

УДК 658.512.2

С.Г. Бондаренко, канд. техн. наук**М.І. Гойко**, студент

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ФОРМАЛІЗАЦІЯ РОЗМІРНИХ ЕВРИСТИК

Наведено методи формалізації розмірних евристик з метою інтелектуалізації прикладних систем автоматизованого проектування.

Постановка проблеми

Важливою тенденцією розвитку сучасного виробництва є процес інтелектуалізації та формування на цій основі суспільства, заснованого на знаннях (knowledge based society), в якому економічний добробут визначається високими технологіями, інноваційними можливостями та рівнем інтелектуального розвитку суспільства.

Інтелектуалізація охопила всі галузі діяльності людини, зокрема, і технічну. Одним з актуальних питань технічного підготовки виробництва є створення універсальних програм розмірного аналізу. Всі існуючі методи розмірного аналізу полягають у тому, що інженер власноруч виявляє та розраховує розмірні зв'язки машини і її елементів. Сучасний рівень розвитку виробництва вимагає запровадження автоматичних систем розв'язання розмірних задач [1; 3].

Під час конструювання виробів, розробки технологічних процесів виготовлення деталей і складання машин, вибору засобів і методів контролю виникає потреба в різноманітному аналізі для досягнення потрібного співвідношення розмірних зв'язків поверхонь і деталей.

Розміри на кресленнях деталей, що побудовані з використанням систем автоматизованого проектування (САПР), здебільшого не відповідають вимогам технологічності та мають значні розбіжності зі службовим призначенням виробів. Розмірні зв'язки, що закладаються у машині під час її конструювання, повинні бути реалізовані при виготовленні деталей та складанні. Тому і конструктор і технолог повинні чітко уявляти ці зв'язки для того, щоб забезпечити їх найдосконалішими і економічними засобами.

Мета статті

Аналіз розмірних зв'язків допомагає розібратись у взаємозв'язках деталей і складальних одиниць машини, визначити методи досягнення необхідної точності, проаналізувати правильність проставлення розмірів і допусків.

Виклад основного матеріалу

Проставлення розмірів і їх допустимих відхилень без врахування функціонального призначення виробу і взаємозв'язку деталей і їх поверхонь призводять до суттєвих помилок і неузгодженостей при технічному підготовленні виробництва і виготовленні установчих партій виробів.

Точність розмірних зв'язків визначається точністю розмірів, які зв'язують певні поверхні деталі, і точністю їх відносних поворотів.

У загальному випадку [2] це можна представити системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} A_{\Delta} &= \sum_{i=1}^{m-1} C_i A_i \\ \mu_{\gamma_{\Delta}} &= \prod_{j=1}^{m-1} \mu_{\gamma_j} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де A_{Δ} – замикаюча ланка складального розмірного ланцюга;

C_i, A_i – відповідно величини передатних відношень і складових ланок;

μ_{γ_Δ} – матриця відносних поворотів координатної системи замикаючої ланки;

μ_{γ_j} – матриця поворотів координатних систем поверхонь відносно спряжених координатних систем.

Протягом останніх років особливості процесу інженерного мислення прийнято реалізувати у вигляді правил і алгоритмів, що дозволяють реалізувати накопичений досвід та інтелектуалізувати прикладні САПР конструкторсько-технологічного призначення.

Сукупність логічних прийомів і емпіричних методичних правил розв’язання розмірних задач називають розмірними евристиками.

