

УДК 621.923.42

*Геннадій Пасов, Володимир Венжега, Андрій Рудик***НАВЧАЛЬНИЙ СИМУЛЯТОР РОБОТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК***Геннадій Пасов, Владимир Венжега, Андрей Рудик***УЧЕБНЫЙ СИМУЛЯТОР РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ***Hennadii Pasov, Volodymyr Venzheha, Andrii Rudyk***TRAINING SIMULATOR OF ROBOTIC TECHNOLOGICAL COMPLEX ON THE BASIS OF CNC LATHE**

У статті розглянуто можливість використання в навчальному процесі симуляторів, зокрема симулятора роботизованого технологічного комплексу на базі токарного верстата 16K20Ф3 із системою ЧПК 2P22 у процесі вивчення таких дисциплін, як «Верстати з числовим програмним керуванням та верстатні комплекси», «Системи керування верстатів та верстатних комплексів» та «Підйомно-транспортне обладнання і роботи».

Цей симулятор дозволяє імітувати процес програмування верстата з одночасним відпрацюванням розробленої програми. У разі неправильного програмування симулятор знаходить помилки і вказує користувачу на них. Таким чином, симулятор дозволяє зробити процес навчання більш цікавим, наочним та дешевшим.

Ключові слова: симулятор, роботизований технологічний комплекс, токарний верстат, числове програмне керування.

Рис.: 14. Бібл.: 11.

В статье рассмотрена возможность использования в учебном процессе симуляторов, в частности симулятора роботизованного комплекса на базе токарного станка 16K20Ф3 с системой ЧПУ 2P22 при изучении таких дисциплин, как «Станки с числовым программным управлением и станочные комплексы», «Системы управления станков и станочных комплексов» и «Подъемно-транспортное оборудование и работы».

Данный симулятор позволяет имитировать процесс программирования станка с одновременной отработкой разработанной программы. При неправильном программировании симулятор находит ошибки и указывает пользователю на них. Таким образом, симулятор позволяет сделать процесс обучения более интересным, наглядным и дешевым.

Ключевые слова: симулятор, роботизированный технологический комплекс, токарный станок, числовое программное управление.

Рис.: 14. Библ.: 11.

The paper considers the use in the educational process simulation, including simulation robotyzovannoho technological complex based lathe 16K20K3 the system CNC 2P22 in the study of such subjects as "Machine with numerical control and machines complexes", "Control of machines and machine systems" and "Hoists and robot".

This simulator allows you to simulate the process of programming the machine while practicing our program. Incorrect programming simulator is user error and points on them. Thus, the simulator allows to make learning more interesting, clear and cheaper.

Key words: Sim, robotic technological complex, lathe, numerical control.

Fig.: 14. Bibl.: 11.

Постановка проблеми. Освіта є основою будь-якого суспільства. В наш час у процесі вивчення різноманітних дисциплін використовується багато джерел різноманітної інформації: підручники, посібники, журнали, збірники, Інтернет. У сучасних умовах широкі можливості відкриває використання електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) у навчальному процесі, особливо персональних комп'ютерів (ПК) і високоінтелектуальних програмних продуктів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційно при засвоєнні будь-якої навчальної дисципліни студент повинен вивчати її на лекціях, лабораторних та практичних заняттях. Але при цьому як методичний наочний матеріал використовуються, здебільшого, ілюстрації зовнішнього вигляду, будови та конструкції різноманітних механізмів у вигляді двовимірних статичних схем елементів [2–4]. Саме використання ЕОМ та відповідних програмних продуктів і дозволяє вдосконалити навчальний процес (та освіту загалом), надаючи йому інтенсивності та інтерактивного змісту [5–10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Необхідно у процесі вивчення навчальних дисциплін «Верстати з числовим програмним керуванням та верстатні комплекси», «Системи керування верстатів та верстатних комплексів» та

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

«Підйомно-транспортне обладнання і роботи» використовувати симулятор роботизованого технологічного комплексу на базі токарного верстата з числовим програмним керуванням як більш наочний та дешевший спосіб.

Мета статті. Метою цієї роботи є пропозиція використання в навчальному процесі симулятора роботизованого технологічного комплексу на базі токарного верстата 6К20Ф3С32 із системою керування 2Р22.

