

## Оперативна техніко-економічна оцінка рішення технолога-проектанта в САПР регламентів технологічних процесів

В статті викладено нову ідеологію побудови діалогових САПР РТП, яка базується на біжучій-техніко-економічній оцінці рішень на різних етапах проектування, в момент їх прийняття.  
діалог, регламент технологічного процесу, РТП, оперативна, техніко-економічна оцінка, інформація

**Вступ.** Оптимізація регламенту технологічного процесу (РТП) можлива лише на шляху математичного моделювання техніко-економічних показників операцій та переходів, незалежно від системи САПР чи САМ, в якій РТП проектується. Однією із задач оптимізації є вибір структури РТП, яка забезпечує мінімальну технологічну собівартість виготовлення деталі у даний час і на даному підприємстві. Мінімізацію затрат на виробництво очевидно слід чекати у самому виробництві. Але закладається вона на етапі проектуванні РТП і визначається обгрунтованістю методик оцінки прийнятих технологом рішень. Останні мають базуватись на фундаменті методики технічного нормування та технологічних нормативів режимів різання і допоміжного часу.

Як відомо [1-3], технологічну собівартість деталі ( $V_{tex\_det}$ ) при її оцінці за нормативним (машино-коефіцієнтів) методом<sup>1</sup> визначають за виразом:

$$V_{tex\_de} = V_{zag} + V_{obr\_zag} \text{ грн.}, \quad (1)$$

де  $V_{zag}$  – вартість заготовки, грн.;

$V_{obr\_zag}$  - вартість обробки заготовки на металорізальних верстатах, грн.

$$\text{У свою чергу} \quad V_{obr\_zag} = \sum_{i=1}^n V_{odChasu}_i * T_i \text{ грн.}, \quad (2)$$

де  $n$  - кількість операцій в технологічному процесі;

$V_{od\_chasu}$  – вартість одиниці часу (як правило, хвилини) експлуатації верстата на  $i$ -тій технологічній операції, грн/хв.;

$T_i$  – нормативний час, тобто час, що нормується на виконання технологічної операції. У залежності від виду виробництва та відповідного методу нормування останній називають по різному. Так, у одиничному чи дрібносерійному виробництвах  $T_i$  - це технічна норма часу, серійному - штучно-калькуляційний  $T_{sht.k_i}$ , в масовому – штучний  $T_{sht_i}$ , а у деяких розрахунках, доцільно скористатись поняттям цикловий час  $T_{cycle_i}$ . Такі різновиди часу, які використовуються при оцінках технологічної собівартості операції (ТСО) на основі технологічної собівартості переходу (ТСП), обумовлені тим, що подальші розрахунки собівартості обробки заготовки, цехової чи заводської вартостей, значною мірою є похідними від суто технологічних витрат. Різного роду емпіричні коефіцієнти, що значною

<sup>1</sup> Вартість одиниці часу експлуатації верстата є основою нормативного методу оцінки технологічної собівартості, очевидно, єдино можлива методика економічної оцінки технологічних рішень у процесі проектування РТП в САПР.

мірою враховують організаційний фактор і використовуються при розрахунках цехової, заводської і навіть технологічної вартостей, нівелюють, приховують вирішальний вплив, значення і вагу технологічного фактора у собівартості деталі та ускладнюють об'єктивне порівняння конкуруючих варіантів РТП.

Вартість одиниці часу експлуатації верстата на  $i$ -тій технологічній операції, при визначенні технологічної собівартості виготовлення деталі, прийнято [1-3], визначати як суму витрат на:

$$VodChasu = Vutp + Vpos\_r + Venerg + Vamor + Vrem + Vbuv + Vpris + Vins\_r + Vins\_k, \text{ грн/хв,} \quad (3)$$

де  $Vutr$  – утримання приміщення;

$Vpos\_r$  – оплату послуг робітника, власне зарплата основного та допоміжного робітників з урахуванням пакету соціальних доплат;

$Venerg$  – електроенергію;

$Vamor$  – амортизацію верстата;

$Vrem$  – на біжучий ремонт верстата;

$Vbuv$  – біжуче утримання верстата: підналадку, допоміжні матеріали, масло тощо;

$Vpris$  – пристосування;

$Vr\_ins$  – експлуатацію ріжучого та  $Vk\_ins$  – контрольного інструментів.

