

Національний авіаційний університет  
Навчально-науковий Інститут  
інформаційно-діагностичних систем  
Кафедра прикладної математики

**Завдання для лабораторних  
робіт з дисципліни  
"Комп'ютерні графічні  
технології та просторове  
моделювання"**  
для студентів спеціальності  
6.040301 Прикладна математика

Юрчук І.А.

Київ 2016

## ЗМІСТ

Пояснювальна записка	3
Модуль 1 "ГЕОМЕТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА ПРОЕКЦІЇ"	
Лабораторна робота 1.1	4
Лабораторна робота 1.2	5
Домашнє завдання 1	7
Теоритичні питання до МКР №1	8
Модуль 2 "ПОБУДОВА ПЛОСКИХ ТА ПРОСТОРОВИХ КРИВИХ"	
Лабораторна робота 2.1	10
Лабораторна робота 2.2	11
Домашнє завдання 2	12
Теоритичні питання до МКР №2	13
Модуль 3 "ПОБУДОВА ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХОНЬ"	
Лабораторна робота 3.1	15
Лабораторна робота 3.2	17
Домашнє завдання 3	18
Теоритичні питання до МКР №3	19
Модуль 4 "ВИДАЛЕННЯ НЕВИДИМИХ ЛІНІЙ І ПОВЕРХОНЬ. РОЗ- ФАРБОВУВАННЯ"	
Лабораторна робота 4.1	20
Лабораторна робота 4.2	20
Домашнє завдання 4	22
Теоритичні питання до МКР №4	23
Література	23
Додаток 1.	24
Додаток 4.	25

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Метою викладання дисципліни є оволодіння студентами теоретичних основ комп'ютерних графічних технологій, надбання навичок просторового моделювання та створення на їх основі програмних засобів комп'ютерної графіки.

Дисципліна "Комп'ютерні графічні технології та просторове моделювання" входить в цикл "Математичне забезпечення обчислювальних систем" напряму підготовки 6.040301 "Прикладна математика" та викладається в п'ятому та шостому семестрах. Складається з чотирьох тематичних модулів та чотирьох домашніх завдань. Кожен модуль містить дві лабораторні роботи, що мають бути оформлені наступним чином:

1. Титульний лист.
2. Тема та мета роботи.
3. Завдання.
4. Короткі теоретичні відомості.
5. Хід роботи з розрахунками, програмними кодами та результатами роботи програм.
6. Висновки.

Домашні завдання (ДЗ) виконуються в п'ятому та шостому семестрах, відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь студентів і є важливим етапом у засвоєнні навчального матеріалу, що викладається у цих семестрах.

Метою домашнього завдання є подальше поглиблене вивчення студентом прийомів і методів, що викладаються на лекційних та лабораторних заняттях.

# Модуль 1 "Геометричні перетворення та проекції"

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1.1

**Тема:** Побудова двовимірних геометричних об'єктів.

**Мета:** Вивчити афінні перетворення на площині та вміти застосовувати їх до геометричних конструкцій. Вміти реалізувати довільні рухи на площині як композицію повороту, масштабування, перенесення та дзеркального відображення.

**Завдання:**

1. Вивчити всі види афінних перетворень на площині та їх матричне представлення в однорідних координатах.

2. Створити програмне забезпечення для реалізації повороту, зсуву, непропорційного розтягу (стиску) та дзеркального відображення відносно прямої  $Ax + By + C = 0$  геометричного об'єкту  $G$ , де  $G$  визначений для кожного студента окремо згідно його варіанту (див. табл.1.), дотримуючись наступних вимог:

- значення параметрів  $A$ ,  $B$  та  $C$  задаються користувачем;
- розмір та координати вузлів об'єкту  $G$  автор програми визначає на свій розсуд, виходячи з параметрів монітору та естетичних міркувань (об'єкт має бути по центру, рухи над  $G$  в полі зору і т.д.).

Таблиця 1. Варіанти завдань до ЛР 1.1.

№	$G$	№	$G$
1	ламана, що складається з 6 відрізків	11	трикутник
2	рівнобедрений трикутник	12	квадрат
3	рівносторонній трикутник	13	прямокутник
4	прямокутний трикутник	14	паралелограм
5	трапеція	15	п'ятикутник
6	правильний п'ятикутник	16	ламана, що складається з 5 відрізків
7	шестикутник	17	правильний шестикутник
8	випуклий чотирикутник	18	ламана, що складається з 4 відрізків
9	ламана, що складається з 5 відрізків із самоперетинами	19	прямокутна трапеція
10	шестикутник	20	ламана, що складається з 6 відрізків із самоперетинами

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1.2

**Тема:** Побудова просторових геометричних об'єктів.

**Мета:** Вивчити афінні перетворення в просторі, паралельні і перспективні проекції та вміти застосовувати їх до геометричних конструкцій.

**Завдання:**

1. Вивчити всі типи афінних перетворень, паралельних і перспективних проекцій в просторі та їх матричне представлення в однорідних координатах.

2. Реалізувати програмно алгоритми наступних рухів геометричного об'єкту  $GO$  (варіанти завдань наведені в табл. 2.):

- елементарні афінні перетворення у просторі (повороти навколо координатних осей, зсув, розтяг/стиск та дзеркальне відображення відносно координатних площин);

- перетворення, що вказане у варіанті завдання, як комбінація елементарних перетворень, значення параметрів якого задаються користувачем. Якщо на вказані параметри існують обмеження, що наведені в індивідуальному завданні студента, то користувача про це необхідно повідомити;

- перспективні перетворення, що вказані у варіанті, з можливістю введення їх параметрів користувачем.

3. Розмір та координати вузлів об'єкту  $GO$  автор програми визначає на свій розсуд, виходячи параметрів монітору та естетичних міркувань (об'єкт має бути по центру, рух  $GO$  в полі зору і т.д.);

**Зауваження:** Система координат  $Oxyz$  повина бути схематично зображена на моніторі. Початок системи має співпадати з центром вікна, в якому зображений геометричний об'єкт. Вісь  $Oz$  – глибина,  $Ox$  – ширина, а  $Oy$  – висота (правостороння система).

Таблиця 2. Варіанти завдань до ЛР 1.2.

