

УДК 389.14

DOI 10.36910/6775-2313-5352-2020-17-19

Тулашвілі Ю.Й., Лук'янчук Ю.А., Марчук І.В., Марчук Ів.В., Марчук В.І.

Луцький національний технічний університет

### **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІСЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ НА СИМУЛЯТОРАХ-ТРЕНАЖЕРАХ**

*В даній статті описано використання програмного забезпечення, яке використовують під час підготовки фахівців інженерних спеціальностей. На виробництві користуються симуляторами для підготовки висококваліфікованих фахівців, що, у свою чергу, зменшує витрати часу на впровадження нового або переналагодження вже існуючого обладнання. Віртуальний тренажер являє собою програмний комплекс, що дозволяє проводити фізичні дослідження на комп'ютері без безпосереднього контакту з реальною лабораторною установкою або стендом. У віртуальних тренажерах динаміка процесів реалізується за допомогою комп'ютерної анімації - комплексу методів відображення будь-яких об'єктів в часі. Мультимедійна навчально-наукова лабораторія поєднує в собі імітаційну динамічну модель обладнання і програмну оболонку, що включає методичний супровід лабораторної установки. Динамічна модель формується з сукупності елементів управління, що дозволяють регулювати конкретні вхідні параметри і зчитувати вихідні параметри досвіду, тим самим імітуючи протікання фізичних процесів.*

**Ключові слова:** симулятор, програмне забезпечення, шліфування, фінішна обробка.

Виробництво є одним з найбільш важливих застосувань моделювання. Цей метод являє собою цінний інструмент, який використовується інженерами при оцінці ефекту капітальних вкладень в обладнання і фізичні об'єкти, такі як заводи, склади і розподільні центри. Моделювання може бути використано для прогнозування продуктивності існуючої або планованої системи і порівняння альтернативних рішень для конкретної проектною задачі.

Іншою важливою метою моделювання в виробничих системах є кількісна оцінка продуктивності системи.

Загальні показники ефективності системи включають таке:

- Пропускна здатність при середніх і пікових навантаженнях
- Тривалість одного циклу (скільки часу потрібно для виготовлення однієї деталі)
- Використання ресурсів, робочої сили і машин
- Черги на робочих місцях
- Черги і затримки, викликані вантажно-розвантажувальними пристроями і системами
- Потреби в зберіганні в процесі роботи
- Потреби в персоналі
- Ефективність систем планування
- Ефективність систем управління

Тому на виробництвах все частіше користуються симуляторами для підготовки висококваліфікованих фахівців, що, у свою чергу, зменшує витрати часу на впровадження нового або переналагодження вже існуючого обладнання.

Віртуальний тренажер являє собою програмний комплекс, що дозволяє проводити фізичні дослідження на комп'ютері без безпосереднього контакту з реальною лабораторною установкою або стендом. У віртуальних тренажерах динаміка процесів реалізується за допомогою комп'ютерної анімації - комплексу методів відображення будь-яких об'єктів в часі. Процеси формування понять за допомогою аналізу, порівняння, виділення істотних ознак і інших логічних операцій відтворюються фахівцем, які розробляють анімацію, в образній формі, і інтерактивно виводяться на дисплей комп'ютера в суворо визначеній послідовності. Мультимедійна навчально-наукова лабораторія поєднує в собі імітаційну динамічну модель обладнання і програмну оболонку, що включає методичний супровід лабораторної установки. Динамічна модель формується з сукупності елементів управління, що дозволяють регулювати конкретні вхідні параметри і зчитувати вихідні параметри досвіду, тим самим імітуючи протікання фізичних процесів.



Рис. 1. Процес навчання із застосуванням віртуального тренажера

На рис. 1 представлена принципова схема процесу навчання із застосуванням віртуального тренажера. Як показано на схемі, комп'ютерний тренажер включає в себе сукупність програмних і апаратних засобів, що дозволяють здійснювати процес навчання без безпосередньої взаємодії людини і реальної лабораторної установки [1].