Ще раз підкреслимо, що витрати по статтям правої частини виразу (3) є витратами, приведеними до однієї хвилини часу. Але методика визначення вартості цієї хвилини досить різна. Так при виконанні розрахунків приведенного значення витрат на утримання приміщення використовується річний фонд часу, пристосування - добуток річної (можливо піврічної, двох- трьохрічної у залежності від техніко-економічної політики підприємства програми випуску деталі на суму нормативного часу по всім детале-операціям, на яких використовується дане пристосування з урахуванням необхідної кількості останніх, ріжучий інструмент - час ресурсу - повний час роботоздатності ріжучого інструменту з урахуванням переточок та доходу від залишку (металобрухту). Незважаючи на те, що після видання довідників [1-3] в економіці країни відбулися величезні зміни, які суттєво вплинули на вартість праці робітника, вартість електроенергії та інших складових технологічної собівартості виготовлення деталі, сам принцип її нормативної оцінки значущості не втратив. Зауважимо, що при порівнянні конкуруючих технологічних процесів, які реалізуються на металорізальних верстатах одної групи, близьких габаритів, ремонтної складності та вартості, допустиме [3] порівняння тільки по тим складовим, які змінюються при переході від однієї структури РТП до іншої. Значна частина таких розрахунків може і має виконуватись у момент прийняття технологічного рішення: виборі верстата чи пристосування, призначенні ріжучого інструменту чи змісту переходу, режиму різання тощо, безпосередньо після установаження необхідних для таких розрахунків параметрів. Такий підхід до побудови алгоритму моделювання РТП, поперше, відкриває можливість скорочення часу на його проектування в результаті раннього прогнозування технологічної собівартості та виключення неефективних, тупикових, з точки зору технологічної собівартості, технологічних рішень, а по-друге, дає можливість обгрунтованого вибору кращого серед конкуруючих варіантів. Виключення тупикових технологічних варіантів робиться і в даний час технологом чи можливо керівником групи або технологічного бюро. Прийнято говорити, що такі рішення визначаються кваліфікацією того, хто їх приймає. Але насправді тут діє інтуїція, яка базується на м и н у л о м у досвіді. Таке рішення, як правило, не підкріплюється надійним цифровим матеріалом, добутиим в результаті розрахунків та моделювання ситуацій. Очевидно, що до таких рішень слід відноситись критично і вважати їх вимушеними в силу відсутності відповідного програмного продукту. Пропонуємий підхід дає можливість обгрунтовано обстоювати, на перший погляд, тупикові варіанти, або обгрунтовано їх відкидати. Проте відповідна вищевикладеному опера-

тивна аналітична оцінка технологічного рішення за виразами (1-3) неможлива через їх надто велику узагальненість. До того ж традиційний підхід не враховує динаміку прийняття рішень при діалоговому методі проектування РТП та можливості сучасних подійних методик програмування. Крім того, за традицією, спочатку виконується технологічне проектування, а потім його трудове нормування, яке власне і відкриває можливість проведення ТЕО прийнятого варіанту РТП. Часто-густо на підприємствах технологічне проектування та трудове нормування виконується, різними підрозділами, що приводить до затримок у часі і суттєво ускладнює і навіть робить неможливим варіантне проектування.

**Метою даної статті** є обґрунтування методики та алгоритму, які б дозволили оперативну техніко-економічну оцінку (ТЕО) технологічного рішення в момент його прийняття при діалоговому проектуванні РТП в САПР. Назвемо її методом аналітичного проектування (МАП) РТП.

**Основна частина.** МАП базується на тому, що досить помітну, нерідко левову, частину величини тої чи іншої складової витрат згідно виразу (3), а точніше їх часткових біжучих значень на той чи інший момент проектування, ми можемо розрахувати в момент прийняття технологічного рішення. Для підвищення оперативності та гнучкості МАП пропонується використати дві важливі особливості організації сучасних мов програмування та середовищ, що їх оточують, а саме, їх здатність реагувати на події та можливість виконання обчислення відразу по виникненню тих чи інших технологічних подій у паралельних потоках. Такі проектні технологічні події можуть бути створенні користувачем програмного продукту через механізм вводу/виводу або програмно. Умовимось за проектну подію при діалоговому проектуванні, вважати момент прийняття технологом того чи іншого рішення, щодо визначення будь-якого з атрибутів проектуемого РТП: виборі номера цеху, типу заготовки, верстату, інструменту, типу переходу, елементу режиму обробки тощо. Таке рішення фіксується натиском клавіші Enter (клавішна подія), наприклад, при виборі із списку. При виникненні тої чи іншої події автоматично стартують відповідні процедури обчислення економічної оцінки прийнятого технологом рішення. На кожному черговому етапі проектування такі оцінки майже завжди будуть неповними, частковими, обрахованими по тим даним, які зформовані програмним середовищем на даний момент. Проте отримані результати можуть бути належним чином використані для прогнозних технологічних рішень.

Схематична послідовність виникнення подій прийняття технологічних рішень при діалоговому проектуванні РТП у загальному виді показано на рис.1. З метою побудови відповідного алгоритму запишемо вираз (3) у дещо іншій формі, розділивши його складові відповідно схемі прийняття рішення у циклі проектування на три групи статей витрат:

$$V_{obr\_zag} = V_1^i + V_2^i + V_3^i, \text{ грн.} \quad (4)$$

До першої групи витрат  $V_1^i$  віднесемо ті з них, які пов'язані з вибором цеху, де буде виконуватись  $i$ -та технологічна операція. Склад другої групи визначається згідно виразу (5):

$$V_2^i = V_{pos\_r}^i + V_{energ}^i + V_{amor}^i + V_{rem}^i + V_{buv}^i + V_{prus}^i, \text{ грн.} \quad (5)$$

Значення змінних у виразі (5) розшифровані у пояснювальному тексті до виразу (3).

Значення вартості  $V_1^i$  однієї хвилини експлуатації площі цеху, відведеної для розміщення верстату, призначений для виконання  $i$ -тої операції обчислюється за виразом

$$V_1^i = V_{1xv1kv.m}^i * S, \quad (6)$$

в якому  $S$  - виробнича площа, що нормується для конкретної моделі верстата, а  $V_{1xv1kv.m}^i$  вартість експлуатації одного квадратного метра площі вибраного цеху на протязі однієї хвилини, яка може і повинна визначатись при виникненні події №1.

