

АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ВИТРАТ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ ТА РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Крисськов О.Д. (КНТУ, м. Кіровоград, Україна,)

Considered algorithm of evaluation of contribution of electric power cost and costs on instrument in CAM systems.

В роботі розглянуто алгоритм розрахунку витрат на електроенергію та ріжучі інструменти при виборі кращого з варіантів технологічного процесу при автоматизованому проектуванні його регламенту.

На ринку країн СНД пропонується досить багато програмних продуктів, які більшою чи меншою мірою автоматизують працю технолога-проектанта у підрозділах технічної підготовки основного виробництва. Після певної ейфорії 60-70 років відносно можливостей обчислювальної техніки по створенню повністю автоматизованих САПР технологічних процесів, переважна більшість програмного забезпечення, що має практичне застосування в машинобудівній промисловості, зорієнтована на діалоговий метод проектування регламенту технологічних процесів (РТП). При цьому мінімізація витрат нерідко відходить на задній план, а то і взагалі зникає. Очевидно її лівова частка буде мати місце у самому процесі виробництва. Але закладається вона при проектуванні РТП і визначається обґрунтованістю методик оптимізації прийнятих технологом рішень та можливістю математичного моделювання техніко-економічних показників проектуємих переходів та операцій. Методика діалогового проектування, яка нерідко зводилась до автоматизованого оформлення РТП на діалоговій основі, була актуальна у 80 роки минулого століття [1,2]. При такому проектуванні були відсутні алгоритми оптимізації чи, на гірший випадок, економічної оцінки технологічних рішень в момент їх прийняття. Широке розповсюдження діалогового методу проектування РТП пояснюється тим, що саме він, на відміну від різного роду формалізованих методик, у швидкоплинних умовах саме цього а не іншого виробництва, як правило, дає найбільш життєздатні, найбільш прийнятні варіанти, що має вирішальне значення при виборі структури проектуємого РТП.

Отже вчасно визнати досить актуальними призабуті, з різних причин, праці проф. Чарнко Д. В. [3], Великанова К.М. [4], Тілеса С.А. [5] та інших щодо економічної оцінки технологічних рішень, в яких закладені базові алгоритми щодо, структурної та параметричної оптимізації технологічних операцій і які - при високій продуктивності сучасних комп'ютеризованих систем - слід включати у процедури САПР РТП.

Мета даної статті уточнити деякі особливості оцінки технологічних рішень в системах проектування РТП в момент їх прийняття, і, на цій основі, виходячи з робіт вищезгаданих авторів, розробити робочий алгоритм такої оцінки. Ціль статті – використання її висновків та розробок в системах автоматизованого проектування РТП фрикційного формоутворення деталей.

Технологічну собівартість виконання операції в процесі проектування майбутнього РТП прийнято визначити як добуток часу її виконання (T) на вартість одиниці часу експлуатації верстата ($VarOdChasu$).

$$TexVarOp = T * VarOdChasu, \text{ грн.} \quad (1)$$

де, T – час, що нормується на виконання технологічної операції; в залежності від виду виробництва та відповідного методу нормування його називають у різних випадках по різному. Так, у одиничному чи дрібносерійному виробництвах (T) – просто технічна норма часу, у серійному - це штучно-калькуляційний ($T_{sht.k}$), а у масовому – штучний

(T_{sht}) час; вартість одиниці часу експлуатації верстата згідно нормативному методу¹ оцінки технологічної собівартості прийнято визначати виразом:

$$VarOdChasu = Zrob + ZaEn + VexRins + VexKins + AmVer + BiRver + VexOsn + VexP, \text{ грн/хв. } (2)$$

де враховано витрати за одиницю часу на: $Zrob$ – зарплату робітників (основного та допоміжного); $ZaEn$ – електроенергію, $VexRins$ – експлуатацію ріжучого інструмента; $VexKins$ – експлуатацію контрольного інструмента, $AmVer$ – амортизацію верстата; $BiRver$ – його біжучий ремонт, $VexOsn$ – оснащення (пристосування); $VexP$ – утримання приміщення.

