

## **Тема: ОЦІНКА СТУПЕНЯ ДОСКОНАЛОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТУ З ДОПОМОГОЮ КРИТЕРІЇВ РОЗВИТКУ**

**Мета:** вивчити методику виділення набору критеріїв для заданих технічних об'єктів, дати опис кожного виділеного критерію, провести порівняльну оцінку ступеня досконалості заданих технічних об'єктів.

### ***Порядок виконання роботи***

1. На підставі виданого завдання виділити набір критеріїв для оцінки ступеня досконалості ТО.
2. Описати кожен з вибраних критеріїв.
3. Визначити значення вибраних критеріїв.
4. Скласти звіт по практичній роботі.

### ***Теоретичні відомості***

**Критерій розвитку технічного об'єкту (ТО)** – це параметр або показник, що характеризує ТО і впродовж тривалого часу має тенденцію монотонної зміни або тенденцію підтримки на певному рівні, досягши своєї межі. Критерії розвитку ТО всіма усвідомлюються як міра досконалості та прогресивності і роблять дуже сильний вплив на розвиток окремих класів ТО і техніки в цілому. Значення критеріїв розвитку особливо важливе для фахівців, щ прагнуть перевершити рівень кращих світових досягнень.

Будь-який ТО, як правило, має декілька критеріїв розвитку, і тому принцип прогресивного розвитку полягає для кожного нового покоління ТО в покращенні одних і не погіршенні інших критеріїв.

Всі критерії можна розбити на 4 групи:

- функціональні, такі, що характеризують найважливіші показники реалізації функції ТО;
- технологічні, характеризуючі можливість і простоту виготовлення ТО;
- економічні, такі, що визначають тільки економічну доцільність реалізації функції за допомогою того, що розглядається ТО;
- антропологічні, пов'язані з питаннями людського чинника або дії на людей позитивних або негативних чинників, викликаних створеним ТО.

На рис. 1 представлена класифікація критеріїв розвитку ТО, що реалізують різні функції. Цей перелік не претендує на вичерпну повноту.

Приведемо узагальнені характеристики всіх груп критеріїв розвитку.

### **Функціональні критерії розвитку ТО**

– Класифікація критеріїв розвитку представлена на рис. 1.

Оскільки функції ТО характеризуються різними показниками, то практично неможливо дати вичерпний перелік функціональних критеріїв. Нижче приведені деякі найбільш функціональні критерії, що часто діють.

**Критерій продуктивності** завжди може бути обчислений або змірянй. Структура формули для обчислення критерію і одиниці вимірювання продуктивності можуть бути різними.

Наприклад:

– для електробритви

$$K_{n.e.} = 1/T_{c.p.}, 1/\text{год},$$

– для чайника

$$K_{n.ч.} = V/T, \text{ л}/\text{год},$$

– для вантажного автомобіля

$$K_{в.а.} = G \cdot V_{c.p.}, \text{ т} \cdot \text{км}/\text{год},$$

де  $T_{c.p.}$  – середній час гоління однієї людини даною електробритвою, год;

$V$  – об'єм чайника, л;

$T$  – час нагріву води до кипіння, год;

$G$  – вантажопідйомність автомобіля, т;

$V_{c.p.}$  — середня робоча швидкість автомобіля, км/год.