Апаратні можливості тренажера - це сучасний персональний комп'ютер, оснащений якісними пристроями введення / виведення інформації. Програмні засоби - це математично обґрунтована віртуальна модель, що включає в себе систему графічної візуалізації, звуковий супровід і текстову інформацію. Введення і виведення інформації здійснюється згідно з розробленим алгоритмом - програмного коду віртуальної моделі.

У процесі навчання користувач проходить основні етапи пізнавальної діяльності: сприйняття, поверхневе знайомство; осмислення, закріплення, контроль знань; формування професійно-орієнтованих умінь і навичок; розвиток інтуїції.

Тому, враховуючи вище перераховане, методика розрахунку та можливого результату отриманої поверхні після обробки деталей на виробництві потребує детального вивчення та постійного вдосконалення. Процес навчання працівників на симуляторах для засвоєння навичок та попереднього ознайомлення із роботою обладнанням, щоб зменшити можливі витрати безпосередньо на виробництві є важливою метою сучасного виробництва та нашого дослідження.

Все більше число експертів [2,3] поділяє думку про те, що навчання і підтримка професійних навичок на основі роботи з віртуальними моделями набагато ефективніше відеокурсів і є необхідним доповненням до практики роботи на реальному обладнанні і в реальній обстановці.

Мультимедійність та інтерактивність тренажерів забезпечують можливість навчання і тренувань персоналу в умовах, максимально наближених до практичних. При цьому використання в цих пристроях віртуальних моделей обладнання, технологічних процесів і робочих ситуацій забезпечує можливість багаторазових спроб без використання і витрати ресурсів реального обладнання та небезпеки порушень норм промислової безпеки. Персонал, який проходить навчання і підвищує кваліфікацію за допомогою віртуальних моделей, досягає належного рівня знань і умінь в більш стислі терміни.

Комп'ютеризована реалізація віртуальних моделей - для неї часто використовується термін «симулятор» - це програмно-апаратна реалізація систем.

Це забезпечує моделювання діяльності оператора, що підтримує своїми діями встановлений «правилами» режим функціонування пристрою.

Аналіз показує, що включення в симулятор інтерактивних засобів, що забезпечують взаємодію оператора з комп'ютерною імітаційною моделлю, може істотно змінити вигляд кінцевого виробу.

Залежно від завдань, поставлених перед розробниками, симулятор може бути адаптований для вирішення завдань аналітичних, верифікаційних, валідаційних або дидактичних (завдань навчання).

Аналітичні можливості симулятора розвиваються за рахунок розширення функцій по відображенню зв'язкових процесів у вигляді суміщених графіків, таблиць, індикаторів, а також впровадження методів виявлення прихованих взаємозалежностей.

Дидактичні «здібності» симулятора формуються завдяки належній імітації засобів управління, а також включенням в нього блоків завдань і оцінки дій оператора в обстановці, що склалася. Симулятор, оснащений розвиненим дидактичним блоком, прийнято називати тренажером (рис. 2).

Високоточні, деталізовані тривимірні моделі дозволяють швидко і зрозуміло отримати і засвоїти інформацію про фізичне розташування об'єктів підприємства, їх внутрішній устрій. А дані про технологічні схеми і характеристики технологічного обладнання та інженерних систем, що зберігаються в інформаційній моделі підприємства, дозволяють детально вивчити технологічні процеси.

Застосування програмних продуктів, заснованих на системах віртуальної реальності, тривимірних інформаційних і імітаційних моделях дозволяє:

- Забезпечувати просте наочне відображення складних технічних об'єктів і технологічних операцій.
- Верифікувати складні технологічні процеси.
- Забезпечувати наочне уявлення процесу протікання аварійних ситуацій.
- Навчати фахівців роботі зі складним технічним обладнанням.

Це дозволяє підвищити ступінь безпеки експлуатації складних промислових об'єктів за рахунок підвищення рівня підготовки персоналу і кращого розуміння співробітниками технологічних процесів.

