

**ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ УКООПСОЮЗА  
«ПОЛТАВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ПО РАБОТЕ С ИНОСТРАННЫМИ СТУДЕНТАМИ  
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ДНЕВНАЯ**

**КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И  
СОЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКИ**

Допускается к защите  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ О.А. Емец  
(подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЕ**

на тему:

**ТРЕНАЖЕР ПО ТЕМЕ «НАХОЖДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ  
КОМПЕТЕНТНОСТИ ЭКСПЕРТОВ»**

специальность 122 «Компьютерные науки и информационные технологии»

Исполнитель работы Мамедов Ахмед Али оглы

\_\_\_\_\_ « \_\_ » \_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

Научный руководитель к.ф.-м.н., проф. Емец Елизавета Михайловна

\_\_\_\_\_ « \_\_ » \_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

Полтава – 2020 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ, СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ .....	6
ВСТУПЛЕНИЕ .....	7
1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ .....	8
2. ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР .....	10
2.1. Обзор тренажеров математической направленности .....	10
2.2. Положительные аспекты рассмотренных тренажеров ....	16
2.3. Негативные аспекты рассмотренных тренажеров .....	21
2.4. Необходимость и актуальность темы .....	22
3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	23
3.1. Алгоритм тренажера .....	23
3.3. Блок-схема алгоритма .....	32
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	32
4.1. Инструкция по работе с тренажером .....	32
4.2. Описание создания тренажера .....	37
ВЫВОДЫ .....	43
ЛИТЕРАТУРА .....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Блок-схема .....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Копии экранов программы .....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Код программы .....	64

**ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ,  
СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ**

Условные обозначения, символы, сокращения, термины	Объяснение условных обозначений, символов, сокращений, терминов
$\mathcal{E}_j$	Эксперт с номером $j$ .
$m$	Количество экспертов.
$x_{ij}$	Элемент матрицы, $x_{ij} = 1$ , если $j$ -ый эксперт отдал голос $i$ -ого эксперта; $x_{ij} = 0$ , если нет.
$k_i$	Коэффициент компетентности эксперта с номером $i$ .
$N$	Общее количество экспертиз, осуществленных экспертом.
$N_i$	Количество экспертиз, осуществленных экспертом, в которых решение, данное $i$ -ым экспертом подтвердилось практикой.
$D_i$	Достоверность оценки $i$ -го эксперта.
$D_i^*$	Вклад $i$ -го эксперта в достоверность оценок всей группы экспертов.

## ВСТУПЛЕНИЕ

При принятии сложных решений лицо, принимающее решение, советуется с экспертами. Для создания экспертной группы необходимо отобрать специалистов по данной проблеме. Существует ряд методик для определения компетентности экспертов. Одна из них осуществляется на основе априорных данных, вторая – на основе апостериорных данных. В бакалаврской работе предлагается создать компьютерный тренажер, которая будет обучать учащихся этим методикам.

Таким образом, видим, что тема бакалаврской работы является актуальной.

Цель бакалаврской работы – создать компьютерный тренажер для обучения нахождению коэффициентов компетентности экспертов на основе априорных та апостериорных данных.

Задачи работы – осуществить обзор тренажеров схожей тематики; разработать алгоритмы тренажёров; блок-схему и программу.

Объект разработки – компьютерный тренажер.

Предмет разработки – компьютерный тренажер по теме «Нахождение коэффициентов компетентности экспертов».

Методы разработки – методы теории принятия решений, язык программирования C++, программная среда Borland Builder.

Практическая новизна – создан новый тренажер по данной теме.

Пояснительная записка состоит из трех частей.

Первая часть – это постановка задачи. В ней содержатся исходные данные для создания тренажера. Вторая часть – обзор. В ней описаны рассмотренные тренажеры математической направленности. Осуществлён их анализ. Третья часть – теоретическая. В ней изложены алгоритмы тренажера и его блок-схема. Четвертая часть – практическая. В ней представлена инструкция по работе с программой, и описано создание тренажера.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В бакалаврской работе необходимо создать компьютерный тренажер по вычислению: 1) коэффициентов компетентности экспертов на основе априорных данных; 2) вклада каждого эксперта в достоверность оценок всей группы на основе апостериорных данных.

**Задача 1.** В качестве примера взять такую задачу: группе экспертов ( $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_5$ ) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы.

По результатам опроса была составлена матрица (табл. 1.1), каждый элемент которой  $x_{ij} = 1$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 0$ , если не назвал.

Таблица 1.1 – Условие

	$\mathcal{E}_1$	$\mathcal{E}_2$	$\mathcal{E}_3$	$\mathcal{E}_4$	$\mathcal{E}_5$
$\mathcal{E}_1$	1	0	0	0	1
$\mathcal{E}_2$	0	1	0	1	0
$\mathcal{E}_3$	1	0	0	1	0
$\mathcal{E}_4$	1	0	0	0	0
$\mathcal{E}_5$	0	1	0	1	1

Найти коэффициенты компетентности экспертов.

**Задача 2.** В качестве примера взять такую задачу: есть группа экспертов ( $\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_5$ ). Каждый из экспертов уже участвовал в экспертизах (табл. 1.2,  $N$ ). Для каждого эксперта известно, сколько раз он предлагал решение, подтвердившееся на практике (табл. 1.2,  $N_i$ ).

Таблица 1.2 – Условие

	<b>Общее количество экспертиз, в которых эксперт принял участие,</b> $N$	<b>Количество случаев, когда эксперт предложил решение, подтвердившееся на практике,</b> $N_i$
$\mathcal{Э}_1$	10	2
$\mathcal{Э}_2$	2	1
$\mathcal{Э}_3$	5	1
$\mathcal{Э}_4$	4	1
$\mathcal{Э}_5$	7	7

Определить вклад каждого эксперта в достоверность оценок всей группы.

## 2. ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР

### 2.1. Обзор тренажеров математической направленности

Рассмотрим тренажеры, созданные для дисциплины «Алгебра и геометрия».

**Тренажер «Метод Крамера»** показан на рисунках 2.1-2.6.

Тренинг состоит из 16 шагов. Переход между шагами выполняется автоматически через несколько секунд после правильного ответа или объяснения на ошибочный ответ (рис. 2.3). Ошибки исправляются программой самостоятельно. Есть возможность вернуться на предыдущие шаги.

Тренажер отслеживает, чтобы пользователь давал ответ, а не оставлял пустое поле.

После прохождения тренинга программа показывает количество ошибок (на одном шагу может потребоваться дать несколько ответов, рис. 2.5). Показывается также результат в процентах (рис. 2.6).

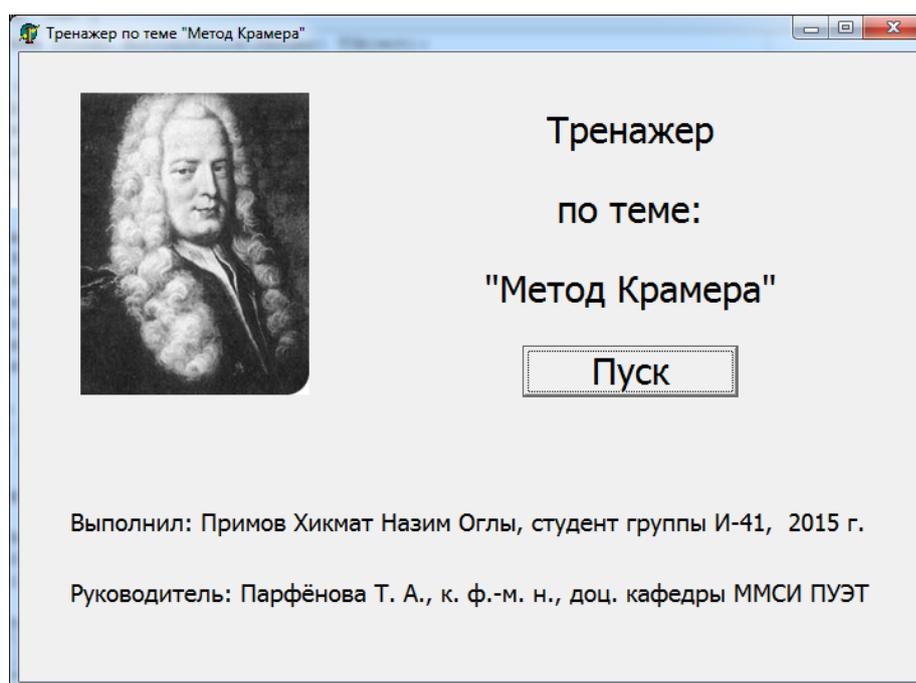


Рисунок 2.1 – Первое окно тренажера

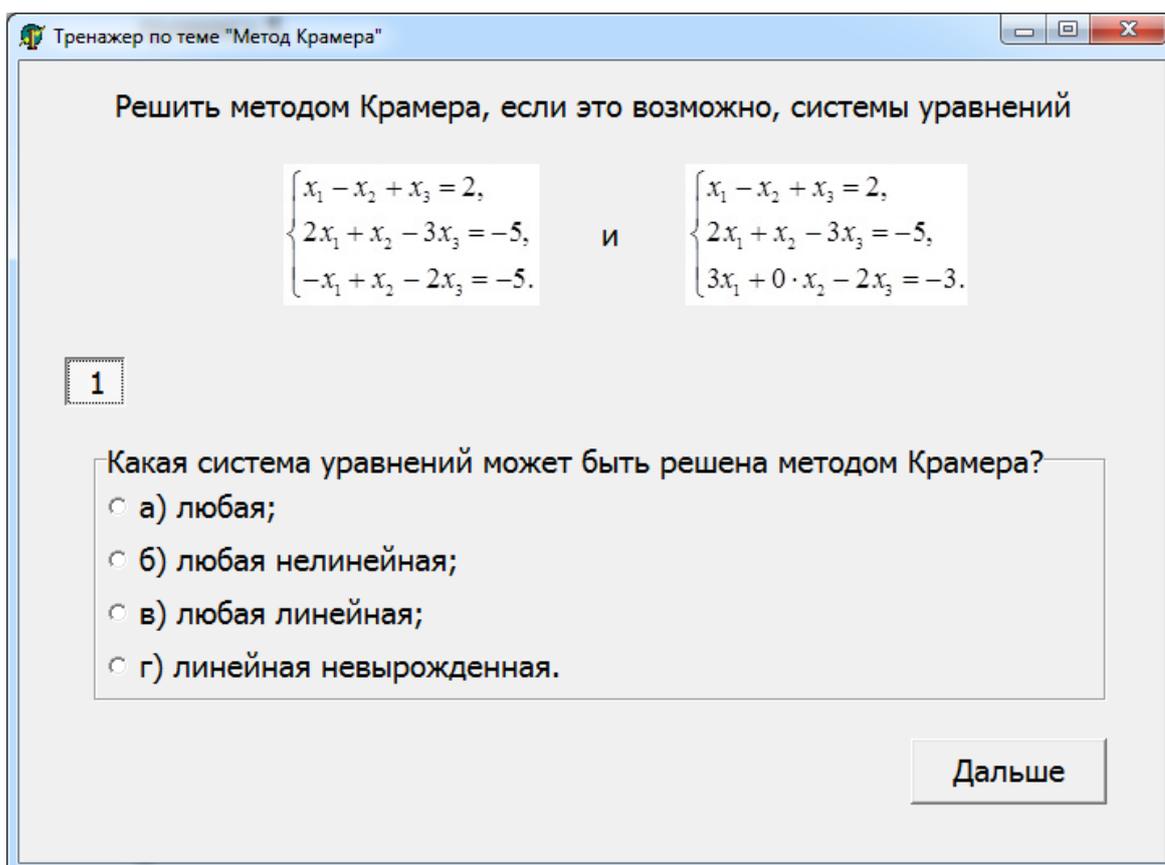


Рисунок 2.2 – Первый шаг

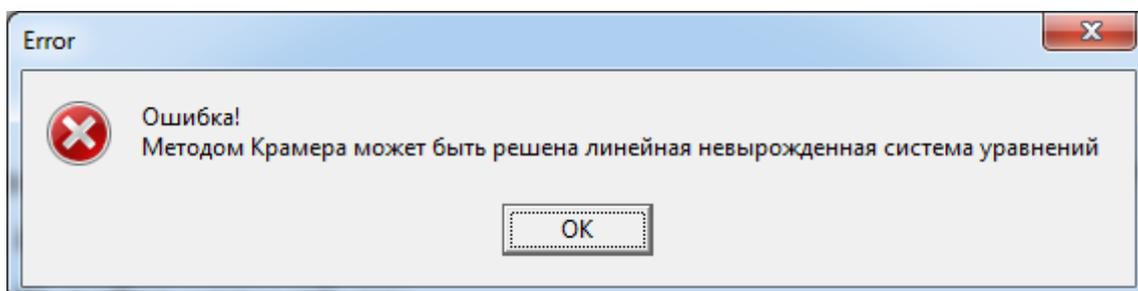


Рисунок 2.3 – Сообщение об ошибке

**Тренажер «Прямая на плоскости»** представлен на рисунках 2.1-2.14.

Тренинг состоит из 16 шагов. Переход между шагами выполняется автоматически сразу (без задержки) после правильного ответа или объяснения на ошибочный ответ (рис. 2.9). Ошибки исправляются программой самостоятельно. Есть возможность вернуться на предыдущие шаги, на которых показан правильный ответ (рис. 2.10).