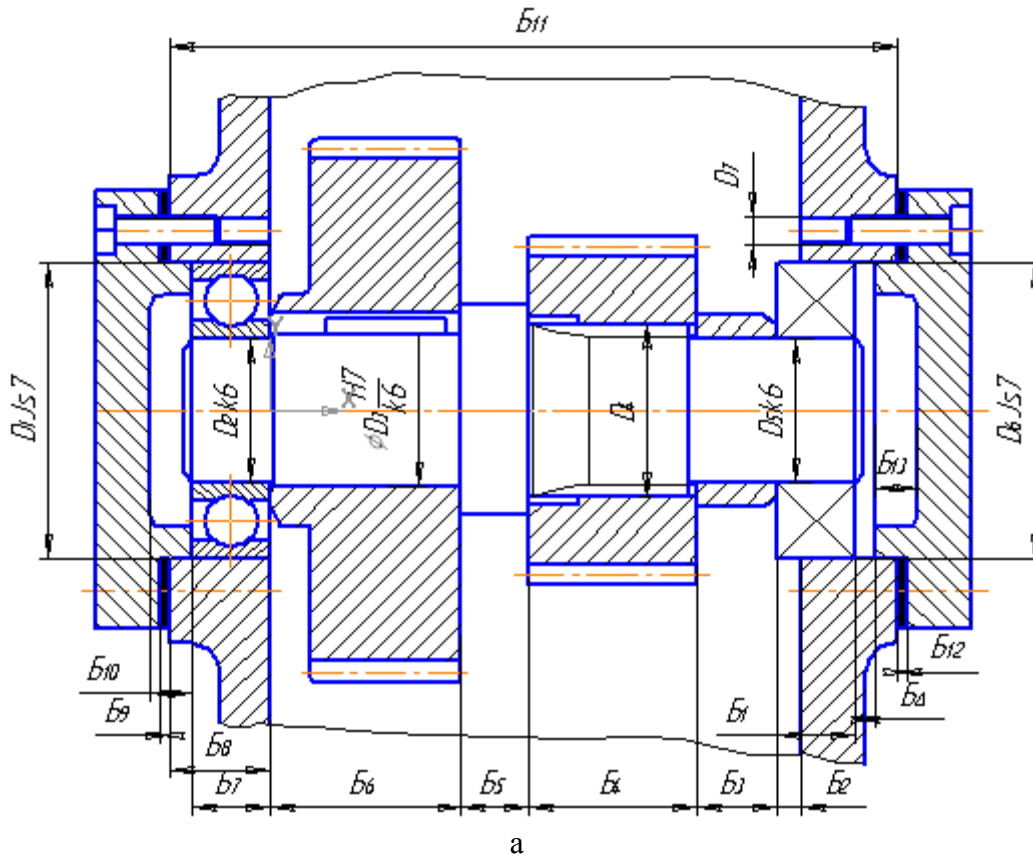
Інтелектуалізація цих задач повинна враховувати наступні основні положення:

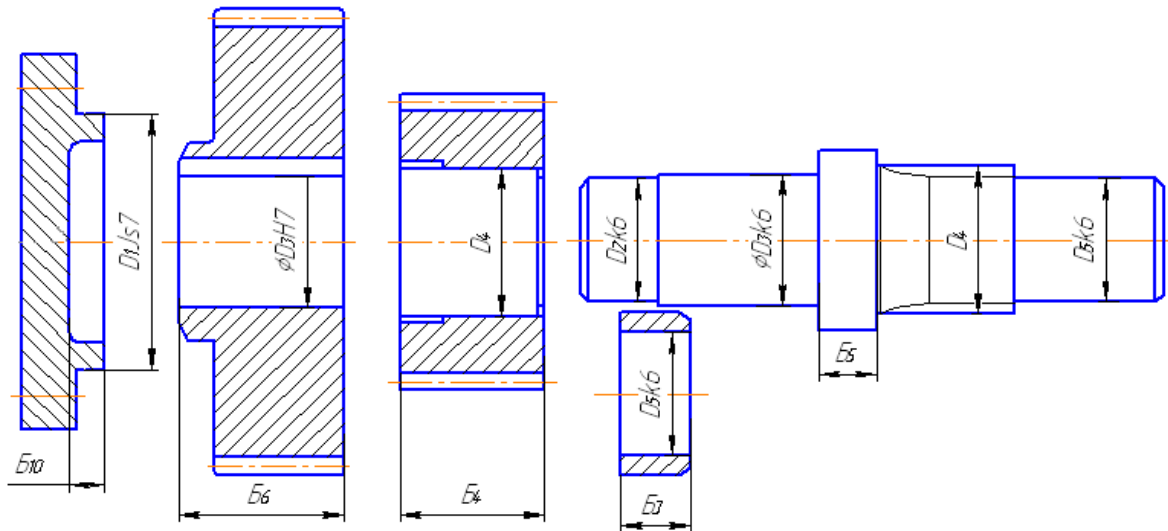
1. Під час розробки конструкції і технології деталей розглядається як комплекс взаємозв’язаних елементарних поверхонь.
2. Кожен розмір – це зв’язок, який позбавляє тіло (деталь) однієї степені вільності відносно координатної системи відліку.
3. Позбавлення деталі певного числа степенів вільності диктується функціональним (службовим) призначенням деталі (виробу).
4. Розташування конструктивних елементів деталі визначається необхідною кількістю степенів вільності і реалізується системою розмірів.

Процес інтелектуалізації прикладних програм суттєво гальмується відсутністю (недостатністю) формалізації розмірних евристик.

Розглянемо деякі з них.

Евристика 1. Обов’язково повинні наноситись розміри з’єднань і розміри, що входять у складальні ланцюги. Інші розміри проставляють виходячи із забезпечення можливості виготовлення деталі (рис. 1).





