

## Лекція 1.4

### Точність та якість в машинобудуванні

- 1) Загальні поняття та показники точності.
- 2) Позначення на кресленнях відхилень форми і розташування поверхонь
- 3) Поняття якості поверхонь.
- 4) Параметри та критерії шорсткості.

#### 1 Загальні поняття та показники точності

Точність – основна характеристика деталей, машин чи приладів. Під **точністю** розуміють *ступінь відповідності виготовлених виробів їх заздальгідь встановленому зразку*. Чим більша ця відповідність, тим вища точність.

**На всіх етапах ТП виготовлення машин неминучі ті чи інші похибки, в результаті чого досягнення абсолютної точності практично неможливе.**

*Похибки, що виникають на різних етапах ТП, взаємозалежні.* Точність складання машини залежить від точності виготовлення її деталей, а остання у свою чергу залежить від точності виготовлення заготовок. Тому питання точності повинні вирішуватись не ізольовано, а комплексно для всього ТП.

Точність у машинобудуванні має велике значення для підвищення експлуатаційних якостей машин і для побудови ТП їх виготовлення. Збільшення швидкості і питомих навантажень при експлуатації деталей може бути досягнуто тільки підвищенням точності їх обробки. Зубчасті колеса, виготовлені з незначною точністю, не можуть працювати при високих швидкостях, тому що при цьому, за рахунок неточності евольвентного профілю зубців, кроку між зубцями в передачі виникають додаткові ударні навантаження, вібрації тощо. Точність роботи ділильною механізмом цілком залежить від точності виготовлення деталей ділильного ланцюга (ділильних дисків, зубчастих коліс тощо).

**Підвищення точності виготовлення заготовок** зменшує трудомісткість наступної механічної обробки і скорочує витрати матеріалу через зменшення припусків на її виконання.

**Підвищення точності механічної обробки** скорочує трудомісткість складання машин завдяки частковому чи повному усуненню приганяльних робіт, забезпечує взаємозамінність деталей і вузлів.

Особливе значення мають питання точності при автоматизації виробництва. У цьому випадку необхідну якість продукції отримують не внаслідок майстерності робітника, а в результаті стійкої і надійної роботи технологічного устаткування.

Точність виготовлення і шорсткість поверхонь призначає конструктор виходячи з вимог для забезпечення функціонального призначення виробу. Точність у машинобудуванні має велике значення для підвищення експлуатаційних якостей

машин, збільшення їхньої довговічності, надійності, швидкісних і інших характеристик.

У ТМБ розрізняють поняття **економічна і досяжна** точність.

**Економічна точність** – *точність, яка може бути отримана в нормальних виробничих умовах при мінімальній собівартості.*

Під нормальними виробничими умовами розуміють виконання робіт на справному устаткуванні з застосуванням необхідних інструментів і пристосувань, робочими відповідної кваліфікації. Поняття економічної точності застосовується для призначення технологічних допусків при проектуванні технології в умовах серійного і масового виробництва.

Кожному методу обробки відповідає своя економічна точність. Таблиці економічної точності обробки наводяться практично у всіх довідниках по ТМБ, наприклад, чорнова обробка – 14-15 квалітет, способи чистової лезової обробки – 10-11 квалітет.

**Досяжна точність** – *точність, яку можна отримати при виконанні обробки в особливо сприятливих умовах, на спеціально налагодженому чи модернізованому верстаті, висококваліфікованими фахівцями без обліку витрат часу і не зважаючи на собівартість.*

Досяжна точність найбільше часто використовується в умовах ремонтного чи дослідного виробництва, або при виконанні унікальних робіт, а також при виробництві спеціального інструмента.

Під **точністю обробки** розуміється *відповідність розмірів виготовленої деталі розмірами, вказаними на кресленні.* Чим менше різниця між цими розмірами, тим вищою вважається точність обробки.

