

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»**

---

**ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ**

**Кафедра интеллектуальных информационных технологий**

**Отчет**

По дисциплине: Общая теория интеллектуальных систем

На тему: Система «Проводные наушники»

Выполнил: Сечайко Н. В., 421702

Проверил: Соколович М. Г.

**Минск 2025**  
**Лабораторная работа №1**  
**Система “Проводные наушники”**  
**Модель чёрного ящика**

**Цель:** построение и исследование модели «чёрный ящик», модели состава системы, модели структуры системы, структурной схемы системы.

**Характеристика:**

система “Проводные наушники” для преобразования звука в электрический сигнал.

**Построение модели «чёрный ящик»**

- Входы
  - Электрический аудиосигнал
  - Напряжение питания (если есть активное шумоподавление)
  - Управляющие сигналы (кнопки громкости, пауза)
- Выходы
  - Акустические колебания (звук)
  - Сигнал на микрофон (если гарнитура)
  - Индикация питания или работы (при наличии)
- Нежелательные входы
  - Перегрузка по уровню сигнала
  - Посторонние электромагнитные наводки
  - Повышенное или пониженное напряжение (для активных моделей)
  - Механические удары, влага
- Нежелательные выходы
  - Искажённый звук
  - Отсутствие звука в одном или обоих каналах
  - Посторонние шумы, треск
  - Перегрев или короткое замыкание
- Способы устранения недостатков системы
  - Использование экранированных кабелей
  - Фильтрация помех
  - Контроль уровня входного сигнала
  - Защита от влаги и механических повреждений

**Модель состава системы**

- Корпус
  - Мембрана
  - Динамический излучатель

- Амбушюры
- Защитная сетка
- Интерфейс
  - Разъём (3.5 мм / 6.3 мм / USB / Type-C)
  - Кнопки управления (громкость, пауза, ответ)
  - Микрофон (если гарнитура)
- Электропитание и передача сигнала
  - Аудиокабель (экранированный)
  - Электрический сигнал от источника звука

