УДК 621.002:004.896

Войтенко В.І. к.т.н., доц.
НТУУ «Київський політехнічний інститут» м. Київ, Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ «СТІЙКОСТІ РІЗЦЯ» НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА СОБІВАРТІСТЬ ТОЧІННЯ

Voitenko V.
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine (mmi@kpi.ua)

EVALUATION OF «STABILITY CUTTERS» PRODUCTIVITY AND COST TURNING

В практиці машинобудівного виробництва на сьогодні важливим є раціональне використання сучасного металорізального обладнання. Ціни такого обладнання значно перевищують ціни попередніх моделей . Тому важливим є раціональне втановлення режимів обробки. Наявні в довідниковій літературі рекомендації по встановленню стійкості інструмента мають бути уточнені. Наведені результати віртуального моделювання в системі автоматизованого проектування "Sapr_2014" *напівчистого точіння на верстаті HAAS_ST-10Y при значеннях стійкості різця в діапазоні 5 –240 хв.Подані практичні рекомендації для раціонального використання відповідної технологічної системи Та методика має універсальний характер і дозволяє моделювання основних технологічних переходів механічної обробки.*
Ключові слова: стійкість інструменту, собівартість, система автоматизованого проектування технологічних процесів, Sapr_2014

Вступ

Важливим завданням проектування технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей машинобудування є забезпечення мінімальної собівартості. При цьому мінімальна технологічна собівартість ТП можлива при забезпеченні мінімальної собівартості всіх технологічних переходів ТП. Таким чином, при проектуванні технологічних переходів виникає задача призначати такі режими різання, які б і забезпечували б мінімальну технологічну собівартість. Одним із важливих варіативних факторів призначення режимів різання є стійкість різального інструменту. Методики розрахунків собівартості переходів є загально відомими і достатньо подані в технічній і учбовій літературі [2,3,4,5,6,8]. Також достатньо відомі рекомендації по призначенню значень стійкості інструмента для різних переходів при різноманітних вимогах до точності розмірів та якості оброблюваних поверхонь. Загалом рекомендації стійкості найчастіше знаходяться в діапазоні від 30 до `120 хвилин. Проте пояснення, або ж обґрунтування таких рекомендацій практично відсутні. До того ж ці рекомендації в більшості були сформовані в умовах, коли вартість металорізального обладнання була в рази менше, як вона є нині. Завдання раціональної окупності дорогого обладнання вимагає використання високих швидкостей різання. Та підвищення швидкості різання негативно впливає на стійкість інструменту. Виникає завдання пошуку раціональних режимів різання для конкретної технологічної системи, які б забезпечували б мінімальну собівартість Проте наявні програмні засоби автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки дозволяють визначати тільки трудомісткість типових технологічних переходів без визначення собівартості переходів в залежності від заданної стійкості інструменту. Крім того система автоматизованого проектування "Sapr_2014" розробки автора [1,7] дозволяє моделювати процеси основних технологічних переходів різання в широкому діапазоні зміни парвметрів реквізитів їх інформаційних моделей. Результати моделювання декількох варіантів виконання переходів дає можливість вибрати раціональні режими обробки і оптимізувати собівартість виконання типових переходів.

Мета

Метою дослідження є первірка можлівостей "Sapr_2014" для віртуальної оцінки трудомісткості та собівартості технологічного переходу на прикладі напівчистового точіння контукційних сталей при заданих параметрах технологічної системи.

Основна частина

Для виявлення залежності продуктивності та собівартості точіння від заданої стійкості різця використовувався інтерактивний модуль "P4110-1" комбінованої системи автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки "Sapr_2014". Модуль, при заданих розмірних та якісних характеристик переходу, забезпечує інтерактивний вибір різця, призначення режимів обробки в широкому діапазоні варіантів впливових факторів. Інтерактивне проектування точіння в "Sapr_2014" виконується в три фази [7]. Перша фаза проектування забезпечує формування інформаційної моделі переходу (розмірні та якісні

