

Наталія Стельмах, Сергій Сапон, Ярослав Рижук

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА БАЗІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОЦІНКИ ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Актуальність теми дослідження. Технологічне підготовлення виробництва є важливим етапом, оскільки саме на ньому розробляється технологічний процес (ТП) виготовлення деталі, від якого залежать техніко-економічні показники, які визначають конкурентоспроможність деталі на ринку продукції.

Постановка проблеми. Час, який витрачається багатьма вітчизняними підприємствами на розрахунок техніко-економічних показників технологічного процесу виготовлення деталі, сьогодні є досить значним, що суттєво сповільнює технологічне підготовлення виробництва. У сучасних умовах швидкості навколишніх змін, перетворень та конкуренції на ринку це недопустимо.

Аналіз досліджень і публікацій. Нині є значна кількість програмного забезпечення для розрахунку техніко-економічних показників ТП виготовлення деталей. Кожна програма має свої переваги і недоліки.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Важливим елементом програмного забезпечення для розрахунку техніко-економічних показників ТП виготовлення деталей має бути можливість оперативного розрахунку оптимального ТП за показниками, які є найбільш важливими в конкретних виробничих умовах. Тобто має бути можливість вибору параметра оптимізації.

Метою статті є удосконалення методу розрахунку вартості та часу виготовлення деталі залежно від типу виробництва.

Виклад основного матеріалу. На прикладі конкретної деталі, продемонстровано можливості програмного забезпечення «Auto price» для розрахунку вартості деталі, залежно від типу виробництва і структури технологічного процесу. Вибрано оптимальне рішення, враховуючи вартість та час виготовлення, зважаючи на ваговий коефіцієнт, який було обрано за допомогою експертної оцінки.

Висновки відповідно до статті. У роботі було удосконалено метод розрахунку вартості та часу виготовлення деталі залежно від типу виробництва, що дозволило отримати оптимальний технологічний процес з урахуванням техніко-економічних показників та реалізувати цей метод програмно.

Ключові слова: приладобудування; вартість виготовлення; час виготовлення; оптимальний технологічний процес; тип виробництва.

Рис.: 7. Бібл.: 5.

Актуальність теми дослідження. У приладобудуванні важливим етапом виготовлення деталі є технологічне підготовлення виробництва, оскільки саме на цьому етапі розробляється технологічний процес (ТП) виготовлення деталі, виконуються розрахунки вартості та часу, виготовлення заданої партії деталей. Від того, наскільки ефективно побудовано ТП, залежать техніко-економічні показники виготовлення деталі, які є ключовими факторами конкурентоспроможності на ринку продукції.

Постановка проблеми. Час, який витрачається багатьма вітчизняними підприємствами на розрахунок техніко-економічних показників технологічного процесу виготовлення деталі, на сьогодні є досить значним, що суттєво сповільнює технологічне підготовлення виробництва. Це можна пояснити використанням застарілих методик та підходів для подібних розрахунків. Проте в сучасних умовах швидкості навколишніх змін, перетворень та конкуренції на ринку це недопустимо.


Деякі підприємства використовують програми, що виконують розрахунок в досить спрощеному варіанті для розрахунку вартості, але недоліком таких програм є те, що кількість параметрів, які використовуються для розрахунку, зазвичай обмежується габаритними розмірами. Такі розрахунки мають низьку точність, тому можна отримати достатньо приблизне уявлення про вартість виготовлення деталі, що не завжди задовольняє замовника. З іншого боку, занадто велика ціна буде не конкурентоспроможною, а недостатня вартість загрожує збитками для підприємства.

Отже, питання автоматизації розрахунку вартості та часу виготовлення виробу є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню продуктивності виробництва, зменшенню часу на розрахунки та, як наслідок, підвищенню конкурентоспроможності продукції приладобудівної промисловості [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні чимало вітчизняних підприємств використовують для розрахунку вартості виготовлення партії деталей функціональні можливості табличного процесора «Microsoft Excel», що є досить трудомістким процесом та не завжди дає змогу отримати досить точний результат.