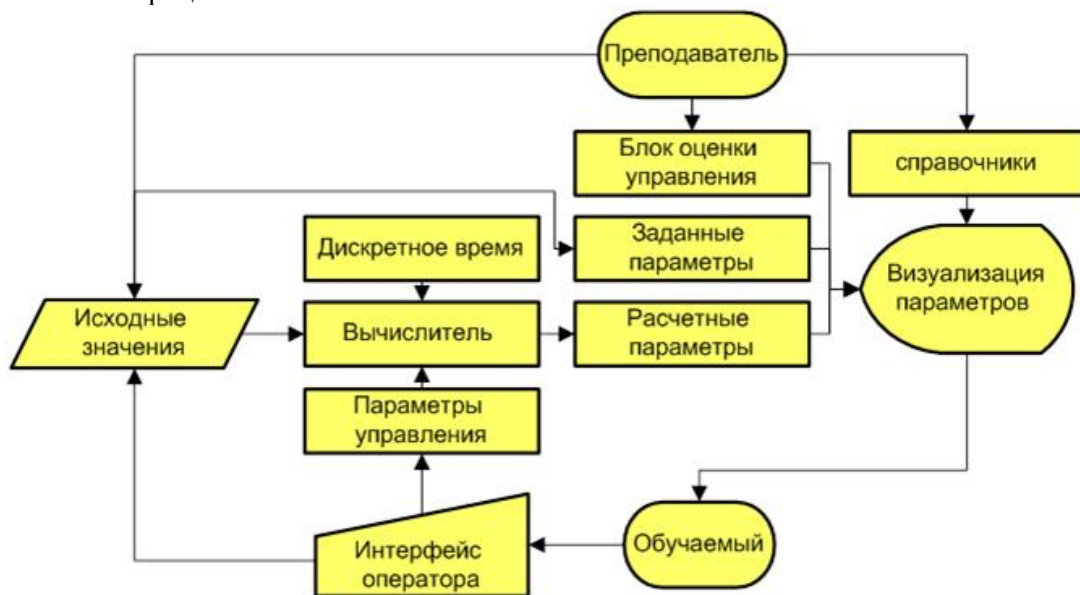


Рис. 2. Загальна схема тренажера

Розглянемо симулятор-тренажер для навчання працівників на основі проведених досліджень та розрахунків процесу фінішної обробки роликопідшипників в умовах переналагоджувального виробництва.

Якість поверхневого шару роликів роликопідшипників формується на фінішних операціях оброблення, де використовується шліфування. Показники якості поверхневого шару діляться на дві групи: геометричні та фізико-механічні. До геометричних показників якості поверхневого шару відносяться висота шорсткості шліфованої поверхні роликів. До фізико-механічних показників якості поверхневого шару відноситься комплекс властивостей, що характеризують стан мікроструктури, розподілення мікротвердості по глибині, характер зміни і величини залишкових напружень.

Вплив умов шліфування на шорсткість доволі повно вивчено і описано у літературі [4,5,6]. Але в літературі немає відомостей по формуванню шорсткості поверхні під час

переривчастого шліфування в широкому діапазоні режимів. Оскільки цей показник є одним з основних, виникає необхідність в розробці методики вибору геометричних параметрів переривчастих кругів і режимів різання, що забезпечують необхідну шорсткість поверхонь деталей під час переривчастого шліфування.

Від зносостійкості абразивних шліфувальних кругів залежить формування якості обробленої поверхні, продуктивність і вартість оброблення. Знос переривчастих абразивних кругів і формування мікропрофілю шліфованої поверхні є взаємопов'язаними характеристиками динаміки процесу шліфування переривчастими кругами, що визначаються протяжністю їх ріжучого виступу і впадини.

При вивченні цього питання використовувались гіпотези і положення про причини, характер і закономірність зносу абразивних шліфувальних кругів, опубліковані в роботах [7, 8, 9] дослідників. Відзначається, що в залежності від умов різання шліфувальні круги можуть піддаватись наступним видам зносу: механічному, адгезійному та дифузійному.