© Войтенко В.І., 2016

DOI: http://dx.doi.org/10.20535/2305-9001.2016.76.63590

характеристики переходу і специфічні характеристики технологічної системи). Частина інформаційної моделі переходу формується до проектування переходу. Так матеріал деталі з його характеристиками задається на початку проектування самого технологічного процесу. Модель верстата з його параметрами вибирається на початку проектування операції. Необхідно ввести значення : розміру обробки з вимогами точності, розміру заготовки, довжини поверхні, розмір вильоту із патрону, параметру Ra. Також необхідно вибрати, із трьох наявних варіантів, схему закріплення заготовки. Вибрати із меню (8 – м варіантів) конструкцію різця та його типорозмір (10 – 12 варіантів залежно від конструкції). Треба також позначити застосування чи не застосування охолодження, наявність чи відсутність корки на поверхні заготовки. Завершується перша фаза проектування натиском клавіші Ok .В другій фазі необхідно вибрати із відповідних меню типорозмір різця та матеріал ріжучої частини різця також необхідно призначити (із випадаючого меню) бажану стійкість різця. Автоматично пропонується нормативне значення. Завершується друга фаза проектування натиском клавіші Start . В третій фазі проектування на екрані розміщуються розрахункові параметри режимів різання та розміщуються випадаючі меню значень подачі та частоти обертання шпинделя. Необхідно вибрати бажані значення подачі та обертів і натиснути клавішу Write . Результат проектування виводиться на панель екрану та автоматично додається до файлу Text.txt, де зберігається робочий варіант технологічного процесу. Визначаються також витрати часу, витрати енергії та собівартість переходу. Складові розрахунків режимів різання та собівартості виводяться на екран для ознайомлення. Також формується ізберігається у відповідному файлі набір G – кодів для виконання перехлду на верстаті з ЧПУ.

В процесі дослідження виконувалось моделювання точіння на токарному з ЧПУ верстаті моделі HAAS_ST-10Y циліндричної поверхні ф100h12 довжиною 200 мм з вимогами до шорсткості Ra3,2 мкм. Вартість верстата по курсу НБУ складає 924875 грн. Матеріал деталі – Сталь 45. Глибина різання дорівнювала 0,5 мм. Використовувався різець «MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20х20, Т5К10+ИП, ТУ 2-035-892-82» українського виробництва. Вартість різця - 100 грн. Було виконано 9-ть варіантів виконання переходу при значеннях «стійкості» різця - 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120 та 240 хв. На Рис. 1, для прикладу, наведено копію екрана при завершенні моделювання точіння зі стійкістю різця 30 хв. А на Рис.2 копію повідомлення про складові собівартості цього ж переходу.