б

Рис. 1. З'єднання і складальний розмірний ланцюг вузла (а) та розміри деталей (б), що впливають з них

У першому наближенні евристику 1 (Е1) можна формалізувати системою виразів:

$$\left. \begin{aligned} Z &= \left\{ D_i \frac{H_k}{k_j} \right\} \\ B &= B_1, B_2, \dots, B_n \\ C &= C_1, C_2, \dots, C_n \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де $Z = \left\{ D_i \frac{H_k}{k_j} \right\}$ – множина з'єднань;

$B = B_1, B_2, \dots, B_n$ – множина розмірів, що входять у складальний ланцюг;

$C = C_1, C_2, \dots, C_n$ – множина розмірів кожної деталі складального ланцюга.

$$\text{Тоді } A - a = \Delta, \quad (3)$$

де A, a – відповідні розміри з'єднуваних поверхонь деталей.

Згідно з Е1 необхідно, щоб $B \subseteq C$.

Евристика 2. Кількість розмірів P_{ij} , достатня для виготовлення й контролю деталі, залишається постійною при різних варіантах їх проставляння (рис. 2).

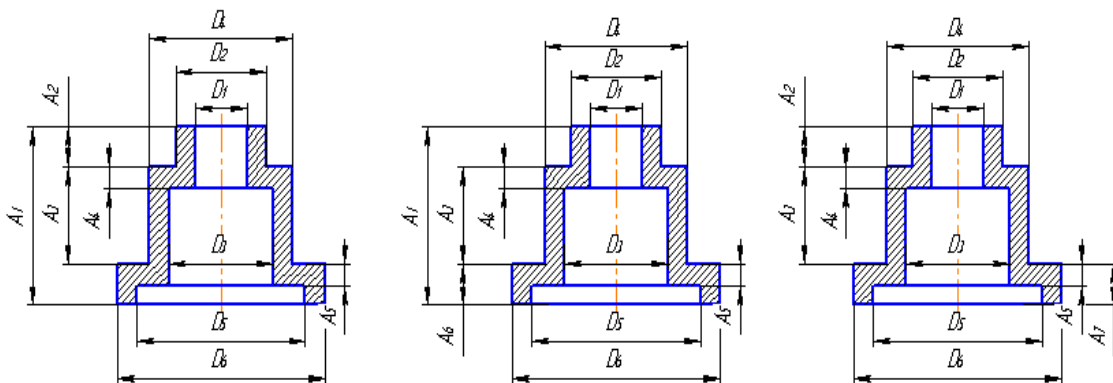


Рис. 2. Варіанти проставляння розмірів деталі

Формалізація евристики 2 має вигляд:

$$P_{ij} = const, \quad (4)$$

де i – варіант проставляння коаксіальних розмірів;

j – варіант проставляння діаметральних розмірів.

Евристика 3. Ланцюг розмірів S не повинен бути замкнутим. При необхідності цей розмір може бути виконаний як довідковий (рис. 3).