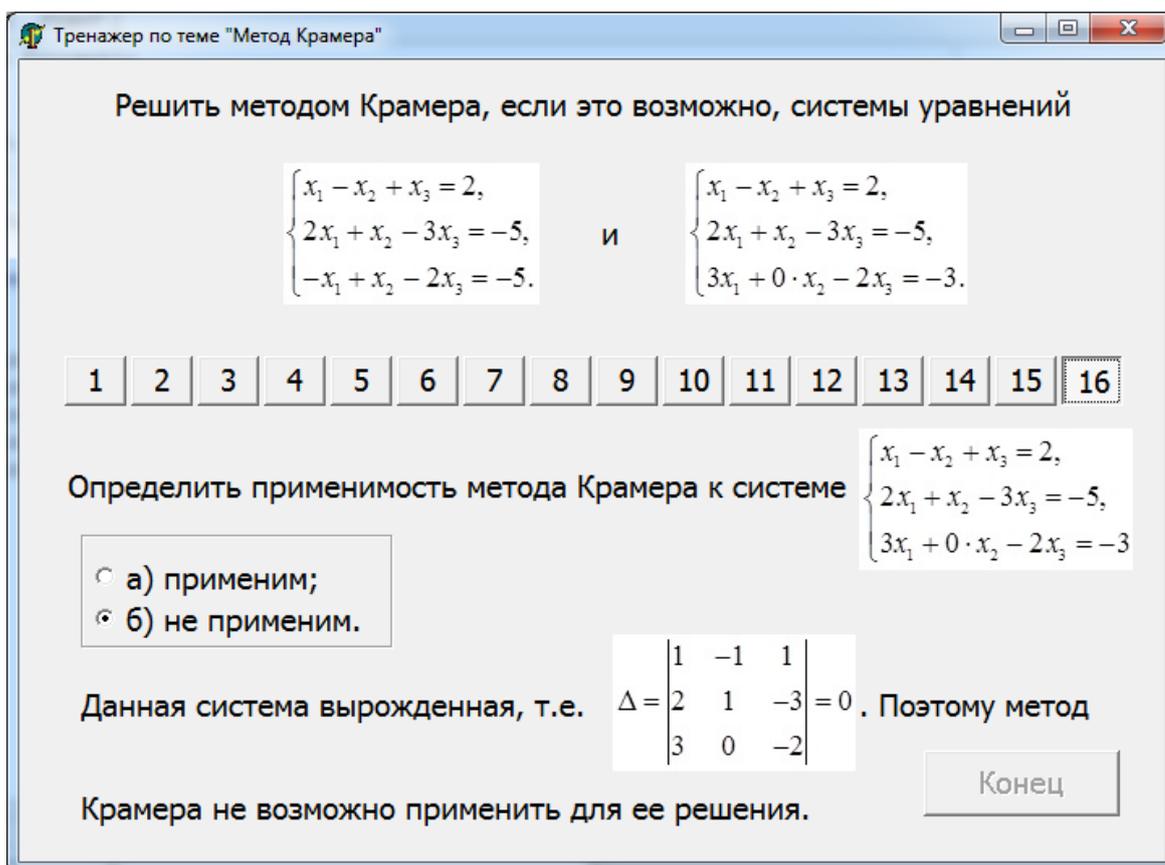


Рисунок 2.4 – Последний шаг

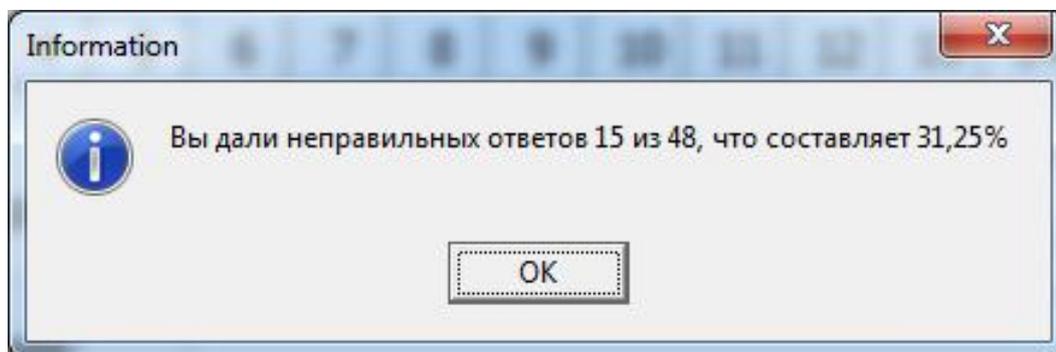


Рисунок 2.5 – Статистика ошибок

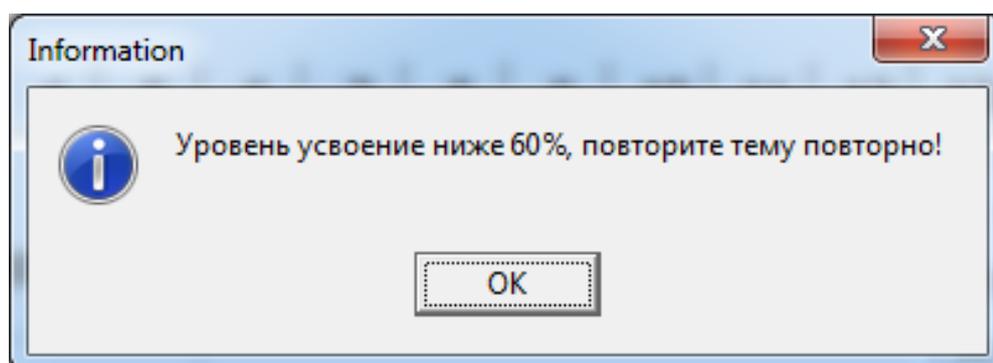


Рисунок 2.6 – Итог тренинга

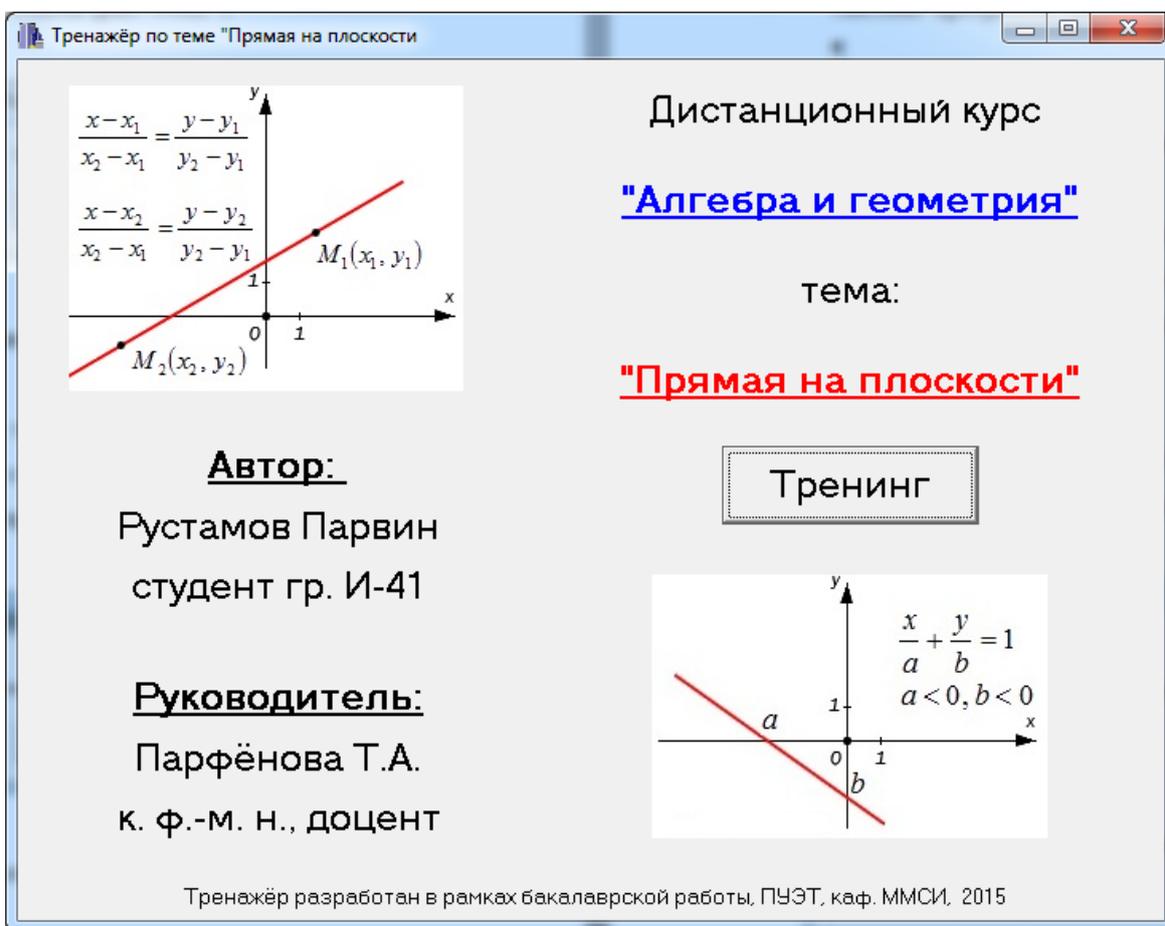


Рисунок 2.7 – Первое окно тренажера

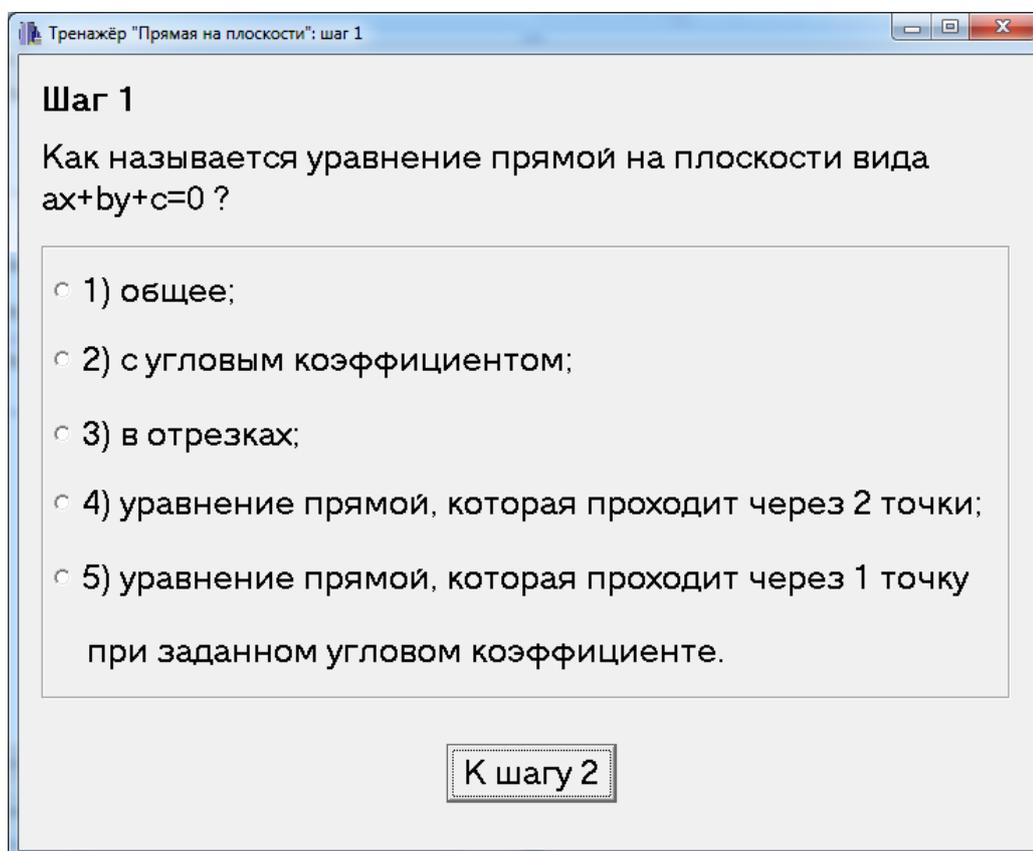


Рисунок 2.8 – Первый шаг

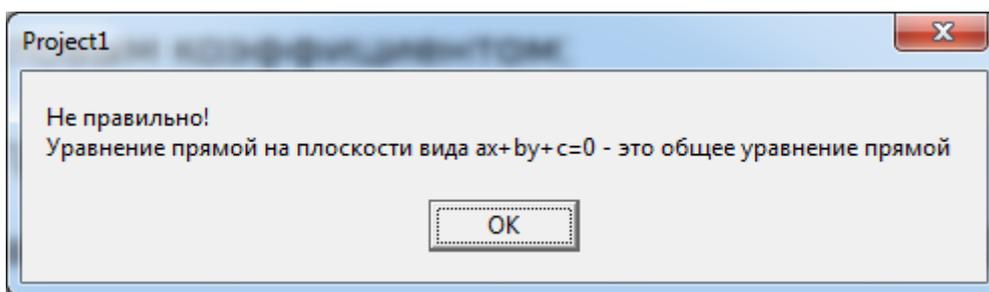


Рисунок 2.9 – Сообщение об ошибке

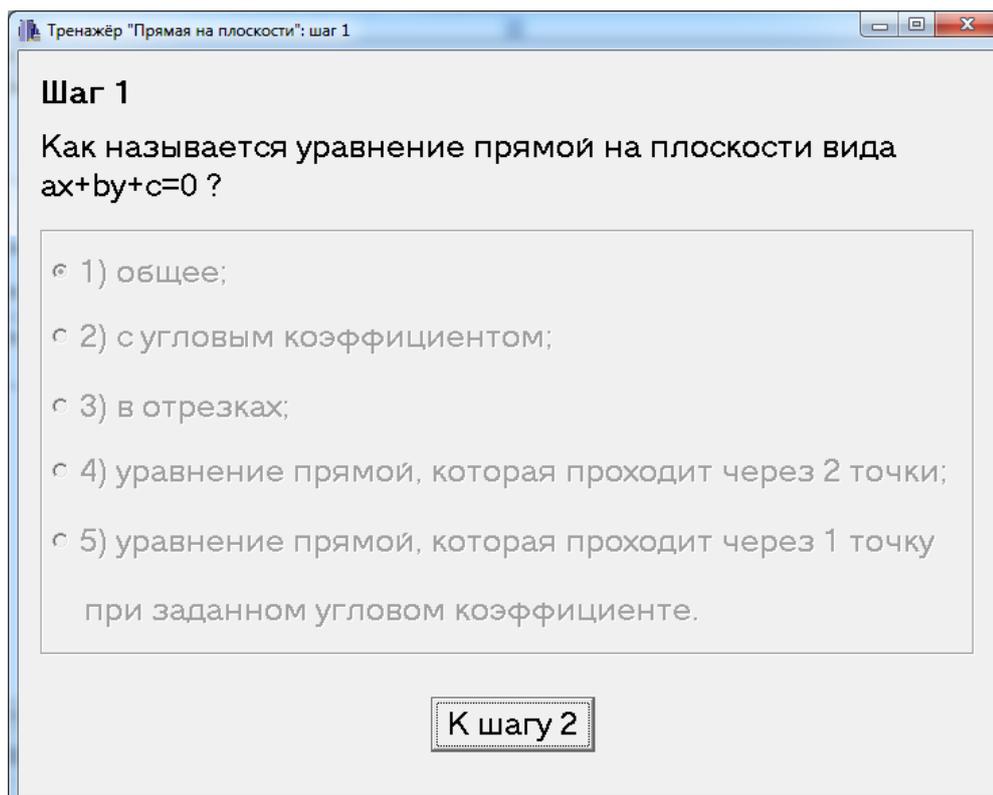


Рисунок 2.10 – Блокировка первого шага

Тренажер отслеживает, чтобы пользователь давал ответ, а не оставлял пустое поле.