Розрахунки величин  $V_1^i$  та  $V_2^i$  мають виконуватись коли настає подія №2. Але передумовою цього розрахунку є розрахунок вартості експлуатації  $V_{1xv1kv.m}^i$  для цеху відповідної категорії: холодної обробки (заготівельний, механічний, механоскладальний), гарячої обробки (ковальський, ливарний), гальванічний тощо. Цей розрахунок, як і розрахунок вартості однієї хвилини послуг робітника першого розряду з урахуванням соціального пакету, виконується при виникненні події №1 “вибір цеху”. Отже подія “вибір цеху” запускає модуль, що складається з двох процедур: процедури визначення витрат на утримання на протязі однієї хвилини одного квадратного метра площі цеху  $V_{1xv1kv.m}^i$ , яка може бути обчислена за спеціальним алгоритмом або вибрана з бази даних та процедура визначення витрат  $V_{zarp}^{1xv1p}$  на заробітну плату робітника першого розряду певної категорії цеху на протязі однієї хвилини з відповідним урахуванням соціального пакету. При виникненні події №1 обчислюються не абсолютні, а відносні значення: вартість послуг робітника першого розряду та утримання одного квадратного метра площі цеху відповідної категорії на протязі однієї хвилини часу.



Рисунок 1 – Схематична послідовність виникнення клавішних подій при діалоговому проектуванні РТП

Як видно з виразу (5), до другої групи витрат віднесено розрахунки, пов'язані з прийняттям рішення щодо змісту та назви операції та з вибором моделі верстата (подія №2) та вибором оснащення (подія № 3). Виникнення цих подій відкриває можливість в подальшому виконання розрахунків біжучих значень  $V_1^i$  та  $V_2^i$  як по  $i$ - тій операції в цілому, так і по її кожному  $j$ -тому переходу, приведених до однієї хвилини (нормативного чи основного часу відповідно).

Аналогічним чином але за окремим алгоритмом, при виникненні події №3 “вибір оснащення”, визначається приведена до однієї хвилини величина  $V_{osn}^{1xv}$  витрат на розробку, проектування, виготовлення, експлуатацію чи закупку оснащення. Оскільки верстат вибрано (вибір верстата визначається змістом технологічної операції і, як правило, використання певного верстата пояснюється нерідко просто його наявністю в цеху), то має бути визначено і зміст технологічної операції.

Останнє пов'язано з рішенням питання щодо базування та закріплення деталі під час її обробки, а відтак і щодо конструкції пристрою для її кріплення, типу приводу пристосу-

вання, його маси тощо. Це створює передумови для визначення вартості однієї хвилини експлуатації такого пристосування, отже при виникненні події №3 мають стартувати відповідні процедури чи модулі.

Виникнення події №4 “вибір змісту переходу” тісно пов’язано з настанням події №5 “вибір інструменту”. Зауважимо, що по суті вибір ріжучого інструменту, його геометрії та конструкції є похідним від комплекту поверхонь, який він має обробити. З настанням події №4 послідовно мають стартувати процедури: (1) установлення геометричних параметрів обробки поверхні (це може бути як діалоговий інтерактивний режим так і режим автоматичного зчитування), (2) процедури чи модулі визначення режимів різання, (3) основного часу, (4) визначення відносних величини вартості однієї хвилини експлуатації ріжучого та контрольного інструментів, та зрештою (5) визначення технологічної собівартості переходу  $V_{per}^j$ , як складової технологічної собівартості операції, пропорційно основному часу та розряду роботи. Зауважимо, що вартість  $V_{per}^j$ , визначена за такою методикою, враховує всі складові, приведені у виразі (3), але виконуються вони у іншій послідовності за оригінальним алгоритмом, який враховує послідовність виникнення проектних подій в процесі проектування.

При проектуванні переходу, коли буде визначено основний час його виконання чи на етапі проектування операції, коли буде визначено нормативний час на операцію, мають відпрацювати відповідні подійні процедури, які визначають технологічну собівартість та долю всіх її складових на кожний перехід та операцію. Отже як тільки вибирається модель верстату, інструменту чи зміст певного типового технологічного переходу і визначаються необхідні для розрахунків атрибути цих чинників, мають бути створені програмні події, які стартують відповідні процедури обчислень. Такі обчислення виконуються у одних подіях із значенням нормативного часу рівного  $T_{shk,k}$  (аналіз щодо операції), а в інших -  $T_{osn_i}$  (аналіз щодо переходу). Як наслідок в процесі проектування завжди будемо мати поле часткових біжучих рішень, притаманних даному етапу проектування по всім технологічним операціям та переходам та можливість прогнозування величини технологічної собівартості РТП, яка буде наближатись до повної в міру проходження по всім етапам проектування РТП. Значення величин витрат  $V_1^i$ ,  $V_2^i$  та  $V_3^i$  зберігаються для використання при подальшому проектуванні переходів в межах кожної наступної операції даного РТП.

