

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-05

УДК: 515.2

Ісмаїлова Неллі Петрівна, д. т. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>

Елісєєв Ігор Михайлович, здобувач

<https://orcid.org/0000-0002-1106-7230>

Військова академія (м. Одеса)

## МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ КІНЕМАТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДА ГВИНТОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ В СИСТЕМЕ MATLAB

Ісмаїлова Н. П., Елісєєв І. М. Моделювання спряжених кінематичних поверхонь за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB. Запропоновано комп'ютерне моделювання спряжених поверхонь еліптичний параболоїд і осі - конічна гвинтова лінія в системі MATLAB.

**Ключові слова:** спряжені кінематичні поверхні, еліптичний параболоїд, конічна гвинтова лінія, система MATLAB.

Исмаилова Н. П., Елисеев И. М. Моделирование сопряженных кинематических поверхностей с помощью метода винтового преобразования в системе MATLAB. Предложено компьютерное моделирование сопряженных поверхностей - эллиптический параболоид и оси - коническая винтовая линия в системе MATLAB

**Ключевые слова:** сопряженные кинематические поверхности, эллиптический параболоид, коническая винтовая линия, система MATLAB

N. Ismailova, I. Yelisyeyev. Design of the attended kinematics surfaces by means of method of spiral transformation to the system MATLAB. Computer simulation of mating surfaces is proposed - an elliptical paraboloid and axes - a conical helix in the MATLAB system.

**Keywords:** mating kinematic surfaces, elliptical paraboloid, conical helix, MATLAB system.

**Постановка наукової проблеми.** У роботі пропонується геометричне моделювання спряжених кінематичних поверхонь методом гвинтового перетворення, для практичного використання обробки деталей, що мають просторово-складну поверхню тісно пов'язану з утворенням взаємно-огиначаючих спряжених поверхонь. [1]. Комп'ютерне геометричне моделювання складних спряжених кінематичних поверхонь підвищує продуктивність розрахунково-конструкторських робіт.

**Аналіз досліджень.** Комп'ютерне моделювання спряжених поверхонь деталей в машинобудуванні складної форми вирішує проблему підвищення точності профілювання та продуктивності праці конструктора. Метою даного дослідження є розробка комп'ютерного моделювання за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB, спряжених поверхонь деталей в машинобудуванні.

**Основна частина.** У методі гвинтового перетворення окрім кута повороту задається шаг зрушення. При реалізації методу кругового перетворення шукана поверхня  $\Sigma$ , була отримана за допомогою ліній рівнів, що не дозволяє виконувати над ними ніяких дій, окрім повороту. Таким чином (Теорема 1), спочатку виконується переміщення початкової поверхні  $\Phi$  на заданий шаг  $h$ , а потім виконується кругове перетворення отриманої внаслідок переміщення поверхні  $\Phi^*$ . При виконання послідовності дій, криволінійна вісь також має бути переміщена на шаг  $h$ .

### Теорема 1.

*Поверхня  $\Sigma$  отримана узагальненим гвинтовим перетворенням поверхні  $\Phi$  відносно кривої  $t(u)$  з функціями  $\varphi(\sigma, \tau)$  і  $h(\sigma, \tau)$ . Тоді існує така поверхня  $\Phi$ , яка при узагальненому круговому перетворенні навколо тієї ж кривої  $t(u)$  з тією ж функцією  $h(\sigma, \tau)$  формує поверхню  $\Sigma$ .*

Розглянемо реалізацію методу гвинтового перетворення, ґрунтованого на методі кругового перетворення [4], стосовно поверхні - еліптичний параболоїд, заданий параметричним рівнянням (1) і осі - конічна гвинтова лінія, задана параметричним рівнянням (2).

$$\begin{cases} x = a \cdot u \cdot \cos v \\ y = b \cdot u \cdot \sin v, \\ z = 0.5 \cdot u^2 \end{cases} \quad (1)$$

где  $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$

$$\begin{cases} x = x_0 + t \cdot \sin t \\ y = y_0 + t \cdot \cos t, \\ z = z_0 + c \cdot t \end{cases} \quad (2)$$

где  $c = \frac{H}{2 \cdot \pi}, 0 \leq t \leq 2\pi, H = 5, x_0 = 5, y_0 = -25, z_0 = -2$