№	$GO$	Рух	Проекція
1	куб зі зрізаним кутом	поворот на кут $\alpha$ відносно прямої, що задана точкою $A(x_0, y_0, z_0)$ та напрямним вектором $\vec{p}(l, m, n)$	триметрія та триточкова перспективна проекція
2	тетраедр	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, що проходить через висоту	диметрія (задана кутами), проекція Кавальє та одноточкова перспективна проекція
3	зрізаний тетраедр (зріз під кутом до основи)	обертання відносно рухомої осі, що паралельна $Ox$ та пересувається за законом $z = y$	ізометрія, довільна косокутна та двоточкова перспективна проекції

№	GO	Рух	Проекція
4	правильний тетраедр*	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, що проходить через центр	диметрія (задана кутами), довільна косокутна та двоточкова перспективна проекції
5	паралелепіпед	обертання відносно рухомої осі, що паралельна $Ox$ та пересувається за законом $z = y^2$	диметрія (задана відношеннями), довільна косокутна та двоточкова перспективна проекції
6	похила призма, в основі якої трикутник	обертання відносно рухомої осі, що паралельна $Oy$ та пересувається за законом $z = x$	ізометрія, проекція Кавальє та триточкова перспективна проекція
7	пряма призма, в основі якої ромб	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, яка проходить через діагональ	диметрія (задана відношенням), кабінетна проекція та триточкова перспективна проекція
8	пряма призма, в основі якої трапеція	поворот на кут $\alpha$ відносно прямої, що задана точками $M_1(x_1, y_1, z_1)$ та $M_2(x_2, y_2, z_2)$	триметрія, проекція Кавальє та двоточкова перспективна проекція
9	пряма призма зі зрізаним кутом, в основі якої квадрат	обертання відносно рухомої осі, що паралельна $Oy$ та пересувається за законом $z^2 + x^2 = R^2$	триметрія, кабінетна проекція та двоточкова перспективна проекція
10	октаедр*	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, що проходить через центр	триметрія, довільна косокутна та одноточкова перспективна проекція
11	піраміда, в основі якої прямокутник	обертання відносно рухомої осі, що паралельна $Oy$ та пересувається за законом $z^2 = x$	ізометрія, кабінетна проекція та триточкова перспективна проекція
12	похила призма, в основі якої прямокутник	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, що проходить через вершину	диметрія (задана відношеннями), проекція Кавальє та триточкова перспективна проекція
13	піраміда, в основі якої трапеція	обертання відносно рухомої осі, що паралельна $Oz$ та пересувається за законом $y^2 + x^2 = R^2$	стандартна диметрія (2 : 2 : 1), довільна косокутна та одноточкова перспективна проекції

№	GO	Рух	Проекція
14	гексаедр*	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, що проходить через центр	стандартна диметрія (2 : 2 : 1), проекція Кавальє та триточкова перспективна проекції
15	піраміда, в основі якої квадрат, а її висота співпадає з ребром	обертання відносно рухомої осі, що паралельна Oz та пересувається за законом $y = 2x$	стандартна диметрія (2 : 2 : 1), кабінетна та триточкова перспективна проекції
16	правильна чотирикутна піраміда	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, що проходить через діагональ грані	довільна косокутна та триточкова перспективна проекції
17	зрізана піраміда, в основі якої прямокутник (зріз під кутом до основи)	обертання відносно рухомої осі, що паралельна Oz та пересувається за законом $y = x^2 + a$	стандартна диметрія (2 : 1 : 2), довільна косокутна та одноточкова перспективна проекції
18	пряма призма зі зрізаним кутом, в основі якої прямокутник	поворот на кут $\alpha$ з кроком $\frac{\alpha}{n}$ відносно локальної осі, що проходить через діагональ грані	стандартна диметрія (1 : 2 : 2), проекція Кавальє та триточкова перспективна проекції
19	піраміда, в основі якої прямокутний трикутник, а ребро співпадає з висотою	обертання відносно рухомої осі, що паралельна Ox та пересувається за законом $z^2 + y^2 = R^2$	стандартна диметрія (2 : 1 : 2), кабінетна та триточкова перспективна проекції
20	піраміда, в основі якої прямокутна трапеція	поворот на кут $\alpha$ відносно прямої, що є лінією перетину двох площин	диметрія (задана кутами), кабінетна проекція та двоточкова перспективна проекція

*Примітка:* Алгоритм побудови геометричних об'єктів, так званих платонівських тіл, що позначені \*, можна знайти в [1, ст.68].

### ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ 1

Домашнє завдання №1 виконується на основі навчального матеріалу, що винесене на самостійне опрацювання студентами, і є складовою модулю №1 "Геометричні перетворення та проекції".

Тематика:

1. Фотографія як перспективна проекція.
2. Стереографічна проекція.
3. Методи генерації стереозображень.
4. Кольоровий анагліф як метод генерації стереозображень.
5. Поляризований анагліф як метод генерації стереозображень.

6. Методи виводу зображень стереографічних проекцій.
7. Метод побудови проекції з фіксованим об'єктом.
8. Метод побудови проекції з фіксованим центром проекції.
9. Відновлення тривимірних об'єктів за проекціями.
10. Картографічні проекції.
11. Рівнокутна картографічна проекція.
12. Рівновелика картографічна проекція.
13. Класифікація картографічних проекцій по виду паралелей та медіанів.
14. Проекція Меркатора у навігаційних картах.
15. Азимутна картографічна проекція.
16. Циліндрична картографічна проекція.
17. Конічна картографічна проекція.
18. Етап модельних перетворень у реалістичних зображеннях.
19. Етап видових перетворень у реалістичних зображеннях.
20. Застосування комп'ютерної графіки

Домашнє завдання 1 оформляється у вигляді реферату, що має складатись з:

1. титульної сторінки (назва міністерства, назва ВУЗу, назва кафедри, тема ДЗ, ПІБ виконавця та викладача, місто та рік);
2. вступу (історія виникнення поняття та його актуальність);
3. основної частини (1-2 пункти, обсяг 3-5 сторінок);
4. списку використаної літератури (для друкованого джерела - назва, автор, видавництво, рік, сторінки; для інтернет ресурсу - посилання).