У зв'язку з тим, що в наш час поки що невідомі способи якісної оцінки відсотку кожного виду зносу круга і їх зміні в залежності від умов шліфування, визначався загальний знос круга.

Встановлено, що між зносом круга і умовами шліфування є залежність: легкі режими при інших рівних умовах, сприяють затупленню шліфувального круга, а важкі – самозагостренню. Створення умов для самозаточування круга збільшує продуктивність шліфування. Інтенсифікація процесу самозагострення забезпечується ударними умовами роботи круга під час переривчастого шліфування.

Дослідження зносостійкості, ріжучої здатності і формування мікропрофілю шліфованої поверхні під час переривчастого шліфування проводилось для переривчастих кругів у порівнянні зі звичайними тієї ж характеристики.

Останнім часом зростає кількість робіт, пов'язаних з моделюванням процесу шліфування із застосуванням обчислювальної техніки. Однак алгоритми цих програм не враховують повний комплекс взаємозалежних процесів, що відбуваються під час шліфування металів (процеси утворення робочої поверхні шліфувального круга в процесі його правки, перетворення стану робочої поверхні у зв'язку із зносом інструменту; виникнення та збільшення коливань інструмента щодо заготовки, зняття металу на етапі виходжування за рахунок пружності технологічної системи, впливу теплових і силових факторів процесу шліфування на оброблюваний матеріал). Варто зазначити, що недостатньо приділяється уваги питанню розроблення і реалізації алгоритмів розрахунку фізико-механічних параметрів якості поверхневого шару. У зв'язку з цим розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення за вибором методів і умов шліфування поверхонь деталей, в яких би враховувався весь комплекс взаємозалежних факторів процесу абразивної обробки, є актуальним завданням.

Для отримання формул, що описують мікрогеометрію поверхні, яка утворюється під час переривчастого шліфування, розглянемо схему контакту переривчастого круга з оброблюваною поверхнею на операціях круглого шліфування (рис.3). При цьому візьмемо ідеальний випадок формування мікропрофілю, що утворюється лише за рахунок кінематичного відносного руху точок периферії ріжучого виступу і оброблюваної деталі, без врахування коливань круга і деталі.

Рівняння, що описує траєкторію переміщення точки ріжучого виступу переривчастого круга, має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x &= R \sin \varphi \pm v_a t \\ y &= R - R \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де  $R$  – радіус круга, мм;  $v_a$  – швидкість переміщення виробу, мм/хв.;  $t$  – час.

У рівнянні (1) знак «+» відповідає врізному шліфуванню, а знак «-» повздовньому. Виключивши з рівняння (1) параметр  $\varphi$  і прийнявши  $\sin \varphi \approx \varphi$ , отримаємо рівняння траєкторії переміщення точки ріжучого виступу круга.

$$y = \frac{R}{2 \cdot \left( \frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \cdot x^2 \quad (2)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання круга, рад/хв..

Рівняння кривої, що обмежує нижню межу перерізу, має вигляд:

$$y = \frac{R}{2 \cdot \left( \frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \cdot (x - S'')^2 \quad (3)$$

Координати точки перехрещення верхньої і нижньої параболічної кривої, що обмежує переріз, визначаються виразами:

$$x_{\hat{E}} = \frac{S''}{2}; y_K = \frac{R}{8 \cdot \left( \frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \cdot S''^2. \quad (4)$$

$$\text{де } S'' = \frac{v_a l_2}{\omega R}; S = \frac{v_a l_1}{\omega R}; S = \frac{v_a (l_2 + l_1)}{\omega R} \quad (5)$$

$l_1, l_2$  – відповідно протяжність ріжучого виступу і впадини поверхні переривчастого круга.

Підставивши (5) в (4), отримаємо:

$$H = \frac{v_a^2 l_2^2}{8 \omega^2 R \cdot \left( \frac{v_a}{\omega} \pm R \right)^2} \quad (6)$$

Формули (5) і (6) описують мікронерівності, що з'являються на поверхні ролика, який шліфується кругами з переривчастою робочою поверхнею. На поверхні утворюється мікрорельєф з кроком  $S$  і висотою  $H$ . Мікронерівності залежать від геометричних параметрів круга  $l_1, l_2, R$  і режимів шліфування  $v_b$  і  $\omega$ .