Значення шага гвинтового перетворення  $h=10$ , кут повороту  $\varphi=45^\circ$ . З урахуванням шага гвинтового перетворення переміщений еліптичний параболоїд заданий параметричним рівнянням (3), а переміщена кінцева гвинтова лінія параметричним рівнянням (4).

$$\begin{cases} x = a \cdot u \cdot \cos v \\ y = b \cdot u \cdot \sin v, \\ z = h + 0.5 \cdot u^2 \end{cases} \quad (3)$$

где  $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$

$$\begin{cases} x = x_0 + t \cdot \sin t \\ y = y_0 + t \cdot \cos t, \\ z = h + z_0 + c \cdot t \end{cases} \quad (4)$$

где  $c = \frac{H}{2 \cdot \pi}, 0 \leq t \leq 2\pi, H = 5, x_0 = 5, y_0 = -25, z_0 = -2$

Змінюючи синтаксис побудови кругового перетворення, приведений нижче, отримуємо результат, показаний на рис. 1-4.

```

h=10;
% Завдання параметрів початкового еліптичного параболоїда
ap=3;
bp=2;
up = (0:0.05:5)';
vp = [0:0.05*pi:pi];
Xp = ap*up*cos(vp);
Yp = bp*up*sin(vp);
Zp = 0.5*up.^2*ones(size(vp));
% Завдання параметрів початковій кінчній гвинтовій лінії
Hv=15;
cv=Hv/(2*pi);
x0v=5;
y0v=-25;
z0v=-2;
tv=0:pi/50:2*pi;
Xv=x0v+tv.*sin(tv);
Yv=y0v+tv.*cos(tv);
Zv=z0v+tv.*cv;
% Завдання параметрів переміщеного еліптичного параболоїда

```

```

Xph = ap*up*cos(vp);
Yph = bp*up*sin(vp);
Zph = h+0.5*up.^2*ones(size(vp));
% Завдання параметрів переміщеній конічній гвинтовій лінії
Xvh=x0v+tv.*sin(tv);
Yvh=y0v+tv.*cos(tv);
Zvh=h+z0v+tv.*cv;
% Висновок на екран початкових і переміщених еліптичного параболоїда і конічної гвинтової лінії
в цьому ж вікні
Figure('Color','w')
ElPar=mesh(Xp,Yp,Zp);
xlabel('x'); ylabel('y'); zlabel('z')
hold on
KonVin=plot3(Xv,Yv,Zv);
grid on
hold on
ElParh=mesh(Xph,Yph,Zph);
hold on
KonVinh=plot3(Xvh,Yvh,Zvh);
    
```