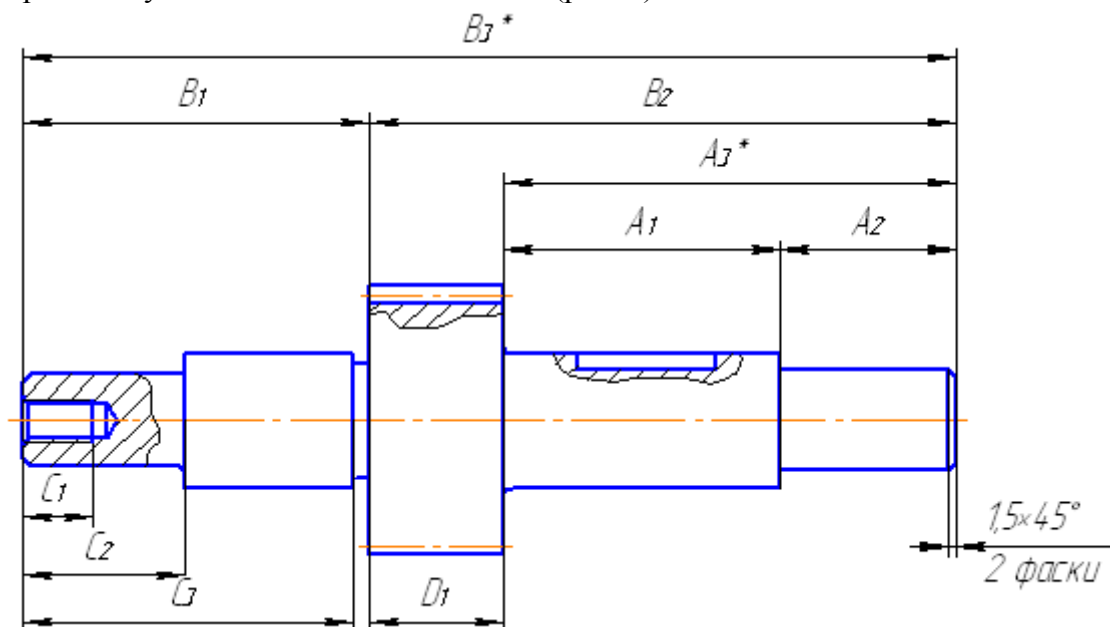


Рис. 3. Коаксіальні розміри зв'язки вала

$$\text{Тобто } S = \bigcup_{ij} A_{ij}, \quad (5)$$

де A_{ij} – множина всіх розмірів, що повинні бути проставлені на кресленнику;

A_{ij} – замикаюча ланка.

Розміри на кресленнику деталі створюють певні подетальні розмірні ланцюги. Складові розміри цих ланцюгів одержують на певних технологічних переходах (операціях). Замикаючий розмір визначається в результаті виконання всіх технологічних переходів. У цьому розмірі накопичуються похибки складових розмірів, що виникають під час виготовлення деталі. Тому в якості замикаючих ланок вибирають найменш відповідальні розміри деталі, які на кресленнику не проставляють, і подетальні розмірні ланцюги залишаються незамкнутими.

Якщо замикаючою ланкою є габаритний розмір, або розмір, який необхідно проставити з технологічної точки зору, то його вказують на кресленнику як довідковий.

Розміри, що не витримуються за даним кресленником і наведені для зручності користування кресленником, називають довідковими. До них відносять:

- розміри, які замикають розмірні ланцюги;
- розміри, перенесені з кресленників вихідної заготовки;
- розміри елементів, які обробляються спільно зі спряженою деталлю (наприклад, отвори під штифти).

Довідкові розміри при виготовленні деталі не контролюють.

Евристика 4. Схема розмірних зв'язків необроблюваних поверхонь і система розмірних зв'язків оброблюваних поверхонь повинні зв'язуватись лише одним розміром за кожним координатним напрямом.

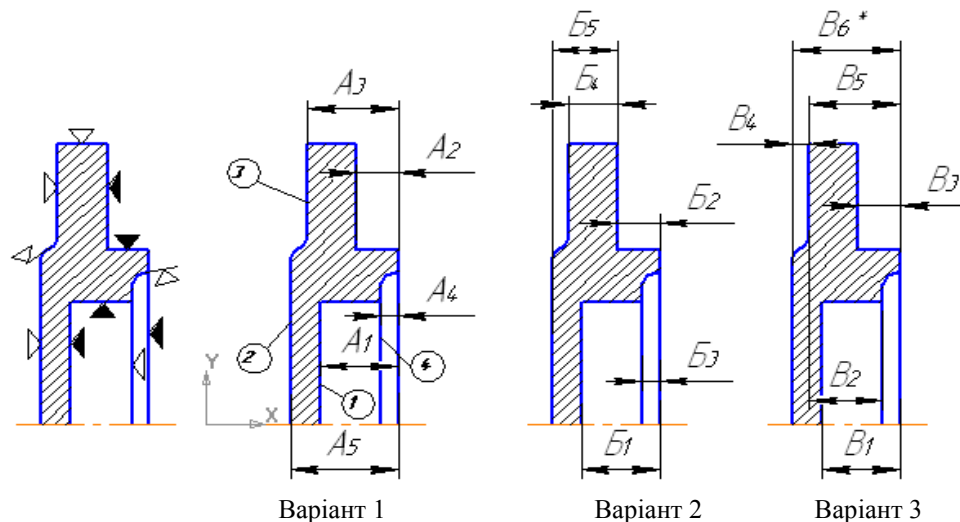


Рис. 4. Схеми розмірних зв'язків кришки підшипникового вузла з необроблюваними (∇) і оброблюваними (▼) поверхнями

За варіантом 1 всі розміри неправильно задані від правого механічно оброблюваного торця. Необроблювані поверхні з оброблюваними зв'язані розмірами A_3, A_4, A_5 , тому їх точність буде залежати від точності лиття та від прийнятої чорнової бази (пов. 1, 2, 3 чи 4).

