

УДК 519.22

А. Г. НИКОЛАЕВ, М. П. ДЕГТЯРЁВА

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕКСТОВЫХ ФАЙЛОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

*Разработана математическая модель сюжета текста в виде алгебраической системы, заданной на множестве персонажей с выделенными отношениями между ними разной арности. Рассмотрена матричная реализация предложенной модели. Определён алгоритм сравнения двух текстов на зависимость с помощью разработанной модели. Введено понятие метрического пространства сюжетов художественных текстов. Создана методика вычисления метрики, позволяющая сравнивать сюжеты разных текстов. Установлены статистические интервалы метрики для зависимых и независимых текстов. Осуществлена проверка разработанной модели на конкретных литературных примерах.*

**Ключевые слова:** идентификация текста, модель сюжета текста, зависимые тексты, независимые тексты, унарные отношения, бинарные отношения, статистические интервалы метрики.

### Введение

В настоящее время проблемы идентификации текстов встречаются в процессе поиска информации в интернете, при анализе web-данных, в прикладной статистике, лингвистике, источниковедении, авторском праве. При этом под «текстом» могут пониматься последовательности символов того или иного типа, графические изображения, а также и реальные научные, публицистические, художественные тексты. Одна из важных возникающих здесь задач состоит в распознавании зависимых текстов, то есть «похожих» текстов, имеющих в некотором смысле общую природу, общее происхождение [1].

Одними из первых в области определения зависимых исторических документов являются работы профессора А. Т. Фоменко, которые ориентированы на разработку новых методов распознавания зависимых и независимых нарративных текстов и для их датировки [1]. Проблемой статистической идентификации авторства текста занимался и С. Буденный. Им была высказана гипотеза, что каждый автор имеет свой неповторимый «отпечаток», который он оставляет в тексте, не осознавая этого сам. В ходе его работы был получен результат, который заключался в разработке метода распределения параметра в исследуемом тексте [2]. Задачей сюжетных инвариантов и вариативностью в фольклорных текстах занималась Д. В. Бердникова. В своих работах она проанализировала понятие инварианта сюжета и вариативности для фольклорных текстов среднеанглийского периода. Подводя итог, Д. В. Бердникова сделала вывод, что сюжетное и атрибутивное варьирование объясняется разными

историческими, культурными особенностями периода создания вариантов баллад [3].

Все эти научные результаты интересны и опираются на огромный объем работы, но имеют вполне определённые границы применимости, так как ориентированы на применение к проблеме идентификации авторства текста или распознавания зависимых и независимых нарративных текстов и для их датировки. Очевидно, есть необходимость в разработке новых эмпирико-статистических методов распознавания, которые в совокупности с классическими подходами могут быть полезны в конкретных исследованиях, например, связанных с анализом авторства художественной литературы.

Применительно к проблемам изучения художественной литературы одна из задач идентификации текстов звучит как распознавание зависимых и независимых текстов по сюжету.

В данной работе проведен комплекс исследований, направленных на решения проблемы идентификации художественных текстов по сюжету.

### 1. Постановка задачи исследования

Целью исследования является выбор параметров для однозначной идентификации сюжетов текстов при помощи системного анализа текстового объекта, разработка математических моделей сюжета художественного текста, разработка математических методов сравнения сюжетов и их применение к выявлению зависимых и независимых реальных текстов.

Для реализации поставленной цели были определены такие задачи исследования: разработать ма-

тематическую модель сюжета текста, позволяющую учесть внутреннюю связность и последовательность текста; определить метрику и алгоритм сравнения двух текстов; проверить разработанную модель на конкретных литературных примерах; определить статистические интервалы метрики для зависимых и независимых текстов.

Для решения поставленных задач и получения основных результатов данной работы применялись статистические методы идентификации сюжетов текстов, методы системного анализа, теории графов, функционального анализа.

## 2. Алгебраическая модель сюжета художественного текста

Для описания математической модели сюжета художественного текста введём конечное множество:  $X$  – множество персонажей сюжета. Это основное множество модели. Обозначим через  $\Omega$  – множество символов основных отношений модели, заданных на основном множестве  $X$ . Пусть  $\text{Rel } X$  означает систему всех отношений, задаваемых на множестве  $X$ . Считается, что в  $\text{Rel } X$  входят отношения разной местности (арности).