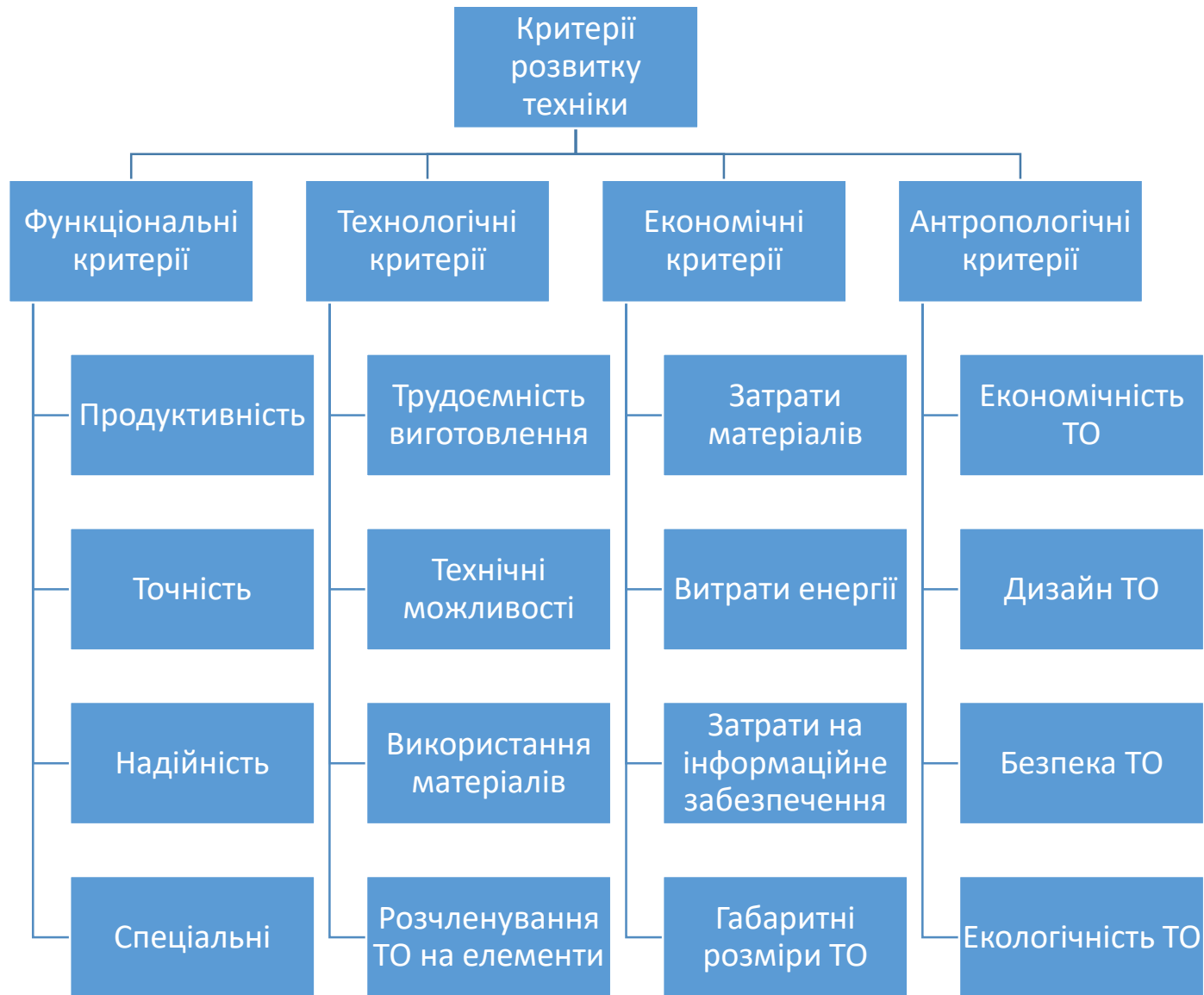


Рисунок 1. Класифікація критеріїв розвитку

Критерій продуктивності залежить від ряду параметрів, що певним чином впливають на продуктивність праці. До них відносяться:

1. Швидкість обробки об'єктів (число оборотів або операцій в одиницю часу, швидкість руху робочих органів машини, протікання хімічних процесів і т.п.

2. Фізичні і хімічні параметри (температура, тиск, напруга та ін.), що певним чином впливають на інтенсивність обробки об'єкту (предмету обробки).

3. Ступінь механізації праці рівний відношенню механічної роботи, виконуваної тільки ТО, до всієї роботи, що виконується спільно ТО і людиною.

4. Ступінь автоматизації праці рівний відношенню числа операцій, що керується і виконуються тільки ТО, до загального числа операцій, що керуються і виконуються сумарно ТО і людиною.

5. Безперервність процесу обробки рівна відношенню числа операцій, що виконуються з використанням безперервних процесів, до загального числа операцій з використанням безперервних і переривистих процесів дії на предмет обробки (під безперервними процесами розуміється обертальний, поступальний, потоковий рух без істотного зниження швидкості або безупинна обробка; під переривистими процесами – зворотно-поступальний рух, операції із зупинками або перериваннями технологічного процесу при переході до наступної операції і т.п.).

**Критерій точності** включає наступні критерії: точність вимірювання, точність попадання в ціль, точність обробки матеріалу і речовини, точність обробки потоку енергії, точність обробки потоку інформації.

**Критерій надійності** включає критерії: безвідмовність, довговічність, спадковість, ремонтпридатність.

Критерії ступеня механізації і автоматизації, безперервності процесу обробки, вірогідності безвідмовної роботи, ремонтпридатності визначені так, щоб вони змінювалися від 0 до 1, їх зростання пов'язане з покращенням критерію.

Критерії продуктивності, точності і надійності є монотонно зростаючими функціями. Актуальність і вага цих критеріїв завжди були вищі в порівнянні з іншими групами критеріїв.

## *Технологічні критерії розвитку ТО*

Ці критерії направлені на всесторонню економію затрат праці на виготовлення ТО і підготовку його до експлуатації. Можна виділити чотири основні технологічні критерії.

**Критерій трудомісткості виготовлення ТО** рівний відношенню сумарної трудомісткості  $T_c$  проектування, виготовлення і підготовки до експлуатації до його головного показника ефективності  $Q$ , тобто

$$K_{\text{труд.}} = \frac{T_c}{Q}. \quad (1)$$

Головний показник  $Q$  вибирають так, щоб критерій  $K_{\text{труд.}}$  об'єктивно відображав прогресивний розвиток тих, що розглядаються ТО. Наприклад, для двигуна це потужність, для вантажного транспорту – маса вантажу, що перевозиться, в одиницю часу, для оброблювальних машин – продуктивність, для мостів – корисне навантаження і так далі.

**Критерій технологічних можливостей** можна визначити за формулою:

$$K_{\text{т.м.}} = \varepsilon \frac{K_c A_c + K_y A_y + K_{H1} A_{H1} + K_{H2} A_{H2}}{A_c + A_y + A_{H1} + A_{H2}}, \quad (2)$$

$$\text{де } \varepsilon = \begin{cases} 1, \text{ якщо } A_{H3} = 0; \\ 0, \text{ якщо } A_{H3} > 0; \end{cases}$$

$K_c, K_y, K_{H1}, K_{H2}$  – вагові коефіцієнти (наприклад  $K_c = 1, K_y = 0,5, K_{H1} = 0,2, K_{H2} = 0,01$ );

$A_c, A_y, A_{H1}, A_{H2}, A_{H3}$  – відповідно число стандартних, уніфікованих, оригінальних елементів, що не викликають ускладнень при виготовленні, але створюють значні, але вирішуванні труднощі які викликають принципово нові, поки нездоланні технічні проблеми.