Виклад основного матеріалу. В Чернігівському національному технологічному університеті на кафедрі «Автомобільний транспорт та галузеве машинобудування» при вивченні таких навчальних дисциплін, як «Верстатні комплекси», «Системи керування верстатів та верстатних комплексів» та «Підйомно-транспортне обладнання і роботи» запропоновано використовувати навчальний симулятор роботизованого технологічного комплексу на базі токарного верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК), розроблений фірмою SunSpire Art group [11].

Симулятор є комп'ютерним віртуальним тренажером, який призначений для ознайомлення студентів з принципами побудови системи керування, пристроями їх структурних апаратних складових елементів, методами і засобами програмування роботи автоматизованого обладнання. Мета роботи симулятора полягає в наочній демонстрації і навчанні програмуванню процесу оброблення деталі на роботизованому технологічному комплексі на базі токарного верстата 16К20Ф3С32 з системою керування 2Р22.

Для коректної роботи програми використовується ПК, який відповідає мінімальним системним вимогам:

- частота процесора не нижче 2,0 ГГц;
- обсяг оперативної пам'яті не менше 2,0 Гб;
- обсяг відеопам'яті не менше 512 Мб;
- вільне місце на диску не менше 300 Мб;
- мінімальна роздільність екрана: 1024x768x32;
- наявність звукової плати і колонок (або навушників);
- операційна система Windows XP / Vista / 7 і вище;
- встановлені драйвера DirectX версії 9с і вище.

Програмний продукт протестований, при цьому встановлена оптимальна конфігурація обладнання:

- процесор Pentium (R) Dual-Core E5300 2,60 ГГц;
- обсяг оперативної пам'яті 2,00 Гб;
- відеоадаптер NVidia GeForce GTX 460, 768 Мб;
- монітор Acer V193, дозвіл 1280x1024x32.
- звукова плата Realtek HD.

Для роботи симулятора на комп'ютері повинен бути встановлений пакет бібліотек Microsoft Visual C ++ (vcredist x86 / x64), що додається в папці з програмою. Для початку роботи із симулятором потрібно запустити файл "SimulatorRTK.exe".

Після запуску програми на екрані відобразиться заставка (рис. 1).

Після заставки відкриється меню вибору заготовок (рис. 2). Для вибору конкретного типорозміру потрібно натиснути лівою кнопкою миші по значку заготовки, а потім на кнопку "ОК". За замовчуванням обрана заготовка L100 D50 (довжина 100 мм, діаметр 50 мм).

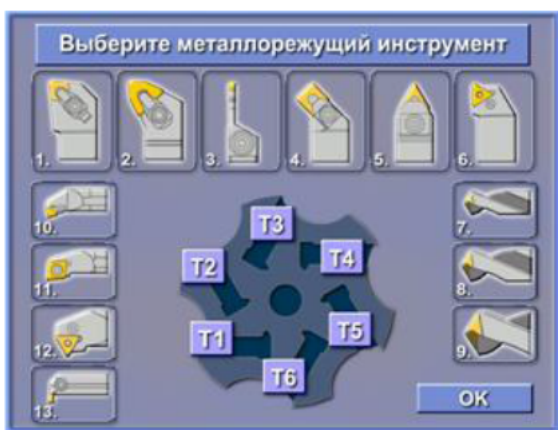
Далі відкриється меню вибору ріжучого інструменту. Залежно від того, який типорозмір заготовки обраний – коротка (довжина 100...150 мм) або довга (довжина 200...300 мм), в меню вибору інструменту будуть відображені доступні інструменти. У разі коротких заготовок доступні всі інструменти – обточувальні й розточувальні різці, а також свердла (рис. 3, а), в разі, якщо обрана заготовка довжиною 200 мм і більше – доступні тільки обточувальні різці (рис. 3, б).