Варіант 2 ще гірший, оскільки необроблювані поверхні 1,4 і 2,3 задані від різних оброблюваних поверхонь (відповідно розмірами B_1, B_3 і B_4, B_5).

Правильне проставляння розмірів виконано за варіантом 3: система розмірних зв'язків необроблюваних поверхонь (розміри B_2, B_4) і система розмірних зв'язків оброблюваних поверхонь (розміри B_1, B_3) зв'язані лише одним розміром B_5 .

Габаритний розмір B_6^* проставлений як довідковий.

Вказане можна виразити як:

$$\forall O_i \in O \exists! H_j \in H ; \quad O \ni H, \quad (6)$$

де O – оброблювані поверхні,

H – необроблювані поверхні

Евристика 5. Нанесення розмірів повинно бути таким, щоб під час виготовлення деталі найточніший її розмір мав найменшу накопичену похибку.

Розв'язання зазначених задач досягається забезпеченням потрібної точності окремих параметрів (розмірів, поворотів) деталі, виявивши які можна сформулювати технологічні задачі обробки. Тому, за креслеником деталі виявляються взаємозв'язки її поверхонь з урахуванням функцій, що виконуються конкретними поверхнями деталі в складальній одиниці.

Кожний виконуваний розмір є замикаючим в якомусь технологічному розмірному ланцюгу і відхилення його дорівнює сумі відхилень розмірів, що входять до цього розмірного ланцюга. При виборі баз розглядаються технологічні розмірні ланцюги, що містять розміри (відносні повороти), які зв'язують оброблювані поверхні і бази. В цьому випадку довжина розмірного ланцюга, в який входить розглядуваний розмір, визначається тими базами, які беруть участь в утворенні цього розміру.

Бази забезпечать виконання розмірів з допустимими відхиленнями, якщо виконуваний розмір будуть входити в розмірні технологічні ланцюги, що містять найменшу кількість ланок, тобто за принципом найкоротшого шляху.

Вказане може бути виражене системою залежностей:

$$\left. \begin{aligned} \omega_{um} &\rightarrow \min \\ \omega_{um} &< \sum_{i=1}^k \omega_i \\ T_{um} &\leq \omega_{um} \\ T_k &\leq \omega_k \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

де ω_{um} – похибка найточнішого розміру;

k – кількість розмірів розмірного ланцюга;

ω_i – похибки розмірів, що впливають на найточніший розмір;

T_k – допуск k -того розміру;

ω_k – похибка цього розміру.

Розрізняють три основні способи проставлення розмірів: ланцюговий, координатний та комбінований.

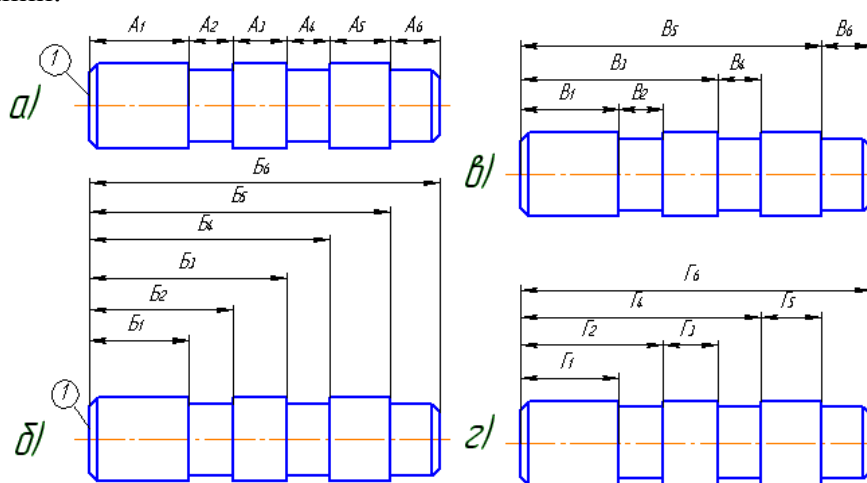


Рис.5. Способи проставлення розмірів

Ланцюговий спосіб забезпечує точність розташування кожного наступного елемента відносно попереднього (рис.5 а). Проте точність розташування елементів відносно деякої загальної бази 1 послідовно зменшується:

$$\omega_{B_1} = \omega_{A_1}, \dots, \omega_{B_6} = \omega_{A_1} + \omega_{A_2} + \omega_{A_3} + \omega_{A_4} + \omega_{A_5} + \omega_{A_6} \quad (8)$$

Спосіб використовують, наприклад, для відстаней отворів у корпусах зубчастих передач, де важливі якраз ці розміри.