Значення  $K_{\text{т.м.}}$  знаходяться в інтервалі  $[0;1]$ . Покращення критерію пов'язане із зростанням його значення, проте його все ж таки не можна віднести до монотонно зростаючих функцій.

**Критерій використання матеріалів** розраховують по наступній формулі:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i q_i}{\sum_{i=1}^m K_i p_i} \quad (3)$$

де  $i = 1, 2, \dots$  – номери використовуваних різних матеріалів;

$q_i$  – маса  $i$ -го матеріалу, використовуваного в ТО;

$K_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го матеріалу, наприклад,

$K_i = C_i / C_0$ ;

$C_i$  – вартість одиниці маси  $i$ -го матеріалу;

$C_0$  – вартість одиниці маси основного матеріалу;

$p_i$  – маса  $i$ -го матеріалу, витраченого на виготовлення елементів ТО;

$m$  – число деталей в ТО.

Критерій використання однорідних матеріалів може бути розрахований по спрощеній формулі:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{\sum_{i=1}^m q_i}{\sum_{i=1}^m G_i} \quad (3, \text{а})$$

де  $i = 1, 2, \dots$  – номери деталей в ТО;

$q_i$  – вага готової  $i$ -ої деталі;

$G_i$  – вага заготовки  $i$ -ої деталі;

$m$  – число деталей в ТО.

Критерій  $K_{\text{в.м.}}$  монотонно зменшується і приймає значення в інтервалі  $[0; 1]$ . Іноді може бути стрибкоподібне зростання, пов'язане з переходом на нові технології або дешевші матеріали.

**Критерій розчленовування ТО на елементи  $K_p$**  відображає оптимальне розчленовування ТО на вузли і деталі, яке значно спрощує технологію розробки, доведення, виготовлення, ремонту і модернізації виробів, є основою для уніфікації і стандартизації. Значення  $K_p$  знаходяться в інтервалі  $[1; \dots]$ . Зважаючи на складність визначення цього критерію не даватимемо його математичний вираз.

## **Економічні критерії розвитку ТО**

**Критерій витрати матеріалів** рівний відношенню певної маси технічної системи  $G_n$  до її головного показника ефективності  $Q$  (останній вибирають відповідно до рекомендацій при розгляді критерію трудомісткості виготовлення):

$$K_m = \frac{G_n}{Q}, \quad (4)$$

де  $G_n$  – рівна чисельнику у формулі (3), тобто

$$G_n = \sum_{i=1}^m K_i q_i.$$

Критерій  $K_m$  – монотонно спадна функція.

**Критерій витрати енергії** визначають так:

$$K_E = \frac{W_n + E}{QT}, \quad (5)$$

де  $W_n$  – повна витрата енергії за час експлуатації ТО;

$E$  – витрати енергії при виготовленні ТО;

$T$  – час експлуатації ТО;

$Q$  – головний показник ефективності ТО.

У інженерній практиці часто використовують ще одну модифікацію критерію витрати енергії, звану коефіцієнтом корисної дії:

$$K_E = \frac{W_0}{W}, \quad (6)$$

де  $W_0$  – корисна робота (енергія);

$W$  – витрачена робота (енергія).

Цей критерій є монотонно спадаючою функцією за умови подібності головного показника ефективності, значення  $K_E$  знаходяться в інтервалі  $[0; 1]$ .

**Критерій витрат на інформаційне забезпечення** став актуальний останнім часом у зв'язку із зростанням витрат на

підготовку і обробку інформації при створенні і експлуатації ТО з використанням комп'ютерів.

Критерій витрат на інформаційне забезпечення введений у вигляді відношення:

$$K_{i.з.} = \frac{S}{Q}, \quad (7)$$

де  $S$  – витрати на підготовку і обробку інформації, включаючи вартість або експлуатацію комп'ютерів, розробку (або оренду) програмного та інформаційного забезпечення і т.д..

Критерій  $K_{i.з.}$  є монотонно спадаючою функцією. Проте він може мати стрибки, коли додаткові значні витрати  $S$  пов'язані з переходом на принципово нову, перспективну обчислювальну техніку, яка відразу не дає випереджаючого підвищення ефективності ТО.

**Критерій габаритних розмірів** ТО рівний відношенню основних габаритних розмірів  $V$  до його ефективності  $Q$ :

$$K_2 = \frac{V}{Q}. \quad (8)$$

Якщо найбільш важливим є зниження об'єму ТО, то  $V = LBH$  якщо зниження займаної площі представляється важливішим показником, ніж об'єм, то  $V = LB$ , якщо найбільш важливим з габаритних розміром є зменшення лінійного розміру, то  $V = L$  ( $L$ ,  $B$ ,  $H$  – відповідно довжина, ширина і висота ТО).

Критерій  $K_2$  як правило, є монотонно спадаючою функцією за умови порівняння різних поколінь ТО поодинці і тому ж показнику ефективності.

### *Антропологічні критерії розвитку ТО*

**Критерій ергономічності ТО.** Властивість системи «людина-машина» змінювати свою ефективність залежно від ступеня використання можливостей людини-оператора називають ергономічністю. Ефективність системи при цьому в першу чергу виражається через функціональні критерії розвитку ТО (див. вище).