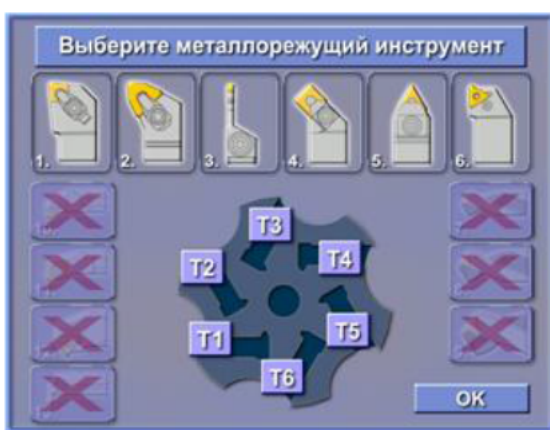
Рис. 1. Заставка програми



Рис. 2. Меню вибору заготовок



а



б

Рис. 3. Меню вибору ріжучого інструменту:

а – комплект для роботи з короткими заготовками; б – комплект для роботи з довгими заготовками

Щоб вибрати потрібний різець або свердло, потрібно натиснути по зображенню інструменту лівою кнопкою миші, при цьому зображення обраного інструменту підсвітиться червоним кольором. Далі необхідно вибрати позицію розміщення обраного інструменту в револьверній головці. Револьверна головка містить 6 позицій. Щоб вибрати потрібну позицію, потрібно натиснути на кнопки із зображенням “Т1...Т6”. Інструмент буде встановлений в обрану позицію. Встановлені в позиції інструменти можна міняти, для цього вибирають інший інструмент і встановлюють його в ту ж позицію. Для продовження роботи необхідно вибрати як мінімум один інструмент і встановити його в позицію “Т1”. Після комплектації револьверної головки натискають на кнопку “ОК”.

Після завантаження 3D-оточення симулятора з'явиться повідомлення (рис. 4).

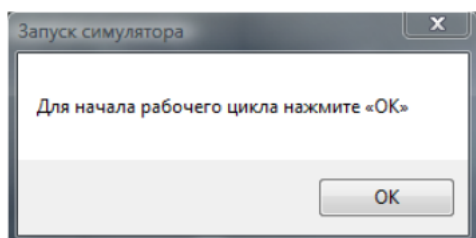


Рис. 4. Повідомлення про готовність почати роботу

При натисканні на кнопку «ОК» почнеться автоматичний цикл роботи промислового робота, що включає переміщення заготовки по тактовому столу, захоплення заготовки роботом та її установку в патрон верстата. Під час виконання автоматичного циклу керування камерою недоступно. Після повернення промислового робота в початкове

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

положення на екрані з'являється вікно виду поздовжнього перерізу заготовки (рис. 5, а), яке центроване на базову точку поточного інструменту, і вікно текстового редактора керуючих програм (рис. 5, б).

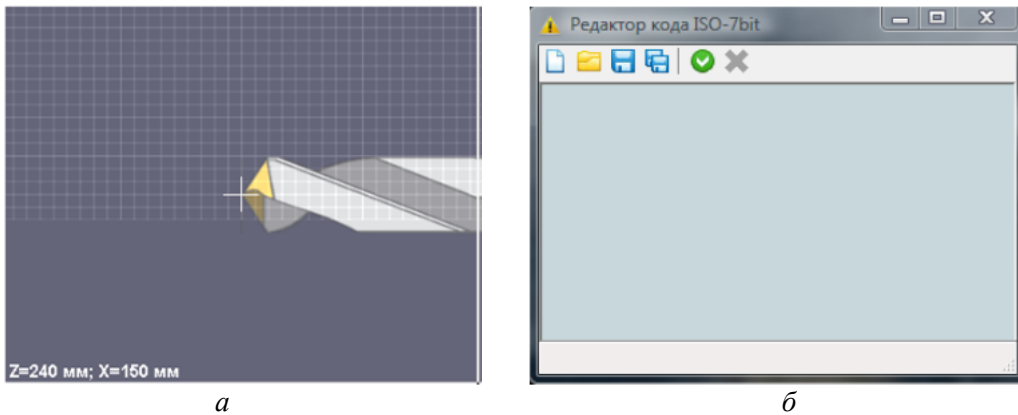


Рис. 5. Вікно: а – виду поздовжнього перерізу заготовки; б – текстового редактора керуючих програм

У нижній частині основного 3D-виду розташована панель статусу (рис. 6), що відображає необхідну загальну інформацію.

