

Підсекція «Прикладна механіка та машини»

УДК 677.055.621

РОЗРАХУНОК ПОДАТЛИВОЇ ГРАНІ КЛИНУ

Студ. З. М. Харченко, гр. БТ-16,
Науковий керівник доц. Л. М. Березін
Київський національний університет технологій та дизайну

Мета і завдання. Метою наукового дослідження є розв'язок задачі по забезпеченню на стадії проектування заданого прогину, довговічності та надійності податливої грані клину за критеріями жорсткості та втомленісної міцності.

Завдання – визначити геометричні параметри податливої грані клину та перевірити її на міцність за критерієм втомленості.

Об'єкт дослідження. Клин замкової системи в'язальних машин.

Методи та засоби дослідження. Використано положення нормативно-технічних документів щодо розрахунків деталей на міцність, напрацювання з опору матеріалів, математичної статистики та теорії ймовірностей.

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Полягає в розробці комплексного підходу до дослідження міцності та надійності втомленісної міцності податливих граней клинів на основі розрахунків, які регламентовані керівними документами та існуючими розробками. Результати статті сприяють підвищенню точності прийнятих конструкторських рішень.

Результати дослідження. Розробка проектного та перевірного розрахунків податливої грані клину на втомленісну міцність та обґрунтованого вибору її раціональних параметрів

Перспективним напрямком підвищення довговічності голок в'язальних машин є удосконалення конструкцій клинів з податливою робочою гранню (ПРГ).

Досліджується традиційна її конструкція, яка утворена пазом, який розміщений вздовж робочої поверхні клину. В якості характеристичного критерію вибрана обмежена, попередньо задана довговічність голок в циклах навантаження до втомленісного руйнування. Розрахункову схему клину з ПРГ представляли балкою з жорсткими закладеннями. Для плоскої системи паралельних сил, яка є двічі статично невизначеною, класичним підходом отримано залежності для прогину балки

$$\delta = -\frac{2}{3} \frac{F}{EJ_z} \frac{x^2(l-x)^3}{(3(l-x)+x)^2} \quad 1)$$

та згинаючого моменту в небезпечному перерізі изгибающего момента в опасном сечении

$$M = F \cdot x \frac{(l-x)^2}{l^2} \quad \text{или} \quad M = F \cdot x \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2, \quad 2)$$

при умові $x < (l-x)$, де x - відстань від лівого закладення до точки прикладання сили F до балки; E - модуль пружності матеріалу клину; $J_z = bh^3/12$ - осьовий момент інерції перерізу балки з висотою h та шириною b сталого поперечного перерізу; l - робоча довжина балки.

Аналізуючи залежності (1) та (2) з урахуванням задання п'яткам голок певного робочого ходу вздовж ПРГ, приймали раціональне значення x в межах $\{0,225...0,25\}l$.

За вимогами до петлетворення на прогин ПРГ клину в точці удару накладено обмеження $[\delta_y] \leq 0,2$ мм. Тому проектний розрахунок геометричних параметрів ПРГ виконували за умовою пружності $\delta(x,b,h) \leq [\delta_y]$, використовуючи залежність (1). При $x = 0,25l$ та вибраній ширині b балки, маємо обмеження за її висотою:

$$h \geq 0,4393 \sqrt[3]{\frac{F}{Eb[\delta_y]}} l. \quad (3)$$

Оскільки для ПРГ клину неможливо забезпечити значний запас міцності (грань через обмежені розміри небезпечного перерізу є критичною за розмірами), то перевірний розрахунок виконуємо за обмеженою, попередньо заданою довговічністю N в циклах навантаження до її втомленісного руйнування. Використовували співвідношення між розрахунковим напруженням σ_a в небезпечному перерізі та граничним напруженням деталі за критерієм втомленісної міцності σ_{-1DN} при заданому числі циклів навантажень N , перевищення якого викликає руйнування.

Розрахункове напруження $\sigma_a = M / W_z$ визначали з урахуванням

$$W_z = bh^2 / 6 \quad \text{та} \quad M = F \cdot 0,25l \cdot \left(1 - \frac{0,25l}{l}\right)^2 = 0,141F \cdot l, \quad (4)$$

де b - задана ширина та h - розрахункова висота, яка обчислена за формулою (3).

Граничну амплітуду напружень σ_{-1DN} в ПРГ визначали з рівняння кривої втомленості деталі:

$$\sigma_{-1DN} = \sigma_{-1D} \sqrt[m]{N_G / N}, \quad (5)$$

де σ_{-1D} - границя втомленості ПРГ на згин при симетричному циклі навантажень; N_G - абсциса точки перегину кривої втомленості; m - параметр, який характеризує нахил ділянки кривої втомленості ПРГ. Значення σ_{-1D} звично визначають експериментально або аналітично. За типовою методикою $\sigma_{-1D} = \sigma_{-1} / K$, де K - сумарний коефіцієнт, який враховує вплив конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів на опір втомленості деталі. Рекомендовано вибирати K рівним 2,4. Значення σ_{-1} вибирають для матеріалів клинів – сталей ШХ15 ГОСТ 801-78 и Х12Ф1.

Якщо проектування ПРГ з великим запасом міцності неможливе, то перевірний розрахунок необхідно виконувати в ймовірнісній постановці. При такому підході напруження σ_a та σ_{-1D} розглядають як незалежні випадкові величини, які розподілені за нормальним законом з наступними параметрами: середніми значеннями $\bar{\sigma}_a$ і $\bar{\sigma}_{-1D}$, середнє квадратичними відхиленнями s_a і s_{-1D} або відповідними коефіцієнтами варіації v_a і v_{-1D} .

В розрахунках деталей серійного обладнання приймають $v_a = 0,15$, а сам коефіцієнт варіації навантажень домінує відносно v_{-1D} , який знаходиться в межах 0,09...0,136.

Ймовірність безвідмовної роботи P визначається як ймовірність того, що розрахункові напруження σ_a не перевищували граничні σ_{-1DN} , тобто $Ver(\sigma_a < \sigma_{-1DN})$. Числові значення P встановлювали за таблицею нормального розподілу в залежності від квантилю:

$$u_P = -\frac{\bar{\sigma}_{-1DN} - \bar{\sigma}_a}{\sqrt{S_{-1D}^2 + S_a^2}} = -\frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{\bar{n}^2 v_{-1D}^2 + v_a^2}}, \quad (6)$$

де $\bar{n} = \bar{\sigma}_{-1DN} / \bar{\sigma}_a$ - коефіцієнт запасу міцності за середнім нормальним напруженням.

Запропоновані теоретичні залежності та сукупність практичних підходів розширює можливості математичного обґрунтування при виборі раціонального конструкторського рішення при проектуванні клинів з ПРГ, дозволяють аналізувати їх ефективність за силою ударної взаємодії і доповнюють загальну методику визначення довговічності в'язальних голок з урахуванням пружно-демпфіруючих властивостей ПРГ клину в порівнянні з традиційною його конструкцією.