Критерій ергономічності рівний відношенню ефективності системи, що реалізовується, «людина-машина» до максимально можливої ефективності цієї системи, тоді:

$$K_{epg} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{W_i^p}{W_i^{\Pi}}, \quad (9)$$

де  $W_i^p$  – реалізований рівень (значення) ефективності системи людина-машина по  $i$ -ому показнику;

$W_i^{\Pi}$  – потенційний рівень (значення) ефективності, який відповідає ефективності гіпотетичної системи «людина-машина» з оптимальним для даного часу рівнем використання можливостей людини;

$\alpha_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го показника ефективності, вибраний з умови

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1;$$

$n$  – число показників ефективності тих, що розглядаються ТО, істотно залежних від ступеня використання фізичних і психічних можливостей «людини-оператора».

Значення  $K_{epg}$  лежать в інтервалі  $[0;1]$ , монотонно зростають.

**Критерій дизайну ТО** можна визначити так:

$$K_{кр} = K_1 + K_2 = \gamma_1 n_1 + \gamma_2 n_2 \quad (10)$$

де  $K_1 = \gamma_1 n_1$  – сумарна естетична дія при виготовленні ТО;

$n_1$  – число працівників, що беруть участь у створенні дизайну ТО в процесі його виготовлення;

$\gamma_1$  – ваговий коефіцієнт від 10 до 100 залежно від ступеня участі працівника в створенні дизайну ТО;

$K_2 = \gamma_2 n_2$  – сумарна естетична дія, яка надає ТО своїм виглядом і функціонуванням;

$n_2$  – сумарне число людей, що випробовують естетичну дію від вигляду і функціонування ТО;

$\gamma_2$  – характер і ступінь естетичної дії ТО ( $\gamma_2 = +3$  (або  $-3$ ), якщо ТО викликає сильні позитивні (або негативні) емоції;  $\gamma_2 = +1$  (або  $-1$ ), якщо ТО викликає середні позитивні (або негативні) емоції;  $\gamma_2 = 0$ ,

якщо ТО нейтральний, тобто не викликає естетичної дії на тих, що оточують).

Можна додати  $K_{kp}$  безрозмірну форму:

$$K_{kp} = \frac{\gamma_1 n_1 + \gamma_2 n_2}{n_0}, \quad (11)$$

де  $n_0$  – число всіх жителів в області, регіоні і тому подібне.

**Критерій безпеки ТО.** Багато ТО, а також продукція, що випускається ними, і використана сировина можуть мати на працюючих і оточуючих людей різні шкідливі дії. Критерій безпеки ТО можна визначити за формулою:

$$K_{\sigma} = \sum_{i=1}^n \beta_i \gamma_i \frac{S_i}{S_i^H}, \quad (12)$$

де  $n$  – число шкідливих і небезпечних чинників;

$\beta_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го чинника, вибраного відповідно до градації по тяжкості шкідливих і небезпечних дій ТО за умови, що

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1;$$

$\gamma_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го шкідливого або небезпечного чинника, що приймає наступні значення:  $\gamma_i = 1$  при  $S_i \leq S_i^H$ ;  $\gamma_i = 1 / \min \beta_i S_i > S_i^H$ ;

$S_i$  – величина  $i$ -го шкідливого або небезпечного чинника, викликаного ТО, що розглядається, (це може бути вірогідність легкої або важкої травми, рівень радіації, звукове або вібраційне навантаження, концентрація отруйливих речовин і так далі);

$S_i^H$  – нормативне значення (гранично допустиме)  $i$ -го шкідливого або небезпечного чинника.

Легко бачити, що за умови не порушення нормативів, коли все  $S_i \leq S_i^H$ , критерій  $K_{\sigma}$  приймає значення в інтервалі  $[0; 1]$ . При порушенні будь-якого з нормативів  $K_{\sigma} > 1$ .

**Критерій екологічності ТО** або критерій збереження навколишнього середовища повинен регулювати взаємодії між природою і ТО з погляду комфортності і можливості життя людей.

Критерій екологічності в загальному вигляді можна виразити так:

$$K_{ек} = \frac{S_H + S_K}{S_0}, \quad (13)$$

де  $S_H$  – площа території (суші і води), на якій поодинці або декількома чинниками є неприпустимі (вище за норму, але нижче критичних) забруднення або зміни;

$S_k$  – площа території, на якій поодинці або декількома чинниками є критичні забруднення або зміни, при яких життя людини стає смертельно небезпечним або неможливим;

$S_0$  – вся площа країни (або регіону), яка повинна бути постійною величиною для ряду об'єктів ТО.

Критерій виник в ХХ столітті. Значення його знаходиться в інтервалі  $[0; 1]$ .

**При порівнянні двох ТО**, якщо критерії розвитку для них однакові і для кількісної оцінки використовувалися шкали відносності, можна розрахувати коефіцієнт досконалості одного ТО по відношенню до іншого ТО за формулою:

$$K_{II} = \sum_{i=1}^n \Theta_i \left( \frac{K_i^A}{K_i^B} \right)^p, \quad (14)$$

де  $\Theta_i$  – вага  $i$ -го критерію розвитку, вибрана з умови  $\sum_{i=1}^n \Theta_i = 1$ ;

$K_i^A$  і  $K_i^B$  –  $i$ -ий критерій розвитку відповідно для ТО А і Б;

$p$  – показник ступеня ( $p = 1$ , якщо при зростанні  $i$ -го критерію розвитку ТО покращується, наприклад, як для критерію продуктивності, дизайн і т.д.;  $p = -1$ , якщо при зростанні  $i$ -го критерію розвитку ТО погіршується, наприклад, критерій трудомісткості виготовлення, критерій витрати матеріалів і т.д.).