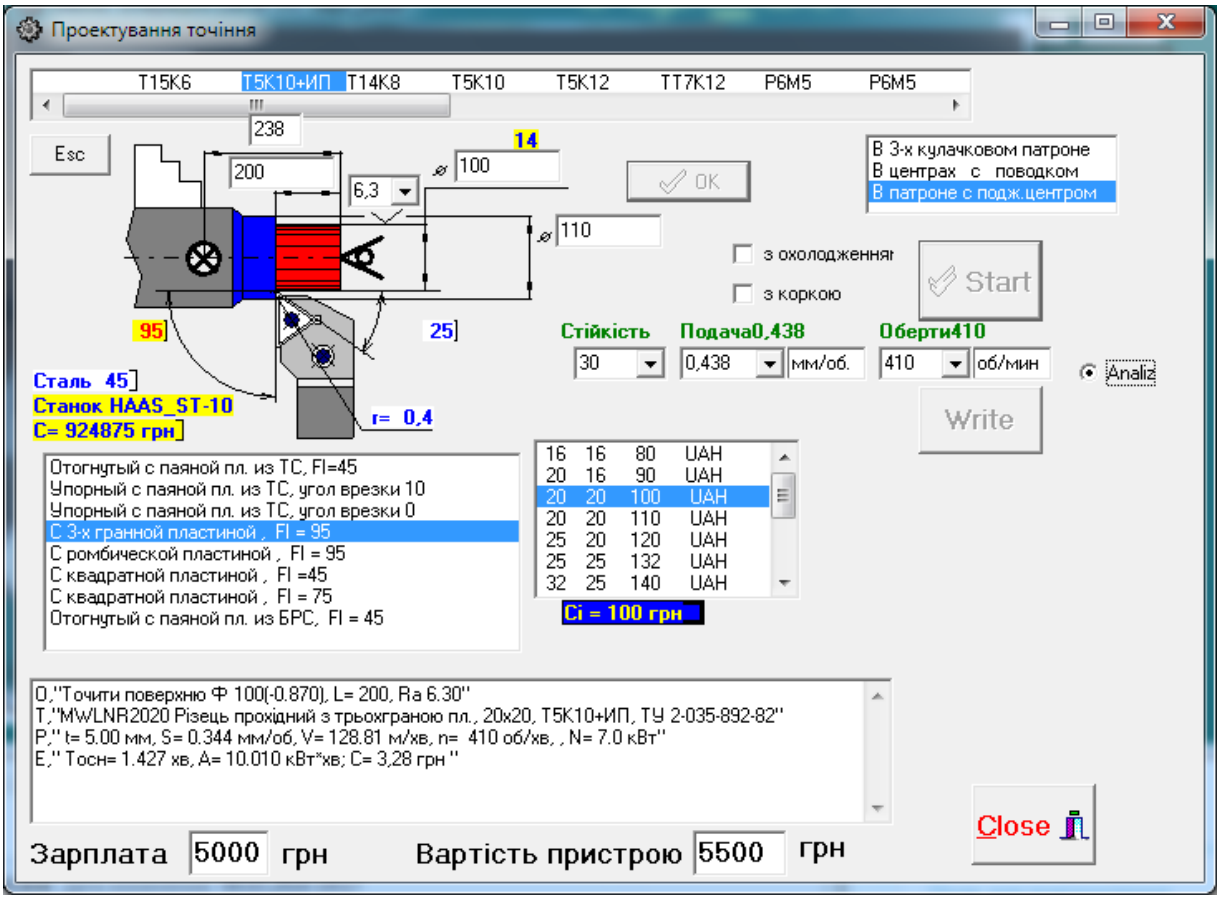

Рис. 1. Екран при завершенні моделювання переходу при стійкості 30 хв

Далі подано лістинг опису операції і всіх 9-ти переходів. На Рис. 3. Наведена .діаграма залежностей собівартості переходу та основної складової норми часу та складових собівартості - витрат на зарплату, на ріжучий інструмент, амортизацію, електроенергію від заданої стійкості різця. На Рис. 4 - складові собівартості та їх співвідношення при заданій стійкості різця 30 хв. На Рис 5 подана діаграма залежностей собівартості переходу, основної складової норми часу, швидкості та потужності різання від заданої стійкості.

Лістинг файла Text.txt.

```
B,"4601 Токарна з ЧПУ            .  ИОТ  63"
Д,"Токарний верстат з ЧПУ  HAAS_ST-10Y"

* Etap= E4;  Stijk = 5 хв;              Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20x20, T5K10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 338.66 м/хв, n= 1078 об/хв, N= 1.9 кВт"
E," Тосн= 0.440 хв, A= 0.823 кВт*хв; C= 3,31 грн "

* Etap= E4;  Stijk = 10 хв;             Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20x20, T5K10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 256.98 м/хв, n= 818 об/хв,, N= 1.5 кВт"
E," Тосн= 0.581 хв, A= 0.858 кВт*хв; C= 2,49 грн "
* Etap= E4;  Stijk = 15 хв;             Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20x20, T5K10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 210.49 м/хв, n= 670 об/хв, N= 1.2 кВт"
E," Тосн= 0.709 хв, A= 0.884 кВт*хв; C= 2,27 грн "

* Etap= E4;  Stijk = 30 хв;             Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20x20, T5K10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 171.22 м/хв, n=  545 об/хв, N= 1.0 кВт"
E," Тосн= 0.871 хв, A= 0.912 кВт*хв; C= 1,85 грн "

* Etap= E4;  Stijk = 45 хв;             Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20x20, T5K10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 141.37 м/хв, n=  450 об/хв, N= 0.9 кВт"
E," Тосн= 1.055 хв, A= 0.938 кВт*хв; C= 1,86 грн "

* Etap= E4;  Stijk = 60 хв;             Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20x20, T5K10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 120.32 м/хв, n=  383 об/хв, N= 0.8 кВт"
E," Тосн= 1.240 хв, A= 0.961 кВт*хв; C= 1,96 грн "
```