На іноземних виробництвах використовуються більш складні спеціалізовані програми для розрахунку вартості виготовлення деталей. Розглянемо приклад розрахунку вартості виготовлення в програмному середовищі «Custom partner» [2]. Для прикладу розрахунку візьмемо деталь типу «кронштейн», яку зображено на рис. 1, а.


На рис. 1, б представлено інтерфейс програмного забезпечення «Custom partner», де зображено робочий проект розрахунку собівартості виготовлення деталі «кронштейн». Розрахункова величина партії деталей 1000 штук.



а

General Information

Description: Bearing bracket
 Process: [Sand Casting](#)
 Category: [Beams](#)
 Last Modified: Mon 12/7/2009 1:25 AM



Costs: Total Per Part | View: Single Compare | Uni

Part Information	Scenario 1
Quantity:	1000
Material:	Aluminum C443.0, Casting Change Material
Envelope X-Y-Z (in):	6.38 x 2.76 x 3.31
Envelope scaling (%):	100
Sand Casting	\$7,584
⊕ Material Cost:	\$2,287
⊕ Production Cost:	\$3,204
⊕ Tooling Cost:	\$2,093

[Feedback/Report a bug](#)

б

Рис. 1. Тривимірна модель (а) та приклад розрахунку (б) вартості виготовлення кронштейна підшипника

Перевагою такого програмного забезпечення є те, що замовник може бачити, як зміниться вартість залежно від партії деталей та як саме формується ціна на виріб, враховуючи вартість матеріалу, вартість виробництва, вартість інструменту. Недоліком такої програми є те, що не вказується час, який необхідний на виготовлення партії деталей, а це важливий конкурентний параметр, який може впливати на вибір замовником того чи іншого виробника деталей. Немає можливості вибрати оптимальний варіант ТП за часом виробництва та вартістю виготовлення.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Важливим елементом програмного забезпечення для розрахунку техніко-економічних показників ТП виготовлення деталей має бути можливість оперативного розрахунку оптимального ТП за показниками, які є найбільш важливими в конкретних виробничих умовах. Тобто має бути можливість вибору параметра оптимізації.

Метою статті є удосконалення методу розрахунку вартості та часу виготовлення деталі залежно від типу виробництва.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Виклад основного матеріалу. Собівартість продукції – це грошовий еквівалент витрат підприємства на виробництво й реалізацію продукції, що також характеризує ефективність всього процесу виробництва на підприємстві, оскільки в ній відображаються: рівень організації виробничого процесу, технічний рівень виробничих можливостей підприємства, продуктивність праці та інше [3].

Собівартість продукції як показник використовується для контролю за використанням ресурсів виробництва, визначення економічної ефективності організаційно-технічних заходів, встановлення цін на продукцію.

У цій роботі для розрахунку вартості виготовлення деталі, будемо використовувати такі параметри:

- витрати на амортизацію обладнання;
- енергетичні витрати;
- витрати на оплату праці;
- витрати на оренду/амортизацію приміщення;
- накладні витрати.

Також необхідно визначити час роботи обладнання для кожного переходу ТП, прибуток підприємства та партію деталей [3].

З урахуванням вищезазначеного, для визначення вартості 1-го переходу ТП виготовлення деталі запропоновано таку залежність:

$$Q = \frac{\left(\frac{1}{D} \left(\frac{V \cdot V_1 \cdot V_2}{P \cdot T} + ZK_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} \right) \right) + E \cdot S \right) \cdot Tr \cdot M}{N}, \text{ грн} \quad (1)$$

де D – кількість робочих годин на добу; V – вартість обладнання, грн; V_1 – витрати на обслуговування верстата, грн; V_2 – витрати на інструмент, грн; P – кількість робочих днів на рік; T – термін амортизації; Z – заробітна плата робітника за 1 зміну, грн; K_1, K_2, K_3 – вагові коефіцієнти; E – тариф за електроенергію; S – споживча потужність обладнання; Tr – час роботи обладнання; M – прибуток підприємства.

Використовуючи цю формулу можна розрахувати вартість кожного переходу технологічного процесу.

На базі запропонованої залежності (1) для визначення вартості технологічного процесу було розроблено програмне забезпечення «Auto_price» для розрахунку вартості та часу виготовлення деталі при різних типах виробництва [4].