Якщо  $K_c < 1$ , то це означає, що ТО Б технічно досконаліший ТО А, і навпаки при  $K_c > 1$  – ТО А досконаліший ТО Б. При значенні  $K_c = 1$  можна вважати, що ТО А і Б однаковою мірою досконалі.

## *Хід роботи*

Визначимо умови і вимоги, за допомогою яких для будь-яких ТЕ можна виділити критерії розвитку.

**Умова вимірюваності.** За критерії розвитку можуть бути прийняті тільки такі параметри ТО, які допускають можливість кількісної оцінки по одній з шкал вимірювань: шкалі відносин, шкалі інтервалів, шкалі порядку.

Шкала відносин – шкала, зміна розмірності якої не викликає змін відношення одного вимірювання до іншого (шкала піддається перетворенню типу  $y = cx$ ).

Шкала інтервалів – шкала, що володіє властивістю рівномірності, тобто інтервал між двома сусідніми показниками засобу вимірювання в різних частинах шкали однаковий. Властивістю рівності відносин двох вимірювань шкала не володіє. Наприклад, температура кипіння води за шкалою Цельсія  $t_{C1} = 100^{\circ}\text{C}$ , за шкалою Фаренгейта –  $t_{F1} = 212^{\circ}\text{F}$ , кімнатна температура відповідно  $t_{C2} = 18^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{F2} = 64,4^{\circ}\text{F}$ . При нагріванні води від кімнатної температури до кипіння її температура змінилася в  $n_C = \frac{100^{\circ}\text{C}}{18^{\circ}\text{C}} = 5,56$  раз по шкалі Цельсія і в  $n_F = \frac{212^{\circ}\text{F}}{64,4^{\circ}\text{F}} = 3,29$  раз за шкалою Фаренгейта.

Шкала порядку – шкала, в якій будь-якій впорядкованій множині можна співвіднести ряд чисел (наприклад, номери груп студентів в інституті або номери студентів по журналу групи). Перерахованими вище властивостями шкала не володіє.

Перевага віддається шкалі відносин, але якщо вона неприйнятна, то шкалі інтервалів і в останню чергу – шкалі порядку.

**Умова співставності.** Критерій повинен мати такі одиниці вимірювання, які дозволяють зіставити ТО для різних країн і часів. Краще всього підходять безрозмірні і питомі величини.

**Умова виключення.** За критерії цієї умови можуть бути прийняті такі параметри ТО, які в першу чергу характеризують його ефективність і роблять домінуючий вплив на його розвиток.

**Умова постійності.** За критерії можуть бути прийняті такі параметри ТО, для яких завжди має місце умова виключення.

**Умова мінімальності і незалежності.** Всі сукупності критеріїв розвитку повинно містити тільки такі, які не можуть бути логічно виділені з інших критеріїв або не можуть бути їх прямим слідством.

Після виділення набору критеріїв розвитку для тих, що цікавлять ТО потрібно дати їх опис. Такий опис повинен включати наступні відомості:

1. Суть критерію, час і причини його виникнення.
2. Формула або спосіб вимірювання критерію, включаючи вказівку шкали або одиниці вимірювання.
3. Діапазон і характер зміни значень критерію в часі.
4. Оцінка ступеня спільності критерію:
  - а) критерій має відношення до даного класу ТО з однаковими функціями;
  - б) критерій має відношення до декількох класів ТО з різними функціями, але певними властивостями;
  - в) критерій має відношення до ТО з різними функціями.
5. Оцінка зміни відносній значущості (актуальності) критерію у минулому і майбутньому:
  - а) актуальність зростає;
  - б) залишається незмінною;
  - в) знижується.
6. Основні способи і засоби покращення критерію.

Методику оцінки ступеня досконалості ТО за допомогою критеріїв розвитку розглянемо на прикладі порівняльної оцінки ступеня досконалості різця з напаяною пластинкою (ТО А) і різця з механічним кріпленням змінної багатогранної пластинки (ТО Б). На рис. 2 зображений ТО А, що складається з ріжучої пластинки 3, яка припаяна твердим припоєм 2 до корпусу різця 1. На рис. 3 зображена схема кріплення змінної багатогранної пластинки (СМП) 3 до корпусу різця 1. Для цього використовуються: опорна пластинка 2, кріпильні гвинти 4 і 7, притискач 5 і пружина 6.