Очевидно, що після вибору верстата, на якому буде виконуватись операція, інструменту, яким буде виконано перехід, та визначення режиму різання, з'являється можливість визначити величину витрат на електричну енергію та пов'язаних з експлуатацією інструменту, як суми витрат по цим статтям по всіх переходах операції. В даній роботі йдеться про алгоритми визначення цих двох складових витрат із числа приведених у виразі (2).

Витрати на електроенергію за час виконання операції, крім іншого, визначаються змістом її переходів. На етапі проектування j – того переходу i – тої технологічної операції, коли орієнтуючись на геометрію оброблюваної поверхні, матеріал деталі та інші фактори, визначається зміст переходу та вибирається ріжучий інструмент, уточнений розрахунок витрат на виконання технологічної операції пропонується визначити за виразом [4, стр. 53]:

$$ZaEnOp = \frac{[Nd * K_{xx}(T - Tosn) + Nd * K_{zp} * Tosn] * Kod * K_{ym}}{\eta * 60} * V_{kVch}, \text{ грн} \quad (3)$$

де, Nd – сумарна потужність двигунів, що встановлені на верстаті, кВт; T – час на виконання технологічної операції, хв; V_{kVch} – середня вартість однієї кіловат-години електроенергії грн/кВт–год, $Tosn$ – основний час, на виконання технологічної операції; а далі іде ряд коефіцієнтів: K_{xx} – завантаження електродвигуна по потужності на холостому та K_{zp} – на робочому ході; Kod – одночасності роботи двигунів, K_{ym} – втрат енергії у мережі підприємства; η – коефіцієнт корисної дії електродвигунів верстата.

Очевидно, що такий вираз може бути корисним при обрахуванні загальної кількості витрат на електроенергію на відділку цеха чи по цеху у цілому. Але для порівняння конкуруючих варіантів технологічних рішень він не придатний. В (2) пропонується визначати витрати на електроенергію через добуток сумарної потужності Nd установлених на верстаті двигунів на середні значення коефіцієнтів завантаження по потужності K_{xx} , K_{zp} та коефіцієнта, що враховує одночасність роботи двигунів Kod . Дійсно значна кількість верстатів має постійно установлених два, а нерідко три і більше двигуна. Так, широковідомий токарний верстат 1К62 має три двигуни: головного приводу (10 кВт), приводу насоса (0.125 кВт), який включається (на час використання МОР) та двигун швидких перемішень супортів – 1.0 кВт. Двигун головного приводу має суттєво різні значення коефіцієнту завантаження по потужності на робочому та холостому ходах, в той час як на протязі роботи двигуни приводу насоса МОР та приводу прискореного руху супортів (ДПР) мають незмінні і досить високі коефіцієнти завантаження, що пояснюється їх чіткою функціональністю. Однак, під час виконання операції перший з них може бути або включеним постійно, або на пев-

¹ Вартість одиниці часу експлуатації верстата є основою нормативного методу оцінки технологічної собівартості, очевидно, єдино можливою методикою економічної оцінки технологічних рішень у процесі проектування РТП

ний час, або виключеним взагалі, а другий працює періодично, в залежності від змісту операції. Наприклад, при виконанні переходів із задньої бабки ДПР не працює. Крім того, кожний з названих двигунів має свій, відмінний від інших режим роботи, що суттєво впливає на витрати енергії. До того ж потужність кожного з двох останніх двигунів на порядок менша потужності двигуна головного приводу. Тому побудувати більш менш точний алгоритм визначення фактичних витрат на електроенергію через осереднення коефіцієнтів завантаження по потужності та одночасності роботи установлених на верстаті двигунів досить проблематично. Справа суттєво спрощується, якщо враховувати витрати електроенергії на технологічну операцію як суму витрат по m двигунам, що фактично задіяні під час її виконання, за виразом:

$$ZatEnerOp = \sum_{n=1}^m ZaEn_n, \text{ грн} \quad (4),$$

де m – кількість установлених на верстаті двигунів; для прикладу: $n=1$ – головного приводу, $n=2$ – насосу МОР, та $n=3$ – прискорених рухів чи приводу розподільного валу (наприклад, для моделі верстата - 1Б140) тощо. Виходячи з [3], затрати на електроенергію по двигуну головного приводу природньо визначати через суму добутоків основного часу виконання j -того робочого переходу на ефективну потужність різання по всім i переходам складеною з добутком потужності, споживаємої двигуном енергії на холостому ходу під час виконання допоміжних операцій, за виразом (5)

$$ZaEn_1 = \frac{[Nd_1 * K_{xx}(T - \sum_{j=1}^i Tosn_j) + \sum_{j=1}^i (Nd_1 * K_{zp_j} * Tosn_j)] * K_{ym}}{\eta_1}, \text{ грн} \quad (5)$$

де j – біжучий номер переходу, а i – їх кількість у технологічній операції.