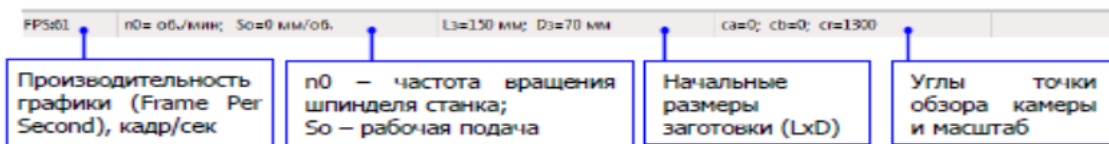


Рис. 6. Панель статусу та її елементи

Графічна продуктивність (FPS) безпосередньо залежить від технічних характеристик комп'ютера. Оптимальній швидкості відображення графіки відповідає FPS не менше 60. Під час роботи симулятора FPS буде змінюватися в міру виконання різних за ресурсоемністю операцій. Найбільш ресурсоемною операцією є імітація процесу різання.

Режим різання (n_0 і S_0) задається пізніше в керуючій програмі.

Початкові розміри заготовки відповідають обраному її типорозміру і не змінюються протягом усього технологічного циклу.

Кути точки огляду камери є координатами положення камери 3D огляду в сферичній системі координат (рис. 7). Камера відцентрована на вісь верстата.

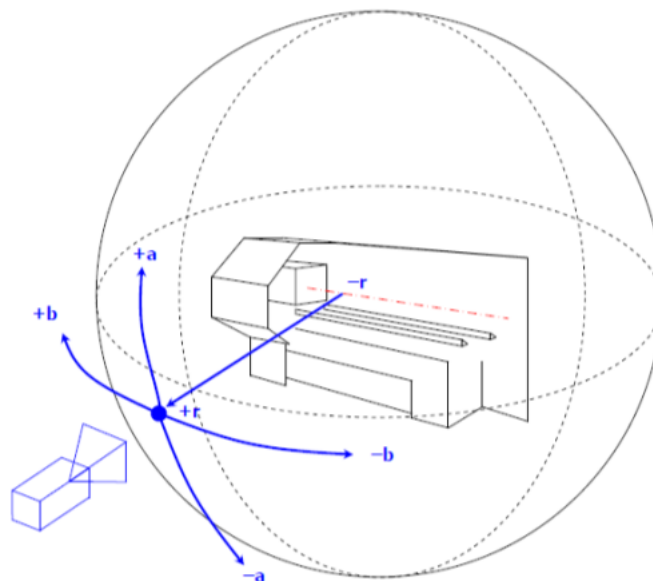


Рис. 7. Система координат камери перегляду 3D

Переміщення камери (за напрямками а і b) здійснюється за допомогою клавіш курсора або наведенням покажчика миші до країв екрана. Наближення / віддалення камери (в напрямку г) здійснюється обертанням колеса миші.

У правому верхньому кутку основного 3D-вигляду розташовані 4 функціональні кнопки (рис. 8).

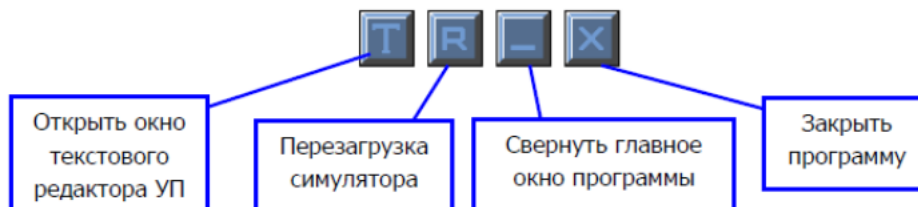


Рис. 8. Функціональні кнопки основного 3D-вигляду

Кнопка «Відкрити вікно текстового редактора КП» відображає на екрані вікно текстового редактора в разі, якщо вона була закрита.

Кнопка «Перезавантаження симулятора» призначена для перезапуску програми, при цьому робота знову починається з меню вибору заготовок.

Кнопка «Згорнути головне вікно програми» згортає вікно симулятора і відображає його у вигляді кнопки на панелі завдань Windows.

Кнопка «Закрити програму» служить для виходу із симулятора.

У вікні текстового редактора КП зверху розташована панель інструментів, а знизу панель статусу КП, в якій відображається поточний кадр КП (рис. 9).