**Вимоги до оформлення:** текст 12 пт Times New Roman, інтервал між рядками – 1, форматування по ширині, відступи: 2 см зліва, 1,5 см – справа, зверху та знизу сторінки, абзац 1 см. Назву пункту реферату виділяти **напівжирним** шрифтом.

#### ТЕОРИТИЧНІ ПИТАННЯ ДО МКР №1

1. Чи утворюють афінні перетворення, задані в декартових координатах, лінійний простір? Відповідь обґрунтуйте.
2. Афінні перетворення простору  $\mathbb{R}^2$  в декартових координатах та його властивості.
3. Матричні форми запису афінних перетворень простору  $\mathbb{R}^2$  в декартових координатах.
4. Однорідні координати в просторі  $\mathbb{R}^2$ .
5. Чи утворюють афінні перетворення простору  $\mathbb{R}^2$ , задані в однорідних координатах, лінійний простір? Відповідь обґрунтуйте.
6. Афінні перетворення простору  $\mathbb{R}^2$  в однорідних координатах та його властивості.
7. Матричні форми запису афінних перетворень простору  $\mathbb{R}^2$  в однорідних координатах.



8. Методи знаходження матриць складних перетворень.
9. Афінні перетворення простору  $\mathbb{R}^3$  в декартових координатах та його властивості.
10. Матричні форми запису афінних перетворень простору  $\mathbb{R}^3$  в декартових координатах.
11. Однорідні координати в просторі  $\mathbb{R}^3$ .
12. Чи утворюють афінні перетворення простору  $\mathbb{R}^3$ , задані в однорідних координатах, лінійний простір? Відповідь обґрунтуйте.
13. Афінні перетворення простору  $\mathbb{R}^3$  в однорідних координатах та його властивості.
14. Матричні форми запису афінних перетворень простору  $\mathbb{R}^2$  в однорідних координатах.
15. Ортографічна проекція. Матрична форма запису.
16. Аксонометрична проекція. Триметрія.
17. Поняття диметрії та ізометрії.
18. Косокутна проекція.
19. Перспективна проекція. Одноточкова перспективна проекція.
20. Двоточкова та триточкова перспективні проекції.

## Модуль 2 "Побудова плоских та просторових кривих"

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2.1

**Тема:** Побудова плоских та просторових кривих.

**Мета:** Вивчити побудову інтерполяційних та згладжуючих кривих на площині і в просторі, та закріпити властивість інваріантності кривих Безьє відносно афінних перетворень на площині.

**Завдання:**

1. Вивчити побудову кубічного сплайна та кривої Безьє.
2. Реалізувати програмно алгоритм побудови геометричних об'єктів  $G_1$  та  $G_2$ , що задані на площині і в просторі, та забезпечити виконання афінних перетворень над ними ( $G_1$  та  $G_2$  визначені для кожного студента окремо згідно його варіанту в табл.3).
  - об'єкт  $G_1$  побудувати за допомогою кривої Безьє;
  - об'єкт  $G_2$  побудувати двома способами за допомогою підстановки значень параметра у рівняння та кубічного сплайну з можливістю задання як рівномірних та і не рівномірних вузлів;
  - забезпечити реалістичне зображення кривих у просторі за допомогою композиції аксонометричної (диметрія чи ізометрія) та ортогональної проєкцій;
  - у висновках надати аналіз отриманих побудов;
  - значення параметрів афінних перетворень задаються користувачем;
  - при неправильному введенні параметрів виводиться повідомлення про повторне введення (правильними є значення, при яких рух геометричного об'єкту повністю видно на екрані)
  - побудовані об'єкти вивести на екран.

**Варіанти завдань:**

Таблиця 3. Варіанти завдань до ЛР 2.1.

№	$G_1 \in R^2$	$G_2 \in R^3$
1	заєць	$x(t) = 5 \cos 4t, y(t) = 5 \sin 4t, z = 10t$
2	гусак	$x(t) = e^t \cos t, y(t) = e^t \sin t, z = e^t$
3	орел	$x(t) = \cos t^2, y(t) = \sin t^2, z = 2t$
4	ворона	$x(t) = 2(t - \sin t), y(t) = 2(1 - \cos t), z = 8 \cos \frac{t}{2}$
5	риба	$x(t) = 1 - \cos 2t, y(t) = \sin 2t, z = 2 \cos t$
6	дельфін	$x(t) = 5(1 + \cos t), y(t) = 5 \sin t, z = 10 \sin \frac{t}{2}$
7	пінгвін	$x(t) = \cos^3 t, y(t) = \sin^3 t, z = \cos 2t$
8	пес	$x(t) = 5 \operatorname{ch} t, y(t) = 5 \operatorname{sh} t, z = 5t$
9	черепаха	$x(t) = 3 \cos t, y(t) = 3 \sin t, z = t^2$
10	носоріг	$x(t) = 8 \sin \frac{t}{4}, y(t) = 4 \sin t, z = 4(1 + \cos t)$

№	$G_1 \in R^2$	$G_2 \in R^3$
11	ведмідь	$x(t) = 6 \cos 3t, y(t) = -6 \sin 3t, z = 5t$
12	лебідь	$x(t) = 2e^{3t} \cos t, y(t) = 2e^{3t} \sin t, z = 4e^{3t}$
13	фламінго	$x(t) = 2 \cos t^2, y(t) = 6t, z = 2 \sin t^2$
14	папуга	$x(t) = 3(t - \sin t), y(t) = 3(1 - \cos t), z = 12 \cos \frac{t}{2}$
15	краб	$x(t) = \sin 4t, y(t) = 1 - \cos 4t, z = 4 \cos t$
16	акула	$x(t) = 3(1 + \cos t), y(t) = 6 \sin \frac{t}{2}, z = 3 \sin t$
17	тюлень	$x(t) = \cos^5 t, y(t) = \sin^5 t, z = \cos 4t$
18	кіт	$x(t) = 2t, y(t) = 2 \operatorname{sh} t, z = 2 \operatorname{ch} t$
19	крокодил	$x(t) = 3 \cos t, y(t) = 3 \sin t, z = t^2$
20	бегемот	$x(t) = 3(1 + \cos t), y(t) = 3 \sin t, z = 6 \sin \frac{t}{4}$

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2.2

**Тема:** Побудова фракталів.

**Мета:** Навчитись будувати різнокольорові конструктивні фрактали за допомогою генератора.

**Завдання:**

1. Провести аналіз конструктивного фракталу, що представлений своїм генератором, за допомогою масштабування та повороту.
2. Реалізувати програмно алгоритми побудови фракталу за заданим генератором  $G$ , що зображений у Додатку 1, та числом ітерацій  $p$ .