Витрати на електроенергію по двигуну насоса природньо визначати за виразом

$$ZaEn_2 = \frac{Nd_2 * K_{zp_2} * K_{ym} * K_{MOP} * T}{\eta_2} V_k V_{ch}, \text{ грн} \quad (6)$$

в якому K_{MOP} – коефіцієнт, що визначає частку того часу, на протязі якого двигун насосу працює за призначенням, по відношенню до нормативного часу виконання операції T ; якщо двигун насосу не виключається на протязі всієї операції, то $K_{MOP}=1$.

Витрати на електроенергію по третьому двигуну (для верстатів моделей 1К62, 1Д63, 1Д65 і інших подібних, що мають ДПР супортів визначаються за виразом

$$ZaEn_3 = Nd_3 * K_{zp_3} * K_{ym} * T * K_{pp} * t_{Vdr} * V_k V_{ch} / \eta_3, \text{ грн} \quad (7)$$

де K_{pp} – кількість прискорених переміщень супортів, що визначається згідно структури технологічної операції (на кожний перехід, який виконується з супортів верстата: по два рухи на підвід та відвід інструменту); t_{Vdr} – час виконання одного переміщення, який згідно експериментальних даних в середньому дорівнює (0.05-0.1хв.). Величину коефіцієнта завантаження по потужності K_{pt_j} для двигуна головного приводу по j -тому переходу технологічної операції можна визначити згідно виразу

$$K_{pt_j} = NefR_j / (Nd * \eta_j), \quad (8)$$

де $NefR$ – ефективна потужність різання на j -тому переході, що визначається за загальновідомими в теорії різання виразами, в залежності від типу інструменту, режиму різання, механічних властивостей матеріалу та інших факторів. η_j – ККД дії двигуна.

Як видно у виразах 5, 6, 7 коефіцієнт одночасності Kod завантаження двигунів зникає. Значення коефіцієнтів $K_{ym}=1.05$, $\lambda=0.65$ можна знайти в [4, стр 75], а K_{xx} та η у паспортних даних верстатів, чи вирахувати, опираючись на дані, що наводяться у

довідниках по проектуванню та експлуатації металорізальних верстатів. Зрештою, не виключено, що ті чи інші із згаданих коефіцієнтів можуть бути прийняті на основі власних корпоративних документів, норм, стандартів галузі чи підприємства.

Вартість експлуатації інструмента для виконання технологічного переходу, використовуючи ідеологію вищезгаданого нормативного методу, можна визначити як добуток вартості одиниці часу експлуатації інструмента (V_{xv}) на час різання (основний час) на j -тому переході.