Отже величини складових витрат, із числа приведених у виразі (3), як за час виконання переходу так і за час виконання операції необхідно обчислювати відразу і невідкладно на тому етапі проектування на якому техніко-економічні дані, згідно виразу (5), стануть відомими середовищу. Це відкриває перспективу створення бази для економічно обґрунтованого прийняття технологічного рішення та порівняння варіантів по кожній окремій деталі-операції, відкриває можливість аналізу питомої ваги кожної із складових собівартості і вироблення відповідних обґрунтованих рекомендацій по зниженню технологічної собівартості шляхом варіантного проектування РТП. Запропонований підхід споріднює статті згаданих витрат з моментами появи можливості їх обчислення згідно з ієрархією подій, які мають місце при діалоговому проектуванні РТП. Загальний алгоритм пропонованої методики приведено на рис. 2. Для того щоб технолог на будь-якому етапі проектування РТП мав ТЕО свого рішення в розрізі етапу проектування, переходу, щодо вибраного інструменту, режиму чи структури технологічної операції у цілому і при необхідності мав можливість отримати друкований звіт по всім статтям витрат по кожному з елементів ТЕО.

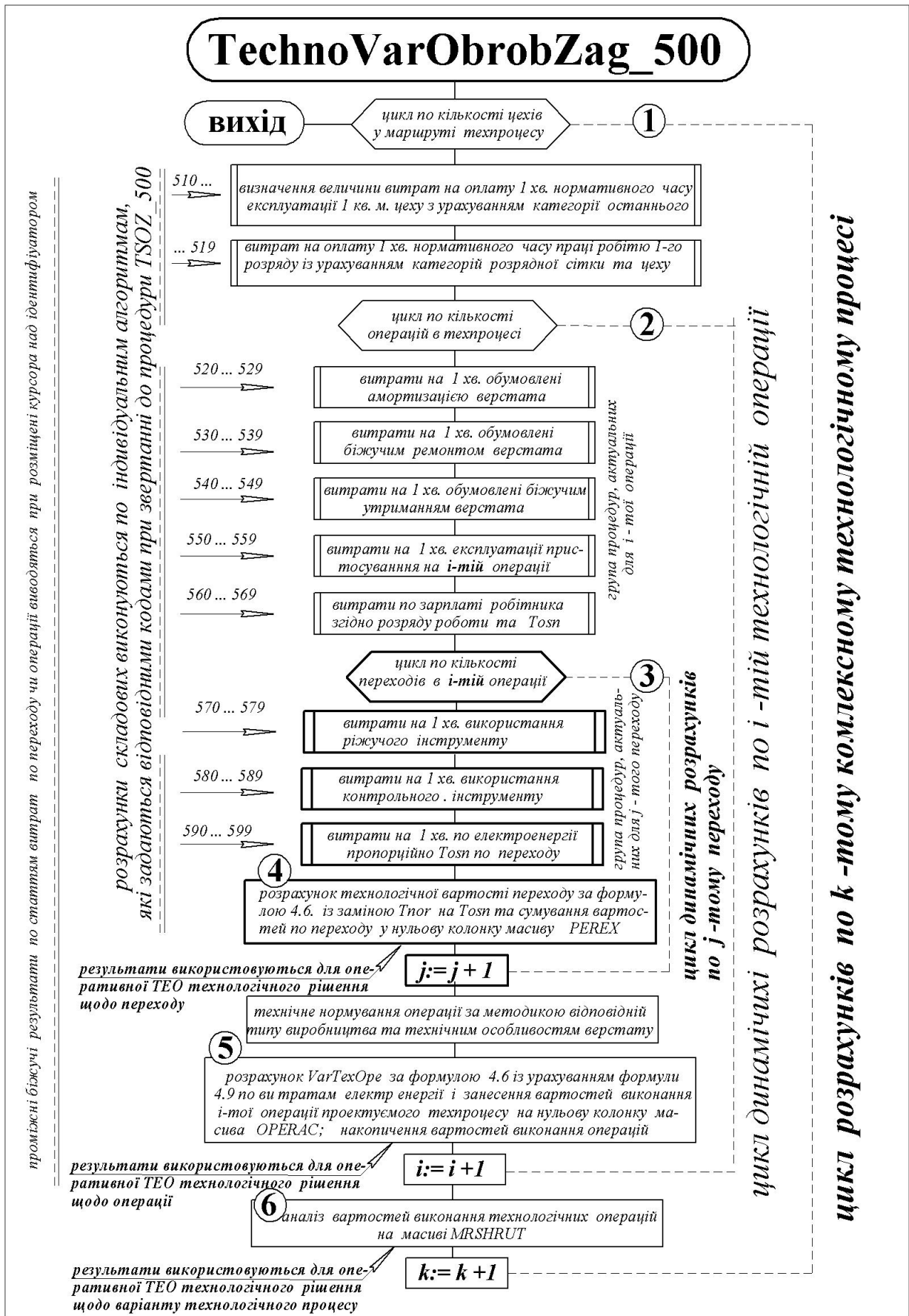


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма проектування РТП згідно пропонуємої методики