**- Варіанти завдань:**

- A1. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – квадрат, генератор  $G$  зображений на мал.1, а  $p = 4$ .
- A2. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – пряма, генератор  $G$  зображений на мал.2, а  $p = 4$ .
- A3. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – трикутник, генератор  $G$  зображений на мал.3, а  $p = 5$ .
- A4. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – квадрат, генератор  $G$  зображений на мал.4, а  $p = 4$ .
- A5. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – пряма, генератор  $G$  зображений на мал.5, а  $p = 3$ .
- A6. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – трикутник, генератор  $G$  зображений на мал.6, а  $p = 3$ .
- A7. Побудувати різнокольоровий фрактал – суцвіття, в якого генератор  $G$  зображений на мал.8, а  $p = 3$ .
- A8. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – пряма, генератор  $G$  зображений на мал.1, а  $p = 4$ .
- A9. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – трикутник, генератор  $G$  зображений на мал.2, а  $p = 4$ .
- A10. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – квадрат, генератор  $G$  зображений на мал.3, а  $p = 5$ .

В11. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – пряма, генератор  $G$  зображений на мал.4, а  $p = 4$ .

В12. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – трикутник, генератор  $G$  зображений на мал.5, а  $p = 3$ .

В13. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – квадрат, генератор  $G$  зображений на мал.6, а  $p = 3$ .

В14. Побудувати різнокольоровий фрактал – лист папороті, в якого генератор  $G$  зображений на мал.7, а  $p = 3$ .

В15. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – трикутник, генератор  $G$  зображений на мал.1, а  $p = 4$ .

В16. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – квадрат, генератор  $G$  зображений на мал.2, а  $p = 4$ .

В17. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – пряма, генератор  $G$  зображений на мал.3, а  $p = 5$ .

В18. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – трикутник, генератор  $G$  зображений на мал.4, а  $p = 4$ .

В19. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – квадрат, генератор  $G$  зображений на мал.5, а  $p = 3$ .

В20. Побудувати різнокольоровий фрактал, в якого основа – пряма, генератор  $G$  зображений на мал.6, а  $p = 3$ .

## ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ 2

Домашнє завдання №2 виконується на основі навчального матеріалу, що винесене на самостійне опрацювання студентами, і є складовою модулю №2 "Побудова плоских та просторових кривих".

Тематика:

1. ТСВ-сплайни в анімації. Дати їх порівняльний аналіз з кривими Безьє.
2. Порівняти побудову, властивості та застосування складених кубічних В-сплайнових кривих та складених кубічних кривих Ерміта.
3. Порівняти побудову, властивості та застосування В-сплайнових кривих та ТСВ-сплайнів.
4. Порівняти побудову, властивості та застосування В-сплайнових кривих та раціональних кубічних В-сплайнових кривих.
5. Порівняти побудову, властивості та застосування раціональних кубічних В-сплайнових кривих та інтерполяційних кубічних кривих Ерміта.
6. Порівняти побудову, властивості та застосування В-сплайнових кривих та інтерполяційних кубічних кривих Ерміта.
7. Порівняти побудову, властивості та застосування складених кубічних В-сплайнових кривих та згладжуючих кубічних сплайнів.
8. Порівняти побудову, властивості та застосування раціональних кубічних В-сплайнових кривих та ТСВ-сплайнів.

9. Порівняти побудову, властивості та застосування складених кубічних В-сплайнових кривих та В-сплайнових кривих.
10. ТСВ-сплайни. Дати їх порівняльний аналіз з кривими Ерміта.
11. Порівняти побудову, властивості та застосування складених кубічних В-сплайнових кривих та складених кубічних кривих Безьє.
12. Порівняти побудову, властивості та застосування раціональних кубічних В-сплайнових кривих та В-сплайнових кривих.
13. Порівняти побудову, властивості та застосування згладжуючих кубічних сплайнів та інтерполяційних кубічних кривих Ерміта.
14. Порівняти побудову, властивості та застосування інтерполяційних кубічних кривих Ерміта та згладжуючих кубічних сплайнів.
15. Порівняти побудову, властивості та застосування складених та раціональних кубічних В-сплайнових кривих.
16. Порівняти побудову, властивості та застосування раціональних кубічних В-сплайнових кривих та згладжуючих кубічних сплайнів.
17. Порівняти побудову, властивості та застосування складених кубічних кривих Безьє та ТСВ-сплайнів.
18. Порівняти побудову, властивості та застосування складених кубічних кривих Безьє та згладжуючих кубічних сплайнів.
19. Порівняти побудову, властивості та застосування складених кубічних кривих Безьє та Ерміта.

Домашнє завдання 2 оформляється у вигляді реферату, що має складатись з:

1. титульної сторінки (назва міністерства, назва ВУЗу, назва кафедри, тема ДЗ, ПІБ виконавця та викладача, місто та рік);
2. вступу (історія виникнення поняття та його актуальність);
3. основної частини (1-2 пункти, обсяг 3-5 сторінок);
4. списку використаної літератури (для друкованого джерела - назва, автор, видавництво, рік, сторінки; для інтернет ресурсу - посилання).

**Вимоги до оформлення:** текст 12 пт Times New Roman, інтервал між рядками – 1, форматування по ширині, відступи: 2 см зліва, 1,5 см – справа, зверху та знизу сторінки, абзац 1 см. Назву пункту реферату виділяти **напівжирним** шрифтом.