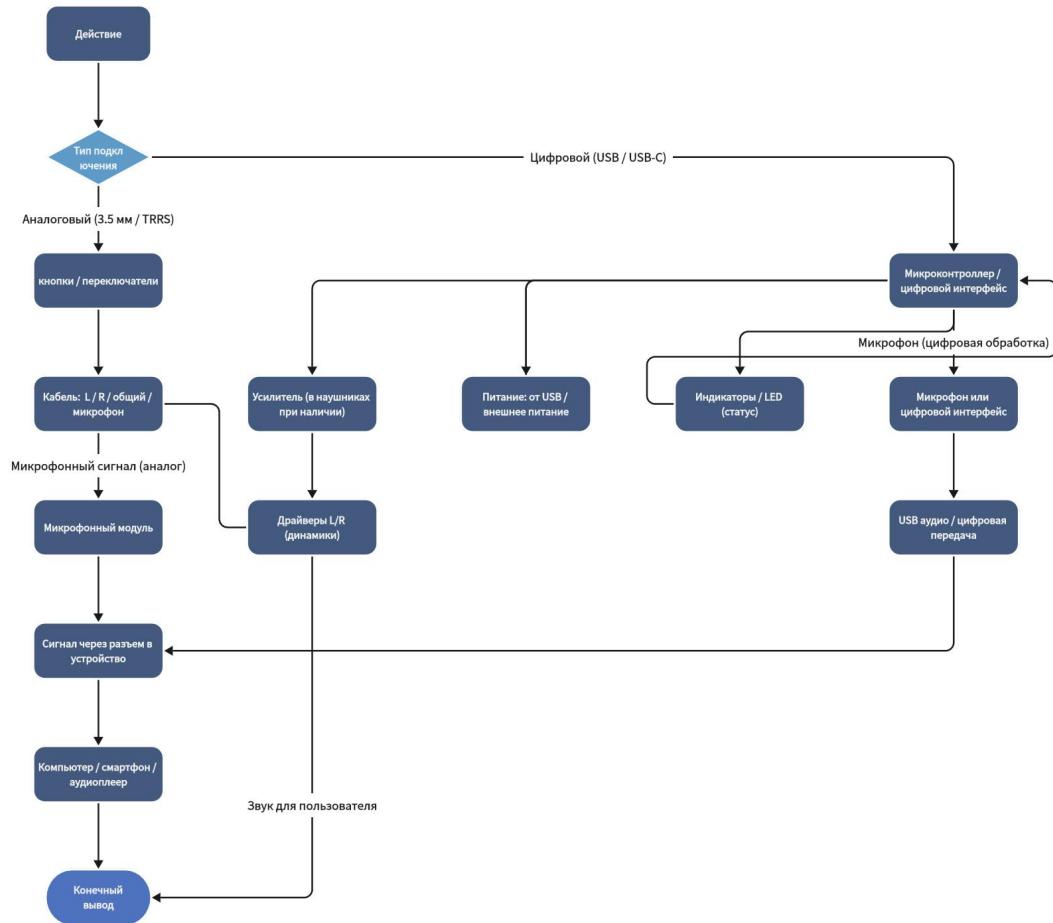
## **Модель структуры системы:**

Элемент	Свойства
Корпус	Механическая защита, формирование акустической камеры
Разъём	Обеспечение подключения к источнику сигнала
Мембрана	Преобразование электрического сигнала в акустические колебания
Динамический излучатель	Генерация звука на основе входного электрического сигнала
Амбушюры	Повышение комфорта и звукоизоляции
Кабель	Передача аудиосигнала от источника
Микрофон (если есть)	Преобразование звука в электрический сигнал

Пара элементов	Связь между ними
Разъём и кабель	Передача аудиосигнала от источника
Кабель и динамический излучатель	Доставка электрического сигнала к звуковому преобразователю
Излучатель и мембрана	Преобразование электрических колебаний в акустические
Мембрана и корпус	Мембрana закреплена в корпусе, который формирует акустическое

	пространство
Корпус и амбушюры	Амбушюры фиксируются на корпусе, обеспечивая комфорт и изоляцию
Микрофон и кабель	Передача сигнала от микрофона к источнику

## Построение структурной схемы системы:



**Лабораторная работа №2**  
**Система «Проводные наушники»**

**СВЕДЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ К ОДНОКРИТЕРИАЛЬНОЙ**

№	Наименование критерия $q_i$	Единица измерения $q_i$	Коэффициент $a_i$	Коэффициент $b_i$
$q_1$	Диапазон частот	Гц	0,3	0,7
$q_2$	Чувствительность	дБ	0,25	0,75
$q_3$	Сопротивление	Ом	0,2	0,8
$q_4$	Вес	Г	0,25	0,75

	Диапазон частот, Гц	Чувствительность, дБ	Сопротивление, Ом	Вес, г
Sony MDR-ZX110	12-22000	98	24	120
Philips SHP2500	15-22000	105	32	285
Audio-Technica ATH-M20X	15-20000	96	47	190
Senheiser HD 206	21-18000	108	24	165
JBL T500	20-20000	101	32	148
$S_i$	22000	108	24	120

Балл	Диапазон частот, Гц
1	21-18000
2	20-20000
3	15-20000
4	15-22000
5	12-22000

Балл	Чувствительность, дБ
1	96
2	98
3	101
4	105
5	108

Балл	Сопротивление, Ом
1	47
2	32
3	32
4	24
5	24

Балл	Вес, г
1	285
2	190
3	165
4	148
5	120

$$Q_0(1) = 0,792$$

$$Q_0(2) = 0,600$$

$$Q_0(3) = 0,269$$

$$Q_0(4) = 0,682$$

$$Q_0(5) = 0,600$$

$$x^* = \arg \max_{x \in X} q_0(x)$$

$$x^* = \arg \max \{0.792, 0.600, 0.269, 0.682, 0.600\} = 0.792$$

Расчёты по мультипликативной функции:

