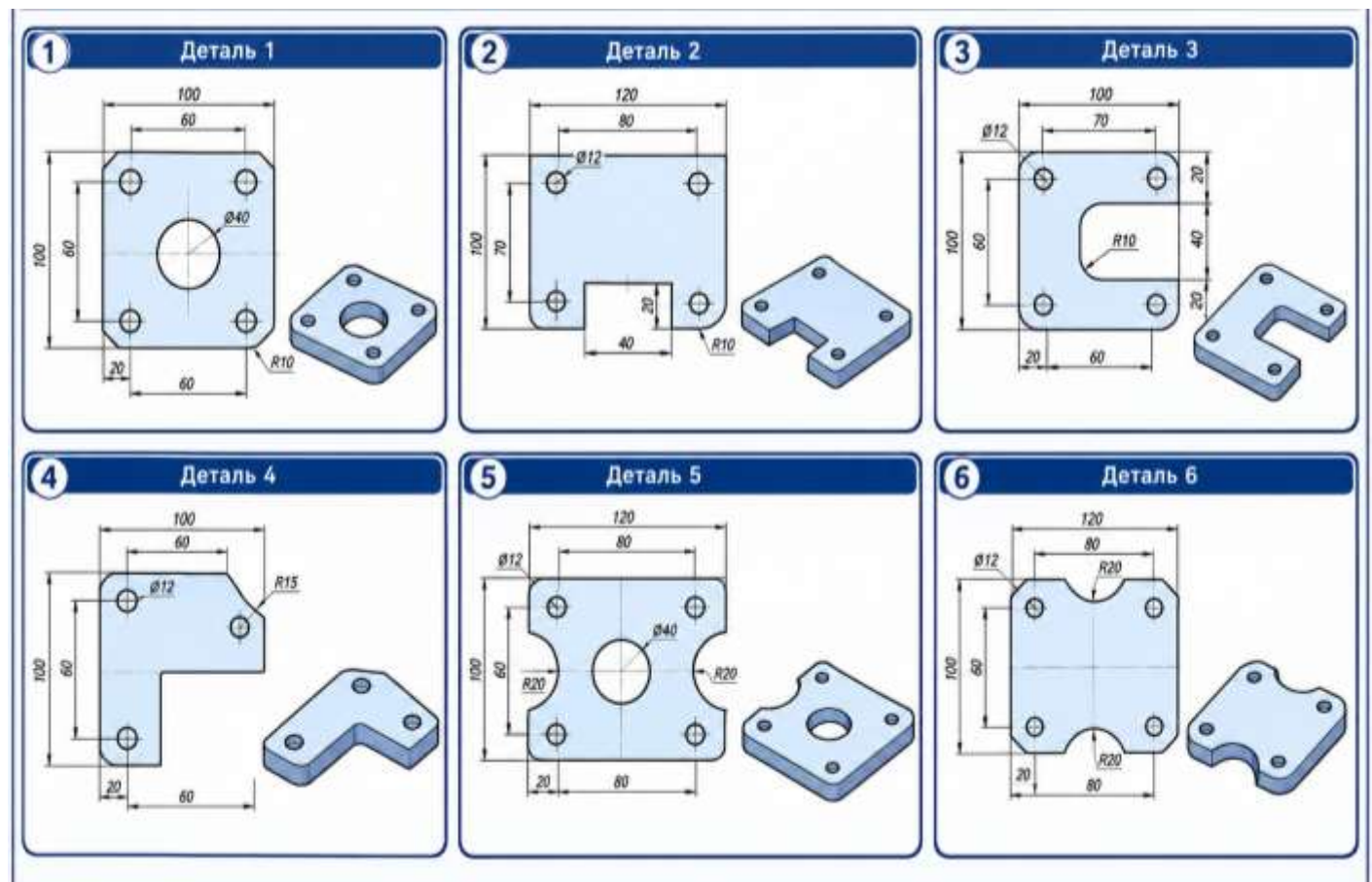
Загальний принцип: координати точок на прямих сторонах деталі знімаються з розмірів креслення відносно нуля напрямку, а координати точок на скосах, фасках чи дугах розраховуються відніманням (або додаванням) відповідного катета/розміру елемента від сусіднього габаритного розміру.

Завдання

1. ☐ Визначити індивідуальний варіант (табл. 3.2).
2. ☐ Накреслити таблицю 3.3.
3. ☐ Проаналізувати ескіз деталі заданої деталі
4. ☐ В таблиці 3.3. накреслити ескіз деталі.
5. На ескізі деталі позначити: нуль деталі, номери опорних точок.
6. Розрахувати координати опорних точок та записати їх в таблицю 3.3
7. Дати відповіді на запитання, оформити звіт.

Таблиця 3.2 — Розподіл індивідуальних варіантів

№ варіанта	№ за списком									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
№ варіанта	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1



Таблиця 3.3- Результати роботи

Ескіз деталі	№ точки	Координата X, мм	Координата Y, мм
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	...		

Контрольні питання

1. Що таке опорні (характерні) точки контуру деталі та за якими ознаками вони визначаються?
2. Від якої точки відраховуються координати точок деталі під час фрезерної обробки і чому саме від неї?
3. Як розраховуються координати точки, що лежить на перетині прямих ліній або на дузі кола контуру деталі?