Вартість виготовлення деталі в кожному окремому переході ТП визначається за допомогою формули (1).

Програма «Auto_price» написана мовою програмування Delphi XE8. Ядро середовища розробки Delphi складають програмні бібліотеки, що містять багатий базовий функціонал. Під час розробки програмного забезпечення «Auto_price» зокрема використовувалися можливості бібліотеки «VisualComponentLibrary». VCL- бібліотека елементів керування (контролів, віджетів), невізуальних компонентів і допоміжних класів Delphi для розробки Windows-додатків.

Для роботи з програмою необхідно таке технічне забезпечення: персональний комп'ютер зі встановленим програмним забезпеченням Windows 7, 8, 10 або MacOS, клавіатура, комп'ютерна миша або тачпад, не менш ніж 1 ГБ оперативної пам'яті. Об'єм пам'яті, необхідний для зберігання програми на жорсткому диску, не менш ніж 3,05 МБ.

Виконання розрахунку вартості та часу виготовлення здійснюється при дотриманні такого алгоритму дій. Спочатку необхідно запустити файл «Auto_price.exe», який знаходиться в папці проєкту, щоб відкрити файл, необхідно двічі натиснути лівою кнопкою миші на нього, або натиснути лівою кнопкою миші на файл та натиснути клавішу «Enter», після чого відкриється діалогове вікно рис. 2.



Рис. 2. Стартове вікно програми «Auto_price»

Як контрольний приклад було обрано деталь «корпус шасі», яка являє собою корпусну деталь, виготовлену з алюмінієвого сплаву АЛ2Д ГОСТ 1583-93. Габаритні розміри деталі: довжина – 50 мм, висота – 61 мм, ширина – 32,5 мм. На рис. 3 наведено 3-D зображення обраної деталі.

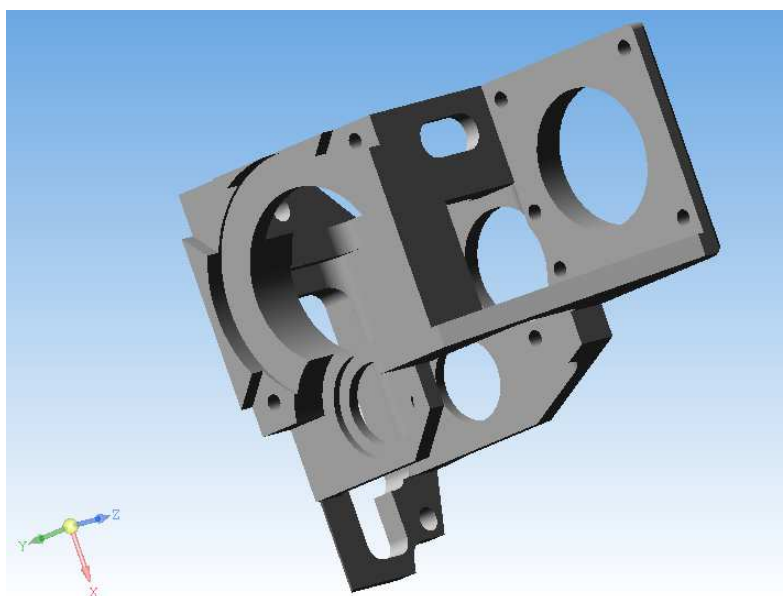


Рис. 3. Корпус шасі

Для цієї деталі було спроектовано 6 різних технологічних процесів виготовлення, по два для одиничного, серійного та масового виробництва. Усі 6 технологічних процесів були внесені до ПЗ «Auto_price» для подальшого їх аналізу й вибору оптимального варіанта технологічного процесу.