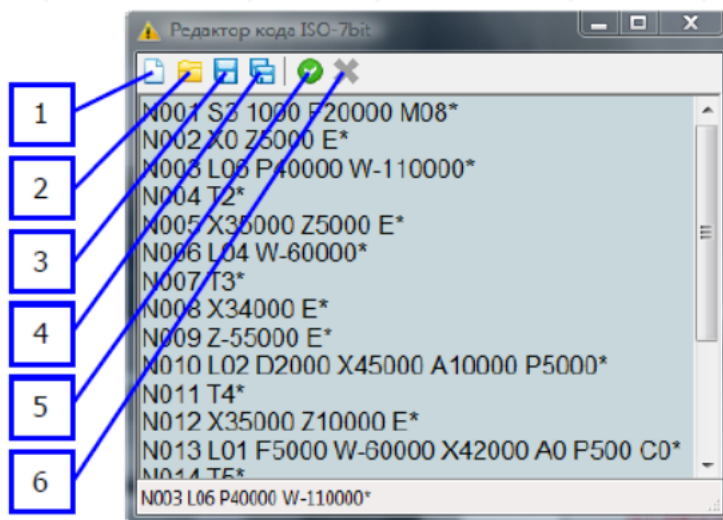


Рис. 9. Функціональні кнопки вікна текстового редактора КП

Основні елементи панелі інструментів:

- 1 – створити новий документ;
- 2 – відкрити існуючий документ;
- 3 – зберегти поточний документ;
- 4 – зберегти документ у новому файлі;
- 5 – запустити керуючу програму;
- 6 – зупинити виконання керуючої програми.

Файли КП зберігаються в текстовому форматі *.rtf. Під час виконання КП кнопки 1–5 недоступні. Якщо під час виконання КП знаходиться помилка, виконання програми автоматично призупиняється.

У верхній частині вікна основного 3D-вигляду розташовані дві піктограми (рис. 10), що відображають стан шпинделя (обертання / статичне стан) і подачу MOP.



Рис. 10. Піктограми стану шпинделя і подачі МОР

Після виконання КП, у тому випадку, якщо заготовка не переверталася іншою стороною (другий установ), на екрані з'явиться вікно вибору дії (рис. 11).

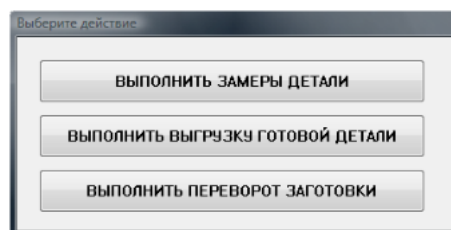


Рис. 11. Вікно вибору дії після обробки першої сторони заготовки

Кнопка «Виконати заміри деталі» дозволяє відкрити вікно редактора вимірювань розмірів поздовжнього перерізу заготовки (рис. 12).

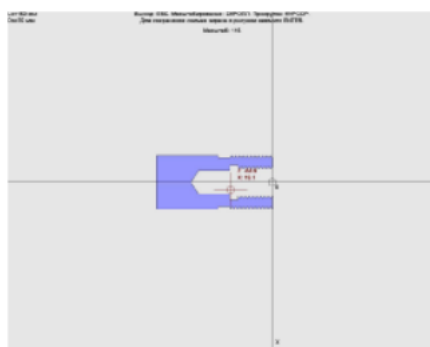


Рис. 12. Редактор вимірювань розмірів перетину заготовки

У редакторі вимірювань розмірів перетину представлена система координат X Z та поздовжній перетин обробленої деталі. Вид системи можна прокручувати за допомогою клавіш курсора і масштабувати обертанням колеса миші. Курсор миші представлений перехрестям з відмітками поточних координат. Вимірювання здійснюються виміром координат двох точок у напрямку осей. Точність вимірювань відповідає точності різання – 0,5 мм. При натисканні на клавішу ENTER проводиться захоплення зображення екрана і відкривається діалогове вікно збереження рисунку у форматі *.jpg. Вихід з редактора вимірювань відбувається при натисканні на клавішу ESC.

Кнопка «Виконати розвантаження готової деталі» запускає автоматичний цикл роботи промислового робота, після завершення якого оброблена деталь вивантажується в тару для деталей і робочий цикл симулятора закінчується.