За координатним способом проставляють від однієї бази 1 (рис.5 б), чим забезпечується точність відстаней всіх елементів від бази, однак при цьому зменшується точність відстаней між окремими елементами.

Наприклад, $\omega_{A_2} = \omega_{B_1} + \omega_{B_2}$, $\omega_{A_5} = \omega_{B_4} + \omega_{B_5}$.

За комбінованим способом (рис.5 в, г) частина розмірів проставляється за ланцюговим, а частина – за координатним способом, щоб зменшити похибки найважливіших розмірів відповідно до функціонального призначення деталі. Так, при ланцюговому способі ширина проточок витримується точно, але точність їх розташування послідовно зменшується. При координатному способі, навпаки, забезпечується точність розташування проточок, але зменшується точність їх ширини. Комбінований спосіб забезпечує прийнятну точність як розташування, так і ширини проточок.

Виходячи з виявлених розмірних зв'язків і вимог до точності та якості поверхонь, визначають і формулюють основні технологічні задачі. Правильне розв'язання цих питань багато в чому визначає точність і економічність виготовлення деталі.

Евристика 6. Розміри, що визначають відстані між необроблюваними поверхнями, повинні замикатися між собою, утворюючи окремі (що не включають у себе інших розмірів) подетальні ланцюги.

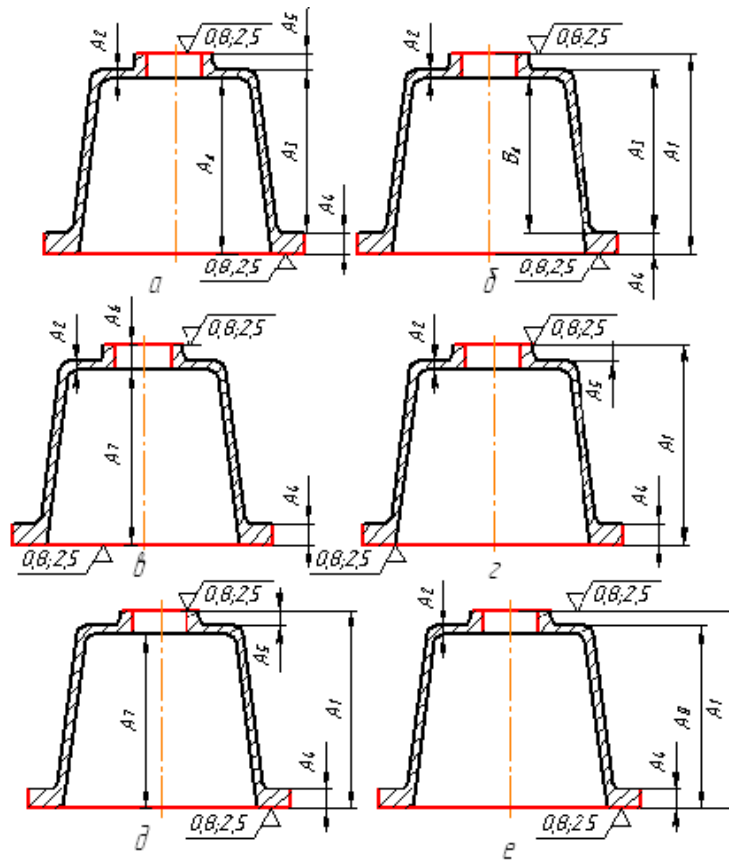


Рис. 6. Проставляння зв'язків необроблюваних поверхнь:
 а, б – правильно; в, з, д, е – неправильно

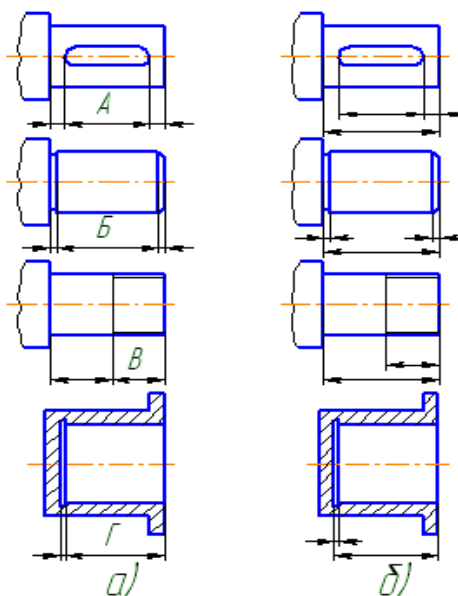


Рис.7. Неправильне (а) і правильне (б) про-
 ставляння розмірів елементів вала і тул-
 ки

Першим кроком до формалізації евристики 6 може бути вираз:

$$A \not\sim B, \quad (9)$$

де A – множина розмірів між необроблюваними поверхнями;

B – множина всіх інших розмірів.