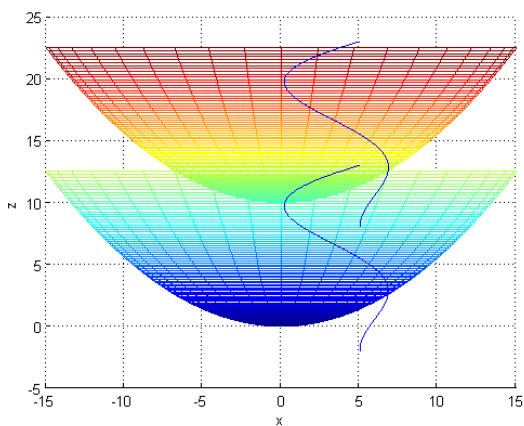


Рис.1. Проекція на площину XZ

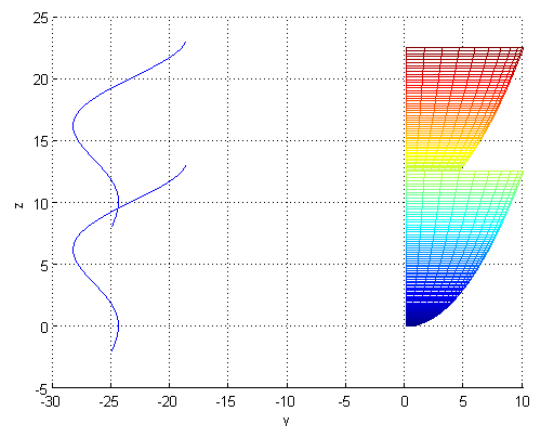


Рис.2. Проекція на площину YZ

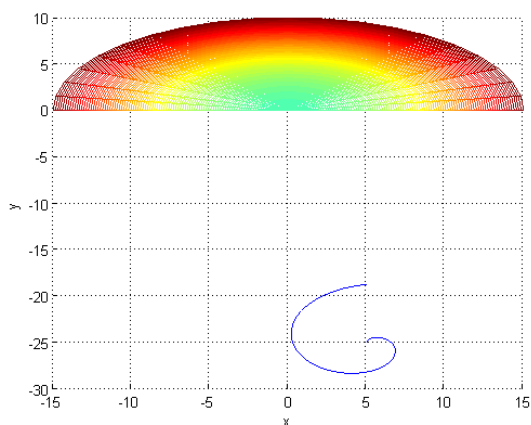


Рис.3. Проекція на площину XY

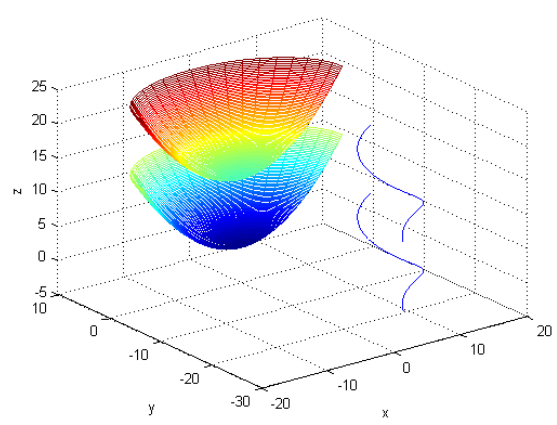


Рис.4. Тривимірне представлення

Визначимо максимальне і мінімальне значення z для переміщеної криволінійної поверхні

```
miPh=min(Zph);
minZph=miPh(1);
maPh=max(Zph);
maxZph=maPh(1);
Побудовані лінії рівня для криволінійної поверхні.
[ur]=[minZph:0.1:maxZph];
hold on
[contEP, hEP]=contour3(Xph, Yph, Zph, ur);
Визначена довжина масиву ur.
lenUr=length(ur);
```

Визначимо точки перетину переміщеної кінчної гвинтової лінії з горизонтальними площинами, відповідним рівням [ur]. Для цього підставимо в параметричне рівняння (2) значення  $z=[ur]$  і вчислимо значення  $x_{pp}$  і  $y_{pp}$ .

```
[t0]=([ur]-z0v-h)/cv;
xpp=x0v+sin(t0).*t0;
ypp=y0v+cos(t0).*t0;
```

Повернемо кожну лінію рівня на кут  $45^\circ$  навколо відповідної точки перетину криволінійної осі відносно осі Z. Для цього скористаємося функцією Rotate Different Center (lines, xC, yC, zC, length, angle), створеною при розробці методу кругового перетворення, де lines - набір ліній рівня, xC, yC, zC - координати точок перетину криволінійної осі з горизонтальною площиною рівня, length - довжина масиву, angle - кут повороту.

```
function Rotate Different Center( lines, xC, yC, zC, length, angle )
for i=1:length
    rotate(lines(i), [0 0 1], angle, [xC(i) yC(i) zC(i)])
end
end
```

У вікні Command Window викликана функція повороту.  
 Rotate Different Center (hEP,xpp,ypp,ur,lenUr,45)  
 Результат перетворення (Рис.5-10).