Рассмотрим отображение  $f: \Omega \rightarrow \text{Rel } X$ , которое каждому символу отношения ставит в соответствие конкретное отношение из  $\text{Rel } X$ . Отображение  $f$  задаёт реализацию всех символов отношений из  $\Omega$  в  $X$ , согласованных с определенной местностью.

**Определение.** Назовем математической моделью сюжета художественного текста упорядоченный набор  $(X, \Omega, f)$ . С алгебраической точки зрения математическая модель художественного текста является частным случаем алгебраической системы согласно определению А. И. Мальцева [4].

Рассмотрим две модели художественных текстов  $(X_i, \Omega, f)$  с одним и тем же множеством символов отношений  $\Omega$  и отображением  $f$ .

**Определение.** Отображение

$$\varphi: (X_1, \Omega, f) \leftrightarrow (X_2, \Omega, f)$$

называется гомоморфизмом, если выполняется следующее условие:

$$f\omega(a_1, a_2, \dots, a_n) \Rightarrow f\omega(\varphi(a_1), \varphi(a_2), \dots, \varphi(a_n)).$$

Здесь  $(a_1, a_2, \dots, a_n) \in X_1$ ,  $f\omega$  –  $n$ -арное отношение, определенное на множестве  $X_1$ .

**Определение.** Назовем сюжет  $X_1$  импликацией сюжета  $X_2$ , если существует биективный гомоморфизм:

$$\varphi: (X_1, \Omega, f) \leftrightarrow (X_2, \Omega, f).$$

В случае если один из сюжетов является импликацией другого, будем говорить, что сюжеты текстов алгебраически зависимы.

**Определение.** Два сюжета  $X_1$  и  $X_2$  назовем алгебраически тождественными, если каждый из них является импликацией другого. В дальнейшем, с целью упрощения, будем рассматривать модели сюжетов, в которых множество  $\Omega$  состоит только из символов унарных и бинарных отношений.

## 3. Матричное представление модели художественного текста

Для обнаружения алгебраически зависимых текстов введём удобное матричное представление модели сюжета художественного текста.

Рассмотрим математическую модель художественного текста  $(X, \Omega, f)$ . Положим

$$X = \{x_i\}_{i=1}^n, \quad \Omega = \{\omega_i\}_{i=1}^s,$$

причем  $\{\omega_i\}_{i=1}^s$  – символы унарных отношений модели,  $\{\omega_i\}_{i=1}^{s+r}$  – символы бинарных отношений.

Для каждого сюжетного персонажа  $x_j$  составим матрицу  $A^{(j)} = (a_{ki}^{(j)})_{k,i=1}^{s+r,n}$  ( $j = 1 \div n$ ), элементы которой определим следующим образом:

$$a_{kj}^{(j)} = \begin{cases} 1, & \omega_k(x_j) = 1, \quad k = 1 \div s, \\ 0, & \omega_k(x_j) = 0, \quad k = 1 \div s, \\ 0, & k = s+1 \div s+r, \end{cases}$$

$$a_{ki}^{(j)} = \begin{cases} 0, & k = 1 \div s, \\ 1, & \omega_k(x_j, x_i) = 1, \quad k = s+1 \div s+r, \\ 0, & \omega_k(x_j, x_i) = 0, \quad k = s+1 \div s+r, \end{cases}$$

$$\text{где } \omega_k(x_i) = \begin{cases} 1, & x_i \in f\omega_k, \\ 0, & x_i \notin f\omega_k, \end{cases}$$

$$\omega_k(x_i, x_j) = \begin{cases} 1, & (x_i, x_j) \in f\omega_k, \\ 0, & (x_i, x_j) \notin f\omega_k. \end{cases} \quad \text{– унарные и бинарные}$$

предикаты.

Будем характеризовать модель сюжета художественного текста посредством набора матриц  $\{A^{(j)}\}_{j=1}^n$ .