Отже, для того щоб перейти у вікно введення початкових даних ПЗ «Auto_price», необхідно натиснути лівою кнопкою миші, на кнопку **«Виконати розрахунок вартості»**, після чого відкривається наступне вікно програми для розрахунку вартості та часу виготовлення деталі. Зазначене вікно містить порожні поля, куди необхідно ввести дані. Для того щоб ввести початкові дані в програму, нам необхідно спочатку натиснути на кнопку **«Читати початкові дані з файла»** програма запропонує нам вибрати необхідний файл формату .dat. У цьому файлі повинні бути записані параметри, необхідні

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

для розрахунку програми, а саме: вартість верстата, кількість робочих годин на добу, кількість робочих днів на рік, витрати на обслуговування, термін окупності верстата, витрати на інструмент, споживча потужність станка, тариф за електроенергію, зарплата робітника за 1 зміну, вагові коефіцієнти, час роботи верстата, прибуток, партія деталей. Це програмне рішення було зроблено з метою скорочення часу при повторному розрахунку цього ТП, оскільки файл із даними можна використовувати необмежену кількість разів, і не потрібно заново вводити початкові дані.

Після того як було введено початкові дані, необхідно завантажити в програму ТП виготовлення деталі у форматі XXX-Y, де XXX – це номер операції, Y – номер переходу. Для того щоб завантажити ТП, необхідно натиснути на клавішу «**Читати тех. процес з файлу**», далі програма запропонує вибрати файл у форматі .dat, після вибору необхідного файлу він буде автоматично завантажений та представлений у діалоговому вікні, також буде пораховано кількість переходів, які є в ТП.

Щоб отримати результат розрахунку, необхідно натиснути на кнопку «**Розрахувати**», після чого відбудеться автоматичний процес розрахунку вартості та часу виготовлення деталі, результат розрахунку представлено на рис. 4.

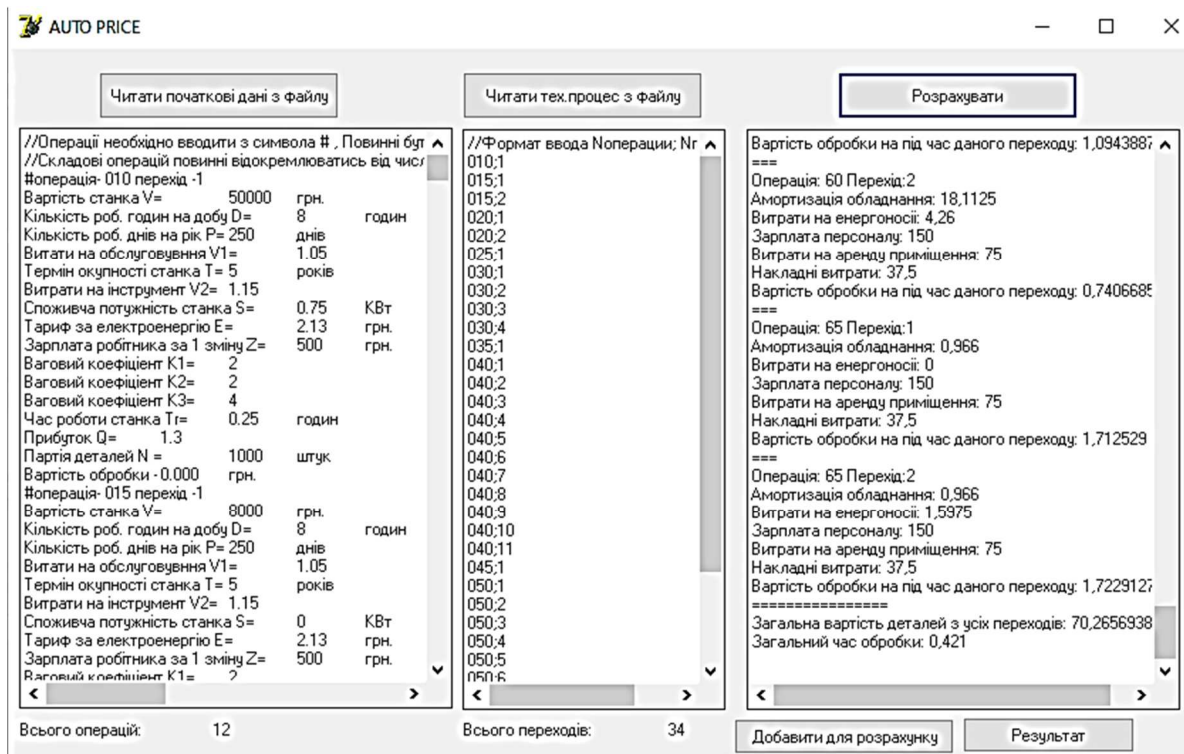


Рис. 4. Приклад розрахунку вартості та часу виготовлення деталі типу «корпус шасі»