Кнопка «Виконати перевертот заготовки» запускає автоматичний цикл роботи промислового робота, яка полягає у вийманні заготовки з патрона, її ротації на 180° та встановлення в патрон. Під час виконання циклу поточна КП закривається з можливістю збереження змін.

У разі завершення КП, після виконаного переустановлення заготовки, на екрані відображається вікно вибору дії (рис. 13), але без кнопки «Виконати перевертот заготовки».

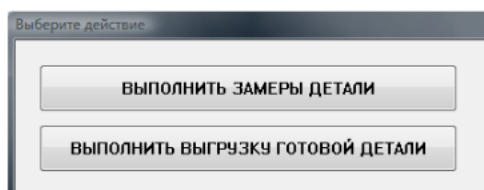


Рис. 13. Вікно вибору дії після обробки другої сторони заготовки

Приклад використання навчального симулятора роботизованого технологічного комплексу на базі токарного верстата з ЧПК представлено на рис. 14.

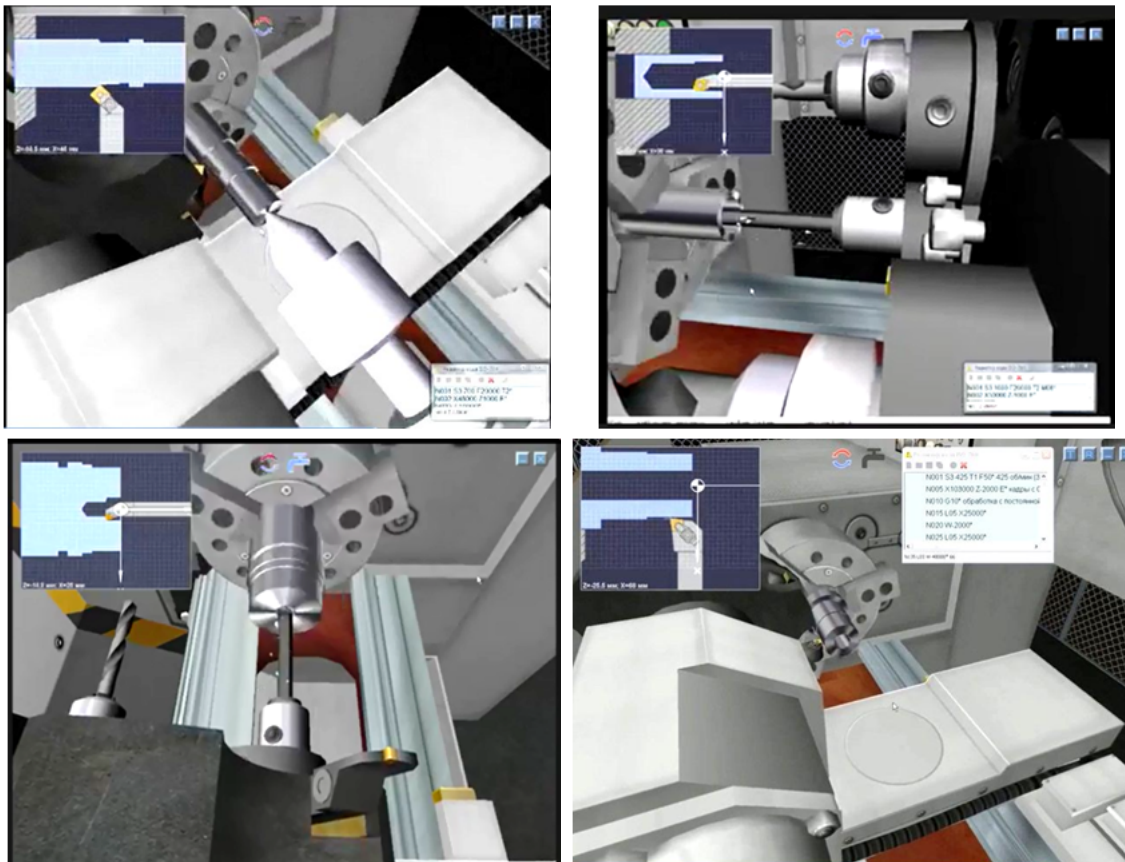


Рис. 14. Приклади оброблення різних деталей різноманітними інструментами

Висновки і пропозиції. Запропонований навчальний симулятор роботизованого технологічного комплексу на базі токарного верстата з ЧПК дозволяє зробити процес навчання більш яскравим, наочним та дешевшим. Проте запропонований програмний продукт має деякі обмеження: обмежена (на відміну від систем автоматизованого проектування) точність імітації різання і вимірювань – 0,5 мм, відсутня можливість точіння галтелей та дуг, відсутня можливість програмування циклів L07, L08, L09, L10. Бажано в наступних версіях ці проблеми усунути.

Список використаних джерел

1. Використання ЄОМ в навчальному процесі / Г. В. Пасов, К. В. Дьяконов, Р. С. Кит, О. В. Хажанець, С. А. Шурубенко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2007. – № 30. – С. 45–54.
2. Пасов Г. В. Анімаційне моделювання роботи окремих вузлів промислового робота / Г. В. Пасов, О. В. Ратозей, С. В. Лоскутов // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2008. – № 36. – С. 82–87.
3. Пасов Г. В. Керування анімаційною 3D-моделлю промислового робота M10П / Г. В. Пасов, В. М. Чуприна, С. Ю. Кириєнко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2009. – № 40. – С. 156–164.
4. Анімаційне моделювання гнучкої виробничої системи / С. Ю. Кириєнко, А. В. Полуян, Г. В. Пасов, В. М. Чуприна // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2010. – № 45. – С. 78–86.
5. Пасов Г. В. Анімаційне моделювання лабораторії промислових роботів / Г. В. Пасов, Є. В. Загуменник // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2012. – № 2 (57). – С. 148–154.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. Пасов Г. В. Використання анімаційного моделювання лабораторії промислових роботів в учбовому процесі / Г. В. Пасов // Матеріали другої Міжнародної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». – Чернігів : ЧДТУ, 2012. – С. 31–32.