*Розміри, поставлені конструктором на кресленні, округлений до значення з нормального ряду,* називаються **номінальними.**

*Розміри, які мають деталі після остаточної обробки,* називаються **дійсними.**

Дійсний розмір визначають, вимірюючи деталь відповідними вимірювальними інструментами. *Дійсні розміри завжди відрізняються від номінальних; вони бувають або більше, або менше їх.* Величина цих відхилень визначає точність виготовлення деталі, а *допустимі дійсні розміри при даній точності* називаються **граничними.** *Різниця між найменшим граничним розміром і найбільшим* називається **допуском.** *Проміжок між верхнім і нижнім граничним відхиленням* називається **полем допуску.** Всі деталі, що мають розміри, що не виходять за межі поля допуску, є якісними, придатними для використання.

При виготовленні деталей допускаються незначні відхилення від номінальних розмірів, щоб деталі були взаємозамінними.

**Взаємозамінними** називаються *деталі, які в разі зносу або поломки можна замінити іншими без додаткової обробки або підгонки.* Взаємозамінність робить сучасне виробництво більш досконалим і продуктивним, особливо при ремонті

машин.

Точність геометричних параметрів деталей характеризується не тільки точністю розмірів їх елементів, але й точністю форми і взаємного розташування поверхонь. **Відхилення форми і розташування поверхонь виникають у процесі обробки деталей через неточність та деформацію верстата, деформацію оброблюваного виробу, нерівномірності припуску на обробку, неоднорідності матеріалу і т. п.**

**Відхилення форми і розташування поверхонь знижує не тільки експлуатаційні, але й технологічні показники виробу.** Для забезпечення необхідної точності параметрів, його працездатності і довговічності в робочих кресленнях деталей необхідна вказівка не тільки граничних відхилень розмірів, але в необхідних випадках – також допусків форми і розташування поверхонь.

Призначення допусків форми і розташування поверхонь має проводитися на основі державних стандартів.

**Стосовно до деталей машин точність оцінюється наступними показниками:**

- точність розмірів;
- точність форми поверхні;
- точність взаємного розташування поверхонь;
- шорсткість поверхні.

**Точність розмірів** окремих поверхонь деталі (діаметри зовнішньої і внутрішньої поверхонь, глибина отворів, кут конуса тощо) **регламентується допусками, що прославляються на кресленнях деталей.**

**Точність форми поверхонь** визначається ступенем їх відповідності геометрично правильним поверхням, з якими вони ототожнюються. Відхилення форми дуже різноманітні. Циліндрична поверхня може мати невелику конусність, відхилення від округлості поперечного перерізу, скривлення вісі; плоска поверхня – невеликі випуклості або впадіння.

**Точність взаємного розташування поверхонь** – це розміщення поверхонь одна відносно іншої з величиною відхилення в межах величин допусків, заданих на кресленні чи в технічних умовах на виготовлення деталі (наприклад: паралельність осей отворів, відстань між осями отворів, паралельність або перпендикулярність осей отворів до площини базової поверхні тощо).

Точність розмірів регламентується ГОСТ 25346-89, точність форми і розташування – ГОСТ 24643-81.

У більшості стандартних систем точність розмірів визначається на основі одиниці допуску ІТ, що залежить від номінального розміру.

**Кожному методу обробки відповідає визначений діапазон квалітетів точності.**

**Квалітет** – сукупність допусків одного рівня точності для заданого діапазону розмірів. Існує 19 квалітетів (01...17), при цьому точність знижується від квалітету 01 до квалітету 17.

Допуск, величина якого залежить від номінального розміру, позначають цифрами (квалітет): 01...17.

Поле допуску позначають латинськими буквами для отвору: А, В, С, ..., ZС; для валу – а, b, с, ..., zс.

При виготовленні деталей неможливо досягти абсолютно точних номінальних розмірів. У зв'язку з цим при складанні робочих креслень деталей призначаються допустимі відхилення від номінальних розмірів у межах вимог точності їхнього виготовлення.

**Самостійним критерієм є оцінка якості поверхні деталі по шорсткості, що характеризується параметром шорсткості.**

**При виготовленні деталей необхідно також дотримувати вимоги фізико-механічних властивостей матеріалу.**

Відхилення форми у поперечному перерізі (рис.1, а, б):

**Овальність** – відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою овалоподібну фігуру, найбільші і найменші діаметри якої знаходяться у взаємно перпендикулярних напрямках.