Результат розрахунку представлено детально, розраховано не тільки вартість кожного окремого переходу в технологічному процесі, але й такі показники, як витрати на амортизацію обладнання; енергетичні витрати; витрати на оплату праці; витрати на оренду/амортизацію приміщення; накладні витрати. Такий детальний розрахунок дає змогу дізнатися максимально точно про вартість виготовлення, на яких переходах вона найвища, та які параметри на це впливають, що дає змогу технологу можливість заміни того чи іншого переходу на більш дешевий, при незмінній якості виготовлення виробу загалом.

Після розрахунку необхідно натиснути на кнопку «**Добавити для розрахунку**», натиснувши на цю кнопку з'явиться інформаційне вікно, де буде вказано, що дані розрахунку збережено для порівняння з іншими ТП. Натиснувши кнопку «**ОК**» на інформаційному вікні, можна вводити дані для наступних ТП, для цього необхідно виконати описані вище дії.

Додавши необхідну кількість ТП для порівняння (6 ТП максимально можлива кількість для порівняння в програмі), необхідно натиснути на кнопку «*Результат*», після цього відкриється діалогове вікно, зображене на рис. 5.

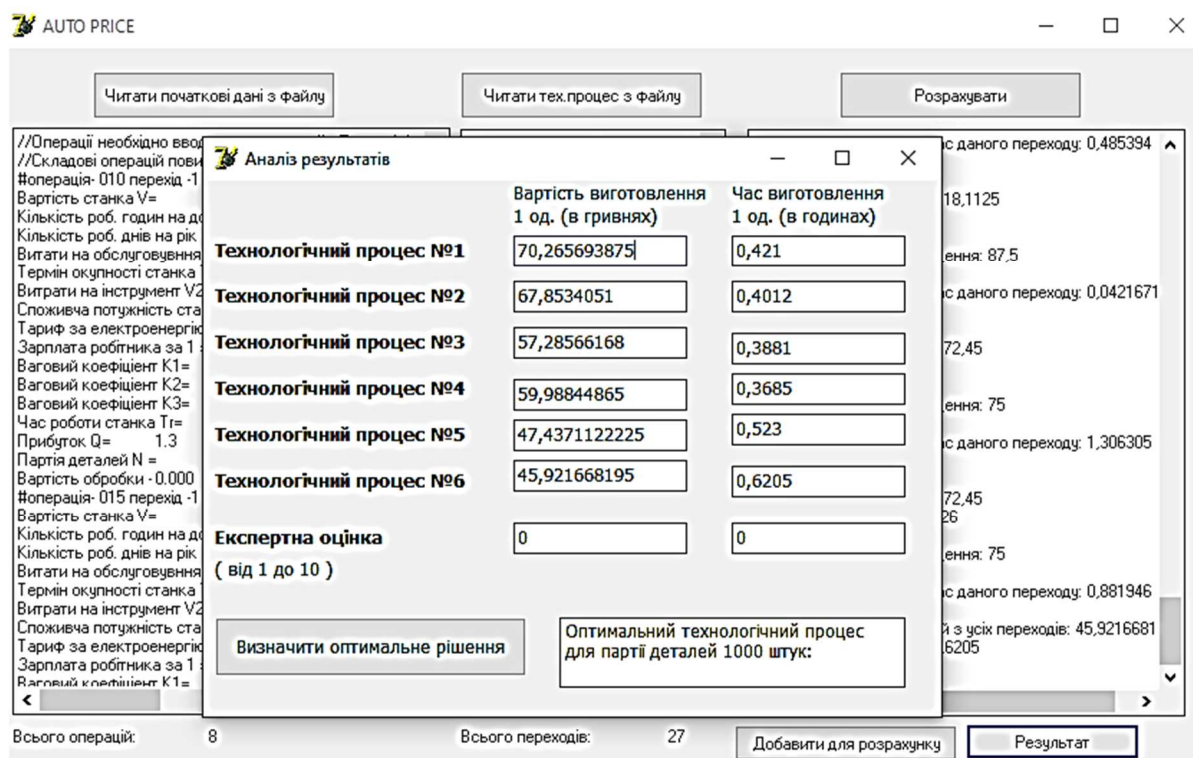


Рис. 5. Результат розрахунку вартості та часу ТП для шести ТП

У ПЗ «Auto_price» передбачена можливість порівняння різних ТП виготовлення партії деталей у розмірі 1000 штук. Максимальна похибка між ручним розрахунком та розрахунком виконаним програмою становить 0,2 %. Це може бути пов'язано з тим, що під час ручного розрахунку значення були менш точними, та містили менше значень після коми, ніж при розрахунку в програмі, де точність становить до 9 знаків після коми.

Також у програмі є можливість впливати на оптимальне рішення при виборі ТП, за допомогою експертної оцінки, яку необхідно ввести у спеціальні поля в програмі, які знаходяться під табличкою з вартістю та часом відповідно (початкове значення = 0). Значення експертної оцінки, які являють собою вагові коефіцієнти, повинні бути в межах від 1 до 10, та лише цілими значеннями, при введенні від'ємних або дробових значень програма видасть помилку.

У роботі використовувався аналітичний спосіб проведення експертної оцінки для визначення оптимального ТП. Так, експертам було запропоновано визначити пріоритетність для замовника одного з параметрів, а саме вартість виготовлення або час виготовлення замовлення у відсотковому співвідношенні [5].

Після виконання експертної оцінки необхідно натиснути на кнопку «*Визначити оптимальне рішення*» для визначення оптимального рішення вибору ТП. На рис. 6 представлено оптимальний результат вибору залежно від вартості та часу виготовлення деталі.

На основі отриманих розрахункових даних було побудовано графічні залежності (рис. 7), які чітко відображають вибір оптимального рішення ТП виготовлення деталі, на базі експертної оцінки для різних типів виробництва.