Работа **тренажера «Комплексные числа»** отображена на рисунках 2.15-2.23.

Тренажер учить сложению, вычитанию, произведению и делению комплексных чисел (пример 1, рис. 2.15), а также представлению комплексного числа в тригонометрической и показательной форме.

На рисунках ниже показан работа первого примера.

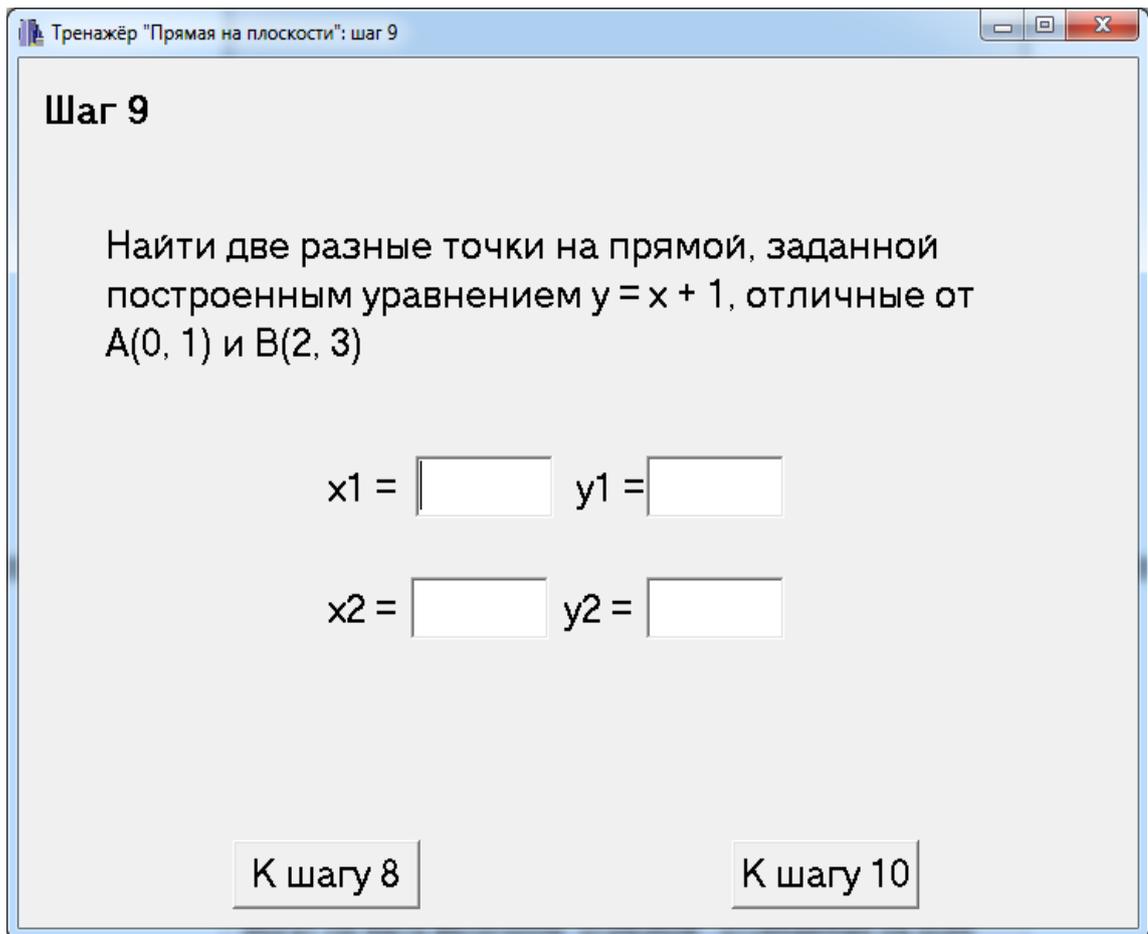


Рисунок 2.11 – Девятый шаг

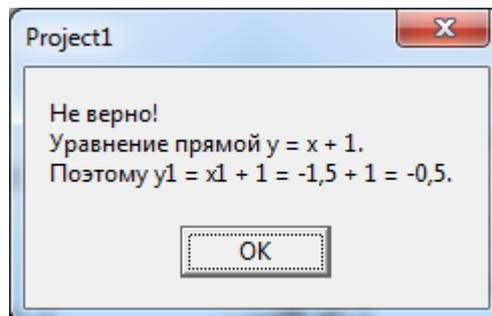


Рисунок 2.12 – Сообщение об ошибке

Программа отслеживает, чтобы пользователь давал ответ, а не оставлял пустое поле.

В случае ошибки программа не исправляет ответ на правильный. Эти действия должен сделать пользователь.