Допуск на овальність може в деяких випадках перевищувати допуск на діаметр, наприклад при виготовленні тонкостінних втулок, що деформуються при обробці і приймають правильну форму при складанні.

**Огранка** – відхилення форми від круга, при якому реальний профіль являє собою багатогранну фігуру.

Причина появи огранки – биття шпинделя токарного, шліфувального верстата тощо.

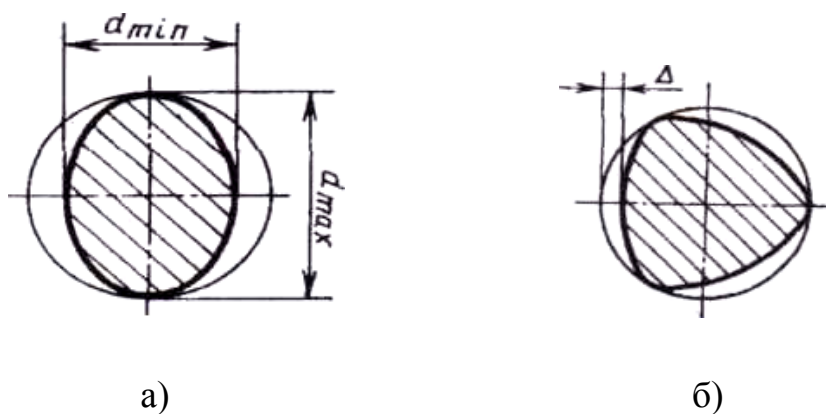


Рисунок .1 – Відхилення форми у поперечному перерізі

Відхилення форми в осьовому перерізі: бочкоподібність, сідлоподібність та конусоподібність (рис.2, а, б, в).

**Конусоподібність** – відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому твірні є прямолінійними, але не паралельними.

Конусоподібність виникає через неспіввідношення шпинделя і пінолі задньої бабки верстата, спрацювання верстата тощо.

**Бочкоподібність** – відхилення, при якому твірні стають випуклими, тому що діаметри збільшуються від країв до середини розрізу.

**Сідлоподібність** – відхилення, при якому твірні непрямолінійні, і діаметри зменшуються від країв до середини перетину.

Причиною бочкоподібності може бути деформація довгих валів під час обточування їх у центрах без люнетів.

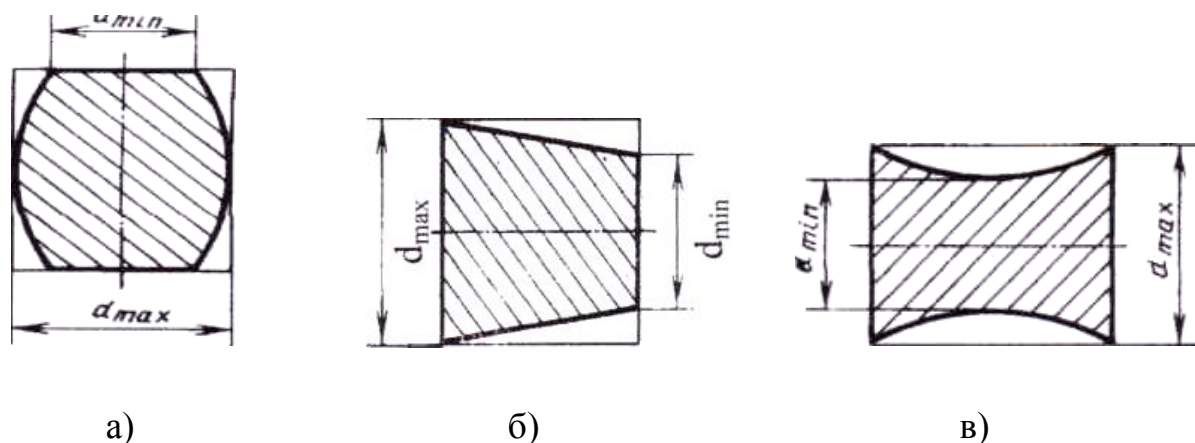


Рисунок 2 – Відхилення форми в осьовому перерізі

**Похибки площин найбільше часто характеризуються такими показниками:**

- відхилення від прямолінійності;
- відхилення від площинності.