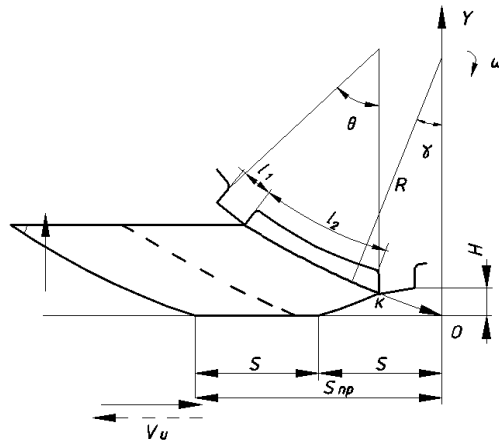


Рис. 3. Схема формоутворення мікропрофілю поверхні обертання на операції круглого переривчастого шліфування

Розрахунок формул (5) і (6) на ЕВМ при різних геометричних параметрах переривчастих кругів і режимах шліфування, дозволив зробити наступний висновок (рис.4). При режимах шліфування, що використовуються на практиці, ( $v_b, v_{кр}$ ) і геометричних параметрах, що застосовують, мікропрофіль, який утворюється на поверхні деталі, зумовлений переривчастістю поверхні круга, має максимальні параметри:  $H = 2 \cdot 10^{-4}$  мм,  $S'' = 5 \cdot 10^{-1}$  мм. При співставленні висоти мікропрофілю, який характеризується величиною  $H$ , з числовим значенням шорсткості  $Ra$  (ГОСТ 2789-59) видно, що ця висота відповідає шорсткості поверхні  $Ra=0,64-0,8$ мкм. Відповідно, мікропрофіль поверхні деталі, що зумовлений переривчастістю поверхні круга, відповідає технічним вимогам по шорсткості на ролики підшипників, які працюють при високих швидкостях і передають великі навантаження.