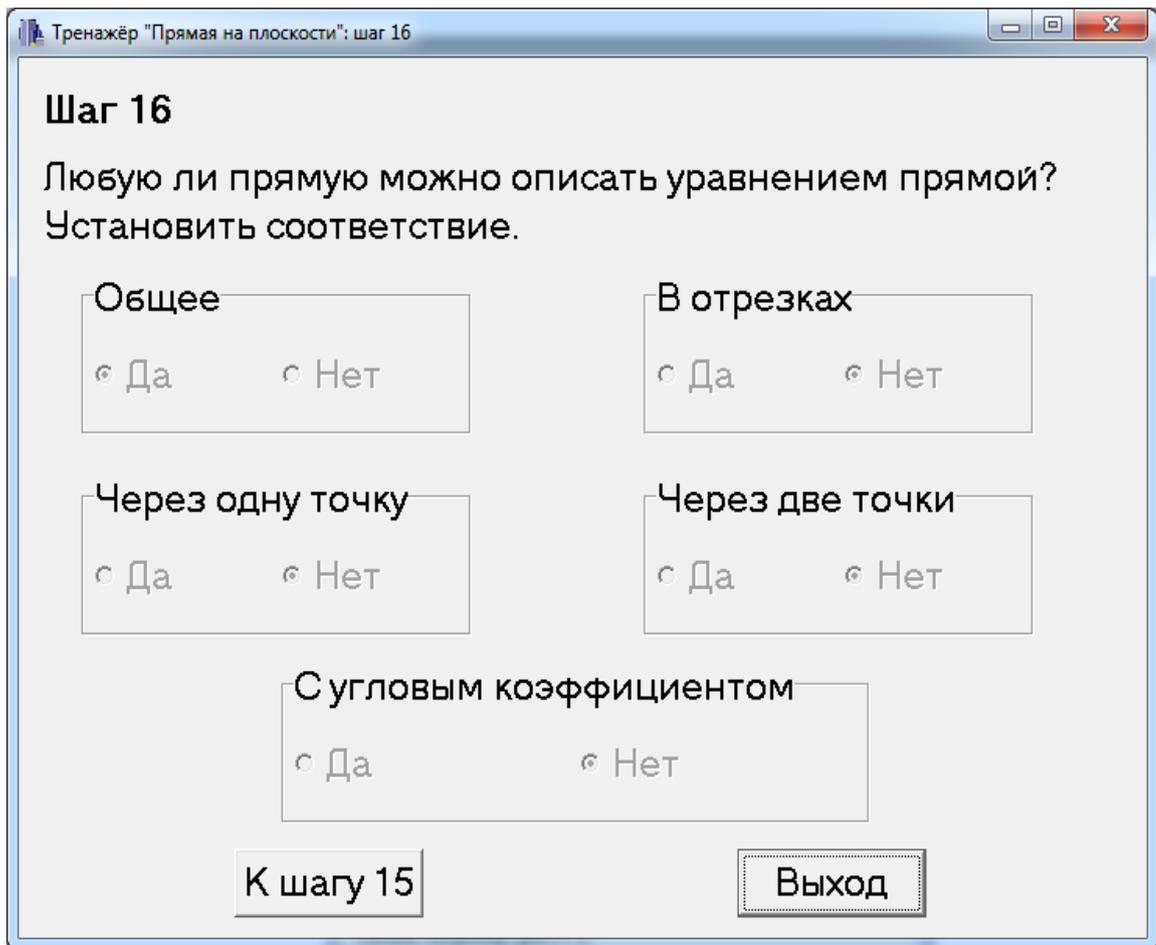


Рисунок 2.13 – Последний шаг

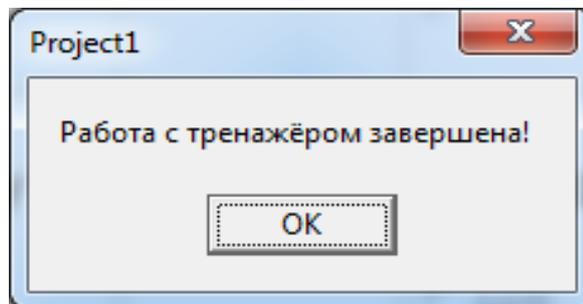


Рисунок 2.14 – Сообщение о конце тренинга

## 2.2. Положительные аспекты рассмотренных тренажеров

*Тренажер «Метод Крамера»:*

- тема раскрыта полно;
- предусмотрены разноплановые вопросы;
- возможность просмотра предыдущих шагов.
- наличие статистики и оценки уровня знаний.

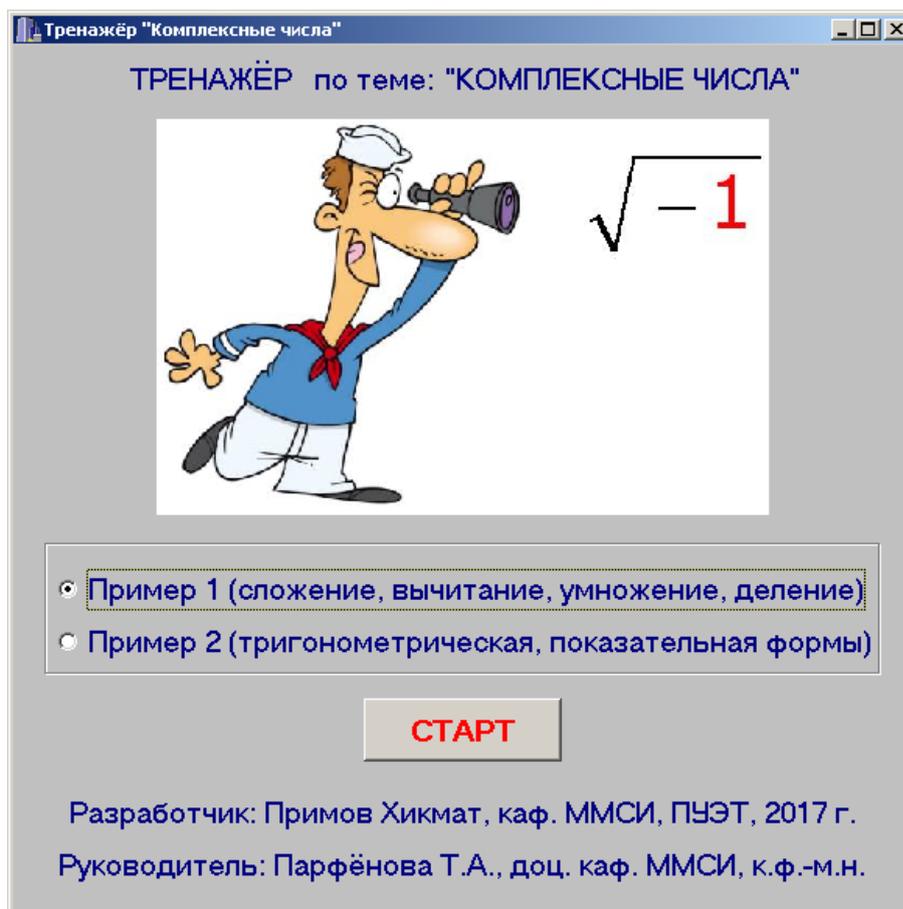


Рисунок 2.15 – Первое окно тренажера

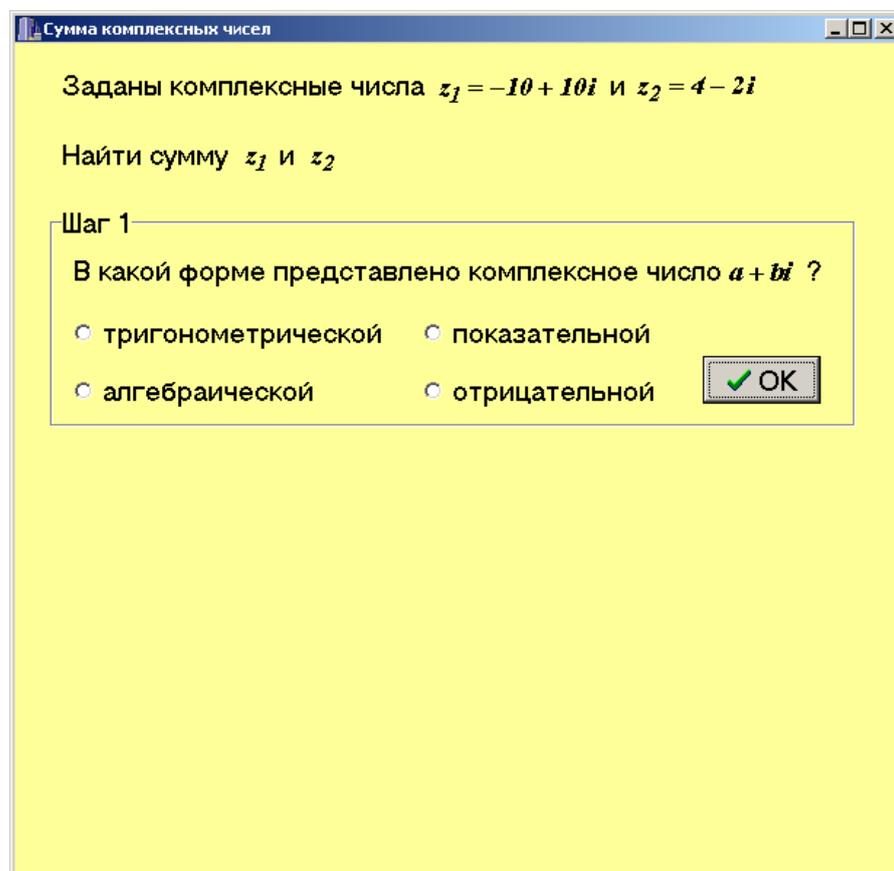


Рисунок 2.16 – Первый шаг (для суммы)

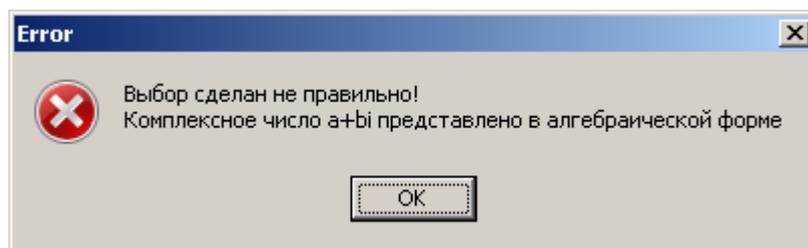


Рисунок 2.17 – Сообщение об ошибке

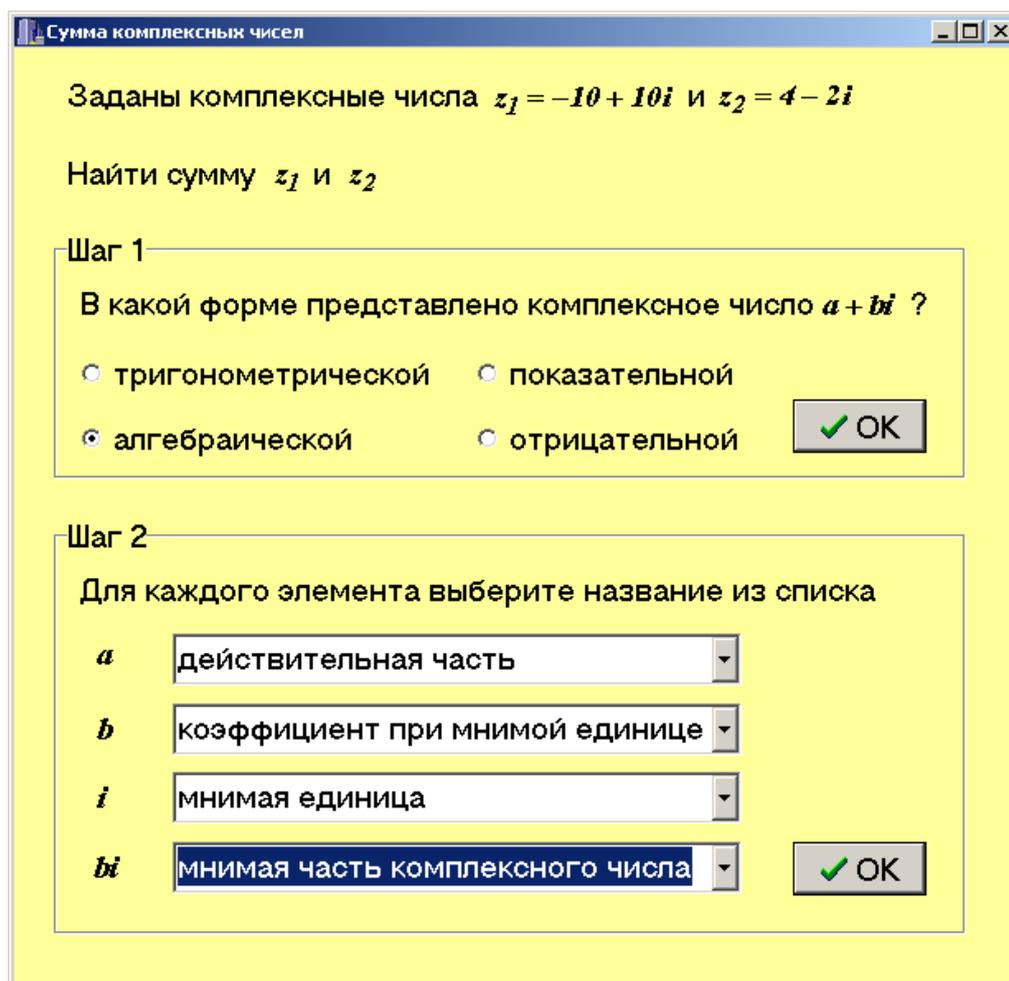


Рисунок 2.18 – Второй шаг (для суммы)

*Тренажер «Прямая на плоскости»:*

- тема раскрыта полно;
- предусмотрены разноплановые вопросы;
- автоматическое исправление ошибок.
- возможность просмотра предыдущих шагов.

Сумма комплексных чисел

Заданы комплексные числа  $z_1 = -10 + 10i$  и  $z_2 = 4 - 2i$

Найти сумму  $z_1$  и  $z_2$

Шаг 3

Чему равно значение мнимой единицы  $i$  ?