Відхилення від площинності може бути у вигляді ввігнутості або випуклості (рис. 3, а, б).

Відхилення взаємного розташування поверхонь найбільше часто оцінюється такими параметрами як відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, торцеве биття, радіальне биття і ін.

**Ввігнутість** – відхилення, при якому віддалення точок дійсної (реальної) поверхні від прилеглої площини збільшується від країв до середини.

**Випуклість** – відхилення, при якому віддалення точок дійсної (реальної) поверхні від прилеглої площини зменшується від країв до середини.

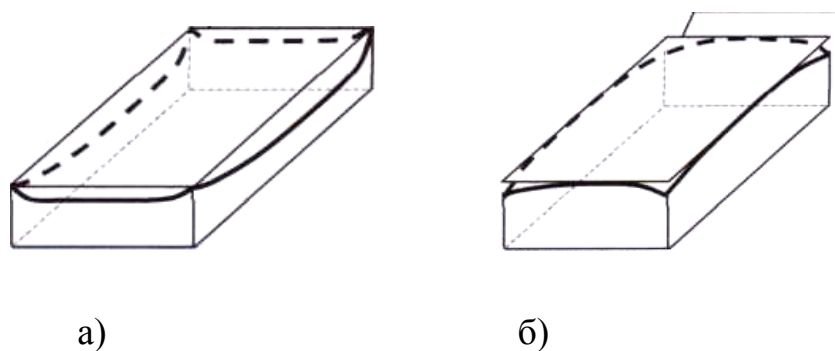


Рисунок 3 – Похибки площин

## 2 Позначення на кресленнях відхилень форми і розташування поверхонь

З метою встановлення єдності в розумінні вимог на кресленнях до відхилень форми й розташування поверхонь і осей розроблено умовні символічні позначення відхилень, які передбачені в ГОСТ 24642-87. Допустимі відхилення форми вказуються на кресленні поряд із відповідним символічним позначенням.

Символічні позначення і допустимі величини відхилень форми й розташування поміщають у прямокутних рамках, які з'єднуються виносною лінією зі стрілкою з контурною лінією поверхні чи розмірною лінією параметра, або з віссю симетрії. Прямокутні рамки діляться на дві або три частини: у першій показується символічне позначення відхилення, в другій – величина граничного відхилення. Третя частина рамки вводиться тоді, коли потрібне літерне позначення базової або іншої поверхні, до якої належить відхилення або яке-небудь іще необхідне позначення. Залежний допуск позначається літерою М і проставляється в кутку в прямокутній рамці поряд із величиною допустимого відхилення.
















Допуски співвісності, симетричності, перетину осей і позиційні можна задавати на кресленнях в радіусному або діаметральному вираженнях. Різниця між допусками в діаметральному і радіусному вираженнях забезпечується зазначенням додаткового знаку перед числовим значенням. Перевага віддається діаметральному вираженню.

Для вказівки бази граничного відхилення або іншого елемента, з яким пов'язаний допуск, вводиться третя клітина. У тому випадку, якщо жодна з поверхонь не є базовою, від рамки проводяться два покажчика, що закінчуються стрілками. Якщо одна з поверхонь є базою, то покажчик закінчується біля вершини темного рівнобедреного трикутника, протилежна сторона якого примикає до поверхні.

Якщо ці вимоги окремо не зазначені то вони все-таки є і повинні знаходитися в межах допуску на відповідний розмір.

Однієї з найважливіших задач технолога є проектування ТП, що забезпечують досягнення заданих кресленням технічних вимог по точності, а також аналіз факторів, що викликають відхилення параметрів від заданих у кресленні і розробці заходів щодо їхнього усунення.