7. Пасов Г. В. Використання анімаційного моделювання механізмів для створення прямолінійного поступального руху / Г. В. Пасов // Матеріали третьої Міжнародної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». – Чернігів : ЧДТУ, 2013. – С. 60–61.

8. Пасов Г. В. Використання анімаційного моделювання механізмів для створення прямолінійного поступального руху за допомогою кулачкових механізмів / Г. В. Пасов, В. І. Венжега // Матеріали четвертої Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». – Чернігів : ЧНТУ, 2014. – С. 81–84.

9. Пасов Г. В. Анімаційне моделювання кульково-гвинтових передач, які використовуються для створення прямолінійного поступального руху / Г. В. Пасов, В. І. Венжега // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2015. – № 1 (77). – С. 19–25.

10. Пасов Г. В. Анімаційне моделювання механізмів для створення реверсивного, обертового руху / Г. В. Пасов, В. І. Венжега, А. В. Рудик // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2016. – № 1 (3). – С. 60–65.

11. Програмні продукти [Електронний ресурс] // Офіційний сайт SunSpire Art group. – Режим доступу : <http://www.sunspire.ru/products/cnc-simulator/>.

References

1. Pasov, H.V., Diakonov, K.V., Kyt, R.S., Khazhanets, O.V. & Shurubenko, S.A. (2007). Vykorystannia YeOM v navchalnomu protsesi [The use of IBM in educational process]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriiia "Tekhnichni nauky" – Journal of Chernihiv State Technological University. Ser. Technical sciences*, no. 30, pp. 45–54 (in Ukrainian).

2. Pasov, H.V., Ratozei, O.V. & Loskutov, S.V. (2008). Animatsiine modeliuвання roboty okremykh vuzliv promyslovoho robota [Animation design work of separate knots of industrial robot]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriiia "Tekhnichni nauky" – Journal of Chernihiv State Technological University. Ser. Technical sciences*, no. 36, pp. 82–87 (in Ukrainian).

3. Pasov, H.V., Chupryna, V.M. & Kyriienko, S.Iu. (2009). Keruvannia animatsiinoiu 3D-modelliu promyslovoho robota M10P [Management of industrial robot M10P an animation 3D-model]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriiia "Tekhnichni nauky" – Journal of Chernihiv State Technological University. Ser. Technical sciences*, no. 40, pp. 156–164 (in Ukrainian).