$i = -\sqrt{1}$ ,                        $i = \sqrt{-1}$ ,  
  $i = 1$ ,                                  $i = -1$ .

OK

Шаг 4

Какой формулой задается сложение комплексных чисел?

$(a + bi) + (c + di) = (b + c) + (a + d)i$       $(a + bi) + (c + di) = (a - c) + (b + d)i$   
  $(a + bi) + (c + di) = (a + c) + (b - d)i$       $(a + bi) + (c + di) = (a + c) + (b + d)i$

OK

Шаг 5

Для заданных комплексных чисел найти результат сложения  $z_1$  и  $z_2$

$z_1 + z_2 = (-10 + 10i) + (4 - 2i) = ( \text{-10} + \text{4} ) + ( \text{10} + \text{-2} )i = \text{-6} + \text{8} i$

OK

Рисунок 2.19 – Третий-пятый шаги (для суммы)

Разность комплексных чисел

Заданы комплексные числа  $z_1 = -10 + 10i$  и  $z_2 = 4 - 2i$

Найти разность  $z_1$  и  $z_2$

Шаг 1

Какой формулой задается разность комплексных чисел?

$(a + bi) - (c + di) = (a + c) + (b - d)i$       $(a + bi) - (c + di) = (a - c) + (b - d)i$   
  $(a + bi) - (c + di) = (a - c) - (b + d)i$       $(a + bi) - (c + di) = (b + c) - (a + d)i$

OK

Шаг 2

Для заданных комплексных чисел найти разность  $z_1$  и  $z_2$

$z_1 - z_2 = (-10 + 10i) - (4 - 2i) = ( \text{-10} - \text{4} ) + ( \text{10} - \text{-2} )i = \text{-14} + \text{12} i$

OK

Рисунок 2.20 – Разность чисел

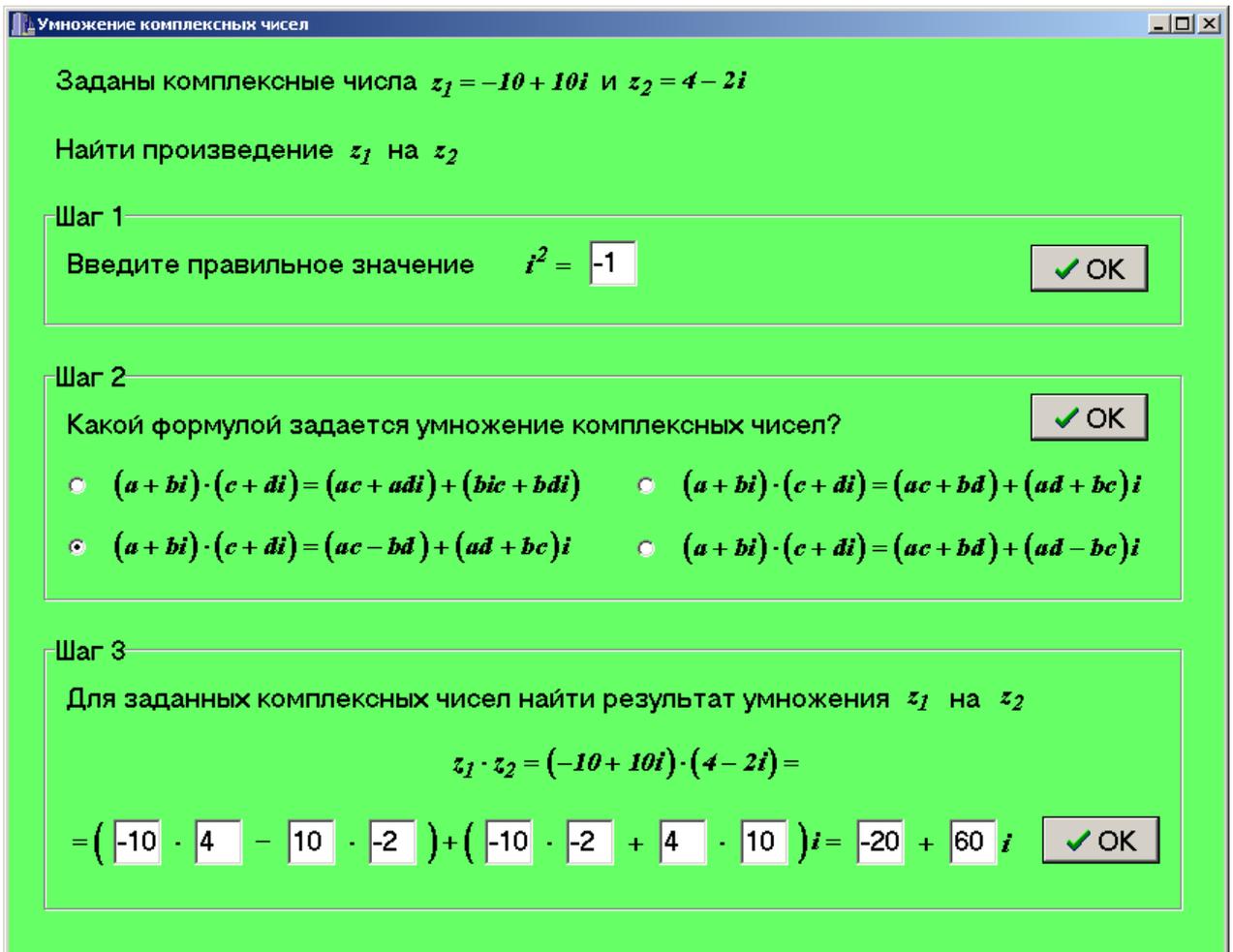


Рисунок 2.21 – Произведение чисел

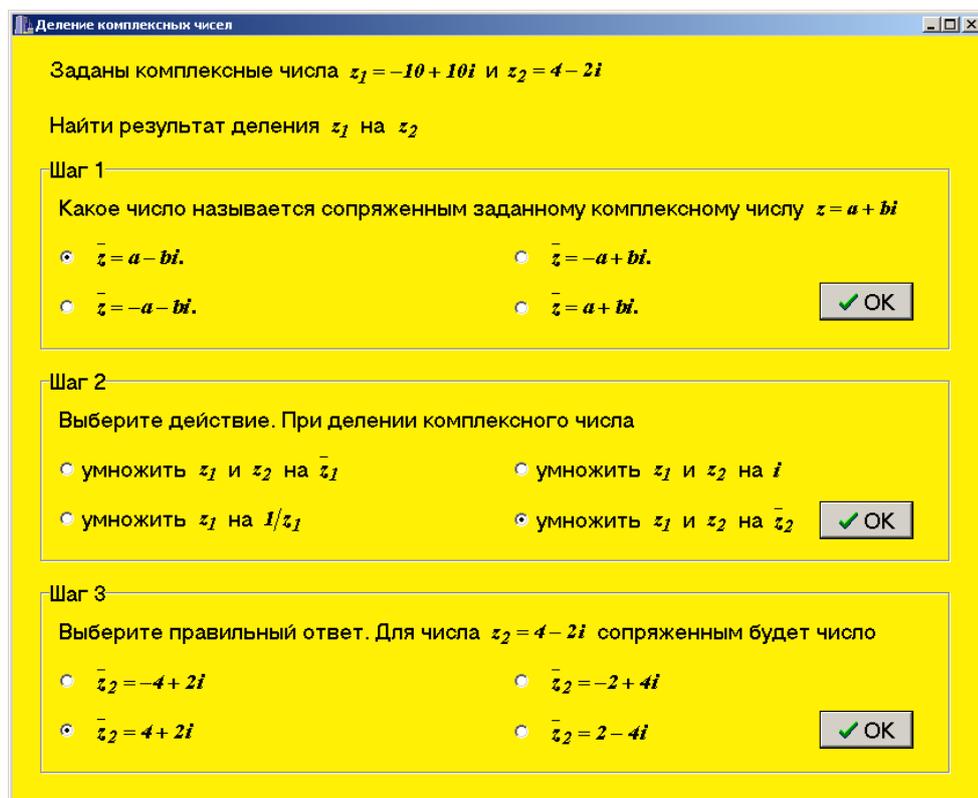


Рисунок 2.22 – Умножение чисел

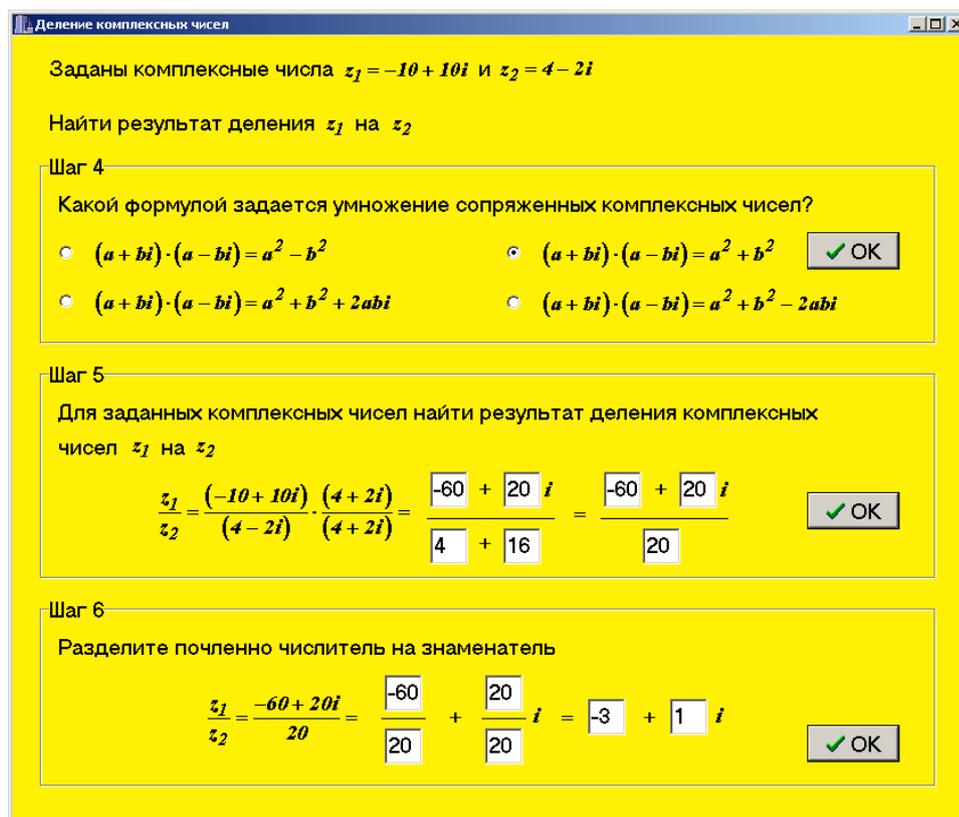


Рисунок 2.23 – Умножение чисел (продолжение)

*Тренажер «Комплексные числа»:*

- приятный дизайн;
- предусмотрены разноплановые вопросы;
- предусмотрены разные варианты ввода чисел в ячейку (например, для слагаемых).

### 2.3. Негативные аспекты рассмотренных тренажеров

*Тренажер «Метод Крамера»:*

- пауза при переходе на следующий шаг длинная, поэтому не сразу понятно, переход происходит или нет, и каковы должны быть действия пользователя;
- рисунки необходимо хранить вместе с выполняемым файлом;
- отсутствие прозрачного фона в картинках-формулах.
- скучный дизайн.

*Тренажер «Прямая на плоскости»:*

- отсутствие прозрачного фона в картинках-формулах;
- сообщения об ошибке озаглавлены словом «Project», а не, например, темой тренажера;
- скучный дизайн.

*Тренажер «Комплексные числа»:*

- программа не исправляет ошибки автоматически.

#### **2.4. Необходимость и актуальность темы**

Таким образом, необходимо учесть недостатки тренажеров из обзора и в будущем тренажере их не повторять.

Т.е. к разрабатываемому тренажеру предъявляются требования:

- а) использование цветов для оживления дизайна;
- б) при использовании формул сделать их прозрачными или сделать цвет фона картинки совпадающим с цветом фона элементов формы;
- в) все рисунки внедрять в программу, а не загружать во время исполнения программы;
- г) не использовать пауз.