Таблиця 1 – Умовні позначення відхилень форми і розташування поверхонь

Група відхилень та допусків	Допуск	Умовний знак
Відхилення та допуски форми поверхонь	прямолінійності	
	площинності	
	круглості	
	циліндричності	
	профілю поздовжнього перерізу	
Відхилення та допуск розташування поверхонь	паралельності	
	перпендикулярності	
	нахилу	
	співвідносності	
	симетричності	
	позиційний	
	перетину осей	
Сумарні відхилення та допуски форми і розташування поверхонь	радіального та торцевого биття в заданому напрямку	
	повного радіального та торцевого биття	
	форми заданого профілю	
	форми заданої поверхні	

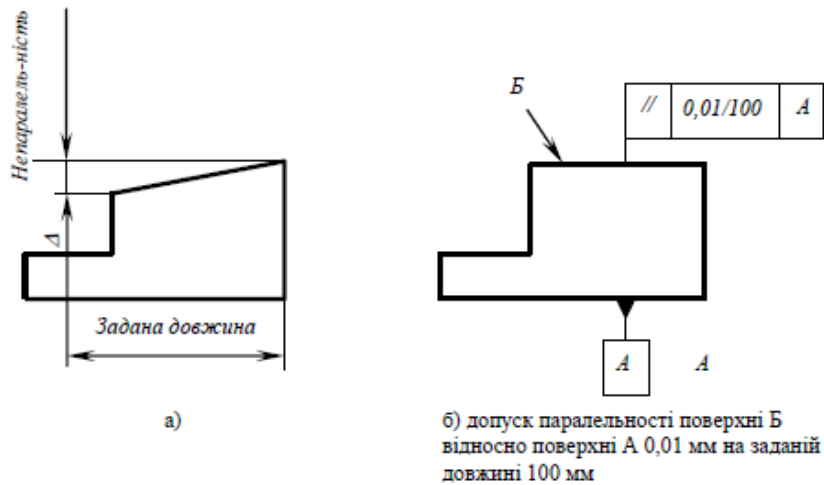


Рисунок 4 – Схема відхилення від паралельності (а) і приклад його позначення на кресленні (б)

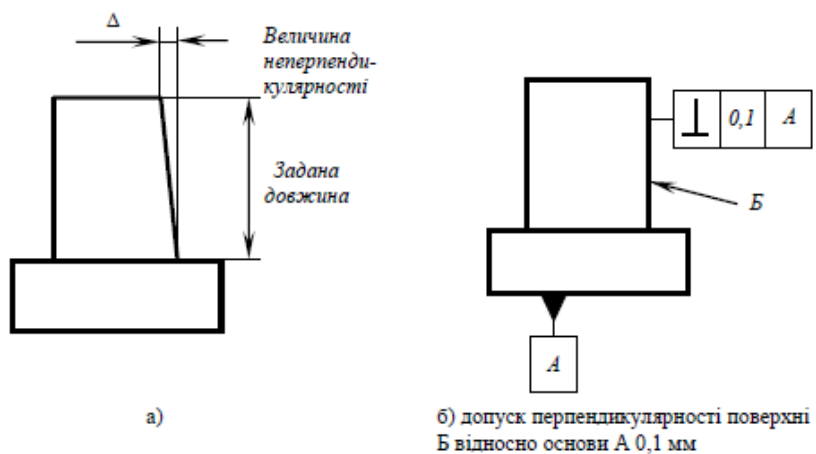


Рисунок 5 – Схема відхилення від перпендикулярності (а) і приклад його позначення на кресленні (б)

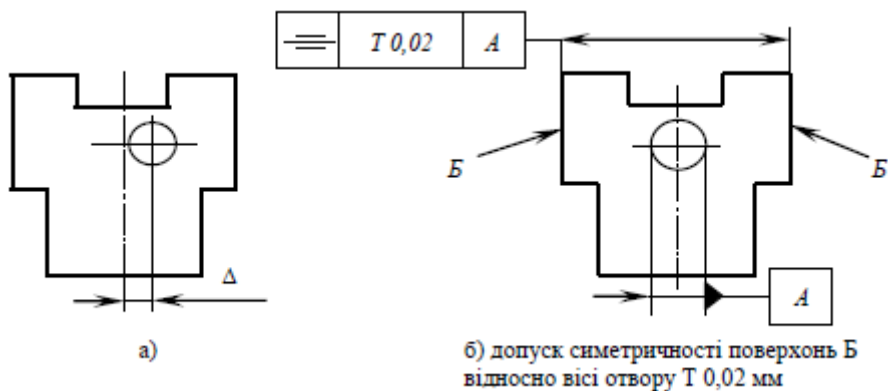


Рисунок 6 – Схема відхилення від симетричності (а) і приклад його позначення на кресленні (б)