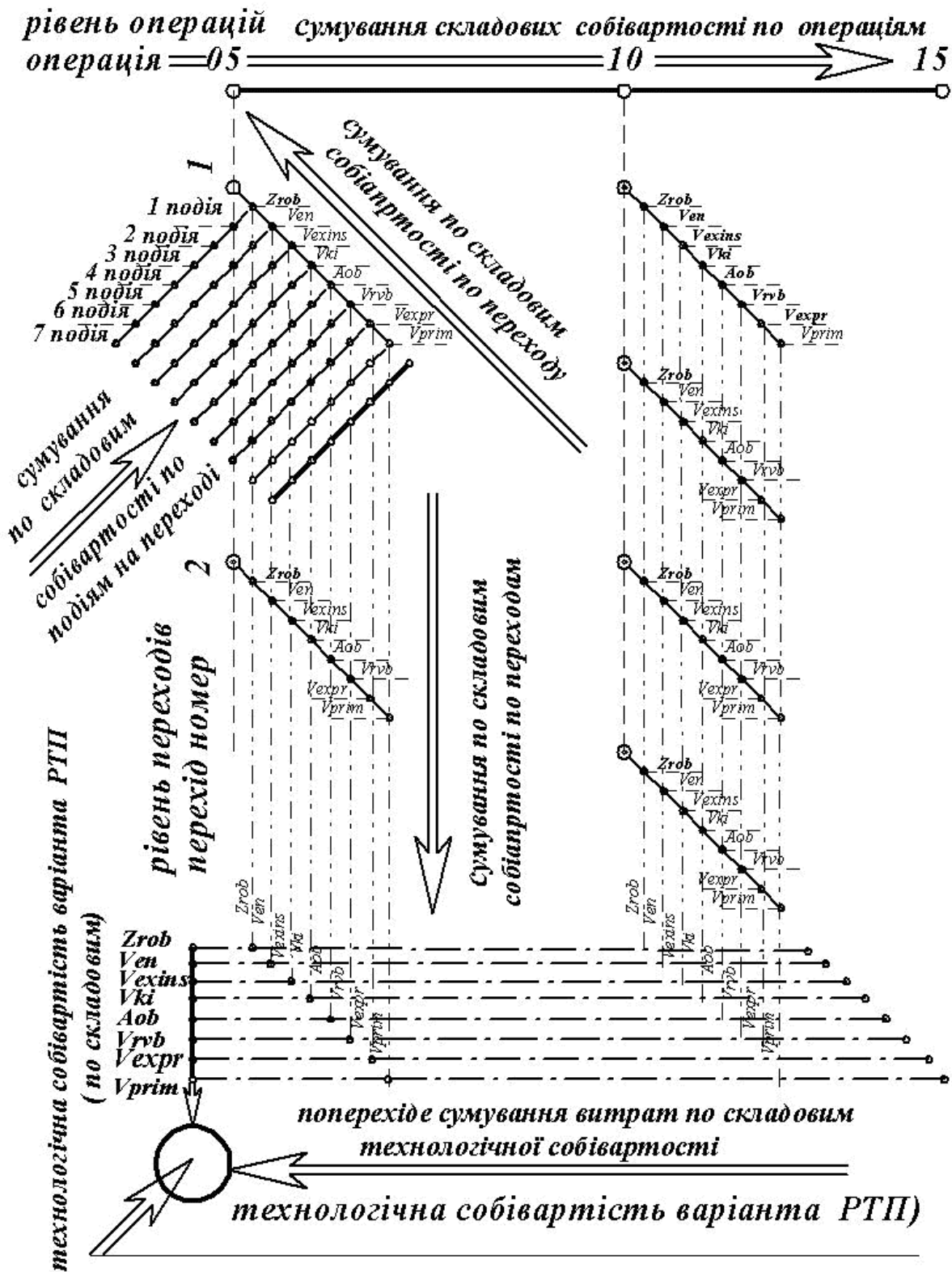
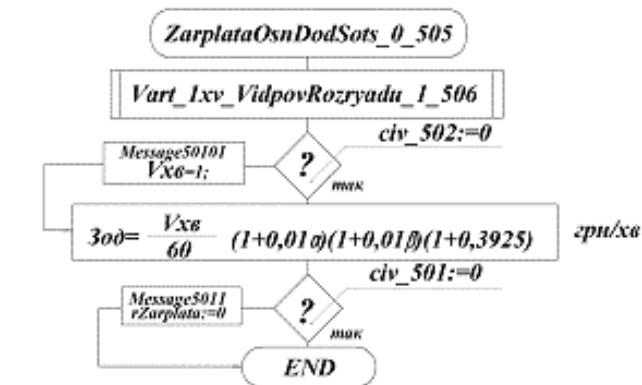


Рисунок 3 - Схема підготовки даних для оперативної ТЕО в процесі проектування РТП

Такий звіт, по суті, є протоколом (деревом) проектування з усіма деталями оцінки технологічних рішень у моменти їх прийняття на кожному з його етапів. Крім того, біжучі дані накопичені у чотирьохвимірному динамічному масиві використовуються у подальшому прогнозуванні технологічної собівартості деталі, що дає можливість обґрунтовано від-

кидати нежиттєздатні варіанти структури РТП на ранніх проміжних етапах його проектування. Схема організації такого масиву показана на рис. 3. Як можна зрозуміти з рисунка, представлена схема його організації, відповідає РТП у якому дві операції виготовлення деталі на металорізальному верстаті, у якому у першій операції два переходи (наприклад, чистова підрізка торця та зняття фаски), а у другій чотири (наприклад, зацентровка, свердлування, розсвердлювання та проточка зовнішньої поверхні).