Исходя из обзора, видно, что программа-тренажер помогает усвоить учебную тему, что особенно актуально при самостоятельном изучении темы.

### 3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Алгоритм тренажера

В тренажёре на каждом шаге должно быть доступно условие задачи.

При правильном ответе в тренажере происходит переход на следующий шаг. При ошибке – появляется ее пояснение, при этом пользователь снова должен давать ответ на вопрос.

#### Пример 1. Определения коэффициента компетентности экспертов на основе априорных данных.

##### Условие задачи.

Группе экспертов ( $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_5$ ) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы.

По результатам опроса была составлена матрица (табл. 3.1), каждый элемент которой  $x_{ij} = 1$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 0$ , если не назвал.

Таблица 3.1 – Условие

	$\mathcal{E}_1$	$\mathcal{E}_2$	$\mathcal{E}_3$	$\mathcal{E}_4$	$\mathcal{E}_5$
$\mathcal{E}_1$	1	0	0	0	1
$\mathcal{E}_2$	0	1	0	1	0
$\mathcal{E}_3$	1	0	0	1	0
$\mathcal{E}_4$	1	0	0	0	0
$\mathcal{E}_5$	0	1	0	1	1

Найти коэффициенты компетентности экспертов.

1. Чему равняется количество экспертов  $m$ ?

$$m = \square$$

Правильный ответ:  $m = 5$ .

Сообщение при ошибке – «Количество экспертов  $m = 5$ ».

2. По какой формуле вычисляются коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$ ?».

$$\text{I) } k_i = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}};$$

$$\text{II) } k_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}};$$

$$\text{III) } k_i = \frac{1}{m} \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}.$$

$$\text{Правильный ответ: } k_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}.$$

Сообщение при ошибке – «Коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$  вычисляются по 2-ой формуле».

3. Найдите сумму чисел в каждой строке таблицы (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Условие

	$\mathfrak{A}_1$	$\mathfrak{A}_2$	$\mathfrak{A}_3$	$\mathfrak{A}_4$	$\mathfrak{A}_5$	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$
$\mathfrak{A}_1$	1	0	0	0	1	
$\mathfrak{A}_2$	0	1	0	1	0	
$\mathfrak{A}_3$	1	0	0	1	0	
$\mathfrak{A}_4$	1	0	0	0	0	
$\mathfrak{A}_5$	0	1	0	1	1	

Правильный ответ (табл. 3.3):

Таблица 3.3 – Ответ

	$\mathfrak{A}_1$	$\mathfrak{A}_2$	$\mathfrak{A}_3$	$\mathfrak{A}_4$	$\mathfrak{A}_5$	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$
$\mathfrak{A}_1$	1	0	0	0	1	<b>2</b>
$\mathfrak{A}_2$	0	1	0	1	0	<b>2</b>
$\mathfrak{A}_3$	1	0	0	1	0	<b>2</b>
$\mathfrak{A}_4$	1	0	0	0	0	<b>1</b>
$\mathfrak{A}_5$	0	1	0	1	1	<b>3</b>

Сообщение при ошибке – «Сумма элементов 1-ой строки равняется 2; 2-ой: 2; 3-ей: 2; 4-ой: 1; 5-ой: 3.».

4. Вычислите  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}$ , т. е. найдите сумму чисел в последнем столбце

(табл. 3.3).

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij} = \square$$

Правильный ответ:  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij} = 10$ .

Сообщение при ошибке – «2 + 2 + 2 + 1 + 3 = 10.».

5. Найдите коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$  (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Условие

	$\mathfrak{A}_1$	$\mathfrak{A}_2$	$\mathfrak{A}_3$	$\mathfrak{A}_4$	$\mathfrak{A}_5$	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$	$k_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$
$\mathfrak{A}_1$	1	0	0	0	1	2	
$\mathfrak{A}_2$	0	1	0	1	0	2	
$\mathfrak{A}_3$	1	0	0	1	0	2	
$\mathfrak{A}_4$	1	0	0	0	0	1	
$\mathfrak{A}_5$	0	1	0	1	1	3	

Правильный ответ (табл. 3.5):

Таблица 3.5 – Ответ

	$\mathfrak{A}_1$	$\mathfrak{A}_2$	$\mathfrak{A}_3$	$\mathfrak{A}_4$	$\mathfrak{A}_5$	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$	$k_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$
$\mathfrak{A}_1$	1	0	0	0	1	2	<b>0,2</b>
$\mathfrak{A}_2$	0	1	0	1	0	2	<b>0,2</b>
$\mathfrak{A}_3$	1	0	0	1	0	2	<b>0,2</b>
$\mathfrak{A}_4$	1	0	0	0	0	1	<b>0,1</b>
$\mathfrak{A}_5$	0	1	0	1	1	3	<b>0,3</b>

Сообщение при ошибке – « $k_1 = k_2 = k_3 = 2/10 = 0,2$ ;  $k_4 = 1/10 = 0,1$ ;  $k_5 = 3/10 = 0,3$ .».

6. Таким образом, коэффициент компетентности

- первого эксперта  $k_1 = 0,2$ ;
- второго эксперта  $k_2 = 0,2$ ;
- третьего эксперта  $k_3 = 0,2$ ;
- четвертого эксперта  $k_4 = 0,1$ ;
- пятого эксперта  $k_5 = 0,3$ .

**Пример 2.** Определения вклада каждого эксперта в достоверность оценок всей группы на основе апостериорных данных.

**Условие задачи.**

Есть группа экспертов ( $\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_5$ ). Каждый из экспертов уже участвовал в экспертизах (табл. 3.6,  $N$ ). Для каждого эксперта известно, сколько раз он предлагал решение, подтвердившееся на практике (табл. 3.6,  $N_i$ ).

Таблица 3.6 – Условие

	<b>Общее количество экспертиз, в которых эксперт принял участие,</b> $N$	<b>Количество случаев, когда эксперт предложил решение, подтвердившееся на практике,</b> $N_i$
$\mathcal{E}_1$	10	2
$\mathcal{E}_2$	2	1
$\mathcal{E}_3$	5	1
$\mathcal{E}_4$	4	1
$\mathcal{E}_5$	7	7

Определить вклад каждого эксперта в достоверность оценок всей группы.

1. Чему равняется количество экспертов  $m$ ?

$$m =$$

Правильный ответ:  $m = 5$ .

Сообщение при ошибке – «Количество экспертов  $m = 5$ ».

2. По какой формуле вычисляется достоверность оценки эксперта  $D_i$ ?».

I)  $D_i = \frac{1}{m} \frac{N_i}{N}$ ;

II)  $D_i = \frac{N}{N_i}$ ;

III)  $D_i = \frac{N_i}{N}$ .

Правильный ответ:  $D_i = \frac{N_i}{N}$ .

Сообщение при ошибке – «Достоверность оценки эксперта  $D_i$  вычисляется по 3-ей формуле».

3. Найдите достоверность оценки эксперта  $D_i = \frac{N_i}{N}$  (табл. 3.7).

Таблица 3.7 – Условие

	$N$	$N_i$	$D_i$
$\mathcal{Э}_1$	10	2	
$\mathcal{Э}_2$	2	1	
$\mathcal{Э}_3$	5	1	
$\mathcal{Э}_4$	4	1	
$\mathcal{Э}_5$	7	7	

Правильный ответ (табл. 3.8):

Таблица 3.8 – Ответ

	$N$	$N_i$	$D_i$
$\mathcal{E}_1$	10	2	<b>0,2</b>
$\mathcal{E}_2$	2	1	<b>0,5</b>
$\mathcal{E}_3$	5	1	<b>0,2</b>
$\mathcal{E}_4$	4	1	<b>0,25</b>
$\mathcal{E}_5$	7	7	<b>1</b>

Сообщение при ошибке – « $D_1 = 2/10 = 0,2$ ;  $D_2 = 1/2 = 0,5$ ;  $D_3 = 1/5 = 0,2$ ;  $D_4 = 1/4 = 0,25$ ;  $D_5 = 7/7 = 1$ ».

4. По какой формуле вычисляется вклад каждого эксперта в достоверность оценок всей группы  $D_i^*$ ?».

$$I) D_i^* = \frac{D_i}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m D_i};$$

$$II) D_i^* = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^m D_i};$$

$$III) D_i^* = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{D_i}.$$

Правильный ответ:  $D_i^* = \frac{D_i}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m D_i}.$

Сообщение при ошибке – «Вклад каждого эксперта в достоверность оценок всей группы вычисляется по 1-ой формуле.».



Правильный ответ (табл. 3.10):

Таблица 3.10 – Ответ

	$N$	$N_i$	$D_i$	$D_i^*$
$\mathcal{Э}_1$	10	2	<b>0,2</b>	<b>0,47</b>
$\mathcal{Э}_2$	2	1	<b>0,5</b>	<b>1,16</b>
$\mathcal{Э}_3$	5	1	<b>0,2</b>	<b>0,47</b>
$\mathcal{Э}_4$	4	1	<b>0,25</b>	<b>0,58</b>
$\mathcal{Э}_5$	7	7	<b>1</b>	<b>2,33</b>

Сообщение при ошибке – « $D_1^* = 0,2/0,43 \approx 0,47$ ;  $D_2^* = 0,5/0,43 \approx 1,16$ ;  $D_3^* = 0,2/0,43 \approx 0,47$ ;  $D_4^* = 0,25/0,43 \approx 0,58$ ;  $D_5^* = 1/0,43 \approx 2,33$ ».

8. Таким образом, вклад в достоверность оценок всей группы

- первого эксперта  $D_1^* \approx 0,47$ ;
- второго эксперта  $D_2^* \approx 1,16$ ;
- третьего эксперта  $D_3^* \approx 0,47$ ;
- четвертого эксперта  $D_4^* \approx 0,58$ ;
- пятого эксперта  $D_5^* \approx 2,33$ .

### 3.2. Блок-схема алгоритма

На рисунках А.1-А.4 показана блок-схема алгоритма для первого примера тренажера.

## 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Инструкция по работе с тренажером

Работа программы показана на рисунках 4.1-4.16.