### 3 Поняття якості поверхонь

Для того, щоб виріб економічно виконував своє службове призначення він повинен володіти необхідною для цього якістю.

**Якість виробу** – це сукупність властивостей виробу, які обумовлюють його придатність задовольняти певні потреби у відповідності з його службовим призначенням.

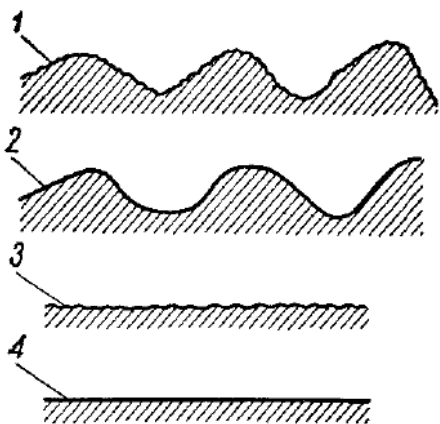
Якість обробленої поверхні характеризується двома основних ознаками: фізико-механічними властивостями поверхневого шару метала; ступенем шорсткості поверхні (інакше – чистотою або гладкістю поверхні).

**Якість поверхневого шару метала обумовлюється властивостями металу і методами механічної обробки.** В процесі механічної обробки від дії РІ на поверхні метала залишаються виступи і западини і структура поверхневого шару змінюється: поверхневий шар піддається пластичним деформаціям, і утворюється наклеп, твердість його підвищується, виникають внутрішні напруги.

Ступінь наклепу металу і глибина проникнення пластичних деформацій залежать від методу обробки і режиму різання (подачі, глибини і швидкості різання). При підвищенні подачі і глибини різання товщина наклепаного шару збільшується, при підвищенні швидкості різання, навпаки, зменшується. При легкому режимі різання товщина наклепаного шару виражається в сотих частках міліметра, а при більш важких (при великій подачі і глибині різання) – в десятих частках міліметра.

**За геометричними ознаками розрізняють такі відхилення обробленої поверхні:**

- **макрогеометрія** (макронерівності) поверхні, що **характеризуються похибками форми** – відхиленнями від правильної геометричної форми (овальність, конусоподібність, бочкоподібність і т. д.);
- **хвилястість поверхні**, тобто наявність періодично повторюваних, приблизно однакових хвилеподібних відхилень;
- **мікрогеометрія** (мікронерівності) поверхні, тобто **шорсткість**, обумовлена наявністю виступів і западин.

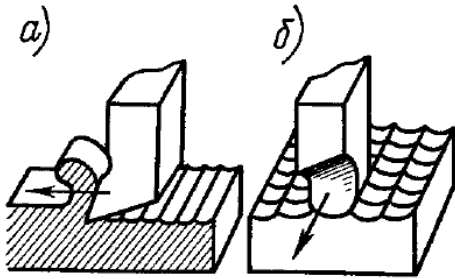


Величина мікронерівностей характеризує чистоту обробленої поверхні. Поверхня може бути хвилястою і в той же час грубо шорсткою 1 або незначно шорсткою – чистою (гладкою) 2, так само як і рівна поверхня може бути грубо або значно шорсткою 3 або чистою (гладкою) 4 (рис. 1).

Рисунок 1 – Види поверхонь

*Хвилястість поверхні деталі виникає при обробці внаслідок вібрації Т-системи, нерівномірності процесу різання, биття ріжучого інструменту та ін. причин. Часто хвилястість виникає на поверхні деталей середніх і крупних розмірів при обробці точінням, фрезеруванням, шліфуванням.*

Поверхні, оброблені РІ (різцем, фрезою та ін.), мають шорсткість різного характеру: **повздовжню** – в напрямку вектора швидкості різання (рис. 2, а) і **поперечну** – в напрямку, перпендикулярному вказаною вектору, тобто в напрямку подачі (рис. 2, б).