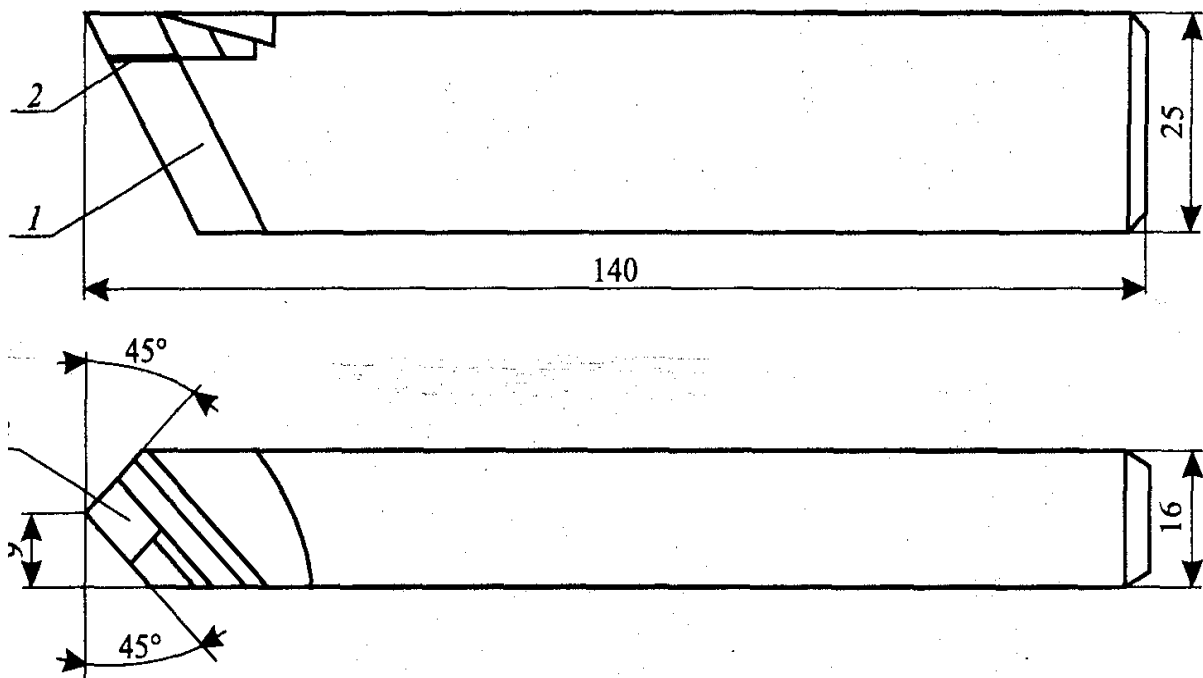


Рисунок 2 – Різець з напаяною пластинкою (ТО А)

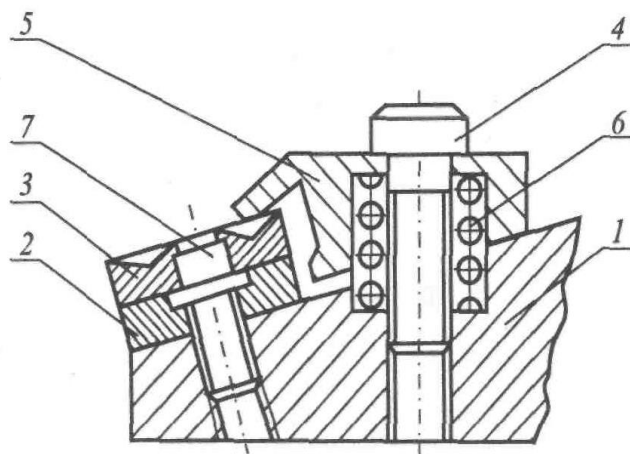


Рисунок 3 – Схема кріплення змінної багатогранної пластинки на різці

### Функціональні критерії

**Критерій продуктивності** виник на зорі розвитку техніки. В рамках цього критерію для даного прикладу можна виділити два критерії:

- а) швидкість різання –  $K_v = K_{різ}$ , м/хв;
- б) твердість пластинки –  $K_{ТВ} = HRA$  (вважаємо, що пластинки у обох різців із сплаву Т15К6).

Шкали для обох критеріїв – шкали відносин. По ступеню спільності критерії мають відношення до даного класу ТО з

однаковими або близькими функціями. Актуальність цих критеріїв у найближчому майбутньому зростає. Для зростання критеріїв можна рекомендувати застосування як матеріал пластинок матеріали з вищою стійкістю в значно ширшому діапазоні температур.

Значення критеріїв для ТО А і Б відповідно рівні:

$$K_v^A = 0,85a, \text{ м / хв};$$

$$K_v^B = a, \text{ м / хв};$$

$$K_{TB}^A = 88; \quad K_{TB}^B = 90,$$

де  $a$  – значення швидкості різання, залежна від умов обробки.

Критерій точності виник з появою необхідності виготовлення виробів не поштучно, а деякими партіями. При цьому деталі, що підлягають складанню, повинні виконуватися з певною точністю. В рамках цього критерію можна виділити критерій точності обробки матеріалу або речовини, яка залежить від жорсткості різця і його зносостійкості. Жорсткість різця з напаяної пластинкою (ТО А) вища, а зносостійкість нижче в порівнянні з різцем із змінною багатогранною пластинкою. Величину критерію можна визначити за формулою:

$$K_T = \frac{F}{J} + Lu, \text{ мкм}$$

де  $F$  – сила, що діє на різець, Н;

$J$  – жорсткість різця, Н/мкм;

$L$  – довжина шляху різання, км.;

$u$  – питома зношення, мкм/км.