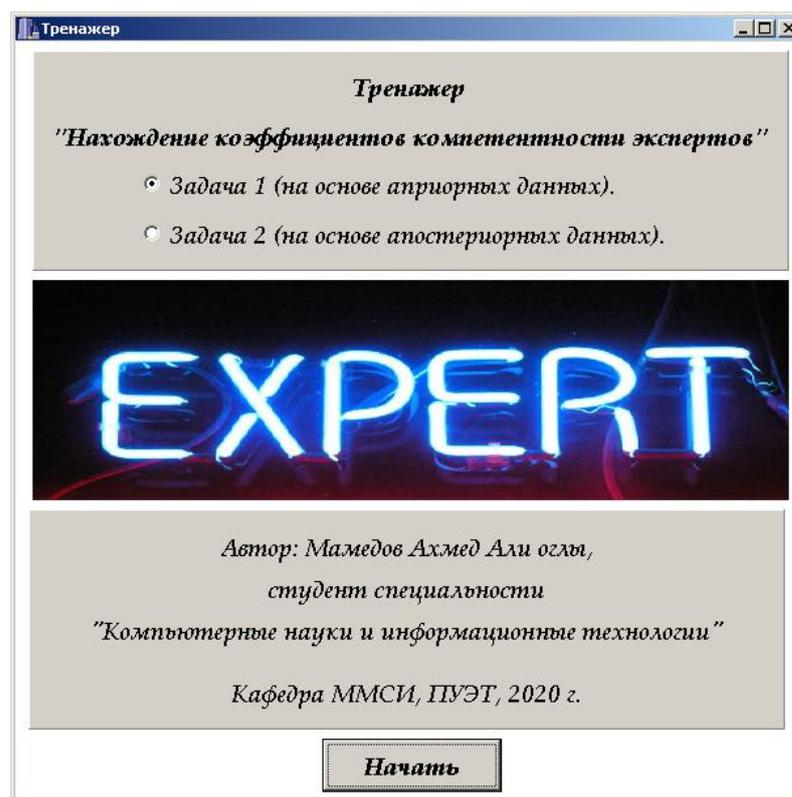


Рисунок 4.1 – Начало

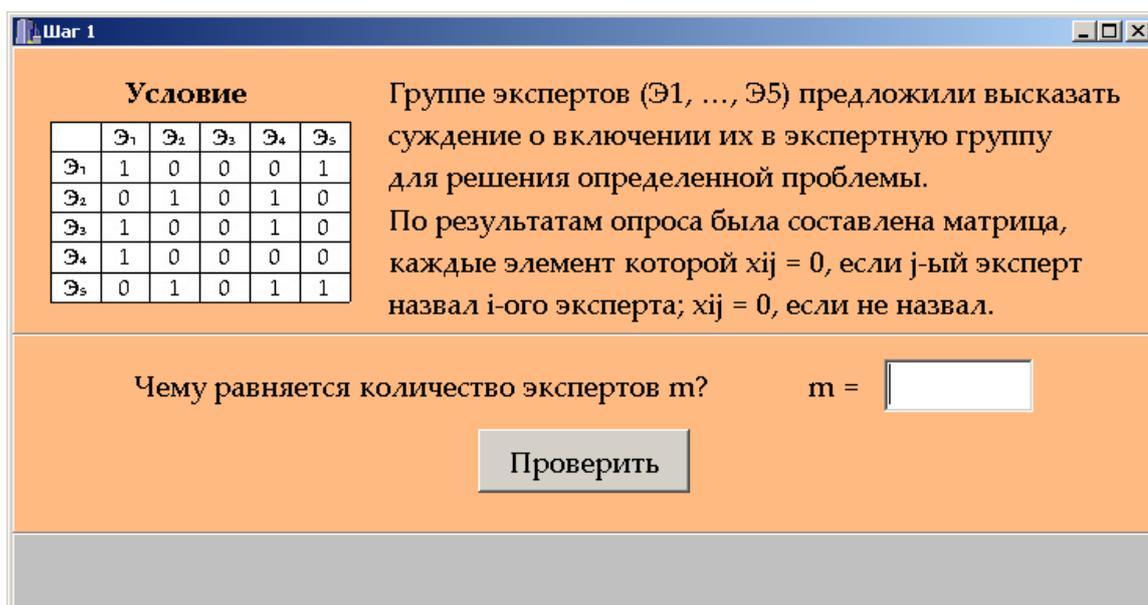


Рисунок 4.2 – Шаг 1

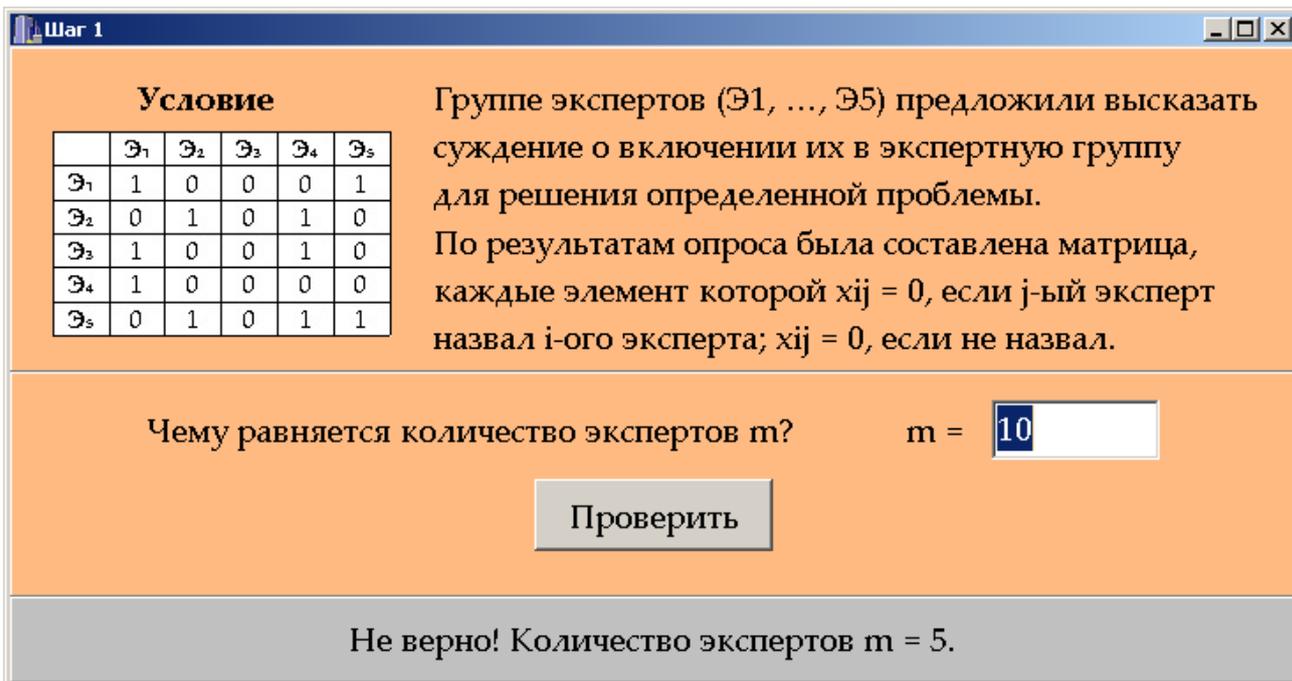


Рисунок 4.2 – Шаг 1 с ошибкой

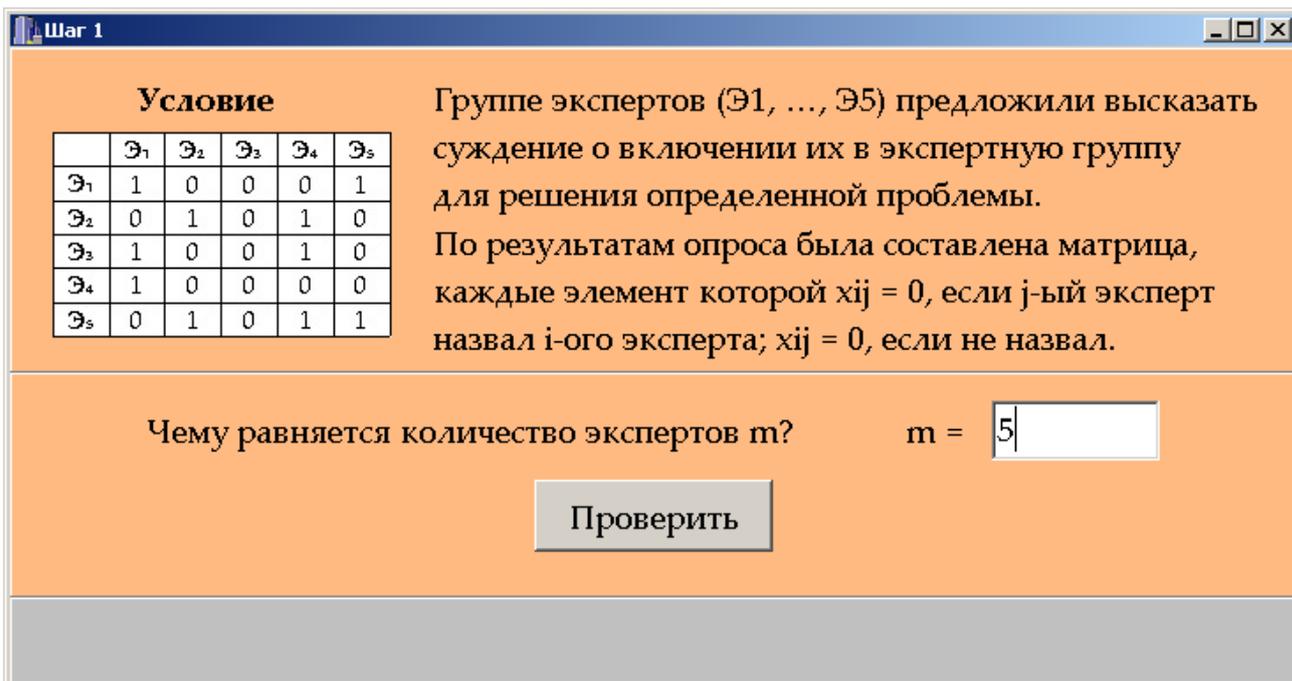


Рисунок 4.3 – Шаг 1 с правильным ответом

Шаг 2

**Условие**

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1

Группе экспертов (Э<sub>1</sub>, ..., Э<sub>5</sub>) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы.

По результатам опроса была составлена матрица, каждый элемент которой  $x_{ij} = 0$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 1$ , если не назвал.

По какой формуле вычисляются коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$ ?

1)  $k_i = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}{m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$ 
 2)  $k_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$ 
 3)  $k_i = \frac{1}{m} \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$

Рисунок 4.4 – Шаг 2

Шаг 2

**Условие**

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1

Группе экспертов (Э<sub>1</sub>, ..., Э<sub>5</sub>) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы.

По результатам опроса была составлена матрица, каждый элемент которой  $x_{ij} = 0$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 1$ , если не назвал.

По какой формуле вычисляются коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$ ?

1)  $k_i = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}{m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$ 
 2)  $k_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$ 
 3)  $k_i = \frac{1}{m} \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$

Не верно! Коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$  вычисляются по 2-ой формуле.

Рисунок 4.5 – Шаг 2 с ошибкой

Шаг 2

**Условие**

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1

Группе экспертов (Э<sub>1</sub>, ..., Э<sub>5</sub>) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы.

По результатам опроса была составлена матрица, каждый элемент которой  $x_{ij} = 0$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 1$ , если не назвал.

По какой формуле вычисляются коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$ ?

1)  $k_i = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}$ 
 2)  $k_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$ 
 3)  $k_i = \frac{1}{m} \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}}$

Проверить

Рисунок 4.6 – Шаг 2 с правильным ответом

Шаг 3

**Условие**

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1

Группе экспертов (Э<sub>1</sub>, ..., Э<sub>5</sub>) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы.

По результатам опроса была составлена матрица, каждый элемент которой  $x_{ij} = 0$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 1$ , если не назвал.

Найдите сумму чисел в каждой строке таблицы:

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1	
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0	
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0	
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0	
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1	

Проверить

Рисунок 4.7 – Шаг 3

Шаг 3

**Условие**

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1

Группе экспертов (Э<sub>1</sub>, ..., Э<sub>5</sub>) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы. По результатам опроса была составлена матрица, каждый элемент которой  $x_{ij} = 0$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 1$ , если не назвал.

Найдите сумму чисел в каждой строке таблицы:

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1	4
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0	4
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0	4
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0	4
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1	4

Проверить

Не верно! Сумма элементов 1-ой строки равняется 2; 2-ой: 2; 3-ей: 2; 4-ой: 1; 5-ой: 3.

Рисунок 4.8 – Шаг 3 с ошибкой

Шаг 3

**Условие**

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1

Группе экспертов (Э<sub>1</sub>, ..., Э<sub>5</sub>) предложили высказать суждение о включении их в экспертную группу для решения определенной проблемы. По результатам опроса была составлена матрица, каждый элемент которой  $x_{ij} = 0$ , если  $j$ -ый эксперт назвал  $i$ -ого эксперта;  $x_{ij} = 1$ , если не назвал.

Найдите сумму чисел в каждой строке таблицы:

	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>3</sub>	Э <sub>4</sub>	Э <sub>5</sub>	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$
Э <sub>1</sub>	1	0	0	0	1	2
Э <sub>2</sub>	0	1	0	1	0	2
Э <sub>3</sub>	1	0	0	1	0	2
Э <sub>4</sub>	1	0	0	0	0	1
Э <sub>5</sub>	0	1	0	1	1	3

Проверить

Рисунок 4.9 – Шаг 3 с правильным ответом

## 4.2. Описание создание тренажера

Программа создавалась на языке С++ с использование программной среды Borland Builder.