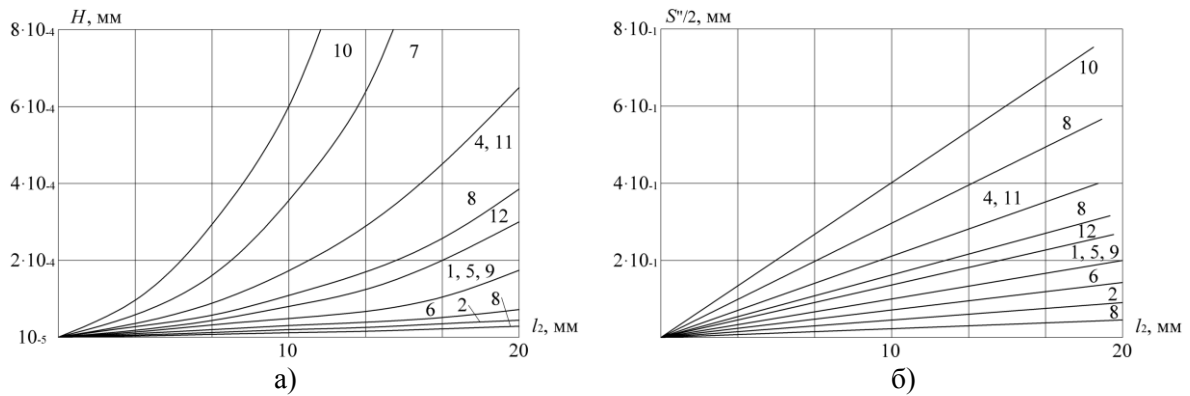


Рис.4. Залежність висоти (а) і довжини (б) мікронерівностей поверхні від протяжності впадини переривчастого круга на різних режимах шліфування ( $R_{кр} = 500$  мм): 1)  $V_B = 45$  м/хв.,  $V_{кр} = 35$  м/с; 2)  $V_B = 45$  м/хв.,  $V_{кр} = 40$  м/с; 3)  $V_B = 45$  м/хв.,  $V_{кр} = 45$  м/с; 4)  $V_B = 56$  м/хв.,  $V_{кр} = 35$  м/с; 5)  $V_B = 56$  м/хв.,  $V_{кр} = 40$  м/с; 6)  $V_B = 56$  м/хв.,  $V_{кр} = 45$  м/с; 7)  $V_B = 71$  м/хв.,  $V_{кр} = 35$  м/с; 8)  $V_B = 71$  м/хв.,  $V_{кр} = 40$  м/с; 9)  $V_B = 71$  м/хв.,  $V_{кр} = 45$  м/с; 10)  $V_B = 90$  м/хв.,  $V_{кр} = 35$  м/с; 11)  $V_B = 90$  м/хв.,  $V_{кр} = 40$  м/с; 12)  $V_B = 90$  м/хв.,  $V_{кр} = 45$  м/с

Варто зазначити, що розраховані параметри ( $H$ ,  $S''$ ) відповідають мікропрофілю шліфованої поверхні, яка утворюється під час шліфування за один прохід. В реальних умовах шліфування верстату ці параметри будуть значно нижчими.

Порівняння результатів проведеного теоретичного аналізу і розрахунку мікропрофілю шліфованої поверхні, що утворюється, з даними експериментальних досліджень по вимірюванню шорсткості, яка отримана під час шліфування суцільними і переривчастими кругами, показало, що шорсткість, яка досягнута різанням шліфованої поверхні зернами суцільного круга значно вища, ніж мікропрофіль, який формується за рахунок переривчастого процесу шліфування.

В основу розробленого алгоритмічного та програмного забезпечення був покладений комплекс взаємопов'язаних математичних моделей, отриманих на основі системного аналізу технологічних операцій шліфування.

У комплекс моделей входять:

- Модель робочої поверхні шліфувального круга, яка подається як сукупність поверхонь вершин зерен, які контактували і не контактували з інструментом правки, і яка дає можливість оцінити її стан після правки і під час шліфування;

- Модель профілю шорсткості поверхні, побудована на описі закономірностей копіювання рельєфу робочої поверхні абразивного інструменту на шліфовану поверхню, яка дозволяє розкрити можливості процесу шліфування в забезпеченні заданої сукупності значень висотних і крокових параметрів шорсткості поверхні;

- Моделі формування геометричних і фізико-механічних параметрів якості поверхні, що враховують всі основні фактори процесу шліфування і відрізняються можливістю розрахунку параметрів якості оброблюваної поверхні при різних способах шліфування абразивом в будь-який момент часу протягом всього періоду стійкості шліфувального круга;

- Модель процесу формоутворення поверхонь деталей при обробленні абразивними кругами, яка дозволяє вибрати умови реалізації даного методу оброблення, що забезпечують необхідний стан поверхневого шару (задану шорсткість, хвилястість, що стискають залишкові напруги I роду, відсутність припалювань).

Взаємозв'язок моделей проявляється в наявності спільної системи основних рівнянь і можливості визначення характеру і ступеню впливу кожного фактора абразивного оброблення на формування якості поверхневого шару.

Нижче в ілюстрованій формі показані приклади використання розробленого для операційної системи Microsoft Windows на мові C++ в (рис. 5, 6), що підтверджують його працездатність.

Дане програмне забезпечення дозволить значно знизити трудомісткість технологічної підготовки виробництва в тій її частині, яка стосується навчання висококваліфікованих фахівців та проектування технологічних операцій шліфування.