4. Kyriienko, S.Yu., Poluian, A.V., Pasov, H.V. & Chupryna, V.M. (2010). Animatsiine modeliuвання hnuchkoi vyrobnychoi systemy [Animated simulations of a flexible manufacturing system]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriiia "Tekhnichni nauky" – Journal of Chernihiv State Technological University. Ser. Technical sciences*, no. 45, pp. 78–86 (in Ukrainian).

5. Pasov, H.V. & Zahumennyk, Ye.V. (2012). Animatsiine modeliuвання laboratorii promyslovykh robotiv [The animated laboratory design of industrial robots]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriiia "Tekhnichni nauky" – Journal of Chernihiv State Technological University. Ser. Technical sciences*, no. 2 (57), pp. 148–154 (in Ukrainian).

6. Pasov, H.V. (2012). Vykorystannia animatsiinoho modeliuвання laboratorii promyslovykh robotiv v uchbovomu protsesi [Using animated simulation of industrial robots in the lab learning process]. Proceeding from *Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system: zb. nauk. prats II Mizhnarodnoi konferentsii – Comprehensive quality assurance processes and systems: Materials of 2 International Conference* (Chernihiv, May 23–25, 2012). Chernihiv: CnSTU, pp. 31–32 (in Ukrainian).

7. Pasov, H.V. (2013). Vykorystannia animatsiinoho modeliuвання mekhanizmiv dlia stvorennia priamoliniinoho postupalnoho rukhu [Using animated simulation of mechanisms to create a straight forward motion]. Proceeding from *Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system: zb. nauk. prats III Mizhnarodnoi konferentsii – Comprehensive quality assurance processes*

and systems: *Materials of 3 International Conference* (Chernihiv, May 14-16, 2013). Chernihiv: CnSTU, pp. 60–61 (in Ukrainian).

8. Pasov, H.V. & Venzheha V.I. (2014). Vykorystannia animatsiinoho modeliuvannia mekhanizmiv dlia stvorennia priamoliniinoho postupalnoho rukhu za dopomohoiu kulachkovykh mekhanizmiv [Using animated simulation of mechanisms to create a rectilinear translational motion via cam]. Proceeding from *Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system: zb. nauk. prats IV Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii – Comprehensive quality assurance processes and systems: Materials of 4 th International Scientific Conference* (Chernihiv, May 19-21, 2014). Chernihiv: CnNTU, pp. 81–84 (in Ukrainian).

9. Pasov, H.V. & Venzheha V.I. (2015). Animatsiine modeliuvannia kulkovo-hvyntovykh peredach, yaki vykorystovuiutsia dlia stvorennia priamoliniinoho postupalnoho rukhu [Animation simulation ball screw is used to create rectilinear translational motion]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo tekhnolohichnogo universytetu. Seriya "Tekhnichni nauky" – Journal of Chernihiv State Technological University. Ser. Technical sciences*, no. 1 (77), pp. 19–25 (in Ukrainian).

10. Pasov, H.V., Venzheha V.I. & Rudyk, A.V. (2016). Animatsiine modeliuvannia mekhanizmiv dlia stvorennia reversyvnogo, obertalnoho rukhu [Animation simulation of reverse mechanism for creating rotary motion]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and Technology*, no. 1 (3), pp. 60–65 (in Ukrainian).

11. *Prohramni produkty [Software]*. Ofitsiyni sait SunSpire Art group [Site of SunSpire Art group]. www.sunspire.ru. Retrieved from <http://www.sunspire.ru/products/cnc-simulator/>.

Пасов Геннадій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Пасов Геннадій Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Pasov Hennadii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Road Transport Industry and Mechanical Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: genapasov@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7248-9085>

ResearcherID: H-4455-2014

Венжега Володимир Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Вежега Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Volodymyr Venzheha – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of road transport industry and mechanical engineering department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: venzhegavi@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8857-349X>

ResearcherID: H-3560-2014

Рудик Андрій Васильович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Рудик Андрей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Rudyk Andrii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of road transport industry and mechanical engineering department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: andrei.rudik@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3582-9279>

ResearcherID: H-7173-2014