#### ТЕОРИТИЧНІ ПИТАННЯ ДО МКР №2

1. Задачі інтерполяції та згладжування на площині;
2. Інтерполяційний многочлен Лагранжа;
3. Інтерполяційний кубічний сплайн та його крайові умови;
4. Алгоритм побудови кубічного сплайну;

5. Сплайнові криві;
6. Криві Безьє;
7. Властивості поліномів Бернштейна;
8. Властивості кривих Безьє;
9. Геометричний алгоритм для кривої Безьє;
10. Означення фракталу. Фрактал острів Коха;
11. Конструктивні та динамічні фрактали;
12. Означення фракталу. Фрактал острів Мінковського;
13. Означення фракталу. Льодовий фрактал;
14. Динамічні фрактали. Фрактал Жуліа;
15. Динамічні фрактали. Фрактал Мандельброта;
16. Динамічні фрактали. Фрактал Ньютона.

## Модуль 3 "Побудова та відображення поверхонь"

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3.1

**Тема:** Побудова поверхонь.

**Мета:** Вивчити математичні моделі поверхонь.

**Завдання:**

1. Вивчити основні способи задання поверхонь.
2. Реалізувати програмно алгоритм побудови поверхонь  $S_1$  та  $S_2$ , що визначені для кожного студента окремо згідно його варіанту (Таблиця 1.).
  - представити поверхню у вигляді каркасу;
  - при необхідності більш реалістичного зображення поверхні, що побудована, скористатись проекцією (косокутною, перспективною і т.п.)!!!!
  - для кожної з побудованих поверхонь у інтерфейсі програми передбачити можливість її повертати, зміщати та розтягувати / стискати;
  - побудовані об'єкти вивести на екран.

Таблиця 1. Варіанти завдань до ЛР 3.1.

№	$S_1$	$S_2$ – поверхня Безье
1	Поверхня утворена одночасним переносом на 5 одиниць і поворотом на кут $\frac{\pi}{4}$ навколо Ох відрізка, що заданий точками $P_1(0, 0, 0)$ та $P_1(0, 4, 0)$	слон
2	Поверхня утворена переносом на 5 одиниць вздовж осі Oz кубічного спрайну, що визначається точками $A_1(0, 0, 5)$ , $A_2(1, 1, 7)$ , $A_3(3, 0, 1)$ $A_4(5, 0, 4)$	дельфін
3	Поверхня утворена зміщенням квадрату вздовж кривої $x = 10t$ , $y = \cos \pi t - 1$	орел
4	Білінійна поверхня задана точками $P(0, 0) = (0, 0, 1)$ , $P(0, 1) = (0, 0, 0)$ , $P(1, 0) = (1, 1, 1)$ та $P(1, 1) = (0, 1, 0)$	бегемот
5	Поверхня Кунса задана точками $P(0, 0) = (-1, 0, 1)$ , $P(0, 1) = (-1, -1, -1)$ , $P(1, 0) = (1, -1, -1)$ , $P(1, 1) = (1, 0, -1)$ та векторами $P_u(0, 0) = (1, 1, 0)$ , $P_u(0, 1) = (1, 1, 0)$ , $P_u(1, 0) = (1, -1, 0)$ , $P_u(1, 1) = (1, -1, 0)$ , $P_w(0, 0) = (0, 1, -1)$ , $P_w(0, 1) = (0, -1, -1)$ , $P_w(1, 0) = (0, 1, -1)$ , $P_w(1, 1) = (0, -1, -1)$ , $P_{uw}(0, 0) = (0, 0, 0)$ , $P_{uw}(0, 1) = (a, a, a)$ , $P_{uw}(1, 0) = (a, -a, -a)$ , $P_{uw}(1, 1) = (0, 0, 0)$	рак
6	Поверхня утворена одночасним переносом на 10 одиниць і поворотом на кут $\frac{\pi}{2}$ навколо Оу відрізка, що заданий точками $P_1(0, 0, 0)$ та $P_1(2, 0, 4)$	літак

№	$S_1$	$S_2$ – поверхня Безье
7	Поверхня утворена переносом на 5 одиниць вздовж осі $Ox$ кубічного спрайну, що визначається точками $A_1(0, 0, 5)$ , $A_2(1, -1, 7)$ , $A_3(-3, 0, 1)$ $A_4(5, 0, 4)$	корабель
8	Поверхня утворена зміщенням п'ятикутника вздовж кривої $x = 2t$ , $y = \cos \pi t - 1$	автомобіль
9	Білінійна поверхня задана точками $P(0, 0) = (0, 0, -1)$ , $P(0, 1) = (-1, 0, 0)$ , $P(1, 0) = (-1, -1, 1)$ та $P(1, 1) = (0, 1, 0)$	вантажівка
10	Поверхня Кунса задана точками $P(0, 0) = (-1, 0, 1)$ , $P(0, 1) = (-1, -1, 1)$ , $P(1, 0) = (-1, 1, -1)$ , $P(1, 1) = (1, 0, 1)$ та векторами $P_u(0, 0) = (1, 1, 0)$ , $P_u(0, 1) = (1, 1, 0)$ , $P_u(1, 0) = (-1, -1, 0)$ , $P_u(1, 1) = (-1, -1, 0)$ , $P_w(0, 0) = (0, 1, -1)$ , $P_w(0, 1) = (0, 1, -1)$ , $P_w(1, 0) = (0, 1, 1)$ , $P_w(1, 1) = (0, -1, 1)$ , $P_{uw}(0, 0) = (0, 0, 0)$ , $P_{uw}(0, 1) = (a, a, a)$ , $P_{uw}(1, 0) = (a, -a, -a)$ , $P_{uw}(1, 1) = (1, 1, 0)$	підводний човен
11	Поверхня утворена одночасним переносом на 5 одиниць і поворотом на кут $\frac{-\pi}{4}$ навколо $Oz$ відрізка, що заданий точками $P_1(0, 0, 0)$ та $P_1(1, 4, 3)$	папуга
12	Поверхня утворена переносом на 5 одиниць вздовж осі $Oy$ кубічного спрайну, що визначається точками $A_1(0, 1, 5)$ , $A_2(-1, 1, 7)$ , $A_3(0, 3, 1)$ $A_4(5, -1, 4)$	голуб
13	Поверхня утворена зміщенням трикутника вздовж кривої $x = 10t$ , $y = \cos \frac{\pi}{2}t - 1$	жаба
14	Білінійна поверхня задана точками $P(0, 0) = (0, 0, 1)$ , $P(0, 1) = (0, 0, 0)$ , $P(1, 0) = (1, -1, 1)$ та $P(1, 1) = (0, -1, 0)$	крокодил
15	Поверхня Кунса задана точками $P(0, 0) = (-1, 0, 1)$ , $P(0, 1) = (1, -1, 1)$ , $P(1, 0) = (1, -1, 1)$ , $P(1, 1) = (1, 0, -1)$ та векторами $P_u(0, 0) = (1, 1, 1)$ , $P_u(0, 1) = (1, 1, 1)$ , $P_u(1, 0) = (-1, -1, 0)$ , $P_u(1, 1) = (-1, -1, 0)$ , $P_w(0, 0) = (0, 1, 1)$ , $P_w(0, 1) = (0, -1, 1)$ , $P_w(1, 0) = (0, 1, -1)$ , $P_w(1, 1) = (0, -1, -1)$ , $P_{uw}(0, 0) = (2, -1, 1)$ , $P_{uw}(0, 1) = (0, 0, a)$ , $P_{uw}(1, 0) = (a, 0, 0)$ , $P_{uw}(1, 1) = (0, 0, 1)$	качка
16	Поверхня утворена одночасним переносом на 5 одиниць і поворотом на кут $-\frac{\pi}{2}$ навколо $Ox$ відрізка, що заданий точками $P_1(0, 0, 0)$ та $P_1(0, 4, 1)$	кінь