$$ZatExRins_j = Tosn_j * V_{xv_j} \quad (9)$$

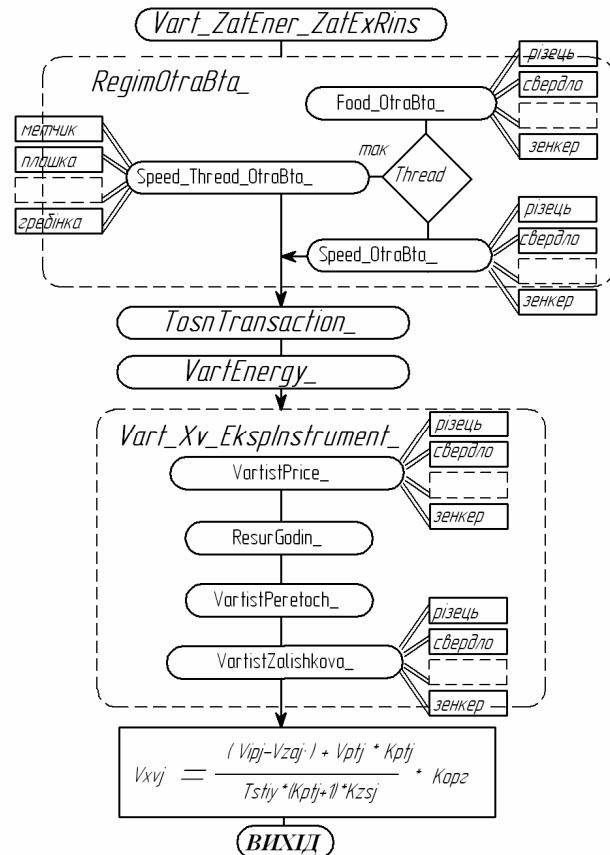


Рис.1. Блок-схема алгоритму розрахунку вартості витрат на електричну енергію та на інструмент по i -тому переходу (з включенням алгоритму призначенням режиму різання).

З блок-схеми витікає, що для розрахунку основного часу на j -тий перехід необхідно установити значення нормативної подачі, швидкості різання та обертів шпінделя з урахуванням паспортних даних верстата. Для переходів нарізання різі визначається тільки швидкість різання оскільки подача має відповідати кроку різі.

Вартість однієї хвилини експлуатації інструменту визначається згідно виразу:

$$V_{xv_j} = \left\{ \frac{(Vip_j - Vza_j) + Vpt_j * Kpt_j}{Tstiy_j * (Kpt_j + 1) * Kzs_j} \right\} * Korg, \text{ грн/хв} \quad (10)$$

який є похідним від аналогічних виразів, наведених в [7].

Чисельник формули (10) враховує всі витрати на інструмент за час його існування як різального інструменту. Ці витрати можна установити як різницю вартості інструменту згідно прайсу (Vip_j , грн) та його залишкової (Vza_j , грн) вартості (як мета-

лобрухту), що складена з добутком кількості переточок (Kpt_j) на вартість однієї переточки (Vpt_j , грн). Зміст знаменника – ресурс роботи інструменту в одиницях часу за весь період його існування, який краще визначати у хвилинах. Значення цього ресурсу можна установити як добуток періоду стійкості інструменту ($Tstiy_j$, хв.) між переточками на кількість переточок (Kpt_j) плюс одиниця (початкова заточка) з урахуванням поступового зниження стійкості інструменту в міру збільшення числа переточок коефіцієнтом Kzs_j [7]. При цьому кількість переточок (Kpt_j) визначається шляхом ділення допустимої для зносу довжини (товщини) ріжучої частини тіла (пластинки) інструменту (Lrb_j , мм) на норму переточки (Npt_j , мм) [7].

$$Kpt_j = \frac{Lrb_j}{Npt_j} \quad (11)$$

Відношення чисельника до знаменника у виразі (10) помножене на коефіцієнт $Korg$, що враховує організаційні моменти виробництва, пов'язані із закупкою, збереженням, обліком, складуванням, поломками (передчасним виходом інструмента з ладу [4, стр. 349]), випадковими втратами інструменту тощо визначає вартість однієї хвилини експлуатації інструменту.

Завершуючи зауважимо, що розробка алгоритмів оцінки витрат на електроенергію та на ріжучий інструмент як складових технологічної собівартості деталі є шлях до оптимізації технологічної операції по технологічній собівартості. На рисунку наведено алгоритм відповідних процедур. Бажано, щоб алгоритми таких розрахунків передбачали висвітлення (під наведеним на відповідну змінну курсором) значення вартості технологічного рішення в момент його прийняття, у зв'язку з чим бажано відповідні розрахунки, виконувати у паралельних потоках. В крайньому разі можна використати систему переривань, так щоб обчислення необхідних економічних показників виконувались, наприклад, під час роздумів технолога над прийняттям чергового рішення по структурі РТП. Складність реалізації розглянутих алгоритмів полягає у швидкоплинності цін на інструмент та різною його вартістю у різних виробників. З часом коливається і вартість електроенергії. Тому достовірність моделювання часткових і загальних параметрів оцінки витрат у процесі проектування РТП може бути забезпечена тільки повсякденною підтримкою бази даних підприємства в актуальному стані та наявністю у базі вищезгаданих коефіцієнтів.