$$1 - q_0(1) = (1 - 0.5) * (1 - 0.792) * (1 - 0.45) * (1 - 0.32) = 0.04896$$

$$1 - q_0(2) = (1 - 0.5) * (1 - 0.6) * (1 - 0.9) * (1 - 0.64) = 0.0288$$

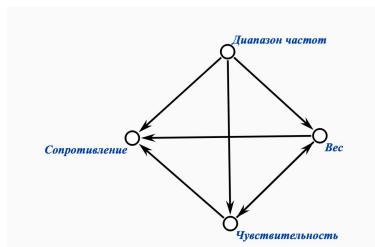
$$1 - q_0(3) = (1 - 0.432) * (1 - 0.269) * (1 - 0.45) * (1 - 0.9) = 0.09984$$

$$1 - q_0(4) = (1 - 0.455) * (1 - 0.682) * (1 - 0.9) * (1 - 0.48) = 0.05616$$

$$1 - q_0(5) = (1 - 0.41) * (1 - 0.6) * (1 - 0.9) * (1 - 0.16) = 0.01984$$

С помощью **аддитивной функции** было выяснено, что наушники **Sony MDR-ZX110** являются наилучшими по рассматриваемым критериям.

### Граф предпочтений:



- Антисимметричный
- Нерефлексивный
- Антитранзитивный

**Лабораторная работа №3**  
**Система «Проводные наушники»**  
**ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВЫ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

№	Наименование критерия $q_i$	Единица измерения $q_i$	Требуемые параметры	Коэффициент $a_i$
$q_1$	Верхняя граница частотного диапазона	Гц	20000	0,3
$q_2$	Чувствительность	дБ	100	0,2
$q_3$	Масса	г	230	0,1
$q_4$	Цена	BYN	200	0,4

	Верхняя граница частот, Гц	Чувствительность, дБ	Масса, балл	Цена, балл
Sony MDR-XB450AP	22000	105	2	2
Sennheiser HD 206	20000	100	4	4
JBL Tune 500	24000	102	3	3
Philips SHP2500	21000	98	5	5
Audio-Technica ATH-m30x	23000	96	1	1
$S_i$	24000	105	5	5

Балл	Цена, BYN
1	300
2	250
3	200
4	150
5	100

Балл	Масса, г
1	350
2	300
3	250
4	200
5	150

Расчёт взвешенных расстояний до эталона.

$$d_1 = \sqrt{(0.3/24000 * |22000-20000|^2 + 0.2/105 * |105-100|^2 + 0.1/5 * |2-4|^2 + 0.4/5 * |2-3|^2)} \\ = 7.09$$

$$d_2 = \sqrt{(0.3/24000 * |20000-20000|^2 + 0.2/105 * |100-100|^2 + 0.1/5 * |4-4|^2 + 0.4/5 * |4-3|^2)} \\ = 0.28$$

$$d_3 = \sqrt{(0.3/24000 * |24000-20000|^2 + 0.2/105 * |102-100|^2 + 0.1/5 * |3-4|^2 + 0.4/5 * |3-3|^2)} \\ = 14.14$$

$$d_4 = \sqrt{(0.3/24000 * |21000-20000|^2 + 0.2/105 * |98-100|^2 + 0.1/5 * |5-4|^2 + 0.4/5 * |5-3|^2)} \\ = 3.58$$

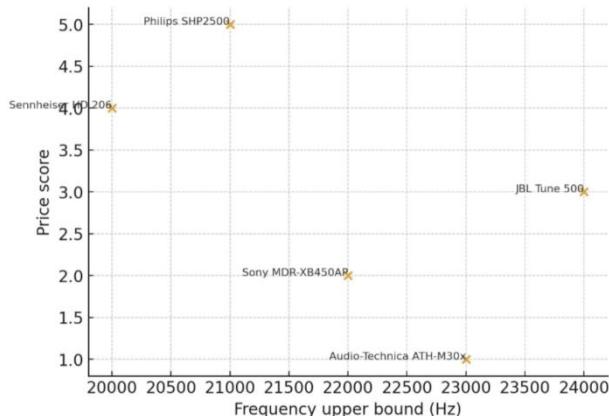
$$d_5 = \sqrt{(0.3/24000 * |23000-20000|^2 + 0.2/105 * |96-100|^2 + 0.1/5 * |1-4|^2 + 0.4/5 * |1-3|^2)} \\ = 10.63$$

На основе поиска альтернативы с заданными свойствами было выяснено, что из выбранных проводных наушников лучшими являются Sennheiser HD 206

