якщо розглядати машину, або складний виріб, картина ускладнюється тим, що мають місце категорії процесів, з різною швидкістю перебігу.

На машину діють і швидкоплинні процеси і процеси середньої швидкості і ті, що протікають поволі. Крім того кожен виріб або машина, характеризується декількома вихідними параметрами і її зона працездатності, в загальному випадку, описується в *n*-мірному фазовому просторі.

При цьому за рахунок ремонту і технічного обслуговування можуть частково або повністю відновлюватися втрачені.

ТЕМА 6. ГРАНИЧНИЙ СТАН ВИРОБУ

6.1. Встановлення гранично допустимих значень вихідних параметрів

Граничний стан характеризує вихід виробу за межі працездатного стану. У всіх розглянутих раніше моделях відмов рахувалося, що значення X_{max} відоме. Але для оцінки надійності складного виробу і для забезпечення необхідних нормативно-технічних показників необхідно встановити гранично допустимі значення всіх тих параметрів, елементів та деталей, від яких залежить працездатність виробу в цілому.

Гранично допустимий стан може бути встановлений як для ступеня пошкодження виробу (U_{max}), так і для вихідного параметру виробу (X_{max}).

Встановлення X_{max} є основним, оскільки саме зміна вихідного параметра визначає область працездатності виробу. Крім того, умову $X < X_{max}$ легко контролювати.

Оскільки зміна вихідних параметрів виробу є наслідком пошкодження його окремих елементів, для відновлення працездатності необхідно вирішувати питання які з елементів виробу, потребують ремонту або заміни через недоступний ступінь пошкодження. Тому поряд з призначенням X_{max} необхідно встановлювати U_{max} для елементів, які приймають участь у формуванні вихідного параметра.

При цьому може бути три основних випадки взаємозв’язку між X_{max} та U_{max}.

1. Вихідний параметр визначається, в основному, одним видом пошкодження

$$X_{\max} = kU_{\max}$$

2. Вихідний параметр визначається сумарним пошкодженням елементів з урахуванням їх впливу через певне передаточне відношення k_i

$$X_{\max} = \sum_{1}^{n} k_i U_{i\max}$$

3. Вихідний параметр зв'язаний з граничним пошкодженням елементів складною функціональною залежністю

$$X_{\max} = \varphi(U_1; U_2; ...U_n).$$

Отже, граничний стан за ступенем пошкодження ($U_{\max}$) повинен призначатися, виходячи з допустимих відхилень вихідного параметра $X_{\max}$ з урахуванням залежності між $X_{\max}$ і $U_{\max}$.

6.2. Критерії оцінки граничного стану за вихідним параметром

Основним критерієм граничного стану виробу є те екстремальне значення параметра, що допускається технічними умовами на виріб. Однак сам хід процесу зміни вихідних параметрів і наявність зон їх стрімкого зростання також служить критерієм для встановлення максимально допустимих значень $X_{\max}$.

Можливі три основних групи критеріїв:

1. В результаті зносу або інших пошкоджень відбувається стрибкоподібна зміна стану виробу і він перестає функціонувати (див. рис. 6.1). Наприклад, втрата герметичності резервуара при корозії, заклинювання механізму при його зносі, поломка деталі через крихке руйнування. В цьому випадку за вихідним параметром важко оцінювати близькість виробу до граничного стану і більш доцільно регламентувати максимально допустиме пошкодження $U_{\max}$.

2. У результаті процесу пошкодження має місце зона інтенсивного зростання вихідних параметрів виробу – ріст вібрацій, температури, шуму. Для цієї групи необхідно встановлювати значення $X_{\max}$, що відповідає початку інтенсифікації процесу втрати працездатності.