#### 4. Алгоритм поиска алгебраически зависимых текстов

Алгоритм поиска биективного гомоморфизма, отображающего модель сюжета одного художественного текста на модель другого, является сложным алгоритмом, который принадлежит классу NP-алгоритмов. Действительно, максимальное число операций для его реализации равно  $2n^2(s+r)^2n!$ . Если решение задачи найдено, то достаточно  $\frac{n(n-1)}{2} + n^2(s+r)$  операций для проверки того, что действительно имеется решение. Сложность алгоритма указывает на то, что его реализация в общей постановке весьма трудоемкая и для эффективного решения задачи идентификации алгебраически зависимых текстов в постановку задачи надо вводить некоторые упрощения.

Назовём весом персонажей  $x_j \in X$  положительное число  $w(x_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{s+r} a_{ki}^{(j)}$ . Вычислим набор

весов  $\{w(x_j)\}_{j=1}^n$  для всех персонажей сюжета  $X$ .

Множество  $\{w(x_j)\}_{j=1}^n$  позволяет выстроить персонажи сюжета в иерархическом порядке, а именно, положим  $x_j \succ x_i$ , если  $w(x_j) > w(x_i)$ . Запись  $x_j \succ x_i$  означает, что персонаж  $x_j$  главнее персонажа  $x_i$ . В результате упорядочения по весам по-

следовательность сюжетных персонажей может быть записана в порядке убывания их главенства, то есть в виде

$$\{x_{k_j}\}_{j=1}^n,$$

где  $x_{k_j} \succ x_{k_{j+1}}$  ( $j = 1 \div n-1$ ),  $(k_1, k_2, \dots, k_n)$  – перестановка чисел  $(1, 2, \dots, n)$ .

Пусть теперь имеются две модели сюжетов художественных текстов  $(X, \Omega, f)$  и  $(Y, \Omega, f)$  с одним и тем же числом персонажей и одинаковыми  $\Omega$  и  $f$ . Считаем, что сюжетные персонажи

$X = \{x_{k_j}\}_{j=1}^n$  и  $Y = \{y_{m_j}\}_{j=1}^n$  упорядочены согласно бинарному отношению «главенство».

Введём понятие строгой алгебраической зависимости сюжетов  $X$  и  $Y$ .

**Определение.** Назовём сюжет  $X$  строгой импликацией сюжета  $Y$ , если существует биективный гомоморфизм  $\varphi: (X, \Omega, f) \leftrightarrow (Y, \Omega, f)$  такой, что

$$\varphi(x_{k_j}) = y_{m_j}, \quad j = 1 \div n.$$

Обнаружение строгой алгебраической зависимости сюжетов может быть осуществлено полиномиальным алгоритмом попарного сравнения матриц сюжетных персонажей

$$A^{(k_j)} \leq B^{(m_j)} \quad (A^{(k_j)} \geq B^{(m_j)}) \quad (j = 1 \div n),$$

для реализации которого требуется не более чем  $(2n^2(s+r))$  операций сравнения. Здесь  $A^{(i)}$  – матрица персонажа  $x_i$  в сюжете  $X$ , а  $B^{(i)}$  – матрица персонажа  $y_i$  в сюжете  $Y$ . Под неравенством  $A^{(i)} \geq 0$  понимается то, что

$$a_{ki}^{(j)} \geq 0 \quad \forall i = 1 \div n, \quad k = 1 \div s+r.$$

#### 5. Метрически зависимы сюжеты художественных текстов

Предложим другой подход к выявлению зависимых текстов, связанный с заданием числового параметра, характеризующего близость сюжетов художественных текстов. Рассмотрим метрическое пространство моделей сюжетов художественных текстов

$$(\mathfrak{M}, \Omega, f, \rho),$$

где  $\mathfrak{M} = \{X\}$  – множество сюжетов художественных текстов с одним и тем же количеством персонажей  $n$ ;  $\Omega$  – множество символов унарных и бинарных отношений, определенных на всех  $X \in \mathfrak{M}$ ; отображение  $f$  задает реализацию указанных отношений;  $\rho: \mathfrak{M}^2 \rightarrow R_+$  – метрика, определенная на упорядоченных парах сюжетов  $\rho(X, Y)$  ( $X, Y \in \mathfrak{M}$ ), которая подчиняется стандартным аксиомам метрики:

$$\rho(X, Y) \geq 0 \quad \forall X, Y \in \mathfrak{M}, \quad \rho(X, Y) = 0 \Rightarrow X = Y; \quad (1)$$

$$\rho(X, Y) = \rho(Y, X) \quad \forall X, Y \in \mathfrak{M}; \quad (2)$$

$$\rho(X, Y) \leq \rho(X, Z) + \rho(Z, Y) \quad \forall X, Y, Z \in \mathfrak{M}. \quad (3)$$