Повздовжня шорсткість утворюється внаслідок коливань сили різання при обробці, які можуть викликати вібрації, що збільшують подовжню шорсткість. Можливі й інші причини утворення подовжньої шорсткості, наприклад утворення наросту. Поперечна шорсткість зазвичай більше, ніж повздовжня.

Рисунок 2 – Види шорсткості

При чистовій обробці поверхонь деталей абразивним інструментом шорсткість поверхні в подовжньому і поперечному напрямках приблизно однакова.

*До числа багатьох факторів, від яких залежить якість оброблюваної поверхні, відносяться:* рід і властивості оброблюваного матеріалу; спосіб обробки (точіння, стругання, шліфування і т. д.); режим різання металу (швидкість різання, подача, глибина різання); жорсткість Т-системи (ВПД); геометричні параметри інструменту; матеріал інструменту; охолодження в процесі різання.

Шорсткість і хвилястість поверхні взаємозалежні з точністю розмірів. Високій точності завжди відповідає мала шорсткість і хвилястість поверхні. Це визначається не тільки умовами роботи виробу, але й необхідністю одержання стійких і надійних результатів вимірювання.

В готовій деталі якість оброблених поверхонь значною мірою залежить від операцій кінцевої обробки, необроблені поверхні зберігають характеристики якості, що виникли в процесі одержання заготовки.

#### 4 Параметри та критерії шорсткості

Досягнення потрібних характеристик якості поверхонь деталей машин і підтримка їх на визначеному рівні є задачею побудови всього ТП.

За ГОСТ 2789-73 встановлено шість критеріїв шорсткості:

1. **Ra** – середнє арифметичне відхилення профілю – середнє арифметичне з абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини.

2. Rz – висота нерівностей профілю за десятьма точками – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю і глибини п'яти найбільших западин у межах базової довжини.

3. Rmax – найбільша висота нерівностей профілю – відстань між лінією виступів профілю і лінією западин у межах базової довжини.

4. Sm – середній крок нерівностей профілю – середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини.

5. S – середній крок місцевих виступів профілю – середнє значення кроку місцевих виступів профілю в межах базової довжини.

6. tr – відносна опорна довжина профілю – відношення опорної довжини профілю до базової довжини.

Значення параметрів шорсткості поверхні Ra, Rz, Rmax, Sm, tr наведені в ГОСТі 2789-73. На практиці рекомендується використовувати значення параметрів Ra, тому що зразки для порівняння параметрів шорсткості поверхні виготовляють саме за цим параметром.

ГОСТ 2.309-73 встановлює позначення шорсткості поверхонь і правила нанесення їх на кресленнях виробів.

У позначенні шорсткості поверхні, **вид обробки якої конструктор не встановлює**, застосовують знак, зображений на рисунку 3, а. У позначенні шорсткості поверхні, що утворюється **при видаленні шару матеріалу** (різанням, фрезеруванням, свердленням, шліфуванням, поліруванням, травленням та ін.), використовують знак, зображений на рисунку 3, б. У позначенні шорсткості поверхні, що утвориться без видалення шару матеріалу (литтям, куванням, об'ємним штампуванням, прокатом, волочінням і ін.), застосовують знак, зазначений на рисунку 3, в. Цей же знак застосовують для позначення поверхонь, що **не підлягають обробці, тобто залишаються в стані вихідної заготовки**.

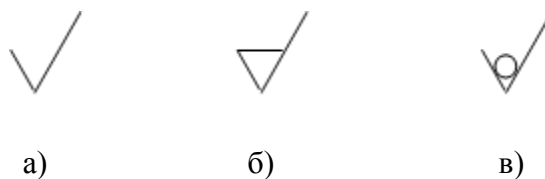


Рисунок 3 – Знаки позначення шорсткості поверхні