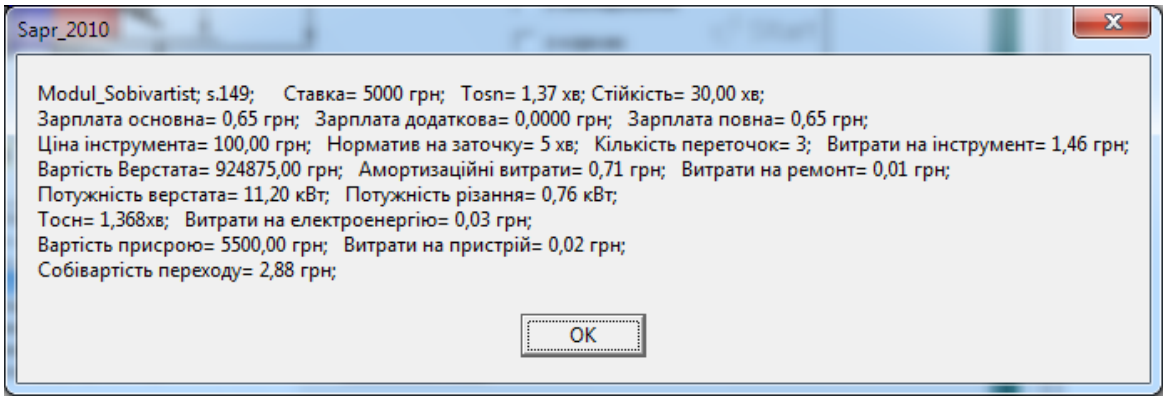

Рис. 2.Складові собівартості при стійкості 30 хв

```
* Etap= E4;  Stijk = 90 хв;              Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20x20, T5K10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 105.87 м/хв, n=  337 об/хв, N= 0.7 кВт"
```

```
E," Тосн= 1.409 хв, A= 0.980 кВт*хв; C= 1,97 грн "
* Etap= E4;  Stijk = 120 хв;            Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20х20, Т5К10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 95.50 м/хв, n=  304 об/хв, N= 0.6 кВт"
E," Тосн= 1.562 хв, A= 0.995 кВт*хв; C= 2,04 грн "
```

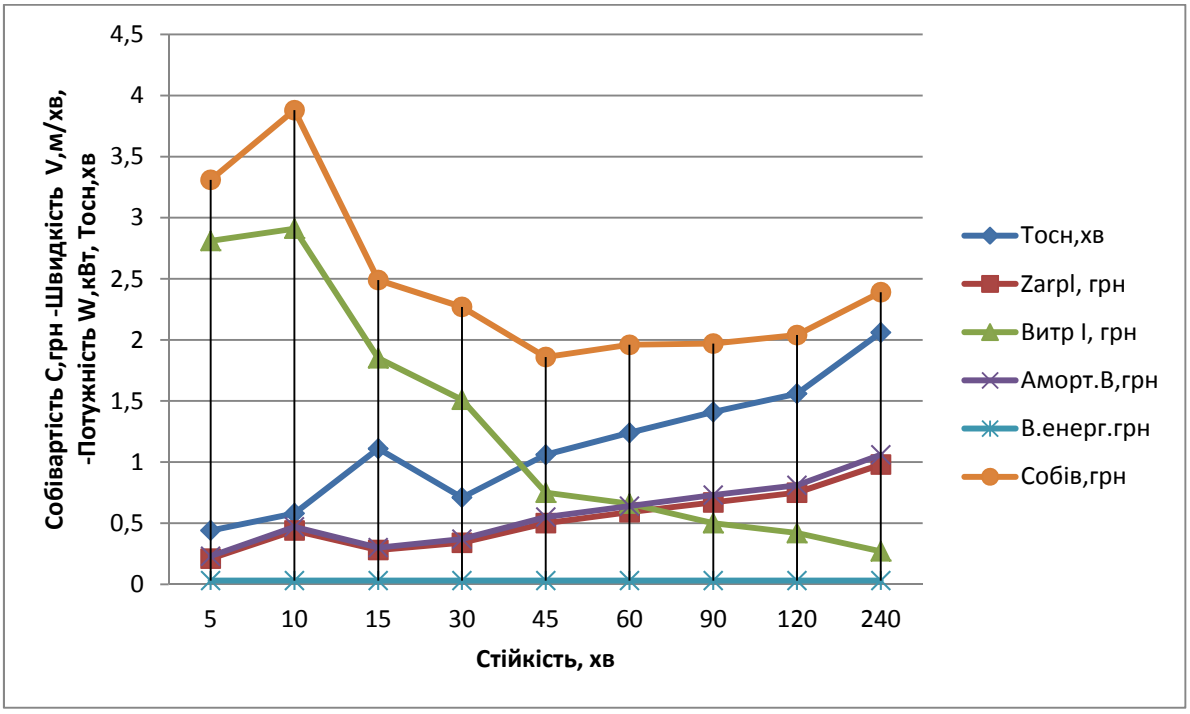

Рис. 3. .Діаграми собівартості переходу, основної складової норми часу та складових собівартості - витрат на зарплату, на ріжучий інструмент, амортизацію, елктроенергію при значеннях стійкості різця від 5 до 240 хв