В силу того, що  $L \cdot u \gg \frac{F}{J}$ , останній можна не брати до уваги і знехтувати ним, тоді  $K_T \approx Lu$ , приймемо  $K_T$  для  $L=1$  км для обох різців (ТО А і Б), тоді:

$$K_T^A = u^A = 7, \text{ мкм};$$

$$K_T^B = u^B = 5, \text{ мкм}.$$

Шкала вимірювань критерію – шкала відносин. Критерій має тенденцію до зменшення (при цьому точність зростає). По ступеню

спільності критерій має відношення до даного класу ТО з однаковими або близькими функціями. Актуальність критерію зростає. Основний спосіб покращення аналогічний способу покращення критерію продуктивності.

**Критерій надійності** виник приблизно одночасно з критерієм точності і включає наступні критерії:

а) безвідмовність  $K_{\sigma} = \rho$ ,

де  $\rho$  – вірогідність безвідмовної роботи;

б) довговічність  $K_{д} = \kappa T$ ,

де  $\kappa$  – число періодів стійкості (для ТО А це максимальна кількість переточувань різця, після яких корпус різця йде в металобрухт або ремонт (фрезерування поверхні під нову пластинку і її напаявання), а для ТО Б – добуток максимальної кількості поворотів змінної багатогранної пластинки після зносу чергової грані на кількість цих пластин, які можна встановлювати на один і той же корпус до виникнення необхідності його ремонту або відправки в металобрухт);  $T$  – період стійкості, хв.

в) ремонтоздатність  $K_{рем} = x$ ,

де  $x$  – частка різців з пошкодженими пластинками (ТО А) або іншими деталями (ТО Б), придатних для ремонту.

Критерії а і в змінюються від 0 до 1 критерій б монотонно зростає. Шкали вимірювань – шкали відносин. По ступеню спільності критерії мають відношення до декількох класів ТО з різними функціями, але певними загальними властивостями. Актуальність критеріїв зростає. Для покращення критеріїв необхідне виготовлення пластинок з матеріалів більш ударно твердих, покращення технології виготовлення і складання у напрямі усунення внутрішнього напруження.

Значення критеріїв:

$$K_{\sigma}^A = 0,98; K_{\sigma}^B = 0,96; K_{д}^A = 11 \cdot 60 = 660, \text{ хв};$$
$$K_{д}^B = 6,7 \cdot 70 \cdot 60 = 28140, \text{ хв}; K_{рем}^A = 0,15; K_{рем}^B = 0,95;$$

Значення  $K_{д}^B$  визначено для круглої твердосплавної пластини. Період стійкості для обох ТО прийнятий рівним 60 хв.



## **Технологічні критерії**

**Трудомісткість виготовлення** – один з найстародавніших критеріїв, визначається за формулою (1).

По ступеню спільності критерій має відношення до декількох класів ТО з різними функціями. Актуальність критерію залишається незмінною. Зменшення критерію трудомісткості виготовлення ТО можна досягти при зменшенні витрат часу на проектування (використання уніфікації і стандартизації, методу агрегування, систем автоматизованого проектування для розробки конструкцій ТО і технологій їх виготовлення), виготовлення (застосування продуктивніших технологій) і підготовку до експлуатації (застосування конструкцій різців, що дозволяють проводити налаштування на розмір поза верстатом).

Як головний показник ефективності використовуватимемо довжину шляху різання, який витримує один корпус різця за період терміну його служби:

$$Q = V_{\text{різ}} kT,$$

де  $V_{\text{різ}}$  – швидкість різання, м/хв.;

$k$  – число періодів стійкості;

$T$  – період стійкості, хв.

Сумарна трудомісткість рівна:

$$T_c^A = 240 \text{ хв}; T_c^B = 1080 \text{ хв}.$$

Тоді маємо:

$$K_{\text{труд}}^A = \frac{240}{0,85 \cdot a \cdot 660} = \frac{0,428}{a}, \text{ хв} / \text{м};$$

$$K_{\text{труд}}^B = \frac{1080}{a \cdot 28140} = \frac{0,0385}{a}, \text{ хв} / \text{м};$$

**Критерій технологічних можливостей** почав набувати значимості з часу розвитку складних машин, що випускаються великими серіями, визначається за формулою (2).

По ступеню спільності критерій має відношення до ТО з будь-якою функцією. Актуальність критерію зростає. Для покращення критерію необхідно скорочувати число оригінальних елементів за рахунок їх стандартизації і уніфікації.

Для різців, зображених на рис. 2 і рис. 3 маємо:

а) різець з напаяної пластинкою:

$A_c^A = 1$  (пластинка),  $A_y^A = 1$  (корпус різця), тоді

$$K_{т.м.}^A = \frac{1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1}{1 + 1} = 0,75;$$

б) різець зі змінною багатогранною пластинкою:

$$A_c^B = 2$$

(пластинки ріжуча і опорна),

$$A_y^B = 5$$

(два гвинти, пружина, притиск і корпус різця), тоді

$$K_{т.м.}^B = \frac{1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 5}{2 + 5} \approx 0,64.$$

**Критерій використання матеріалів** існує з глибокої старовини, коли з'явився вибір і відбір матеріалів для досягнення певних цілей, розраховується за формулою (3). Шкала вимірювань – шкала відносин. Критерій монотонно зменшується. По ступеню спільності критерію відноситься до ТО з будь-якою функцією. Відносна значущість висока і залишається незмінною. Для покращення критерію необхідне використання безвідходних технологій і дешевих матеріалів.