Висновки: 1) Запропоновано алгоритми обчислення витрат на електроенергію та інструмент для порівняння переходів, виконаних різними інструментами по різних схемам різання, але з однаковими по кінцевому технологічному результату, які можуть бути використані при виборі кращої структури технологічної операції; 2) рекомендовано в процесі діалогового проектування структур РТП відповідні розрахунки часткових та інтегральних показників технологічної собівартості, виконувати у паралельних потоках (нитках) обчислень

Список литературы: 1. Система автоматизированного оформления регламентов технологических процессов на ЭВМ для серийного многономенклатурного производства Криськов О.Д. - Автоматизация производственных процессов в машиностроении и приборостроении, вып.23. Респ. межвед. науч.техн. сборник. Львов:Вища школа.Изд-во при Львов. ун-те, 1984, с.119-126. 2. Аграновский А.Л., Ланда В.М. Проектирование технологических процессов с использованием автоматов.- К.: Техніка, 1985.-96с. (Б-ка передового опыта. Технология пр-ва).3. Чарнко Д. В. Основы выбора технологического процесса механической обработки. -

М.:Машиностроение, 1963. -319с. 4. Расчеты экономической эффективности новой техники. Справочник. Под ред. докт. техн. наук, проф. К.М. Великанова. - Л.:Машиностроение, 1975.- 430с. 5.Тиллес С.А. Экономика технологических процессов. Изд. 2-ое, М., Машиностроение, 1964, -229стр. 6.. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы. – М.:Машгиз, 1962, -272 с. 7. Волович В.А. и др. Нормирование расхода режущего инструмента в машиностроении. Справочник. –Мн.:Беларусь, 1989, -176с.

Сдано в редакцию 02.02.07

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СФЕРИЧЕСКИХ РОТОРОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Кулешова А.В.(Ассоциация «Наматехсис» ОИМ НАНБ, Минск, Беларусь)

Dynamic rotor model in the form of hemisphere on the air cushion is presented in this article. Analysis of vertical and horizontal rotor oscillations depending on structural parameters of centrifugal machine is realized. Equation of constraint between horizontal rotor oscillations and vertical drive oscillations is proposed.

Для современного машиностроения характерна тенденция к выпуску высокопроизводительного оборудования, работающего на высоких скоростях вращения роторов. Типичным примером такого технологического оборудования являются центробежно-ударные дробилки, широко применяемые для измельчения твердых материалов в различных областях промышленности, в том числе горнодобывающей. Производительность и надежность таких установок во многом определяется динамической нагруженностью их основных элементов, в частности сферических роторов на воздушной подушке с вертикальным расположением оси вращения. Повышение надежности таких установок может быть достигнуто путем уменьшения их виброактивности, вызванной дисбалансом вращающихся элементов. Основная задача исследования состоит в создании динамической модели для корректного описания динамических процессов, выбора по ней наиболее рациональных конструктивных и рабочих параметров и определении зависимостей для наладки динамических характеристик.

Роторы центробежной установки с внешним наддувом по сравнению с аэродинамическими подшипниками обладают рядом особенностей: несущая способность его не зависит от вязкости газа и частоты вращения, что позволяет их использовать вплоть до нулевой скорости, удельная нагрузка на ротор ограничена только величиной давления в воздушной подушке.

Для решения задачи колебаний ротора центробежной установки изобразим ее расчетную схему (рис. 1). Сферический ротор 1 установлен в корпусе(статоре) 2 и приводится во вращение через шток (карданный вал) 4 электродвигателем 3. Воздух от установки высокого давления подается между ротором и статором. Начало координат выбрано в точке B , ось X – горизонтальное направление, ось Z – вертикальное. Здесь R – радиус определяющей сферы, A – точка зацепления ротора со штоком, B – точка зацепления штока с валом электродвигателя. Шток 4 имеет ограничения по перемещению вдоль оси Z и считается абсолютно жестким стержнем длиной l , шарнирно связанным в точке B с двигателем массой m_1 . Центр тяжести ротора массой m находится в точке O на расстоянии d от точки A . Ввиду большой жесткости стенки ротора ее прогиб и изгибные колебания в расчетах не учитываются [1].