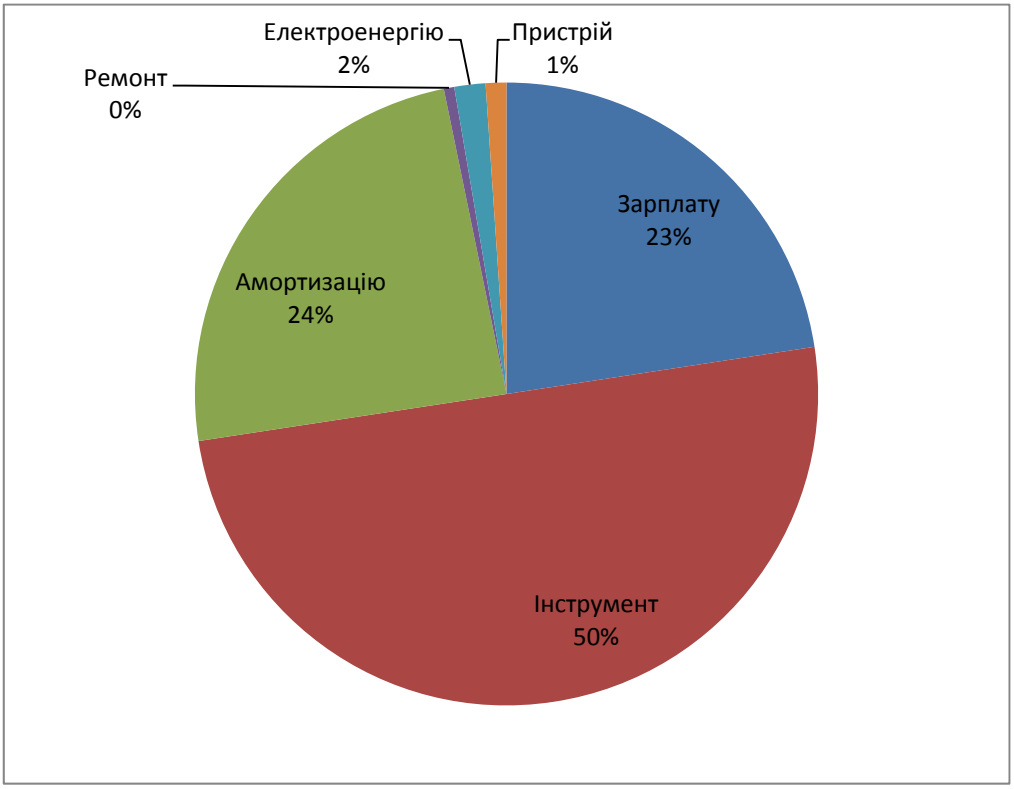

Рис. 4. Структура собівартості переходу точіння при стійкості різця 30 хв

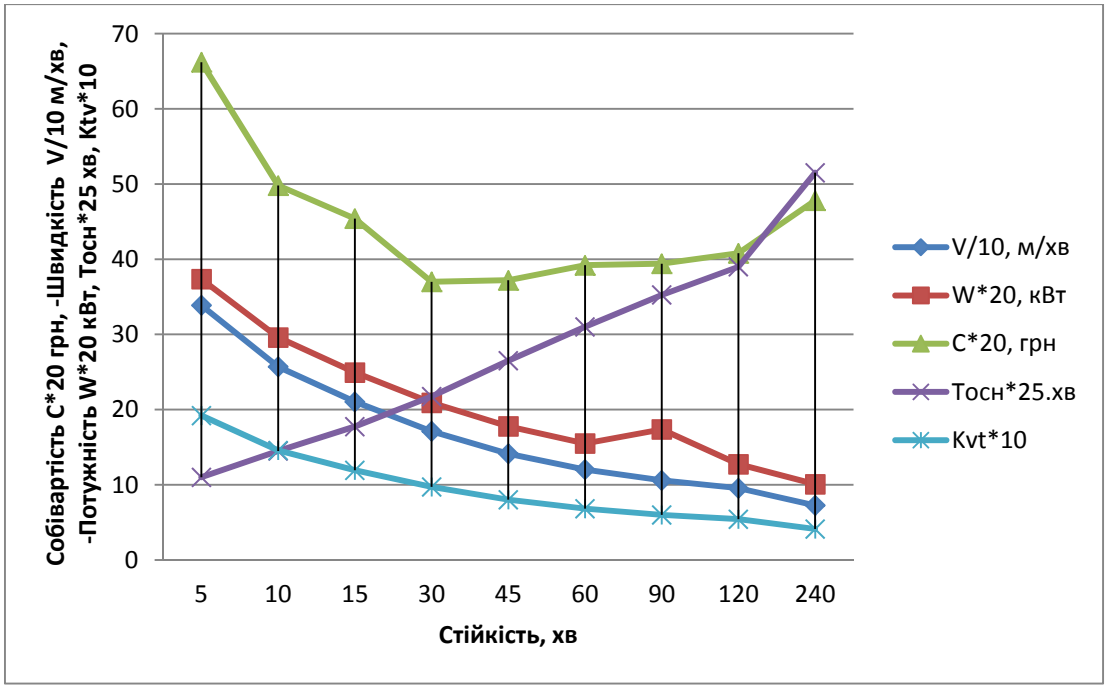

Рис 5. .Діаграми собівартості переходу (С*20 грн), основної складової норми часу (Тосн*25 хв), швидкості (V/10 м/хв), потужності різання (W*28 кВт) та коефіцієнта впливу стійкості (Kvt) при значеннях стійкості різця від 5 до 240 хв

```
* Etap= E4;  Stijk = 240 хв;              Поверхня  № 38
O,"Точити поверхню Ф 100h12(-0.350), L= 200, Ra 3.20"
T,"MWLNR2020 Різець прохідний з трьохграною пл., 20х20, Т5К10+ИП, ТУ 2-035-892-82"
P," t= 0.50 мм, S= 0.425 мм/об, V= 72.57 м/хв, n=  231 об/хв, N= 0.5 кВт"
E," Тосн= 2.056 хв, A= 1.037 кВт*хв; C= 2,39 грн "
```

Аналіз діаграм на Рис.3 і 5 свідчить про те, що мінімальна собівартість переходу при заданих умовах відповідає стійкості 30 хв. З діаграми на Рис.3 можна зробити висновки, що витрати часу будуть найменші при найменших значеннях стійкості. Натомість потужність різання менша при найбільших значеннях стійкості. При цьому, якщо коефіцієнт збільшення стійкості від 5 хв до 240 хв має значення 48, то основна складова часу зростає від 0,44 хв до 2,056 хв, тобто зростає в 4,67 раз, а потужність різання від 1,9 кВт зменшується до 0,5 кВт, тобто в 3,8 рази. Аналіз складових собівартості переходу при стійкості 30 хв (Рис.4) свідчить, що найбільші витрати там складають витрати на інструмент – 50 %, а витрати на амортизацію верстата складають 24%. Розглянута методика віртуального моделювання з метоюоцінки собівартості є універсальною для типових технологічних переходів механічної обробки.

Висновки

Проведенний експеримент засвідчив можливість використання системи автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки «SAPR_2014» для визначення раціональних значень режимів різання для типових технологічних переходів виконуваних в конкретних умовах технологічних систем.

Анотация.

В практике машиностроительного производства сегодня важным есть эффективное использование современногометаллорежущего оборудования. Цена такого оборудования значительно выше, чем цена предыдущих моделей. Поэтому важным становится определение рациональных режимов обработки. Необходима методика чтобы уточнить имеющиеся влитературе рекомендации по заданию стойкости инструмента. Приведены результаты виртуального моделирования в системе автоматизированного проектирования «Sapr_2014» получистового точения на станке HAAS_ST-10Y.Значения стойкости резцазадавались в диапазоне 5 – 240 мин. Представлены практические рекомендации по рациональному использованию заданоого оборудования и инструмента. Рассмотренная методика является универсальной и позволяет моделирование в основных типовых технологических переходов механической обработки.