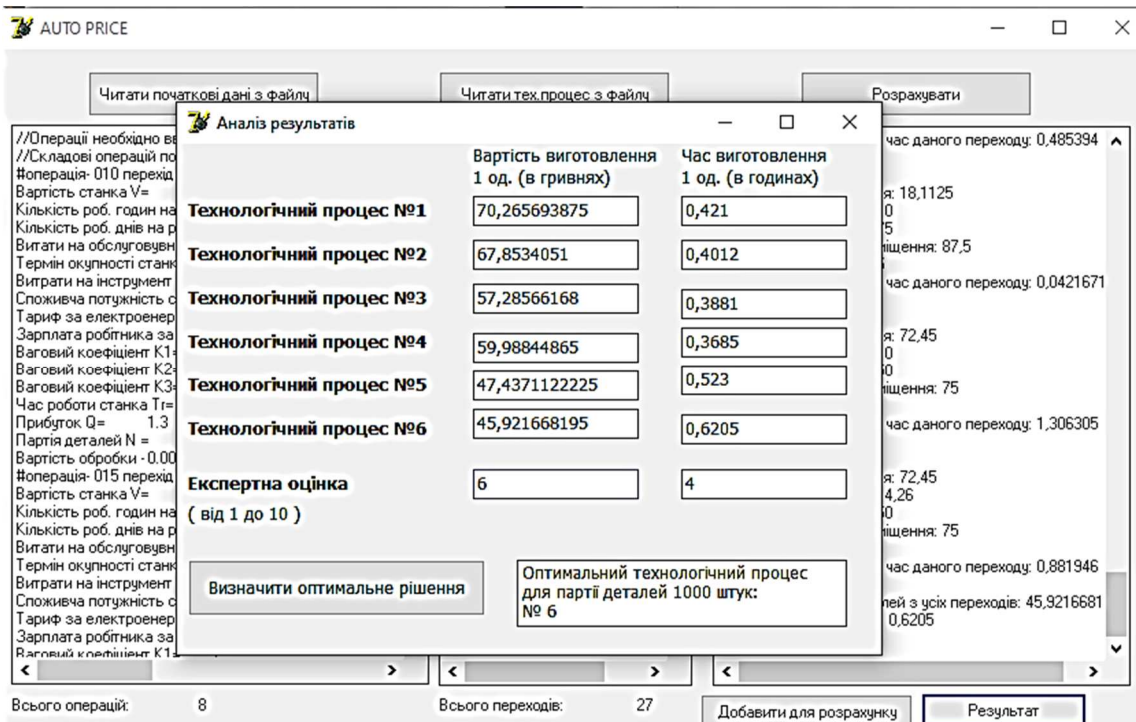


Рис. 6. Вибір оптимального рішення в ПЗ «Auto_price»

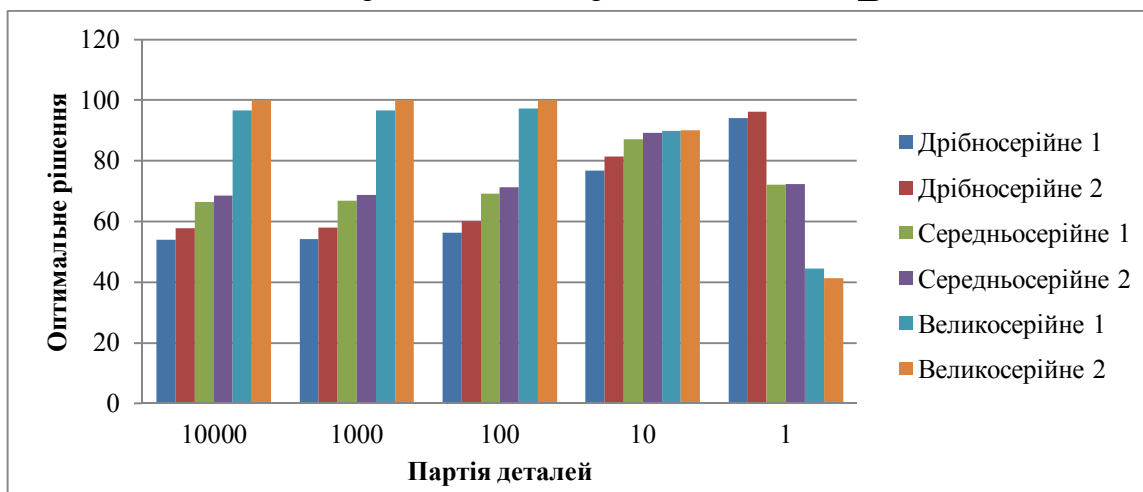


Рис. 7. Вибір оптимального рішення ТП виготовлення деталі, на базі експертної оцінки для різних типів виробництва

Висновки відповідно до статті. У цій роботі було удосконалено метод розрахунку вартості та часу виготовлення деталі залежно від типу виробництва, що дозволило отримати оптимальний технологічний процес з урахуванням техніко-економічних показників та реалізувати цей метод програмно. На прикладі конкретної деталі продемонстровано можливості програмного забезпечення «Auto_price» для розрахунку вартості деталі залежно від типу виробництва і структури технологічного процесу. Вибрано оптимальне рішення, враховуючи вартість та час виготовлення, зважаючи на ваговий коефіцієнт, який було обрано за допомогою експертної оцінки.

Список використаних джерел

1. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: український міжвідомчий науково-технічний збірник / Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка»; відпов. ред. З. А. Стоцько. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. Вип. 50. 140 с.

2. CustomPart.Net. URL: <https://www.custompartnet.com>.
3. Гриньова В., Салун М. Організація виробництва: навчальний посібник. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2005. 550 с.
4. Системи автоматизованого проектування: комп'ютерний практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів» / уклад.: Н. В. Стельмах, К. С. Барандич. Електронні текстові дані (1 файл 24 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 62 с.
5. Румбешта В. О., Стельмах Н. В. Прийняття рішень в автоматизованій системі технологічної підготовки приладобудівного виробництва на базі дискретної оптимізації. *Науковий вісник Кремен. ун-ту економіки, інформ. технол. і управ. Нові технології*. 2009. № 1 (23). С. 189–191.