№	$S_1$	$S_2$ – поверхня Безье
17	Поверхня утворена переносом на 10 одиниць вздовж осі Oz кубічного сплайну, що визначається точками $A_1(1, 0, 5)$ , $A_2(1, 0, 7)$ , $A_3(-3, 0, 1)$ $A_4(-5, 0, 4)$	корова
18	Поверхня утворена зміщенням квадрату вздовж кривої $x = 10t$ , $y = \cos \frac{\pi}{4}t - 1$	павич
19	Білінійна поверхня задана точками $P(0, 0) = (-1, 0, 0)$ , $P(0, 1) = (0, 0, 1)$ , $P(1, 0) = (-1, -1, 1)$ та $P(1, 1) = (0, -1, 0)$	ворона
20	Поверхня Кунса задана точками $P(0, 0) = (-1, -1, 1)$ , $P(0, 1) = (1, -1, 1)$ , $P(1, 0) = (0, -1, 1)$ , $P(1, 1) = (0, 0, -1)$ та векторами $P_u(0, 0) = (1, 1, 0)$ , $P_u(0, 1) = (1, 1, 0)$ , $P_u(1, 0) = (-1, 1, 0)$ , $P_u(1, 1) = (-1, 1, 0)$ , $P_w(0, 0) = (0, 1, 1)$ , $P_w(0, 1) = (0, -1, 1)$ , $P_w(1, 0) = (0, 1, -1)$ , $P_w(1, 1) = (0, -1, -1)$ , $P_{uw}(0, 0) = (2, -1, 1)$ , $P_{uw}(0, 1) = (0, 0, a)$ , $P_{uw}(1, 0) = (-a, 0, 0)$ , $P_{uw}(1, 1) = (0, 0, 1)$	заєць

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3.2

**Тема:** Алгоритми відсікання та загортання подарунка.

**Мета:** Вивчити основні алгоритми відсікання та загортання подарунка.

**Завдання:**

1. Вивчити основні алгоритми відсікання та алгоритм загортання подарунка.

2. Реалізувати програмно дані алгоритми на основі картинки, що визначена для кожного студента окремо згідно його варіанту (Таблиця 2.).

- представити об'єкти картинки плоскими для задач з рухом транспорту і об'ємними для руху джерела світла;

- при можливості зображення розфарбувати;

- у інтерфейсі програми передбачити можливість задавати необхідні рухи;

- побудовані об'єкти вивести на екран.

Таблиця 2. Варіанти завдань до ЛР 3.2.

№	Об'єкт	ландшафт або пейзаж
1	рух джерела світла зі сходу на захід	місто (2 об'єкти)
2	рух потягу	місто (3 об'єкти)
3	рух джерела світла зі сходу на захід	стіл (2 об'єкти)
4	рух автобуса	гори (3 об'єкти)

№	Об'єкт	ландшафт або пейзаж
5	взліт ракети	небо (3 об'єкти)
6	рух джерела світла із заходу на схід	гори (2 об'єкти)
7	рух автомобіля	місто (3 об'єкти)
8	рух джерела світла зі півдня на північ	стіл (2 об'єкти)
9	рух літака	гори (3 об'єкти)
10	взліт ракети	космос (3 об'єкти)
11	рух джерела світла із півночі на південь	село (2 об'єкти)
12	рух потягу	гори (3 об'єкти)
13	рух джерела світла зі півночі на південь	сцена (2 об'єкти)
14	рух автобуса	місто (3 об'єкти)
15	політ ядра	за містом (3 об'єкти)
16	рух джерела світла із півдня на північ	гори (2 об'єкти)
17	рух автомобіля	село (3 об'єкти)
18	рух джерела світла зі заходу на схід	сцена (2 об'єкти)
19	рух літака	небо (3 об'єкти)
20	політ ядра	із території замку (3 об'єкти)

### ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ 3

Домашнє завдання №3 виконується на основі навчального матеріалу, що винесене на самостійне опрацювання студентами, і є складовою модулю №3 "Побудова та відображення поверхонь".

Тематика:

1. Лінійна поверхня Кунса.
2. FC-алгоритм.
3. Алгоритм Вейлера - Азертона.
4. Алгоритм Ліанга-Барскі.
5. Метод обходу Грехема.
6. Бікубічна поверхня Кунса.
7. Променевий тест орієнтації точки відносно полігону.
8. Тріангуляція опуклих полігонів.
9. Тріангуляція неопуклих полігонів.
10. Тріангуляція Делоне.
11. Раціональні В-сплайн поверхні.
12. Алгоритм перетину та об'єднання опуклих полігонів.
13. Алгоритм перетину променя зі сферою.
14. Алгоритм перетину променя з площиною.
15. Алгоритм перетину променя з прямокутним паралелепіпедом.