Ключевые слова: *стойкость инструмента, стоимость, системы автоматизированного проектирования технологических процессов, Sapr_2014*

Abstract.
I In the practice of engineering production today important is the effective use of modern metal-cutting equipment. The cost of such equipment is considerably higher than the cost of previous models. So important is the definition of rational treatment regimes. Necessary to clarify the procedure available vliterature recommendation for setting tool life. The results of virtual modeling in CAPP system «Sapr_2014» roughing turning on the machine HAAS_ST-10Y.Znacheniya reztsazadavalis resistance in the range of 5 - 240 minutes. Presents practical advice on the rational use of zadanoogo equipment and tools. Our procedure is versatile and allows the simulation of the model in the main technological transitions machining.
Keywords: *instrument stability, cost, computer-aided design processes, Sapr_2014*

Бібліографічний список використаної літератури

1. *В.І. Войтенко*. Програмний продукт „Система автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки SAPR_2014” (“SAPR_2014”). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54522. від 30.04.2014. Державна служба інтелектуальної власності України. Бюлетень. ”Авторське право та суміжні права” № 33.
2. *Гузеев В.И.*, Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением.: Справочник / Под редакцией В.И. Гузеева. М.: Машиностроение, 2007. 368 с. ISBN: 978-5-217-03404-8.
3. *Криськов О.Д.* Алгоритм оцінки витрат на електроенергію та різальний інструмент при проектуванні технологічної операції // Прогресивні технології та системи машинобудування. Міжнародний збірник наукових праць. Вип. 33. - Донецьк: ДонНТУ, 2007. - С.124 - 129.
4. *Нормативный* коэффициент эффективности капитальных вложений. http://bank-explorer.ru/finansy/normativnyj-koefficient-effektivnosti-kapitalnyx-vlozhenij.html 2015г.
5. *Общемашиностроительные* нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. - М.: Экономика, 1990.- 473 с.:ил.
6. *Расчеты* экономической эффективности новой техники. Справочник. Под ред. докт. техн. наук, проф. К.М. Великанова. -Л.: Машиностроение, 1975.- 430с.
7. *Системи* автоматизованого проектування технологічних процесів машинобудування : навч. посіб. / Войтенко В.І. - К.: НТУУ „КПІ”, 2012. -232 с. –Гриф МОНМС України від 21.02.2012 р.
8. *Справочник* технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова.-5-е изд., перераб. И доп.-М.: Машиностроение, 2001.-942с.

References

1. Voitenko V.I. The software "Automated design processes of machining SAPR_2014" (2014), State Intellectual Property Service of Ukraine, Bulletin, "Copyright and Related Rights" number 33, Certificate of registration of copyright from number 54522. 04/30/2014.
2. Guzeeva, V.I., Batueva, V.A. and Surkov, I.V. (2007), *Rezanyya regimes for tokarnыh and Drilling and milling machine tools with rastochnыh management of software chyslovыm*, Directory, Under the editors, Guzeeva, V.I. Engineering, ISBN: 978-5-217-03404-8, Moscow, Russia.
3. Kryskov O.D, (2007), The algorithm estimates the cost of electricity and cutting tools in the design of technological operation, *Progressive technologies and systems engineering. International technologies*, vol. 33, Donetsk, DonNTU, pp. 124 - 129.
4. Normatyvnыy Factor of the effectiveness kapytalnыh investments. http://bank-explorer.ru/finansy/normativnyj-koefficient-effektivnosti-kapitalnyx-vlozhenij.html 2015h.
5. Obshhemashinostroitel'nye normativy vremeni i rezhimov rezanija dlja normirovanija rabot, vypolnjaemyh na universal'nyh i mnogocelevyh stankah s chislovym programmnym upravleniem. (1990), Part II. Normativy rezhimov rezanija, Economy, Moscow, Russian.
6. Velykanova, K.M. (ed) (1975*), Raschetы эkonomycheskoy of the effectiveness* Novaya tehnyky. Directory. Mashinostroenie, Lviv, Ukraine.
7. Voitenko, V., (2012), *Computer-aided design engineering processes teach. guidances*. KPI, Hryf MONMS Ukraine 21.02.2012 p., Kiev, Ukraine.
8. Kosylovoy, A.H. and Mescheryakova, R.K. (2001), *Directory technologist-mashynostroytelya*. In 2 tom. Vol.2, 5nd. ed., Engineering, Moscow, Russian.

Подана до редакції 18.03.2016