Для характеристики близости сюжетов двух художественных текстов введем числовую функцию:

$$\rho(X, Y) = \min_{(k_1, \dots, k_n)} \left\{ \frac{\rho(x_1, y_{k_1}) + \rho(x_2, y_{k_2}) + \dots + \rho(x_n, y_{k_n})}{n} \right\}. \quad (4)$$

Здесь минимум ищется по всевозможным перестановкам  $(k_1, \dots, k_n)$  чисел  $(1, 2, \dots, n)$ . Сюжеты  $X = \{x_j\}_{j=1}^n$  и  $Y = \{y_j\}_{j=1}^n$  характеризуются сюжетными персонажами  $x_j$  и  $y_j$ . Степень близости персонажей сюжетов художественных текстов задается числовой функцией:

$$\rho(x_i, y_{k_i}) = \frac{1}{n(s+r)} \sum_{j=1}^n \sum_{m=1}^{s+r} |a_{mj}^{(i)} - d_{mj}^{(k_i)}|,$$

где  $A^{(i)} = (a_{mj}^{(i)})_{m,j=1}^{s+r,n}$ ;  $D^{(k_i)} = (d_{mj}^{(k_i)})_{m,j=1}^{s+r,n}$ ;

$$D^{(k_i)} = B^{(k_i)} C_{k_1 \dots k_n}; \quad B^{(k_i)} = (b_{mj}^{(k_i)})_{m,j=1}^{n,s+r};$$

$$C_{k_1 \dots k_n} = (c_{ij}^{(k_1 \dots k_n)})_{i,j=1}^n, \quad c_{k_i j} = \delta_{ji}, \quad i, j = 1 \div n;$$

$A^{(i)}$  – матрица сюжетного персонажа  $x_i$  для порядка следования персонажей  $(x_1, \dots, x_n)$ ;

$B^{(i)}$  – матрица сюжетного персонажа  $y_i$  для порядка следования персонажа  $(y_1, \dots, y_n)$ ;

$C_{k_1 \dots k_n}$  – матрица перестановок порядка  $n$ , которая при действии на матрицу с  $n$ -столбцами заменяет её столбцы с номерами  $1, 2, \dots, n$  столбцами с номерами  $k_1, \dots, k_n$ .

Можно показать, что числовая функция  $\rho(X, Y)$  удовлетворяет аксиомам (1) – (3), то есть является метрикой на множестве  $\mathfrak{M}$ .

Алгоритм вычисления метрики согласно формуле (4) требует выполнения факториального числа операций, является более сложным, чем NP-алгоритм. Поэтому необходимо провести определенные упрощения в постановке задачи поиска зависимых текстов.

Поступим следующим образом: упорядочим персонажи при помощи их весов на основании бинарного отношения «главенства» персонажей. В результате получим два сюжета  $X = \{x_{k_j}\}_{j=1}^n$  и

$Y = \{y_{m_j}\}_{j=1}^n$ , для сравнения которых используем числовую функцию

$$\rho(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \rho(x_{k_j}, y_{m_j}),$$

$$\text{где } \rho(x_{k_j}, y_{m_j}) = \frac{1}{n(s+r)} \sum_{s=1}^n \sum_{t=1}^{s+r} |\tilde{a}_{ts}^{(k_j)} - \tilde{b}_{ts}^{(m_j)}|;$$

$$\tilde{A}^{(k_j)} = A^{(k_j)} C_{k_1 \dots k_n}; \quad \tilde{B}^{(m_j)} = B^{(m_j)} C_{m_1 \dots m_n}.$$

## 6. Выявление статистических интервалов метрики для определения зависимых и независимых текстов

Метрика, как числовая характеристика, характеризует близость сюжетов художественных текстов. Понятие «близко» очень абстрактное и может варьироваться в достаточно больших пределах. Таким образом, необходимо выявить статистические интервалы метрики, попадания в которые однозначно будет определять зависимость и независимость текстов.