16. Гаусова кривизна і якість поверхні.
17. Метод "розділяй та володарюй" побудови опуклої оболонки.
18. Відкритий алгоритм Препарата побудови опуклої оболонки.

Домашнє завдання 3 оформляється у вигляді реферату, що має складатись з:

1. титульної сторінки (назва міністерства, назва ВУЗу, назва кафедри, тема ДЗ, ПІБ виконавця та викладача, місто та рік);
2. вступу (історія виникнення поняття та його актуальність);
3. основної частини (1-2 пункти, обсяг 3-5 сторінок);
4. списку використаної літератури (для друкованого джерела - назва, автор, видавництво, рік, сторінки; для інтернет ресурсу - посилання).

**Вимоги до оформлення:** текст 12 пт Times New Roman, інтервал між рядками – 1, форматування по ширині, відступи: 2 см зліва, 1,5 см – справа, зверху та знизу сторінки, абзац 1 см. Назву пункту реферату виділяти **напівжирним** шрифтом.

#### ТЕОРИТИЧНІ ПИТАННЯ ДО МКР №3

1. Поверхні обертання;
2. Лінійчасті поверхні;
3. Квадратичні поверхні;
4. Білінійні поверхні;
5. Бікубічна поверхня Кунса;
6. Поверхня Безьє;
7. В-сплайнові поверхні;
8. Тест обходу трьох точок;
9. Габаритний тест;
10. Кутовий тест;
11. Тест перетину прямої з полігоном;
12. Тест перетину відрізків;
13. Двовимірний алгоритм Сазерленда- Кона;
14. Математичні основи алгоритму Кіруса- Бека.
15. Алгоритм Кіруса- Бека.
16. Алгоритм загортання подарунку.

## Модуль 4 "Видалення невидимих ліній і поверхонь. Розфарбовування"

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4.1

**Тема:** Видалення невидимих ліній.

**Мета:** Вивчити алгоритм Робертса усунення невидимих ліній та граней.

**Завдання:**

1. Вивчити алгоритм Робертса та його тести.
2. Реалізувати програмно алгоритм усунення невидимих ліній та граней поліедра  $S$  відносно спостерігача, що визначені для кожного студента окремо згідно його варіанту (Табл.4.1.).

- координати вершин поліедра задані в ССК (світовій системі координат);

- користувач повинен мати можливість змінювати своє місце положення в межах вказаного квадрату;

- побудований об'єкт вивести на екран.

**Позначення:**

$G_1 = \{A(-10, -180, 10), B_1(-100, -10, 200), B_2(180, -30, 140), B_3(210, 10, -150), B_4(-200, 80, -200), C_1(10, 180, 40), C_2(15, 210, -50)\};$

$G_2 = \{A(10, -280, 10), B_1(-100, -10, 200), B_2(180, -30, 140), B_3(210, 10, -150), B_4(-200, 80, -200), B_5(-240, 140, 10), C(15, 210, -50)\};$

$G_3 = \{A_1(-100, -180, -50), A_2(-140, -100, -100), A_3(-190, -40, 10), B_1(200, 60, 100), B_2(150, 30, -90), B_3(210, 100, -150), B_4(-200, 180, 20)\};$

$G_4 = \{A_1(-100, 180, -50), A_2(-140, 100, -100), A_3(-190, 40, 10), B_1(200, -60, 100), B_2(150, -30, -90), B_3(210, -100, -150), B_4(-200, -180, 20)\}.$

Таблиця 4.1. Варіанти завдань до ЛР 4.1.

№	$S$	Спостерігач відносно центру об'єкта	№	$S$	Спостерігач відносно центру об'єкта
1	$G_1$	нижче праворуч	2	$G_2$	нижче ліворуч
3	$G_3$	вище праворуч	4	$G_4$	вище ліворуч
5	$G_1$	вище ліворуч	6	$G_2$	нижче праворуч
7	$G_3$	нижче ліворуч	8	$G_4$	вище праворуч
9	$G_1$	вище праворуч	10	$G_2$	вище ліворуч
11	$G_3$	нижче праворуч	12	$G_4$	нижче ліворуч
13	$G_1$	нижче ліворуч	14	$G_2$	вище праворуч
15	$G_3$	вище ліворуч	16	$G_4$	нижче праворуч

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4.2

**Тема:** Розфарбовування об'єкта.

**Мета:** Вивчити алгоритм трасування променів.

**Деякі теоритичні аспекти:** Проста модель:

1) Дзеркальне освітлювання (гладкі поверхні – метали, скло):

$$I_s = I k_s \cos^p \alpha,$$

де  $\alpha$  – кут між відбитим від точки поверхні променем та вектором направленим з точки поверхні в точку спотерігача,  $I$  – інтенсивність джерела випромінювання світла,  $p$  – розмір відблиску на поверхні і  $p \in [1; 200]$  (великі значення відповідають металам, а малі неметалевим поверхням), а  $k_s$  – коефіцієнт дзеркального відбиття і  $0 < k_s < 1$ . Відбитий дзеркальний промінь від металу зберігає властивості падаючого променя.

2) Дифузне освітлювання (шорскі поверхні – папір, гіпс, пісок):  $I_d = I k_d \cos \theta$ , де  $\theta$  – кут між напрямком від точки в якій визначається промінь на джерело світла та зовнішньою нормаллю до площини в цій точці,  $I$  – інтенсивність джерела випромінювання світла, а  $k_d$  – коефіцієнт дифузного відбиття і  $0 < k_d < 1$ .

Звідки

$$(1) \quad I = I_a k_a + \frac{I}{d+k} (k_s \cos^p \alpha + k_d \cos \theta),$$

де  $k_a$  – коефіцієнт відбиття поверхнею розсіяного світла,  $I_a$  – інтенсивність фонового розсіяного світла, яка є постійна для всіх об'єктів,  $d$  – відстань від об'єкта до джерела світла,  $k$  – деяка константа.

Приклади параметрів моделі освітлення див. Додаток 4.