### Система «Проводные наушники» НАХОЖДЕНИЕ МНОЖЕСТВА ПАРЕТО

	Верхняя граница частот, Гц	Цена, балл
Sony MDR-XB450AP	22000	2
Sennheiser HD 206	20000	4
JBL Tune 500	24000	3
Philips SHP2500	21000	5
Audio-Technica ATH-m30x	23000	1
S <sub>i</sub>	24000	5

Множество Парето строится на основе 2ух критериев:



## Лабораторная работа №4

### Система «Проводные наушники»

Для рассмотрения и построения когнитивной карты были взяты следующие критерии системы «Проводные наушники»:

- Частотный диапазон;
- Сопротивление;
- Чувствительность;
- Длина кабеля;
- Цена;
- Масса.

На основе выбранных критериев были определены следующие связи:

- Частотный диапазон и цена;
- Сопротивление и цена;
- Чувствительность и цена;
- Длина кабеля и масса;
- Масса и цена;
- Длина кабеля и цена.

Рассмотрим каждую связь подробнее и поясним, почему было выбрано то или иное отношение.

#### **Частотный диапазон и цена.**

Коэффициент: **0,5**

Широкий частотный диапазон требует более качественных драйверов и материалов - это увеличивает конечную стоимость модели.

#### **Сопротивление и цена.**

Коэффициент: **0,4**

Высокоомные модели требует более дорогих катушек и точной сборки - себестоимость растёт.

#### **Чувствительность и цена.**

Коэффициент: **0,3**

Повышенная чувствительность достигается улучшенными мембранами и более точным производственным контролем, что слегка увеличивает цену.

#### **Длина кабеля и масса.**

Коэффициент: **0,4**

Чем длиннее кабель, тем больше меди и изоляции требуется - соответственно растёт и масса.

#### **Масса и цена.**

Коэффициент: **-0,2**

Дополнительные материалы увеличивают вес и стоимость.

#### **Длина кабеля и цена.**

Коэффициент: **-0,3**

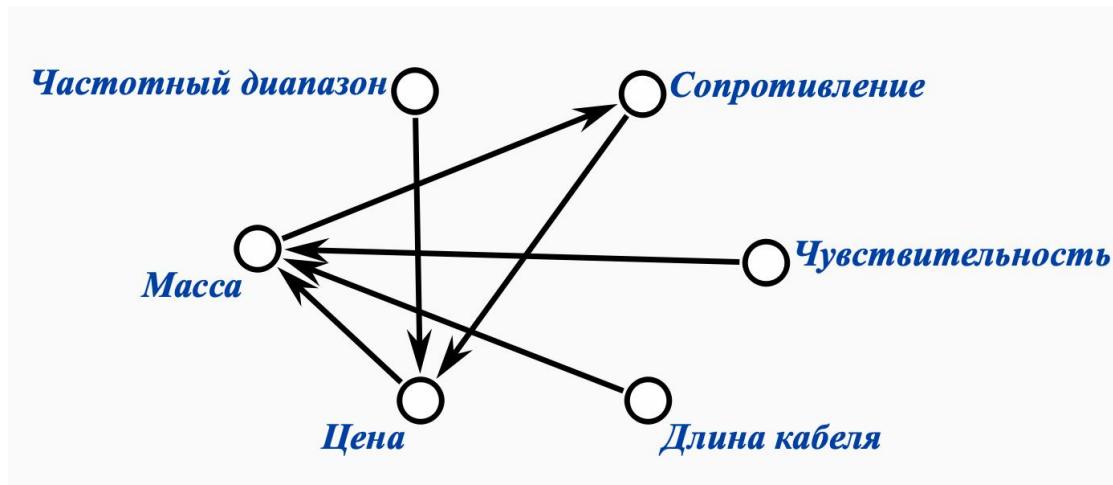
Длинные кабеля требуют больше материала и, иногда, экранирования - соответственно растёт и стоимость.

**Решение:** при выборе проводных наушников не ориентироваться исключительно на низкую стоимость. Учитывать массу и длину кабеля — слишком лёгкие модели часто экономят на материалах, что ухудшает долговечность. Оптимальный выбор — средняя масса, кабель умеренной длины и сбалансированные параметры чувствительности и сопротивления.