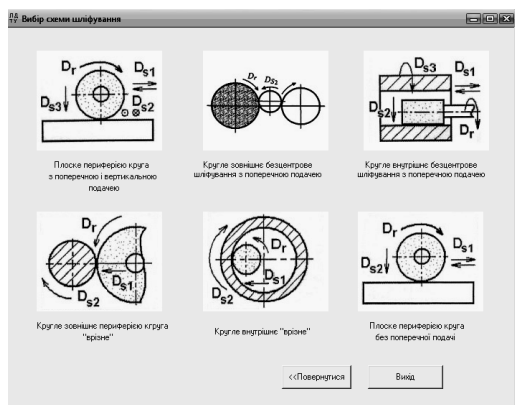


Рис.5. Вибір схеми шліфування

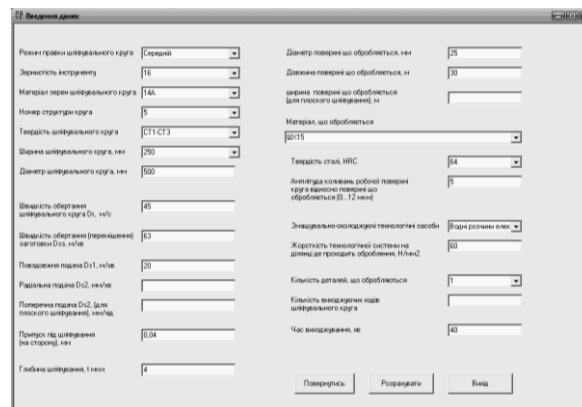


Рис.6. Введення даних для розрахунку

В результаті дослідження та розробленого імітаційного тренажера, можна зробити висновок про високу доцільність використання подібних ресурсів на всіх виробничих підприємствах з метою пришвидшеного освоєння працівником матеріального забезпечення та обладнання, що використовується, та, з яким в подальшому працюватиме робітник. Це підвищує якість ефективності фахівця та знижує витрати на підготовку. В результаті роботи із симулятором-тренажером процесу шліфування робітник швидше освоїть наступні навички:

1. Шорсткість, яка виникає в результаті різання матеріалу зернами суцільного шліфувального круга значно вища, ніж макропрофіль, що утворюється за рахунок переривчастості процесу шліфування.

2. Формування шорсткості поверхні при переривчастому шліфуванні має загальну закономірність зі звичайним шліфуванням і обумовлена спільною дією геометричних факторів, пластичної деформації, температури, вібрації та ін.. Суттєвий вплив на формування шорсткості поверхні має геометрія ріжучого виступу переривчастого круга в повздовжньому і поперечному напрямках і її зміна в часі.

3. На легких режимах шліфування суцільні і переривчасті круги працюють в режимі інтенсивного самозаточування ( $g > 0,25$ ) в різні періоди шліфування. На важких режимах переривчасті круги працюють в умовах часткового самозаточування. Особливо інтенсивно процес самозагострювання протікає при великому часі шліфування ( $T = 25-30$ хв). При звичайному шліфуванні на важких режимах суцільні круги в різні періоди працюють із затупленням ( $g < 0,1$ ), що призводить до появи на шліфованій поверхні припалювань і тріщин. При шліфуванні переривчастими кругами в режимі самозагострення на важких режимах важливе практичне значення має довготривале зберігання ріжучої здатності переривчастого круга, що забезпечує хорошу якість поверхневого шару деталей, високу продуктивність оброблення.

### Література

1. Белов В.В. Компьютерная реализация решения научно-технических и образовательных задач: учебное пособие / В.В. Белов, И.В. Образцов, В.К. Иванов, Е.Н. Коноплев // Тверь: ТвГТУ, 2015. 108 с."
2. Концепция научно-информационного обеспечения программ и проектов государственных участников СНГ в инновационной сфере / Одобрена решением Экономического Совета Содружества Независимых Государств от 13 марта 2009 г.
3. Былкин Б.К., Кононов В.В, Бунто П. А., Гуляев О.В., Свиридов Д.В., Трифонов В.Е., Тихоновский В.Л., Чуйко Д.В. «Опыт применения имитационной модели демонтажа графитовой кладки реактора АМБ-100 Белоярской АЭС» / Исследования наукограда, 2012, №2, с. 59-64
4. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования. / А.И. Грабченко. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьковском университете, 1985. – 184с
5. Демкин Н.Б. Качество поверхности и контакт деталей машин / Н.Б. Демкин, Э.В. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981, – 244 с.
6. Демкин Н.Б. Качество поверхности и контакт деталей машин / Н.Б. Демкин, Э.В. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981, – 244 с.
7. Заблоцкий В.Ю., Лук'янчук Ю.А. Про причини появи дефектів робочих поверхонь роликів конічних роликотідшипників. Тези XXVI науково-технічної конференції

професорсько-викладацького складу. Актуальні проблеми та перспективи науки і виробництва. Луцьк 2012. С.251-252.