Для сфокусованого джерела світла:  $I_p = I \cos^t \varphi$ , де  $\varphi$  – кут між вектором, що задає напрям джерела світла, та вектором, що направлений від джерела світла до точки поверхні,  $t$  – величина, що описує сфокусованість і змінюється від 0 до 128.

Тоді формула (1) набуде вигляду

$$I = (I_a k_a + \frac{I}{d+k} (k_s \cos^p \alpha + k_d \cos \theta)) \cos^t \varphi.$$

*Зауваження 1:* Для кольорових об'єктів розрахунок кожної компоненти кольору (наприклад, RGB) ведеться окремо і колір кожного пікселя зображення визначають значення складових інтенсивностей світла для відповідних компонент кольору.

*Зауваження 2:* якщо джерел світла декілька, то їх інтенсивності сумуються.

**Завдання:** За допомогою методу трасування променів створити реалістичне зображення з одним джерелом світла, поліедром  $S$  (координати поліедра з лабораторної роботи 4.1.) та вертикальною площиною, що розміщена навпроти джерела світла. Кольори площини та тип поверхні поліедра описані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Варіанти завдань до ЛР 4.2.

№	Колір площини	Тип поверхні	№	Колір площини	Тип поверхні
1	синій	метал латунь	2	червоний	папір
3	зелений	метал мідь	4	фіолетовий	гіпс
5	жовтий	метал срібло	6	оранжевий	шліфоване дерево
7	малиновий	метал латунь	8	жовто-зелений	папір
9	червоний	метал мідь	10	синій	гіпс
11	фіолетовий	метал срібло	12	зелений	шліфоване дерево
13	оранжевий	метал латунь	14	малиновий	папір
15	жовтий	метал мідь	16	коричневий	гіпс

#### ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ 4

Домашнє завдання №4 виконується на основі навчального матеріалу, що винесене на самостійне опрацювання студентами, і є складовою модулю №4 "Видалення невидимих ліній і поверхонь. Розфарбовування".

Тематика:

1. Алгоритм поточного горизонту усунення невидимих ліній та граней.
2. Метод  $Z$ –буфера.
3. Метод відсікання неліцевих граней.
4. Алгоритм розбиття картинної площини Варнока.
5. Метод сортування за глибиною. Алгоритм художника.
6. Метод Фонга.
7. Метод Гуро.
8. Алгоритм Аппеля.
9. Алгоритм побудови графіку функції двох змінних.
10. Метод сортування за глибиною як алгоритм впорядкування.
11. Метод двійкового розбиття простору як алгоритм сортування.
12. Метод построкового сканування.
13. Метод випромінювання. Фізичні аспекти.
14. Алгоритмічна реалізація методу випромінювання.
15. Порівняльна характеристика існуючих методів усунення невидимих ліній та граней.
16. Порівняльна характеристика існуючих методів зафарбовування.

Домашнє завдання 4 оформляється у вигляді реферату, що має складатись з:

1. титульної сторінки (назва міністерства, назва ВУЗу, назва кафедри, тема ДЗ, ПІБ виконавця та викладача, місто та рік);
2. вступу (історія виникнення поняття та його актуальність);
3. основної частини (1-2 пункти, обсяг 3-5 сторінок);
4. списку використаної літератури (для друкованого джерела - назва, автор, видавництво, рік, сторінки; для інтернет ресурсу - посилання).

**Вимоги до оформлення:** текст 12 пт Times New Roman, інтервал між рядками – 1, форматування по ширині, відступи: 2 см зліва, 1,5 см – справа, зверху та знизу сторінки, абзац 1 см. Назву пункту реферату виділяти **напівжирним** шрифтом.

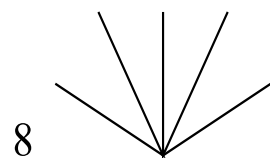
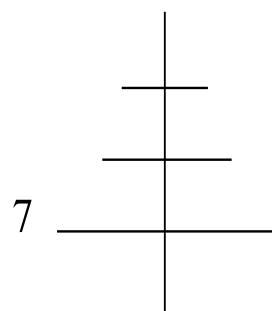
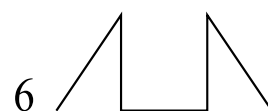
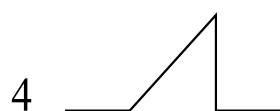
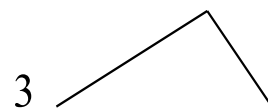
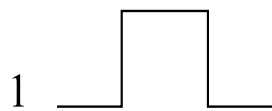
#### ТЕОРИТИЧНІ ПИТАННЯ ДО МКР №4

1. Задача усунення невидимих ліній та граней;
2. Алогоритм Робертса. Його математичні аспекти;
3. Ідеологія алгоритму Робертса;
4. Тестова реалізація алгоритму Робертса;
5. Метод трасування променів. Фізичні аспекти;
6. Основна модель трасування променів;
7. Проста модель Холла трасування променів;
8. Модель Уіттеда трасування променів;
9. Побудова текстури;
10. Світова система координат та система координат об'єкта;
11. Світова та видова системи координат;
12. Видове перетворення.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1] *Шикин Е.В., Боресков А.В.* Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения. - М.:Диалог-МИФИ, 1995

Додаток 1.





ДОДАТОК 4.

Матеріал	Фонові коеф. $k_a$			Дифузійні коеф. $k_d$			Дзеркальні коеф. $k_s$			Степінь $p$
	$R$	$G$	$B$	$R$	$G$	$B$	$R$	$G$	$B$	
латунь	0.3294	0.2235	0.0275	0.7804	0.5687	0.1137	0.9922	0.9412	0.8078	28
бронза	0.2125	0.1275	0.0540	0.7140	0.4284	0.1814	0.3935	0.2719	0.1667	26
хром	0.2500	0.2500	0.2500	0.4000	0.4000	0.4000	0.7746	0.7746	0.7746	77
мідь	0.1913	0.0735	0.0225	0.7038	0.2705	0.0828	0.2568	0.1376	0.0860	13
поліроване срібло	0.2313	0.2313	0.2313	0.2775	0.2775	0.2775	0.7739	0.7739	0.7739	90
чорна пласмаса	0.0	0.0	0.0	0.0100	0.0100	0.0100	0.5000	0.5000	0.5000	32