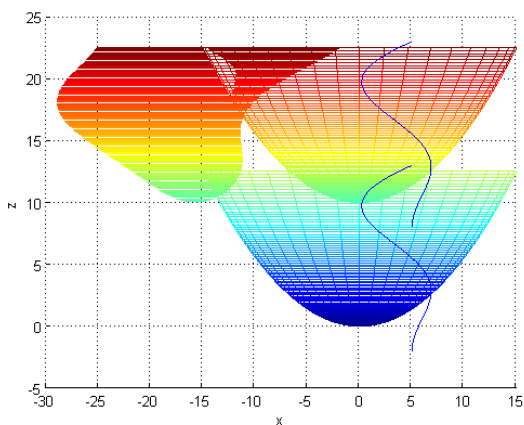


Рис.5. Проекція на площину XZ

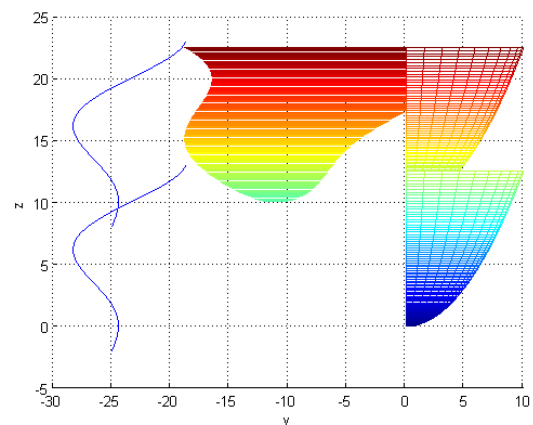


Рис.6. Проекція на площину YZ

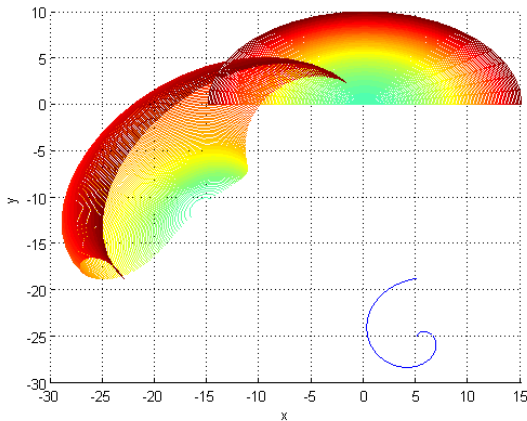


Рис.7. Проекція на площину XY

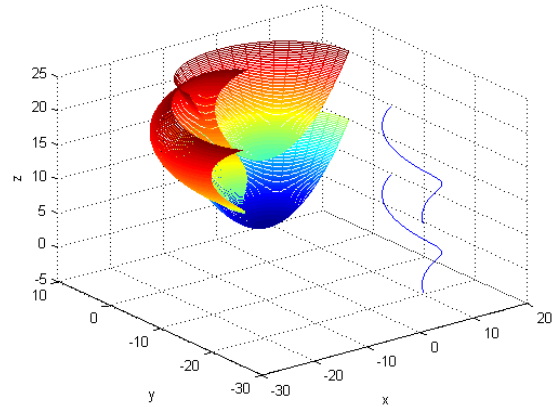


Рис.8. Тривимірне представлення

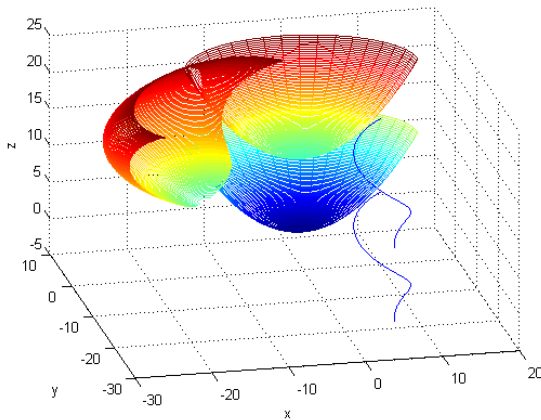


Рис.9. Тривимірне представлення

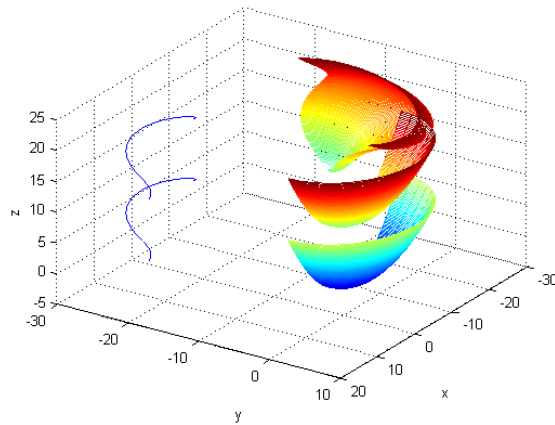


Рис.10. Тривимірне представлення

Для наочного представлення початкових даних і отриманого результату створимо новий графік (Рис.11-16).

%Відображення початкових даних і результату.