Для виготовлення різців використовують чотири матеріали: конструкційну сталь, пружинну сталь, припой і твердий сплав. Якщо прийняти вартість конструкційної сталі рівної  $b$ , то вартість пружинної сталі складе  $1,3b$ ; припою –  $5b$  і твердого сплаву –  $10b$ . Маса корпусу різця для обох ТО приблизно однакова і рівна  $0,250$  кг (на виготовлення корпусів різців витрачено конструкційній сталі –  $0,400$  кг для ТО А і  $0,450$  для ТО Б). Для ріжучої і опорної пластинки з твердого сплаву маси складають по  $0,0025$  кг (витрата матеріалу –  $0,003$  кг); пружини –  $0,0015$  кг (витрата пружинної сталі –  $0,0018$  кг); гвинтів –  $0,003$  і  $0,006$  кг (витрата конструкційної сталі –  $0,0033$  і  $0,0067$  кг); притискача –  $0,012$  кг (витрата пружинної сталі –  $0,024$  кг) і

припою – 0,0005 кг (при витраті 0,00055 кг). Коефіцієнти використання матеріалів для ТО А і Б рівні:

$$K_{e.m.}^A = \frac{0,25 \frac{b}{b} + 0,0025 \frac{10b}{b} + 0,0005 \frac{5b}{b}}{0,400 \frac{b}{b} + 0,003 \frac{10b}{b} + 0,00055 \frac{5b}{b}} = 0,641;$$

$$K_{e.m.}^B = \left[ (0,25 + 0,003 + 0,006 + 0,012) \frac{b}{b} + 0,0025 \frac{10b}{b} + 0,0015 \frac{1,3b}{b} \right] :$$

$$\left[ (0,45 + 0,0033 + 0,0067 + 0,024) \frac{b}{b} + 2 \cdot 0,003 \frac{10b}{b} + 0,0018 \frac{1,3b}{b} \right] = 0,591$$

Критерій розчленовування ТО на елементи не визначаємо зважаючи на складність його визначення і вважаємо однаковими для ТО А до Б.

### ***Економічні критерії розвитку ТО***

**Критерій витрати матеріалів** – один з найстародавніших критеріїв, визначається за формулою (4), монотонно зменшується. По ступеню спільності критерій відноситься до ТО з будь-якими функціями. Відносна значущість критерію залишається незмінно високою. Покращення може бути досягнуте за рахунок зниження ціни матеріалів і за рахунок підвищення ефективності виробу. Значення  $K_m$  для об'єктів А і Б:

$$K_m^A = \frac{0,25 \frac{b}{b} + 0,0025 \frac{10b}{b} + 0,0005 \frac{5b}{b}}{0,85a \cdot 660} = \frac{0,000495}{a} \text{ кг / м};$$

$$K_m^B = \left[ (0,25 + 0,003 + 0,006 + 0,012) \frac{b}{b} + 2 \cdot 0,0025 \frac{10b}{b} + 0,0015 \frac{1,3b}{b} \right] :$$

$$:(a \cdot 28140) = 0,0000114 / a, \text{ кг / м.}$$

Серед критеріїв, що залишилися, найбільше значення має критерій безпеки ТО, проте по цьому критерію об'єкти однаково небезпечні, тому визначення цього критерію не проводимо.

Відповідно до формули (14), зважаючи значимість критеріїв рівними 0,1 кожен, маємо:

$$K_c = \sum_{i=1}^{10} \Theta_i \left( \frac{K_i^A}{K_i^B} \right)^p = 0,1 \frac{0,85a}{a} + 0,1 \frac{88}{90} + 0,1 \left( \frac{7}{5} \right)^{-1} + 0,1 \frac{0,98}{0,96} + 0,1 \frac{660}{28140} + 0,1 \frac{0,15}{0,95} +$$

$$+ 0,1 \left( \frac{0,428/a}{0,0385/a} \right)^{-1} + 0,1 \frac{0,75}{0,64} + 0,1 \frac{0,641}{0,591} + 0,1 \frac{660}{28140} + 0,1 \frac{0,15}{0,95} + 0,1 \left( \frac{0,000495/a}{0,0000114/a} \right)^{-1} = 0,611 < 1$$

Значить ТО Б досконаліше ТО А.

### ***Зміст звіту***

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Ескіз вузла.
4. Розрахунки значень вибраних критеріїв і їх опис.
5. Висновки.
6. Література.

### ***Контрольні питання***

1. Що ви розумієте під терміном критерій розвитку ТО?
2. Назвіть основні групи критеріїв.
3. Які критерії відносяться до функціональних?
4. Які критерії відносяться до технологічних?
5. Які критерії відносяться до економічних?
6. Які критерії відносяться до антропологічних?
7. Які шкали вимірювань ви знаєте?
8. Що повинен містити опис критерію?
9. Дайте опис одного з критеріїв (по вибору).
10. Яким чином можна провести порівняння ступеня досконалості двох або більше об'єктів?

## *Література*

1. Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник [Текст] / А.К. Горошкин. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник. – Т.1 [Текст] / А.Д. Локтев, І.Ф. Гушин, В.А. Банщев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.
3. Половинкин, А.И. Методы инженерного творчества: Учеб. пособие [Текст] / А.И. Половинкин. – Волгоград: ВОЛГПИ, 1984. – 346 с.
4. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов [Текст] / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
5. Холл, А.Д. Опыт методологии для системотехники / Пер. с англ. [Текст] / под ред. Г.Н. Поварова. – М.: Сов. Радио, 1975. – 448 с.