Для проверки разработанной модели и выявления статистических интервалов метрики были выбраны следующие тексты художественной литературы: К. Маккалоу «Поющие в терновнике», А. Риплей «Скарлетт», Ш. Бронте «Джен Эйр», А. Дюма «Три мушкетёра», Дж. Остин «Гордость и предубеждение», И. Шоу «Богач, бедняк», С. Моем «Бремя страстей человеческих», Т. Драйзер «Американская трагедия», Э. Ремарк «Три товарища», Ф. Достоевский «Идиот», Э. Бронте «Грозовой перевал», Дж. Лондон «Мартин Иден», Б. Васильев «А зори здесь тихие», О. Уальд «Веер леди Уиндемир», У. Теккерей «Ярмарка тщеславия», С. Моем «Театр», О. Уальд «Идеальный муж», Б. Пастернак «Доктор Живаго», О. Уальд «Портрет Дориана Грея», М. Булгаков «Собачье сердце». Для моделирования сюжетов зависимых текстов использовались киносценарии всех указанных произведений.

На практике было получено две выборки метрик пар сюжетных персонажей для зависимых и независимых текстов. Выдвинем гипотезу о том, что случайные величины  $x_1, x_2, \dots, x_n$  этих выборок распределены по нормальному закону распределения с неизвестными параметрами.

Для определения параметров нормального закона считаем несмещенные оценки случайной последовательности метрик пар зависимых и независимых персонажей текста по следующим формулам:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad D^* = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1},$$

где  $\bar{x}$  – точечная оценка выборочного среднего с объемом выборки равной  $n$ ;

$D^*$  – несмещенная оценка дисперсии с объемом выборки равной  $n$ ;

$x_i$  – случайная последовательность метрик пар сюжетных персонажей для зависимых и независимых персонажей текстов.

Таблица 1  
Несмещенные оценки параметров нормального закона распределения

	Зависимые персонажи	Независимые персонажи
Математическое ожидание	0,007470238	0,072443385
Дисперсия	1,82414E-05	0,000549666

С помощью распределения Стьюдента определим доверительные интервалы для математического ожидания случайной последовательности метрик пар зависимых и независимых персонажей текста с надежностью 0,99 (табл. 2):

$$\bar{x} - t_{\alpha, n-1} \sqrt{\frac{D^*}{n}} < M < \bar{x} + t_{\alpha, n-1} \sqrt{\frac{D^*}{n}},$$

где  $t_{\alpha, n-1}$  – квантиль распределения Стьюдента.

Таблица 2  
Доверительные интервалы для математического ожидания случайной последовательности метрик пар персонажей

Зависимые	Независимые
0,0052 – 0,0097	0,0673 – 0,0776

С помощью распределения  $\chi^2$  определим доверительные интервалы для дисперсии случайной последовательности метрик пар зависимых и независимых персонажей текста с надежностью 0,99 (табл. 3):

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\chi_{1+\alpha}^2 (n-1)} < D < \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\chi_{1-\alpha}^2 (n-1)},$$

где величина  $\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{D}$  имеет  $\chi^2$  – распределе-

ние со  $(n-1)$  степенями свободы,  $\chi_{1+\alpha}^2$  – квантиль

распределения  $\chi^2$ .

Таблица 3

Доверительные интервалы для дисперсии случайной последовательности метрик пар персонажей

Зависимые	Независимые
1,06499E-05 – 3,43679E-05	0,000488 – 0,000722

Для проверки гипотезы о виде распределения случайной последовательности метрик пар зависимых и независимых персонажей текста был использован критерий Пирсона, который качественно подтвердил, что случайная последовательность метрик распределена по нормальному закону.

## Заключение

В рамках данной работы проведен комплекс исследований, направленных на решение проблемы зависимых и независимых сюжетов текстов в художественной литературе.