References

1. Stotsko, Z. A. (2016). Avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prylobuduvanni: ukrainskyi mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk [Automation of production processes in mechanical engineering and instrument making: Ukrainian interdepartmental scientific and technical collection] (Issue 50). Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki [in Ukrainian].
2. CustomPart.Net. *custompartnet.com*. Retrieved from: <https://www.custompartnet.com>.
3. Hrynova, V., Salun, M. (2005). Orhanizatsiia vyrobnytstva [Organization of production]. Kharkiv: VD «ІNZhEK» [in Ukrainian].
4. Stelmakh, N. V., Barandych, K. S. (2018). Systemy avtomatyzovanoho proektuvannia: kompiuternyi praktykum: navch. posib. dlia stud. spetsialnosti 151 «Avtomatyzatsiia ta kompiuterno-intehrovani tekhnolohii», spetsializatsii «Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii vyrobnytstva prykladiv» [Computer aided design: computer workshop: teaching tool. for students. specialty 151 “Automation and Computer-Integrated Technologies”, specialization “Computer-Integrated Device Manufacturing Technologies”]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho [in Ukrainian].
5. Rumbeshta, V. O., Stelmakh, N. V. (2009). Pryniniattia rishen v avtomatyzovani systemi tekhnolohich-noi pidhotovky prylobudivnogo vyrobnytstva na bazi dyskretnoi optymizatsii [Decision making in the automated system of technological preparation of instrument-making production on the basis of discrete optimization]. *Naukovyi visnyk Kremen. un-tu ekonomiky, inform. tekhnol. i uprav. Novi tekhnolohii – Scientific Bulletin of the Kremenchug University of Economics, Information Technology and Management. New technologies*, 1 (23), 189–191 [in Ukrainian].

UDC 658.512.8

Nataliia Stelmakh, Serhii Sapon, Yaroslav Ryzhuk

SELECTION OF OPTIMAL TECHNOLOGICAL PROCESS ON THE BASIS OF AUTOMATED ASSESSMENT OF ITS TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS

Relevance of the research topic. Technological preparation of production is an important stage, because it is the technological process (TP) of manufacturing a part that determines the technical and economic indicators that determine the competitiveness of a part in the product market.

Formulation of the problem. The time spent by many domestic enterprises to calculate the technical and economic indicators of the technological process of manufacturing a part is quite significant today, which significantly slows down the technological preparation of production. In today's environment, the speed of environmental change, transformation and competition in the market is unacceptable.

Analysis of research and publications. At present, there is a considerable amount of software available to calculate the technical and economic indicators of TP of parts manufacturing. Each program has its advantages and disadvantages.

Highlighting previously unresolved parts of a common problem. An important element of the software for the calculation of the technical and economic indicators of the TP of parts manufacturing is the ability to promptly calculate the optimal TP on the indicators that are most important in specific production conditions. That is, it should be possible to select an optimization parameter.

The purpose of the article is to improve the method of calculating the cost and time of manufacture of a part depending on the type of production.

Presenting main material. On the example of a specific part, are demonstrated the capabilities of the software "Auto_price" for calculating the cost of the part, depending on the type of production and structure of the process. The most optimal is chosen, taking into account the cost and time of manufacturing, taking into account the weight factor that was selected by peer review.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Conclusion. In the work the was improved the method of calculation of cost and time of production of a part depending on the type of production, which allowed to obtain the optimal technological process taking into account the technical and economic indicators and to implement this method programmatically.

Keywords: manufacturing of parts; cost of manufacture; time of manufacture; optimal technological process; type of production.

Fig.: 7. References: 5.

Стельмах Наталія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри виробництва приладів Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Stelmakh Nataliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Instrument Production Department, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: n.stelmakh@kpi.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1876-2794>

Сапон Сергій Петрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування і деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sapon Serhii – PhD in Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of machine building technology and wood processing department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: s.sapon@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1082-6431>

ResearcherID: G-7764-2014

SCOPUS Author ID: 56736964700

Рижук Ярослав Олександрович – магістр зі спеціальності автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології, Національний Технічний Університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Ryzhuk Yaroslav – master in automation and computer-integrated technologies, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: yaroslav.rizhuk@gmail.com