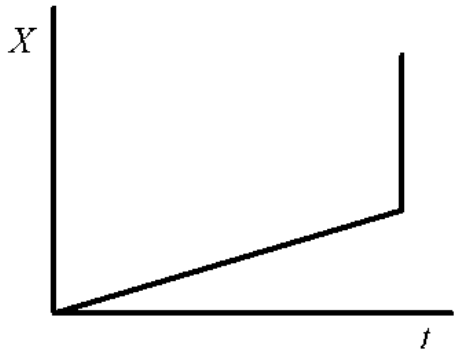


Рисунок 6.1 – Стрибкоподібна зміна вихідного параметра виробу

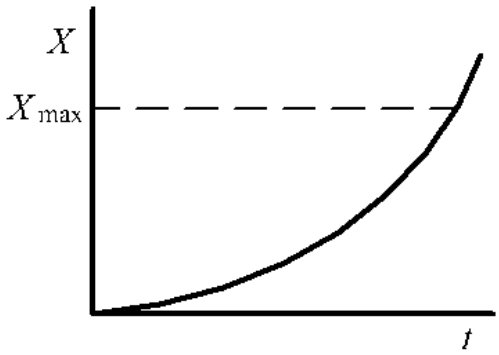


Рисунок 6.2 – Зміна вихідного параметра виробу зі зростаючою інтенсивністю

3. Основний випадок призначення X_{max} – коли процес пошкодження не має екстремальних зон і вихідні параметри визначаються встановленими на виріб технічними умовами.

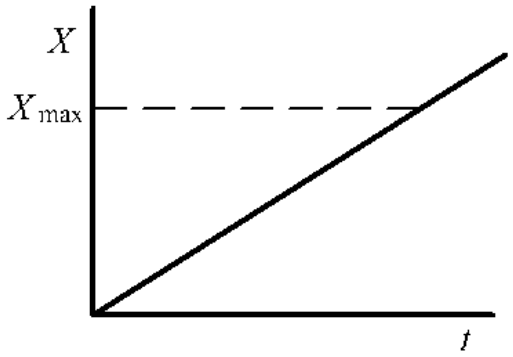


Рисунок 6.3 – Зміна вихідного параметра виробу без екстремальних зон

6.3. Регламентація граничних станів в нормативно-технічній документації

Прагнення до створення якісних виробів призводить до підвищених вимог до його вихідних параметрів і росту їх кількості. При встановленні номенклатури регламентованих параметрів повинні враховуватись наступні фактори.

Ефективність роботи машини, що визначається її призначенням. Експлуатаційні показники визначають рівень розвитку машини і складають основний зміст ТУ на неї, у яких повинні бути вказані граничні значення вихідних параметрів.

Небезпека подальшої експлуатації машини може обмежити значення окремих параметрів, хоч ефективність її роботи при цьому може бути достатньо високою (робоча температура і тиск мастила, його забруднення).

Шкідливий вплив на навколишнє середовище хоча безпосередньо і не пов'язаний з ефективністю роботи та небезпекою подальшої експлуатації машини має вагоме значення. У відповідних нормативних документах встановлюються обмеження на шум машини, склад викидів, рівень радіації, вібрації та ін.

Подібна картина буде мати місце при оцінюванні впливу роботи окремих елементів та механізмів машини на інші її елементи. Тепловиділення, вібрації, деформації та інші зміни в працюючому вузлі можуть не впливати на його функціонування, але чинити суттєвий вплив на працездатність інших вузлів та машини в цілому.

Трудомісткість відновлення. Зміна вихідного параметра в допустимих межах може інколи призвести до такого пошкодження виробу, при якому відновлення втраченої працездатності буде пов'язане зі значною трудомісткістю.

При призначенні ТУ на граничні стани вихідних параметрів виробу вибираються лише ті, зміни яких можливі в процесі експлуатації. Якщо ж в процесі експлуатації даний вихідний параметр не змінюється, то в ТУ не встановлюються його граничні значення.

6.4. Максимально допустиме значення вихідного параметра, як випадкова величина

У випадку, коли встановлюються конкретні вимоги до виробу, гранично допустиме значення параметра є детермінованою величиною.

Однак в окремих випадках $X_{\max}$ може бути і випадковою величиною, яка має дисперсію. Це можливо у тому випадку, коли оцінюється вимога споживача до виробу і його параметрів. Наприклад, оцінюючи точність металорізального верстата даної моделі, можна враховувати його можливу роботу в різних умовах з різними вимогами до точності виробів, що на ньому обробляються.