Наиболее сложным при реализации оказались шаги 3 и 5 алгоритма. Принцип работы этих шагов схож.

Поэтому рассмотрим программный код третьего шага (рис. 4.7).

Для отображения таблицы 3.2 был выбран компонент StringGrid.

Для этого компонента были настроены свойства:

- количество столбцов – 7 (ColCount=7);
- количество строк – 7 (RowCount=7);
- возможность редактирования информации в ячейках таблицы (Options.goEditing=true);
- возможность перехода между ячейками таблицы с помощью клавиши TAB (Options.goTabs=true);
- возможность видеть курсор в ячейках таблицы (Options.goAlwaysShowEditor=true).
- цвет фиксированных столбца и строки таблицы – белый (FixedColor=clWindow);
- размер шрифта – 12.

Для отображения чисел в таблице была создана функция FormShow:

```
void __fastcall TForm4::FormShow(TObject *Sender)
{
    int i, j;

    int matr[5][5]={{1,0,0,0,1},{0,1,0,1,0},{1,0,0,1,0},{1,0,0,0,0},{0,1,0,1,1}};

    // шапка
    for (i=1; i<=5; i++)
        StringGrid1->Cells[i][0]="Э"+IntToStr(i);
```

```

// таблица
for (i=1; i<=5; i++)
  for (j=1; j<=5; j++)
    StringGrid1->Cells[i][j]=IntToStr(matr[j-1][i-1]);

// боковик
for (j=1; j<=5; j++)
  StringGrid1->Cells[0][j]="Э"+IntToStr(j);
}

```

Прокомментируем код функции.

Была объявлен двумерный массив `matr`, который содержит числовые данные таблицы 3.2.

В первом цикле `for` были подписаны столбцы как Э1, Э2, Э3, Э4, Э5.

Следующий двойной цикл вывел в таблицу содержание двумерного массива `matr`.

В последнем цикле `for` были подписаны строки таблицы как Э1, Э2, Э3, Э4, Э5.

Для отображения в последнем столбце таблицы формулы (в шапке) была создана функция `StringGrid1DrawCell`:

```

void __fastcall TForm4::StringGrid1DrawCell(TObject *Sender, int
ACol,
  int ARow, TRect &Rect, TGridDrawState State)
{
  Graphics::TPicture* Picture=new Graphics:: TPicture;

  // вывод формулы суммы
  Picture->LoadFromFile("sum.jpg");
  StringGrid1->ColWidths[6]=Picture->Width;
  StringGrid1->RowHeights[0]=Picture->Height;
  if ((ACol==6) && (ARow==0))
    StringGrid1->Canvas->StretchDraw (Rect, Picture -> Graphic);
}

```

```

// желтый цвет в последнем столбце
for (int i=1;i<=5;i++)
{
    if ((ARow==i) && (ACol==6))
    {
        StringGrid1->Canvas->Brush->Color=clYellow;
        StringGrid1->Canvas->FillRect(Rect);
        StringGrid1->Canvas->TextOut(Rect.Left, Rect.Top, StringGrid1 ->
Cells[6][i]);
    }
}

// выравнивание по центру
UINT Format=DT_CENTER|DT_VCENTER;
if ( ((ACol>=0) && (ACol<=5)) || ((ACol==6) && (ARow!=0)) )
{
    StringGrid1->Canvas->FillRect(Rect);
    DrawText(StringGrid1->Canvas->Handle,
StringGrid1->Cells[ACol][ARow].c_str(),
StringGrid1->Cells[ACol][ARow].Length(),&Rect,Format);
}
}

```

Прокомментируем код функции.

Формула была сохранена как картина в файле sum.jpg. Файл размещен там же, где файл программы.

Сперва была выделена память под новый графический объект, и указатель Picture содержит адрес выделенной памяти (Graphics::TPicture\* Picture=new Graphics:: TPicture).

Затем в выделенную память был загружен нужный графический файл (Picture -> LoadFromFile("sum.jpg")).

Ширина и высота последнего столбца была подогнана под ширину и высоту картинки (StringGrid1->ColWidths[6]=Picture->Width; StringGrid1 -> RowHeights[0]=Picture->Height).

В нужной ячейке таблицы была нарисована картинка-формула (if ((ACol==6) && (ARow==0)) StringGrid1->Canvas->StretchDraw (Rect, Picture -> Graphic)).

Кроме отображения формулы эта процедура используется для окрашивания фона последнего столбца в желтый цвет. Для этого с помощью цикла for находятся ячейки последнего столбца и закрашиваются желтым (StringGrid1->Canvas->Brush->Color=clYellow; StringGrid1->Canvas->FillRect(Rect); StringGrid1->Canvas->TextOut(Rect.Left, Rect.Top, StringGrid1 -> Cells[6][i])).

Последний фрагмент кода обеспечивает выравнивание информации в ячейках таблицы по центру ячейки.

Сперва задается форма выравнивания – по центра по горизонтали и по центру по вертикали (UINT Format=DT\_CENTER|DT\_VCENTER).

Далее для все ячеек кроме той, где размещается картинка формула (if (((ACol>=0) && (ACol<=5)) || ((ACol==6) && (ARow!=0)))) выводится заданный формат (StringGrid1->Canvas->FillRect(Rect); DrawText (StringGrid1->Canvas->Handle, StringGrid1-> Cells[ACol][ARow].c\_str(), StringGrid1-> Cells[ACol][ARow].Length(), &Rect, Format)).

В результате выполнения подпрограмм FormShow и DrawCell третий шаг тренажера принимает вид как на рисунке 4.7.

Для проверки значений, введенных пользователем в последний столбец таблицы, была создана кнопка «Добавить» и функция BitBtn1Click:

```
void __fastcall TForm4::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    bool is_equal=true;

    if (!(StringGrid1->Cells[6][1]=="2"))
```

```

is_equal=false;

if (!(StringGrid1->Cells[6][2]=="2"))
    is_equal=false;

if (!(StringGrid1->Cells[6][3]=="2"))
    is_equal=false;

if (!(StringGrid1->Cells[6][4]=="1"))
    is_equal=false;

if (!(StringGrid1->Cells[6][5]=="3"))
    is_equal=false;

if (is_equal==true)
{
    Form5->Show();
    Form5->Edit1->SetFocus();
    Form4->Hide();
}
else
{
    Panel3->Caption="Не верно! Сумма элементов 1-ой строки
равняется 2; 2-ой: 2; 3-ей: 2; 4-ой: 1; 5-ой: 3.";
    StringGrid1->SetFocus();
}
}

```

Прокомментируем код функции.

Была объявлена булевая переменная `is_equal`. Состояние `true` этой переменной буде сигнализировать, что ошибок нет; состояние `false` – что совершена минимум одна ошибка.

Сперва переменная `is_equal` равна `true` (`bool is_equal=true`).

Затем проверяются все ячейки последнего столбца и значение, занесенное в ячейку, сравнивается с правильным ответом. В случае ошибки

переменная `is_equal` переходит в состояние `false` (`if (!(StringGrid1->Cells[6][1]=="2")) is_equal=false; ...`).

Если после проверок переменная `is_equal` осталась в состоянии `true` (`if (is_equal==true)`), что означает, что ошибок не было, то открывает окно со следующим шагом алгоритма (`Form5->Show()`), курсор ставится в нужное текстовое поле (`Form5->Edit1->SetFocus()`), текущее окно закрывается (`Form4 -> Hide()`).

Если после проверок переменная `is_equal` перешла в состоянии `false`, то на нижней панели появляется объяснение ошибки (`Panel3->Caption="Не верно! Сумма элементов 1-ой строки равняется 2; 2-ой: 2; 3-ей: 2; 4-ой: 1; 5-ой: 3."`), компонент-таблица снова становится активной (`StringGrid1->SetFocus()`).

Код программы (полностью для примера 1) приведен в приложении А.

## ВЫВОДЫ

В работе рассматривалась методика нахождения коэффициентов компетентности экспертов на основе априорных и апостериорных данных.

Осуществлен обзор тренажеров схожей тематики – тренажеров 3 дисциплины «Алгебра и геометрия». Произведен их анализ, выделены негативные и положительные черты в тренажерах. Для разрабатываемого алгоритма были учтены недостатки рассмотренных тренажёров и внедрены положительные аспекты рассмотренных программ.

Для двух конкретных задач были разработаны алгоритмы тренажера.

Была начерчена блок-схема для первого алгоритма.

Была создана программная реализация обоих алгоритмов.

Программа протестирована и не содержит ошибок.

В пояснительной записке изложена инструкция по пользованию программой, а также описан процесс создания программы. В приложении В приведен полный код программы для примера 1.

Тренажер будет передан на внедрение в дистанционный курс «Системный анализ и теория принятия решений» Полтавского университета экономики и торговли.

Результаты бакалаврской работы прошли апробацию на научно-практическом семинаре «Компьютерные науки и прикладная математика», проведенном кафедрой математического моделирования и социальной информатики Полтавского университета экономики и торговли. Были опубликованы тезисы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Примов Х. Н. Тренажер «Комплексные числа» и его программная реализация / Х. Н. Примов // VIII Всеукр. наук.-практичний конференції за міжнародною участю «Інформатика та системні науки» (ІСН-2017). – Полтава: ПУЕТ, 2017. – Режим доступа: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/5485>.
2. Масмалиев П. А. Тренажер «Вычисление коэффициентов конкордации без учета связанных рангов» / П. А. Масмалиев, А. О. Емец // Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2019): матеріали наук.-практ. семінару. Випуск 3. / За ред. Ємця О. О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2019. – Режим доступа: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/7050>.
3. Bah Abibu. Algorithm of the simulator on the topic «A straight line in space» / Abibu Bah, T. O. Parfonova // Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2018). – Полтава, ПУЕТ, 2018. – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/6484>.
4. Ємець О. О. Про розробку тренажерів для дистанційних курсів кафедрою ММСІ ПУЕТ / О. О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2015): матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю (м. Полтава, 19-21 березня 2015 р.) / за ред. Ємця О. О. – Полтава: ПУЕТ, 2015. – С. 152-161. – Режим доступа: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2488>.
5. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2018): матеріали наук.-практичного семінару. Випуск 1 / За ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2018. – 64 с. – Режим доступа: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/6563>.
6. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2018): матеріали наук.-практичного семінару. Випуск 2 / за ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2018. – 27 с. – Режим доступа: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/6987>.

7. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2019): матеріали наук.-практичного семінару. Випуск 3 / за ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2019. – 83 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/7048>.

8. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2019): матеріали наук.-практичного семінару. Випуск 4 / за ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2019. – 37 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/7528>.

9. Емец О.А. Дистанционный курс ПУЭТ «Системный анализ и теория принятия решений. Часть 1» для студентов специальностей «Компьютерные науки и информационные технологии», «Компьютерные науки» / О.А. Емец, Е.М. Емец, А.О. Емец. – [Электронный ресурс].

10. Емец О.А. Дистанционный курс ПУЭТ «Системный анализ и теория принятия решений. Часть 2» для студентов специальностей «Компьютерные науки и информационные технологии», «Компьютерные науки» / О.А. Емец, Е.М. Емец, А.О. Емец. – [Электронный ресурс].

11. Евланов Л. Г. Теория и практика принятия решений / Л. Г. Евланов. – М.: Экономика, 1984. – 176 с.

12. Рогоза М. Є. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. / М. Є. Рогоза, О. О. Ємець, Є. М. Ємець. – Полтава: ПУЕТ, 2013. – 328 с.

13. Мамедов А. А. Тренажер «Вычисление коэффициентов компетентности экспертов на основе априорных данных»/ А. А. Мамедов, Е. М. Емец, А. О. Емец // Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2020): матеріали наук.-практ. семінару. Випуск 5. / За ред. Ємця О. О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2020. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/8315>.

14. Мамедов А. А. Тренажер «Вычисление компетентности экспертов на основе апостериорных данных»/ А. А. Мамедов, Е. М. Емец, А. О. Емец // Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2020): матеріали наук.-практ. семінару. Випуск 5. / За ред. Ємця О. О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2020. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/8373>.