Евристика 7. розміри повинні проставлятися, враховуючи послідовність механічної обробки, оскільки механічно оброблювані поверхні утворюються на різних операціях (переходах).

Як видно з рисунка 7, розміри, проставлені від канавки, фаски, різі та інших подібних елементів, незручні для вимірювання, оскільки не мають яскраво вираженої розвинутої вимірювальної бази. Не маючи вузького допуску, ці елементи конструкції можуть знизити точність основних розмірів $A, B, B, Г$.

Евристика 8. Розміри належить проставляти узгоджено з положенням заготовки під час об-

робки (як її бачить робітник). Наприклад, (рис.8) на головному виді кришки розміри для токарної операції, а на виді зліва – для свердлильної.

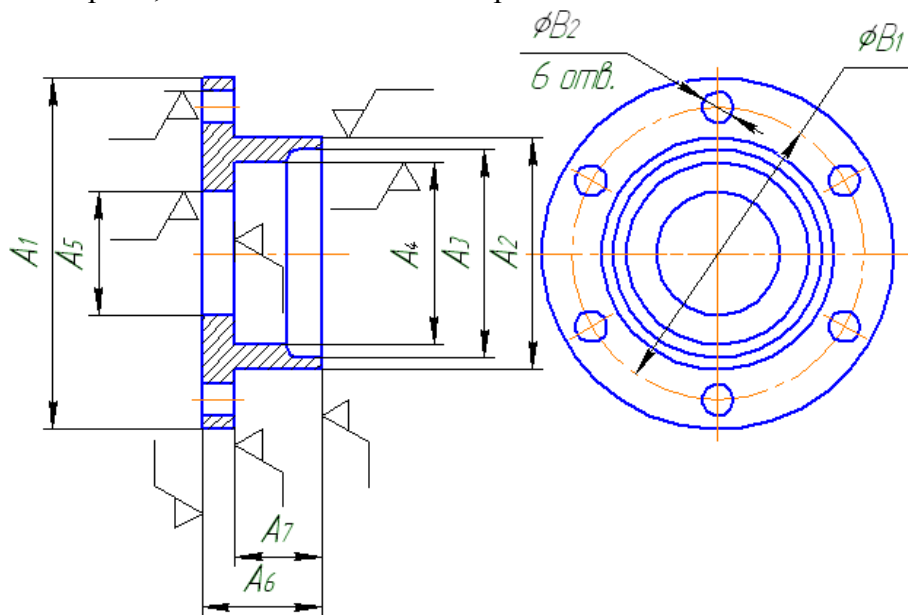


Рис. 8. Проставляння розмірів узгоджено з положенням заготовки під час обробки

Евристика 9. Проставляння розмірів, які визначають розташування кріпильних отворів, повинне враховувати спосіб їх розмічання і свердління.

В одиничному і дрібносерійному виробництвах, коли не вимагається забезпечення взаємозамінності деталей (вузлів), до точності розташування кріпильних отворів не пред'являють високих вимог, важлива лише можливість входження кріпильних деталей (болтів, гвинтів, шпильок) і можливість кріпильних з'єднань.

При цьому зазвичай у меншій з двох з'єднуваних деталей (наприклад, в кришці) кріпильні отвори свердлять за розміткою. Для забезпечення збігу цих отворів з отворами спряженої деталі (наприклад, в корпусі), їх розмічають за отворами кришки або свердлять без розмічання за цими отворами, як по кондуктору.

Якщо на координуючій деталі (плиті, рамі) розташовується декілька вузлів (наприклад, редуктор, електродвигун тощо) (рис. 9), щоб забезпечити суворо визначене їх положення (наприклад, збіг осей валів електродвигуна і редуктора), то виконують попереднє складання з вивіркою відносного положення вузлів, після чого розмічають і свердлять отвори в координуючій деталі по кріпильних отворах спряжених вузлів.

Координати отворів приєднуваних деталей (вузлів) у креслениках проставляють як довідкові, а в кресленіку плити (рами) вказується обробка отворів по приєднувальній деталі (вузлу).

У середньо- і великосерійному виробництвах, коли потрібно забезпечити взаємозамінність деталей, кріпильні отвори свердлять за кондуктором.

У кресленіках спряжених деталей проставляють координати осей всіх кріпильних отворів з граничними відхиленнями і розміри, які визначають відносне положення взаємозв'язаних груп отворів.