*Розрахунок зарплатної плати (основної та додаткової) приведеної до однієї хвилини експлуатації*



*Vx6 - вартість однієї хвилини відповідно розряду;  
a, b - процент додаткової зарплатної плати за відроблений та невідроблений час;  
Kdn - кількість робочих днів в середньому в місяці;  
Zmin - мінімальна зарплатна плата, грн;  
Kr - коефіцієнт тарифних ставок;*



Рисунок 4 - Варіант алгоритми розрахунку витрат на оплату праці верстатника та розрахунку вартості однієї хвилини праці відповідно розряду роботи

Кількість елементів на цьому рівні дорівнює кількості чинників (на разі їх дев'ять). Отже значення кожного елементу четвертого виміру показує абсолютну величину кожного з дев'яти елементів технологічної собівартості на момент виникнення тої чи іншої події. На кінець, сумуванням по горизонтальній лінійці на вертикальну лінійку ми отримаємо абсолютні значення витрат по кожній із статей по всім операціям, а сумування по вертикалі дає значення технологічної собівартості обробки заготовки. Таке ж саме значення ми маємо отримати, якщо просумувати по горизонталі величини записані у комірки самої верхньої чи самої нижньої горизонтальних лінійок, де занесені значення собівартості кожної з операцій. Для цього кожній з комірок, показаній кружечком на горизонтальних полосах нижньої лінійки (рис. 3), поставимо у відповідність динамічний масив значень певної складової собівартості, яка відповідає схематичній послідовності виникнення клавішних подій при діалоговому проектуванні РТП, приведений на рис.1.

Далі, для прикладу, розглянемо алгоритми розрахунку по деяким основним складовим виразу (3).

На рис. 4. приведено один з варіантів алгоритму розрахунку оплати послуг робітника. Як відомо верстатник отримує зарплатну платню за відпрацьований час у відповідності до

Перший вимір масиву зв'яжемо з порядковим номером операції, другий – з порядковим номером переходу в операції, третій – із статтями витрат, які згідно з пропоноюю методикою, мають визначатись на певний момент з урахуванням значень всіх чинників, що впливають на технологічну собівартість пропорційно основному часу переходу. Четвертий вимір дозволяє фіксувати зміну того чи іншого чинника на кожному з етапів проектування.

Іншими словами, кожний з кружочків, розміщених на лініях рис. 3, ідентифікує собою певну комірку, у яку записана повна величина витрат на даному переході на певну подію. Додатково, до кожної такої комірки прив'язано динамічний масив чисел, елементи якого відображають історію їх зміни у процесі проходження етапів проектування. Підсумовуючи по вертикалі (по переходам) ми отримуємо проміжну технологічну собівартість, пропорційну сумі основних часів по переходам.

складності роботи, яка визначається розрядом роботи з урахуванням різного роду доплат, що визначаються пропорційно першим двом факторам. Цей алгоритм базується на попередньому алгоритмі оцінки вартості роботи однієї хвилини робітника першого розряду з урахуванням соціального пакету та діючої на підприємстві тарифної сітки. Остання є похідною від мінімальної заробітної плати, яка устанавлюється Урядом України.

Нижче розглядається оригінальний варіант алгоритму оцінки реальних витрат на електроенергію за час виконання технологічної операції та переходу, який передбачає динамічну методику оцінки витрат. На етапі проектування  $j$  – того переходу  $i$  – тої технологічної операції РТП орієнтуючись на геометрію оброблюваної поверхні, матеріал деталі та інші фактори, визначається зміст переходу, вибирається ріжучий інструмент та призначаються режими різання. Далі необхідно вирахувати ефективну потужність різання, яка є вирішальною з точки зору затрат енергії.

Пропонується [1, стр. 53] величину витрат на оплату електроенергії розраховувати пропорційно ефективній потужності різання та нормативному часу за виразом (6):

$$ZaEnOp = \frac{Nd * T_i * Kzp * Kod * Kbm}{\eta} * VkVg, \text{ грн}, \quad (6)$$

де  $Nd$  – сумарна потужність двигунів, що встановлені на верстаті, кВт;

$T_i$  – нормативний час на виконання технологічної операції, хв;

$VkVg$  – вартість однієї кіловат-години електроенергії грн.\*кВт, а далі іде ряд коефіцієнтів:

$Kzp$  – завантаження двигунів на робочому ходу на даному переході та  $Kod$  одночасності роботи двигунів;

$Kbm$  – втрат енергії у мережі підприємства;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії електродвигунів верстата.

Очевидно, що такий вираз може бути корисним при обрахуванні загальної кількості витрат на електроенергію по дільниці цеху чи по цеху у цілому. Але для порівняння конкуруючих варіантів технологічних рішень він не придатний.

Так, за виразом (6) пропонується визначати витрати на електроенергію через добуток сумарної потужності  $Nd$  встановлених на верстаті двигунів на середні значення коефіцієнтів завантаження по потужності та коефіцієнта, що враховує одночасність роботи двигунів з урахуванням втрат у електричній мережі. Дійсно значна кількість верстатів має постійно встановлених два, а нерідко три і більше двигунів. Так широковідомий токарний верстат 1К62 має три двигуни: головного приводу (10кВт), приводу насоса (0.125 кВт), який включається на час використання мастильно-охолоджувальної рідини (МОР), та двигун швидких переміщень супортів – 1.0 кВт. Але двигун головного приводу має різні значення коефіцієнту завантаження по потужності на різних робочих переходах і суттєво різні на робочому і холостому переходах, в той час як двигуни приводу насоса МОР та двигун прискореного руху супорту (ДПРС) мають незмінні і досить високі коефіцієнти завантаження на протязі часу їх роботи, що пояснюється їх чітким функціональним призначенням. Однак, під час виконання операції двигун насосу подачі МОР може бути або включеним постійно, або тільки на певний час, або виключеним взагалі, а двигун прискорених рухів включається періодично, в залежності від змісту операції. Наприклад, при виконанні переходів із задньої бабки ДПРС, як правило, не працює. До того ж потужність кожного із двох останніх двигунів на порядок менша потужності двигуна головного приводу. Тому результат визначення фактичних затрат на електроенергію при порівнянні варіантів технологічних процесів РТП шляхом осереднених коефіцієнтів завантаження по потужності та одночасності роботи встановлених на верстаті досить різнопотужних двигунів надто проблематичні. Справа суттєво поліпшується на краще, якщо враховувати ви-