В цьому випадку допустиме значення вихідного параметра буде характеризуватися математичним сподіванням і дисперсією, а схема виникнення відмови буде визначатися ймовірністю перетину двох зон: зони можливого існування параметра (зона стану) і зони працездатності.

6.5. Максимальні і допустимі значення параметрів з урахуванням системи ремонту

Для деталей і виробів, що ремонтуються при періодичних планових ремонтах, допустимі значення параметрів $X_{доп} \le X_{max}$.

Якщо протяжність міжремонтного періоду T_0, то за цей час параметр виробу зміниться на величину $\gamma_x T_0$, де γ_x – швидкість процесу зміни параметра.

Допустиме значення параметра $X_{доп}$, починаючи з якого при періодичних ремонтах виріб необхідно ремонтувати, буде рівним

$$X_{\text{доп}} = X_{\max} - \gamma_x T_0.$$

Враховуючи, що

$$\gamma_x = \frac{X_{доп}}{T},$$

де T – час роботи виробу до ремонту, одержимо

$$\mathrm{X_{доп}} = \mathrm{X_{max}} - \frac{\mathrm{X_{доп} T_0}}{\mathrm{T}},$$

звідки

$$\mathrm{X_{доп}} = \frac{X_{\max}}{1 + \frac{\mathrm{T_0}}{\mathrm{T_1}}}$$

Якщо K – ний періодичний ремонт, то час роботи виробу буде$\mathrm{T} = \mathrm{K} \cdot \mathrm{T_0}$, то

$$\mathrm{X_{доп}} = X_{\max} \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{K} + 1}$$

Формула вірна при γ_x = const, тобто при зміні вихідного параметра з постійною швидкістю від нуля до певного граничного значення.

Наприклад відомо, що точність обробки на верстаті повинна знаходитись в межах $\pm$ 0,05 мм, тобто $X_{\max}$ = 0,1 мм – допустима похибка. Чи потрібно

відновлювати точність верстата, якщо перед третім плановим ремонтом фактична похибка складає $X_ф$ = 0,08 мм. Розрахуємо $X_{доп}$.

$$\text{Х}_{\text{доп}} = 0{,}1 \cdot \frac{3}{3+1} = 0{,}075\text{мм} \leq \text{Х}_{\text{ф}}.$$

Хоча параметр $X_ф < X_{\max}$, але він вийде за допустимі межі на протязі міжремонтного періоду, оскільки $X_ф < X_{доп}$, що недопустимо, отже верстат потребує відновлення точності.

ТЕМА 7. КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ МАШИН

7.1. Безвідмовність об'єктів, що не ремонтуються

Безвідмовність неремонтовних об'єктів оцінюється такими показниками надійності: ймовірністю безвідмовної роботи, інтенсивністю відмов, середнім напрацюванням до відмови, гамма-процентним напрацюванням до відмови.

Імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ – це ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова об'єкта не виникає.

Нехай t – час, протягом якого треба визначити ймовірність безвідмовної роботи (напрацювання), T_1 – час роботи об'єкта до першої відмови. Тоді згідно з означенням імовірності безвідмовної роботи є справедливим вираз:

$$P(t) = P(T_1 \geq t).$$

Імовірність безвідмовної роботи звичайно визначають для невідновлюваних об'єктів за умови, що на початку заданого напрацювання об'єкт працездатний. У протилежному випадку .може розглядатися ймовірність невиникнення додаткової (наступної) відмови.

Конкретне значення ймовірності безвідмовної роботи має певний зміст лише тоді, коли воно поставлене у відповідність із заданим неперервним або сумарним напрацюванням, протягом якого можливе виникнення відмови. Іншими словами, про безвідмовність об'єкта не можна судити лише за значенням імовірності безвідмовної роботи, коли невідомо, якому значенню заданого напрацювання відповідає ця ймовірність.