Figure ('Color','w')

ElPar=mesh(Xp,Yp,Zp);

xlabel ('x'); ylabel('y'); zlabel('z')

hold on

KonVin=plot3 (Xv,Yv,Zv);

hold on

[contEP, hEP]=contour3(Xph, Yph, Zph, ur);

Rotate Different Center (hEP,xpp,ypp,ur,lenUr,45)

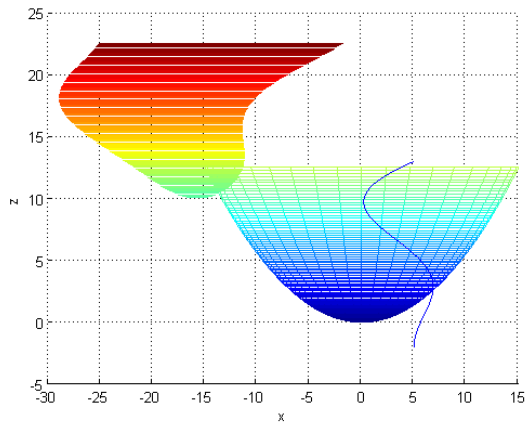


Рис.11. Проекція на площину XZ

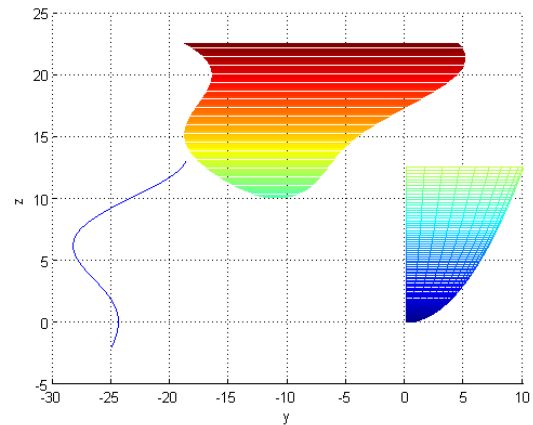


Рис.12. Проекція на площину YZ

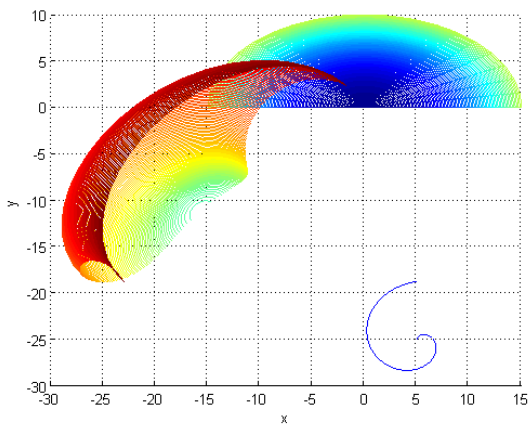


Рис.13. Проекція на площину XY

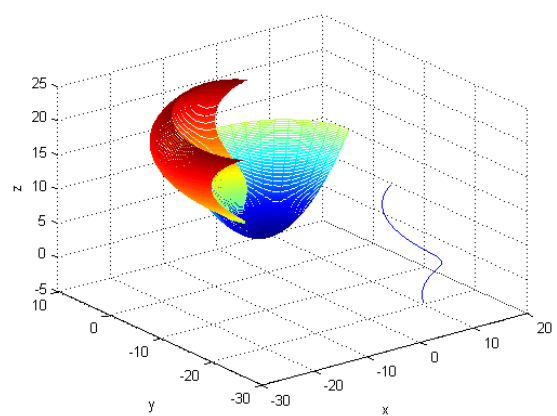


Рис.14. Тривимірне представлення

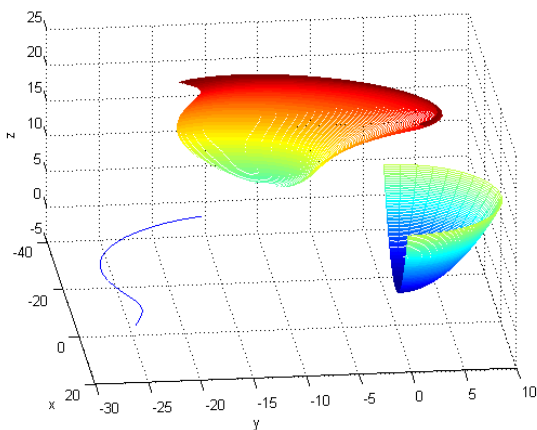


Рис.15. Тривимірне представлення

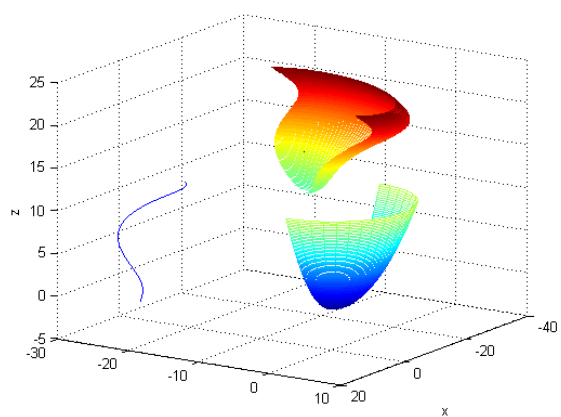


Рис.16. Тривимірне представлення

Рисунки 5-10 служать для наочної демонстрації методу гвинтового перетворення, а, отже, немає необхідності відображати їх надалі. Таким чином, синтаксис методу гвинтового перетворення, не включає відображення допоміжних криволінійної поверхні і криволінійної осі.

У цей час, практично всі проектні рішення виконуються за допомогою САПР. Це дозволяє істотно скоротити час на проектування. Але не завжди за допомогою стандартних засобів комп'ютерного моделювання можна вирішити поставлене завдання. У зв'язку із цим виникає необхідність у створенні

спеціальних підпрограм для побудови методів проектування спряжених поверхонь, тому що в них є криволінійна вісь, напрямна, і утворююча.

Розроблений геометричний метода гвинтового перетворення за допомогою комп'ютерного моделювання дозволяє вирішити складні завдання конструювання спряжених поверхонь, підвищити точність і продуктивність інженерної праці і створювати конкурентно-здатні вироби в машинобудуванні, літакобудуванні, кораблебудуванні.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** У результаті проведених досліджень ми розробили підпрограму для визначення кругового і гвинтового перетворення спряжених поверхонь до рішення проблеми конструкторських робіт в машинобудуванні яка має можливість підвищення точності профілювання та продуктивності. Подальші дослідження які розроблені у напрямі розробки кругового та гвинтового перетворення спряжених поверхонь є узагальнений метод, який наблизиться до вирішення проблеми виключення інтерференції при профілювання деталей в машинобудуванні.