#### Разрешение и масса.

Коэффициент: **0,2**

Расширенный диапазон иногда требует более крупных драйверов, что может немного увеличивать массу.



## Лабораторная №5

### Компьютерное моделирование

**Цель:** разработка программы, обеспечивающей выполнение основных операций математического моделирования для заданной математической модели.

**Метод:** метод взвешивания экспертных оценок.

**Среда разработки:** CLion.

**Язык разработки:** C++.

#### **Задание:**

Поиск наилучшей альтернативы с помощью адитивной и мультипликационной формулы	Используя критерии для своих системы в лабораторной работе №2, определить для каждого критерия несколько экспертных оценок. Произвести расчет используя формулы и методику из лабораторной работы №2 определить предпочтительную систему для приобретения.
---	--

#### **Реализация метода:**

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <cmath>
#include <iomanip>

using namespace std;

int main() {
    setlocale(LC_ALL, "Russian");

    int n, m, experts;

    cout << "Введите количество альтернатив: ";
    cin >> n;

    cout << "Введите количество критериев: ";
    cin >> m;

    cout << "Введите количество экспертов: ";
    cin >> experts;
```

```

if (n <= 0 || m <= 0 || experts <= 0) {
    cout << "Некорректные данные.\n";
    return 0;
}

vector<double> w(m);
cout << "\nВведите веса критериев (сумма примерно 1):\n";
for (int j = 0; j < m; j++) {
    cout << "Вес критерия " << j + 1 << ": ";
    cin >> w[j];
}

vector<vector<double>> avg(n, vector<double>(m, 0.0));

for (int e = 0; e < experts; e++) {
    cout << "\nЭксперт " << e + 1 << ":\n";
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        cout << "Альтернатива " << i + 1 << ":\n";
        for (int j = 0; j < m; j++) {
            double s;
            cout << "    Балл по критерию " << j + 1 << " (1-5): ";
            cin >> s;
            if (s < 1.0) s = 1.0;
            if (s > 5.0) s = 5.0;
            avg[i][j] += s;
        }
    }
}

for (int i = 0; i < n; i++) {
    for (int j = 0; j < m; j++) {
        avg[i][j] /= experts;
    }
}

```

```

vector<double> add(n, 0.0);
vector<double> mult(n, 1.0);

for (int i = 0; i < n; i++) {
    double a = 0.0;
    double p = 1.0;
    for (int j = 0; j < m; j++) {
        double q = avg[i][j] / 5.0;
        a += w[j] * q;
        if (q < 1e-6) q = 1e-6;
        p *= pow(q, w[j]);
    }
    add[i] = a;
    mult[i] = p;
}

cout << fixed << setprecision(6);

cout << "\nСредние баллы:\n";
for (int i = 0; i < n; i++) {
    cout << "Альтернатива " << i + 1 << ":" ;
    for (int j = 0; j < m; j++) {
        cout << avg[i][j] << " ";
    }
    cout << "\n";
}

cout << "\nЗначения функций:\n";
for (int i = 0; i < n; i++) {
    cout << "Альтернатива " << i + 1
        << " | аддитивная = " << add[i]
        << " | мультипликативная = " << mult[i] << "\n";
}

```

```
int bestAdd = 0, bestMult = 0;
for (int i = 1; i < n; i++) {
    if (add[i] > add[bestAdd]) bestAdd = i;
    if (mult[i] > mult[bestMult]) bestMult = i;
}

cout << "\nЛучший по аддитивной модели: альтернатива "
     << bestAdd + 1 << " (значение = " << add[bestAdd] << ") \n";
cout << "Лучший по мультипликативной модели: альтернатива "
     << bestMult + 1 << " (значение = " << mult[bestMult] << ") \n";