Евристика 10. Для всіх розмірів повинні вказуватись граничні відхилення, виключаючи довідкові розміри, розміри зон різного ступеня точності, шорсткості чи термообробки поверхні, розміри фасок, галтелей, довжину нарізної частини болтів, гвинтів та інших подібних елементів через низькі вимоги до точності цих розмірів.

Евристика 11. Вибір раціонального способу проставляння розмірів визначається конструктивними і технологічними вимогами для кожної конкретної деталі.

Для цього за складальним креслеником виробу визначають основні бази деталей, від яких проставляють спряжені розміри, що найбільше впливають на якість роботи. Всі інші розміри задають від технологічних баз.

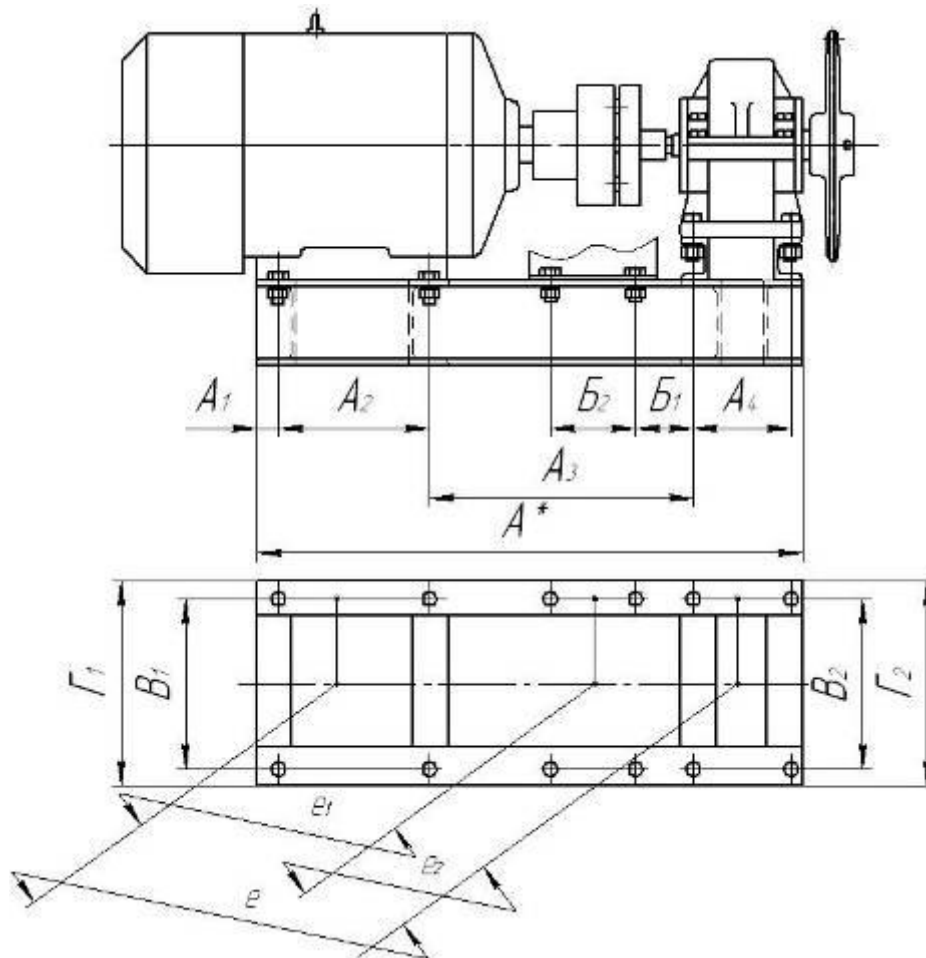


Рис. 9. Типові розміри зв'язки кріпильних отворів рами приводної станції

Висновки

Завдяки розглянутим евристикам можна визначити потрібний метод нанесення розмірів залежно від службового призначення, необхідної точності та відносного розташування деталей у складальній одиниці. Адже вдале нанесення розмірів дозволяє значною мірою не лише підвищити точність та взаємозамінність виробу, але й зменшити трудомісткість його виготовлення.

Формалізація наведених евристик дозволить полегшити автоматизацію нанесення розмірів.

Список використаних джерел

1. Размерный анализ конструкций: справочник / С. Г. Бондаренко, О. Н. Чередников, В. П. Губий, Т. Н. Игнатцев; под общ. ред. канд. техн. наук С. Г. Бондаренко. – К.: Техника, 1989. – 150 с.
2. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / Бронштейн И.Н. Семендяев К. А. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 706 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 996 с.