#### Список бібліографічного опису.

1. Подкоритов А.Н., Исмаилова Н.П., Дюкре Л.Г. Метод формирования сопряженных винтовых нелинейчатых поверхностей семейством огибающих геликоидов. Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Вип..17. – ХДУХТ. – Харків, 2007. – С.12-15.
2. Ісмаїлова Н. П. Твердотільне моделювання спряжених поверхонь на базі параметричного кінематичного гвинта [Текст] /Ісмаїлова Н. П. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – Луцьк, 2015. – С. 69–74.
3. Ісмаїлова Н.П., Трушков Г.В. Геометричне моделювання просторового параметричного кінематичного гвинта/ Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцький національний технічний університет. Науковий журнал. №30-31 2018. Луцьк – 2018. С. 187-195
4. Ісмаїлова Н.П., Єлісеєв І.П. Моделювання спряжених кінематичних поверхонь за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB /Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцький національний технічний університет. Науковий журнал. №37 2019. Луцьк – 2019. С. 66-71.

#### References

1. Podkoritov AN, Ismailova NP, Ducret LG Method of forming conjugate helical nonlinear surfaces by a family of envelope helicoids. Geometric and computer modeling. - Issue 17. - CDHD. - Kharkiv, 2007. - P.12-15.
2. Ismailova NP Solid state modeling of conjugate surfaces based on parametric kinematic screw [Text] / Ismailova NP Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk, 2015, pp. 69–74.
3. Ismailova NP, Trushkov GV Geometric modeling of spatial parametric kinematic screw /Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk National Technical University.Scientific journal. №30-31 2018. Lutsk - 2018. P. 187-195
4. Ismailova NP, I. Yelisveyev, Model of conjugated kinematic surfaces on top of the helical rebuild method in the MATLAB system/ Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk National Technical University.Scientific journal. №37 2019. Lutsk - 2019. P. 66-71.