return 0;
}
```

## Пример 1:

Данные взяты из основного задания.

### Значения функций:

Альтернатива 1 | аддитивная = 0.830000 | мультипликативная = 0.795741

Альтернатива 2 | аддитивная = 0.626667 | мультипликативная = 0.573881

Альтернатива 3 | аддитивная = 0.400000 | мультипликативная = 0.376397

Альтернатива 4 | аддитивная = 0.656667 | мультипликативная = 0.581281

Альтернатива 5 | аддитивная = 0.566667 | мультипликативная = 0.556374

Лучший по аддитивной модели: альтернатива 1 (значение = 0.830000)

Лучший по мультипликативной модели: альтернатива 1 (значение = 0.795741)

Вывод: в результате вычислений было выяснено, что наиболее предпочтительным вариантом является вариант №1(Sony MDR-ZX110).

## Пример 2:

Ведите количество альтернатив: 5  
 Ведите количество критериев: 4  
 Ведите количество экспертов: 3

Ведите веса критериев (сумма примерно 1):  
 Вес критерия 1: 0.3  
 Вес критерия 2: 0.25  
 Вес критерия 3: 0.2  
 Вес критерия 4: 0.25

Эксперт 1:  
 Альтернатива 1:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 4  
 Балл по критерию 2 (1-5): 3  
 Балл по критерию 3 (1-5): 5  
 Балл по критерию 4 (1-5): 4

Альтернатива 2:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 5  
 Балл по критерию 2 (1-5): 5  
 Балл по критерию 3 (1-5): 3  
 Балл по критерию 4 (1-5): 2

Альтернатива 3:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 3  
 Балл по критерию 2 (1-5): 2  
 Балл по критерию 3 (1-5): 2  
 Балл по критерию 4 (1-5): 3

Альтернатива 4:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 2  
 Балл по критерию 2 (1-5): 4  
 Балл по критерию 3 (1-5): 4  
 Балл по критерию 4 (1-5): 3

Альтернатива 5:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 4  
 Балл по критерию 2 (1-5): 4  
 Балл по критерию 3 (1-5): 3  
 Балл по критерию 4 (1-5): 4

Эксперт 2:  
 Альтернатива 1:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 4  
 Балл по критерию 2 (1-5): 3  
 Балл по критерию 3 (1-5): 5  
 Балл по критерию 4 (1-5): 3

Альтернатива 2:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 5  
 Балл по критерию 2 (1-5): 5  
 Балл по критерию 3 (1-5): 3  
 Балл по критерию 4 (1-5): 2

Альтернатива 3:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 3  
 Балл по критерию 2 (1-5): 2  
 Балл по критерию 3 (1-5): 2  
 Балл по критерию 4 (1-5): 3

Альтернатива 4:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 2  
 Балл по критерию 2 (1-5): 4  
 Балл по критерию 3 (1-5): 4  
 Балл по критерию 4 (1-5): 3

Альтернатива 5:  
 Балл по критерию 1 (1-5): 3  
 Балл по критерию 2 (1-5): 4  
 Балл по критерию 3 (1-5): 3  
 Балл по критерию 4 (1-5): 4

Средние баллы:

Альтернатива 1: 4.000000 2.666667 5.000000 3.333333  
 Альтернатива 2: 4.666667 5.000000 3.000000 2.333333  
 Альтернатива 3: 3.000000 2.000000 2.000000 3.000000  
 Альтернатива 4: 2.000000 4.666667 4.000000 3.333333  
 Альтернатива 5: 3.333333 4.000000 3.000000 4.000000

Значения функций:

Альтернатива 1 | аддитивная = 0.740000 | мультипликативная = 0.722194  
 Альтернатива 2 | аддитивная = 0.766667 | мультипликативная = 0.730959  
 Альтернатива 3 | аддитивная = 0.510000 | мультипликативная = 0.499931  
 Альтернатива 4 | аддитивная = 0.680000 | мультипликативная = 0.645242  
 Альтернатива 5 | аддитивная = 0.720000 | мультипликативная = 0.715069

Лучший по аддитивной модели: альтернатива 2 (значение = 0.766667)  
 Лучший по мультипликативной модели: альтернатива 2 (значение = 0.730959)

Вывод: в результате вычислений было выяснено, что наиболее предпочтительным вариантом является вариант №2.

### Пример 3:

Вывод: в результате вычислений было выяснено, что наиболее предпочтительным вариантом является вариант №5.