

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДУЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТІВ

канд техн. наук, проф. І.Е. Яковенко, д-р техн. наук, проф. О.А. Пермяков, асп. В.В. Сотниченко, НТУ "ХПИ", м. Харків

Сучасне машинобудування у процесі ремонту та модернізації обладнання все частіше використовує переносні портативні верстати, що значно скорочує витрати на логістику. Це сприяє зростанню ринку портативних верстатів, незважаючи на більш високу вартість такого обладнання, порівняно зі стаціонарними верстатами. Найбільш ефективний підхід до процесу проєктування в даному випадку це використання агрегатно модульного принципу, що дозволяє значно прискорити процес проєктування та виготовлення верстату за рахунок використання вже готових модулів, а також модулів, які вже були у використанні (бо однією з особливостей портативних верстатів є короткий цикл використання).

Перед деталізацією вибору компонентів, робочий контекст та код компонування верстата використовуються для визначення класу портативного верстата. Решта параметрів компонування уточнюються пізніше, під час розробки проєкту.

Одночасно, технологічний підхід до обробки об'єкту (тобто технологічна операція) визначається з урахуванням технічних та розмірних обмежень задачі: матеріал деталі та її фізико-механічні властивості, геометрія та розмір цільової поверхні, жорсткість системи обробки та інші фактори. Для прийнятого методу обробки вибирається (або, за необхідності, проєктується) ріжучий інструмент та визначаються його характеристики: тип; марка матеріалу (HSS, твердий сплав, кераміка тощо); геометричні параметри (розміри ріжучої крайки, кути тощо); інші характеристики.

Наступним кроком є визначення параметрів процесу різання для вибраної операції. Типові параметри включають подачу (S), швидкість різання (V), швидкість шпинделя (n), силу різання, крутний момент (M) та споживану потужність (N)

Використовуючи зібрані дані про процес різання та попередньо визначений варіант компонування, команда конструкторів починає створювати структуру портативного верстата: вибираючи моделі силових агрегатів, стандартизованих механізмів перетворення руху, шпиндельних блоків та інших стандартизованих модулів портативних верстатів. Процедура прийняття рішень дозволяє оптимізувати кілька критеріїв – зазвичай вартість, розміри та вагу – для досягнення ефективного рішення. Для вибору модуля ми формулюємо багатокритеріальну мету та обмеження.

Нехай C – загальна вартість, G – метрика габаритних розмірів, m – маса, $N_{\text{ср}}$ та $M_{\text{ср}}$ – номінальна потужність та крутний момент модуля-кандидата,

а N_{req} , M_{req} – необхідні значення процесу різання; нехай R позначає надійність, а I – показник сумісності інтерфейсу. Ми мінімізуємо зважену корисність:

$$J = W_C \cdot C + W_G \cdot G + W_m \cdot m - W_R \cdot R - W_I \cdot I$$

з урахуванням обмежень доцільності

$N_{\text{cap}} \geq N_{\text{req}}$, $M_{\text{cap}} \geq M_{\text{req}}$, $n_{\text{min}} \leq n \leq n_{\text{max}}$, $G \leq G_{\text{max}}$, $m \leq m_{\text{max}}$, $\text{stb} (K_{\text{stiff}}, n, \text{tool}) \leq \text{stb}_{\text{max}}$,

де n – робоча швидкість шпинделя в діапазоні модуля, K_{stiff} – ефективна жорсткість конструкції, а $\text{stb}(\cdot)$ – показник стійкості, отриманий з карт стійкості процесу.

Вагові коефіцієнти W_C , W_G , W_m , W_R , $W_I \geq 0$ відображають пріоритети проекту, визначаються конструктором і нормалізуються для додавання до 1. Коли дані постачальника мають інтервальні значення, застосовується робушна оптимізація шляхом заміни кожного атрибута X його найгіршим значенням X_{wc} у межах заданого діапазону допусків. Остаточний вибір - це \arg_{min} серед усіх можливих кандидатів, при цьому додаткові зв'язки розв'язуються нижчою вартістю життєвого циклу та вищою ремонтпридатністю.

Відповідні блоки портативного верстату можна отримати з внутрішнього каталогу, включаючи власні виробничі запаси на складі та продукцію найближчих партнерів, та з розширеної бази даних перевірених серійних постачальників, що особливо актуально для пневматичних двигунів та пов'язаних з ними приводів. За відсутності відповідного стандартизованого модуля проектуються необхідні оригінальні вузли та агрегати, а також розробляються спеціальні пристрої для забезпечення необхідної точності позиціонування та фіксації верстата під час монтажу.

Список літератури: 1. *I. Yakovenko, D. Shepeliev, V. Sharlay, A. Permyakov, S. Slipchenko, Yu. Havryliuk. Analysis and Synthesis of Mobile Portable Machine Tools Layouts. // International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) - 2022 pp 160–171. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15944-2_16.* 2. *R. L. Keeney and H. Raiffa, Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge University Press, 1993 - 569 с.* 3. *І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков, С.В. Басова, О.В. Котляр, О.О. Руденко* Забезпечення точності при обробці об'єктів важкого машинобудування портативними верстатами // № 1 (2023): Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР/ Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. № 1 2023. – С. 160–166. <https://doi.org/10.20998/2079-0775.2023.1.15>