трати електроенергії на технологічну операцію не по осередненим показникам, а як суму витрат за фактично відпрацьований, кожним з  $n$  двигунів, що задіяні під час її виконання, за виразом:

$$ZaEnOp = \sum_{n=1}^m ZaEn_n, \text{ грн}, \quad (7)$$

де  $m$  – кількість установлених на верстаті двигунів; для прикладу:  $n=1$  – головного приводу,  $n=2$  – насосу МОР, та  $n=3$  – прискорених рухів чи приводу розподільчого валу (наприклад, для моделі верстата 1Б140) тощо.

Виходячи з вищевикладеного, затрати на електроенергію по двигуну головного приводу природньо визначати через суму добутоків основного часу виконання  $j$ -того робочого переходу на ефективну потужність різання на цьому переході по всім  $i$  переходам, складеною з добутком потужності енергії, яку відбирає з мережі двигун головного приводу на холостому ходу під час виконання допоміжних операцій, за виразом (8)

$$ZaEn_1 = \frac{[Nd_1 * K_{xx}(T_i - \sum_{j=1}^i Tosn_j) + \sum_{j=1}^i (Nd_1 * K_{zp_j} * Tosn_j)] * K_{bm}}{\eta_1}, \text{ грн}, \quad (8)$$

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

Величини коефіцієнту завантаження по потужності  $K_{pt_j}$  для двигуна головного приводу по  $j$ -тому переході технологічної операції визначається згідно виразу

$$K_{zp_j} = NefR_j / (Nd), \quad (9)$$

де  $NefR$  – ефективна потужність різання на  $j$ -тому переході, яка визначається за відомими в теорії різання виразами, в залежності від типу інструменту, режиму різання, механічних властивостей матеріалу та інших факторів.

Витрати на електроенергію по двигуну насоса МОР природньо визначати за виразом

$$ZaEn_2 = \frac{Nd_2 * K_{zp_2} * K_{bm} * K_{MOP} * T}{\eta_2} Vkvch, \text{ грн}, \quad (10)$$

де  $K_{MOR}$  – коефіцієнт, що визначає частку нормативного часу, на протязі якого двигун насосу працює, по відношенню до всього нормативного часу виконання операції  $T_i$ ; якщо двигун насосу не виключається на протязі операції чи переходу, то  $K_{MOR}=1$ , а якщо проектується робота без МОР то  $K_{MOR}=0$ .

Витрати на електроенергію по іншим двигунам повині визначатись за аналогічними виразами у відповідності до часу їх роботи. Так по третьому двигуну (для верстатів моделей 1К62, 1Д63, 1Д65 і інших подібних, що мають ДПРС вони мають визначатись за виразом

$$ZaEn_3 = Nd_3 * K_{zp_3} * K_{bm} * T * K_{pp} * tVper * Vkvch / \eta_3, \text{ грн}. \quad (11)$$

В останній формулі  $K_{pp}$  – кількість прискорених переміщень супортів визначається згідно структури технологічної операції (на кожний перехід, що виконується супортами верстата по два рухи: підвід та відвід інструменту);  $tVper$  – час виконання одного переміщення, який згідно експериментальних даних в орієнтовно дорівнює 0.02-0.06 хв.

Як видно, у виразах 8 - 11 коефіцієнт одночасності  $Kod$  завантаження двигунів зникає. Значення коефіцієнтів  $K_{um}$  та  $\lambda$  можна знайти в [1], а  $K_{xx}$  у паспортних даних верстатів, або вирахувати, опираючись на дані, що наводяться у довідниках по їх проектуванню та експлуатації. Зрештою, не виключено, що ті чи інші із згаданих коефіцієнтів мо-

жуть бути прийняті на основі власних корпоративних документів, норм, стандартів галузі чи підприємства.

Розглянемо **варіант алгоритму оцінки вкладу вартості експлуатації інструменту у технологічну собівартість деталі**. Його можна визначити як добуток основного часу ( $T_{osn}$ ) на вартість ( $V_{1xv}$ ) одиниці часу експлуатації інструменту.

$$V_{exins} = T_{osn} * V_{1xv} \text{ грн} , \quad (12)$$

$$\text{де} \quad V_{1xv} = \left\{ \frac{(V_p - V_{za}) + V_{prt} * K_{pt}}{T_{stiy} * (K_{pt} + 1) * K_{zs}} \right\} * K_{vy} \text{ грн/хв}, \quad (13)$$