Проведен системный анализ сюжетных персонажей разных текстов с выявлением наиболее существенных унарных и бинарных характеристик персонажей. На основе системного анализа впервые предложена математическая модель сюжета художественных текстов, которая основана на отношениях разной арности. Модель даёт возможность выделить систему упорядоченных данных для однозначной идентификации текстов, а также провести количественное сравнение сюжетов разных текстов с выявлением интервалов для изменения метрик зависимых и независимых текстов. При помощи разработанной модели решена задача идентификации сюжетов художественных текстов.

На основании разработанной математической модели создана методика вычисления метрики, позволяющая сравнивать сюжеты разных текстов, и определены интервалы ее изменения для зависимых и независимых текстов.

Статистически доказано, что эти интервалы существенно разделены между собой, что обеспечивает корректное решение задачи определения зависимых и независимых текстов. Методика проверена на достаточном количестве зависимых и независимых текстов. Полученные результаты могут быть использованы для идентификации авторства в художественных произведениях и других проблемах, связанных с авторским правом.

## Литература

1. Фоменко, А. Т. Методы статистического анализа нарративных текстов и приложения к хронологии. (Распознавание и датировка зависимых текстов, статистическая древняя хронология, статистика древних астрономических сообщений)

[Текст] / А. Т. Фоменко. – М.: Издательство МГУ, 1990. – 442 с.

2. Буденный, С. Метод статистической идентификации автора текста [Электронный ресурс] / С. Буденный. – Режим доступа: <http://nikto.samoti.ru/page26.php>. - 6.12.2013.

3. Бердникова, Д. В. Сюжетный инвариант и вариативность в фольклорных текстах среднеанг-

лийского периода (на материале англо-шотландской баллады) [Текст] / Д. В. Бердникова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Лингвистика. – 2011. – № 5. – С. 7–15.

4. Мальцев, А. И. Алгебраические системы [Текст] / А. И. Мальцев. – М.: Наука, 1970. – 392 с.

Поступила в редакцию 27.11.2013, рассмотрена на редколлегии 11.12.2013

**Рецензент:** д-р физ.-мат. наук, проф., декан ф-та прикладной математики и менеджмента В. А. Дорошенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков.

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕКСТОВИХ ФАЙЛІВ СТАТИСТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

*О. Г. Ніколаєв, М. П. Дегтярєва*

Розроблено математичну модель сюжету тексту у вигляді алгебраїчної системи, заданої на множині персонажів з виділеними відносинами між ними різної арності. Розглянуто матричну реалізацію запропонованої моделі. Визначено алгоритм порівняння двох текстів на залежність за допомогою розробленої моделі. Введено поняття метричного простору сюжетів художніх текстів. Створено методіку обчислення метрики, яка дозволяє порівнювати сюжети різних текстів. Встановлено статистичні інтервали метрики для залежних і незалежних текстів. Здійснено перевірку розробленої моделі на конкретних літературних прикладах.

**Ключові слова:** ідентифікація тексту, модель сюжету тексту, залежні тексти, незалежні тексти, унарні відносини, бінарні відносини, статистичні інтервали метрики.

## IDENTIFICATION TEXT FILE BY STATISTICAL METHODS

*A. G. Nikolaev, M. P. Degtyarova*

The mathematical model of the text plot in the form of an algebraic system, based on a set of characters with distinguished relationships of different arity between them, has been developed. The matrix implementation of the proposed model has been considered. The algorithm of comparing of two texts on dependency with the help of the developed model has been defined. The concept of metric space of the plots of literary texts has been introduced. The method of metric calculation for comparing plots of different texts has been developed. The statistical intervals of metrics for dependent and independent texts have been determined. The verification of the developed model has been performed based on specific literary examples.

Key words: text identification, model of text plot, dependent texts, independent texts, unary relations, binary relations, statistical intervals of metrics.

**Николаев Алексей Георгиевич** – д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедры высшей математики, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Дегтярєва Мария Петровна** – студентка кафедры высшей математики, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: [maria.degtyarova@mail.ru](mailto:maria.degtyarova@mail.ru).