8. Кузнецов Ю.М. Методологічні основи дослідження процесів формування вихідної шорсткості прецезійних шпіндельних вузлів на опорах кочення / Ю.М. Кузнецов, Ю.М. Данильченко // Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», серия машиностроение. – 2002. – №43. – С. 96–99.

9. Ларшин В.П. Интегрированная технологическая система шлифования сложнопрофильных деталей (на примере резьбошлифования): дис. доктора техн. наук : 05.02.08 / Ларшин Василий Петрович. – Одесса, 1999. – 335 с.

10. V. Marchuk, D.Sc., T. Dzhuguryan, D.Sc., I. Marchuk, Ph.D, L. Sachkovska' The effect of temperature on the grinding surface quality ring roller. Перспективні технології та прилади №15 2019 р., Луцький НТУ. С. 58-62.

11. Dzhuguryan T.G., Marchuk V.I., Marchuk I.V..Calculation oscillations of various elements of the elastic system of the center-free grinding machine SASL 5AD. Перспективні технології та прилади №16 , 2020 р.,Луцький НТУ - Ст.160-166

**Ю.И. Тулашвили, Ю.А. Лукьянчук, И. В. Марчук, В.И. Марчук, Ив.В. Марчук**

Луцкий национальный технический университет

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ НА СИМУЛЯТОРАХ-ТРЕНАЖОРАХ**

*В данной статье описано использование программного обеспечения, которое используют при подготовке специалистов инженерных специальностей. На производстве пользуются симуляторами для подготовки высококвалифицированных специалистов, что уменьшает затраты времени на внедрение нового или переналадки уже существующего оборудования. Виртуальный тренажер представляет собой программный комплекс, позволяющий проводить физические опыты на компьютере без непосредственного контакта с реальной лабораторной установкой или стендом. В виртуальных тренажерах динамика процессов реализуется с помощью компьютерной анимации - комплекса методов отображения любых объектов во времени. Мультимедийная учебно-научная лаборатория сочетает в себе имитационную динамическую модель оборудования и программную оболочку, включая методическое сопровождение лабораторной установки. Динамическая модель формируется из совокупности элементов управления, позволяющих регулировать конкретные входные параметры и считывать исходные параметры опыта, тем самым имитируя протекания физических процессов.*

**Ключевые слова:** симулятор, программное обеспечение, шлифовка, финишная обработка.

**Yu. Tulashvili, Yu. Lukianchuk, I. Marchuk, Iv.V. Marchuk, V. Marchuk**

Lutsk National Technical University

### **ENSURING TECHNOLOGICAL QUALITY OF MANUFACTURE OF PARTS AFTER TRAINING OF SPECIALISTS ON SIMULATORS-EXERCISES**

*This article describes the use of software that is used in the training of engineering professionals. The production uses simulators to train highly qualified specialists, which, in turn, reduces the time spent on the introduction of new or reconfiguration of existing equipment. The virtual simulator is a software package that allows you to conduct physical experiments on a computer without direct contact with a real laboratory installation or stand. In virtual simulators, the dynamics of processes is realized with the help of computer animation - a set of methods for displaying any objects in time. Multimedia educational and scientific laboratory combines a simulated dynamic model of equipment and a software shell that includes methodological support of the laboratory installation. The dynamic model is formed from a set of controls that allow you to adjust specific input parameters and read the output parameters of the experience, thereby simulating the flow of physical processes.*

**Keywords:** simulator, software, grinding.