Чисельник формули (13) представляє всі витрати на інструмент за час його експлуатації. Ці витрати можуть бути визначені як вартість інструменту згідно прайсу ( $V_p$ , грн) з відрахуванням його залишкової вартості ( $V_{za}$ , грн), що складена з добутком вартості однієї переточки ( $V_{prt}$ , грн) на їх кількість ( $K_{pt}$ ). Зміст знаменника – це ресурс роботи інструменту в одиницях часу, який прийнято визначати у хвилинах, оскільки основний час виконання переходу при технологічному нормуванні прийнято визначати у хвилинах. Як видно, значення ресурсу роботи інструменту можна установити як добуток періоду стійкості інструменту ( $T_{stiy}$ , хв) на кількість переточок плюс одиниця (початкова заточка) з урахуванням (спеціальним коефіцієнтом  $K_{zs}$  [5]) поступового зниження стійкості інструмента в міру збільшення числа переточок. Відношення чисельника до знаменника помножується на коефіцієнт  $K_{vy}$ . Останній враховує організаційні моменти виробництва, пов'язані із закупкою, збереженням, обліком, складуванням, випадковими поломками та втратами інструменту. Модуль вартості базується на пакеті базових процедур технолога [4], використовує коди ОКП для інструментів і передбачає генерацію ситуаційних повідомлень, які є реакцією процедур на певні нетипові ситуації чи на некоректне звертання до них. Прикладом такого некоректного звертання може бути помилкове задання коду інструменту, якого немає в базі даних. Зважаючи на те, що основна трудомісткість розробки програмного продукту припадає на його відладку, алгоритмом передбачено автоматичне корегування невірно заданого значення того чи іншого параметра на його типові значення з генерацією відповідного ситуаційного повідомлення процедури (СПП)[4]. Такий підхід суттєво спрощує відладку, а в процесі експлуатації за технологом залишається право прийняти автоматичне корегування чи скорегувати відповідним чином невірні вихідні дані і повторити розрахунок. Коефіцієнти, які приведені у формулі (13) вибираються для кожного виду інструменту (згідно коду ОКП – общесоюзный код продукции) конкретного інструменту з бази даних (чи мікробазу у навчальних технологічних проектах) у залежності від типу та конструкції різального інструменту. Аналогічним чином побудовані алгоритми, так званих, функціональних [4] процедур оцінки вартості однієї хвилини експлуатації різців, розверток, зенкерів, фрез, протяжок тощо.

Варіант алгоритму оцінки вкладу амортизації обладнання у вартість виконання технологічної операції чи переходу може визначатись згідно виразу (14)

$$V_{amor} = \frac{V_{bal} * N_{am} * \left\langle \frac{T_i}{T_{osn}} \right\rangle}{F_{rob} * 60 * 100 * \eta_{zv}} , \quad (14)$$

де  $V_{amor}$  - доля амортизації обладнання, яка приходить на одну хвилину робочого часу;

$V_{bal}$  - балансова вартість обладнання, грн.;

$N_{am}$  - річна норма амортизації;

$T$  - нормативний час на виконання технологічної операції чи переходу  $T_{osh}$  ;

$Frob$  - річний фонд роботи обладнання;

$\eta_{zv}$  - нормативний коефіцієнт завантаження у часі, характерний для даного типу виробництва.

Якщо у виразі (14) замінити час, що нормується на операцію, на основний час переходу, то очевидно, що ми будемо мати ту долю амортизації обладнання, яка припадає на час виконання вибраного переходу, що виконується на вибраному верстаті. Важливою особливістю алгоритму, запропонованого на рис. 3 є те, що він залишає відкритими можливість вибору алгоритмів розрахунків конкретних складових собівартості. Представлена на рис. 4 блок-схема є тільки одним із можливих, так званих, нульовий варіант алгоритму. У разі незгоди конкретного замовника по кожній із процедур мають бути розроблені у прийнятому стилі програмування, інші процедури, відповідні бажаним алгоритмам. Після перекомпіляції проекту з'явиться можливість вибирати той чи інший варіант.

**Висновок.** Запропонована програмно-аналітична методика та алгоритм, які складають основу динамічної техніко-економічної оцінки рішень технолога при варіантному проектуванні регламенту технологічного процесу діалоговим методом.

## Список літератури

1. Расчеты экономической эффективности новой техники. Справочник. Под ред. докт. техн. наук, проф. К.М. Великанова. -Л.: Машиностроение, 1975.- 430с.
2. Новожилов В.И. Экономика использования металлорежущего оборудования. - Л.: Машиностроение, 1977. -176с.
3. Барташев Л.В. Справочник конструктора и технолога по технико-экономическим расчетам. -М.: Машиностроение, 1979. - 221с.
4. Криськов О.Д., Петренко М.М. Основи комп'ютерної технології обґрунтування структури технологічних операцій. Навчальний посібник- Кіровоград, РВЛ. - 2005. - С.282.
5. Криськов О.Д., Іваник І.М. Оцінка вартості однієї хвилини експлуатації різально-го інструменту на металорізальних верстатах / Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету / Техніка у сільському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація /. Вип. 20. - Кіровоград: КДТУ. - 2008. - С.328 - 331.
6. Криськов О.Д. Економічна оцінка технологічного рішення в момент його прийняття. Сборник трудов XV международной научно-технической конференции "Машиностроение и техносфера XXI века" 15 - 20 сентября 2008 г. в г. Севастополе Т.2. -Донецк, 2008. - С.161-165.

В статті изложено новая идеология построения диалоговых САПР РТП с опорой на текущую оперативную оценку решений, принимаемых технологом на разных этапах проектирования документа.

In the article it is stated new ideology of construction dialogue САПР support on the current operative estimation of the decisions accepted by the technologist at different design stages of the document