

ФОРМАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВАРИАНТОВ МАРШРУТА В ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЯХ ДЛЯ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

П.Б. Болдыревский, д.ф.-м.н, профессор, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, btravel2@rambler.ru;

В.Д. Зюзин, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, v.d.zyuzin@gmail.com.

УДК 004.056:004.7:004.272.7:529.7

Аннотация. В статье раскрываются математические формулы, предназначенные для расчета количества маршрутов в одноранговых сетях с учетом различного числа промежуточных узлов. Эти формулы обеспечивают систематизацию анализа маршрутизации и учитывают топологические особенности сетей как с фиксированными, так и с настраиваемыми параметрами маршрутов.

Разработанные подходы базируются на выявленных закономерностях выбора узлов на каждом этапе маршрутизации, что позволяет строго математически обосновать процесс формирования маршрутов. Формулы являются универсальным инструментом для моделирования топологий сетей различной сложности, что особенно актуально для современных систем, где ключевым аспектом является обеспечение конфиденциальности и устойчивости к анализу трафика. Полученные результаты и их программная реализация открывают перспективы для проектирования защищенных распределенных систем, соответствующих актуальным требованиям информационной безопасности.

Ключевые слова: одноранговые сети; маршрутизация; узел; информационная безопасность; сеть; система.

FORMALIZATION OF ROUTE CALCULATION OPTIONS IN PEER-TO-PEER NETWORKS FOR INFORMATION SECURITY TASKS

Pavel Boldyrevskii, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod;

Vladislav Zyuzin, Applicant for the degree of Candidate of Technical Sciences, N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod.

Annotation. The study presents mathematical formulas designed to calculate the number of routes in peer-to-peer networks with varying numbers of intermediate nodes. These formulas provide a systematic approach to routing analysis and consider the topological features of networks with both fixed and adjustable routing parameters.

The developed methods are based on identified patterns of node selection at each stage of routing, enabling a rigorous mathematical foundation for the route formation process. The formulas serve as a universal tool for modeling network topologies of varying complexity, which is particularly relevant for modern systems where ensuring confidentiality and resilience to traffic analysis are critical aspects. The obtained results and their software implementation open up prospects for designing secure distributed systems that meet current information security requirements.

Keywords: peer-to-peer networks; routing; node; information security; network; system.

Введение

Одноранговые сети (*Peer-to-Peer* – *P2P*) играют ключевую роль в современных распределенных системах, обеспечивая децентрализованный обмен данными и высокую устойчивость к отказам [1, 2]. Однако с развитием технологий анализа трафика и увеличением числа кибератак [3-6] обеспечение конфиденциальности и безопасности таких сетей становится все более актуальной задачей. Особую сложность представляют атаки типа «Человек посередине» [7] и методы корреляции трафика, которые позволяют злоумышленникам выявлять узлы-инициаторы и узлы-получатели данных.

Маршрутизация с использованием промежуточных узлов, реализуемая в таких системах, как *Tor* [8] и *I2P* [9], является одним из эффективных подходов к повышению анонимности и безопасности передачи данных. Однако на текущий момент отсутствуют универсальные формализованные подходы, которые позволяют точно оценить количество маршрутов в одноранговых сетях с произвольным числом промежуточных узлов. Это ограничивает возможности анализа существующих схем маршрутизации и проектирования новых сетевых решений, обеспечивающих высокий уровень конфиденциальности данных.

Цель исследования заключается в разработке универсальных математических моделей для расчета количества возможных маршрутов в одноранговых сетях с учетом различных топологий и числа промежуточных узлов. Данные модели обеспечивают формализацию процессов маршрутизации, способствуют повышению уровня информационной безопасности за счет увеличения сложности маршрутов и создают основу для проектирования защищенных распределенных систем, устойчивых к анализу трафика и кибератакам.

Прямое соединение в одноранговых сетях

Каждый узел сети в одноранговой топологии способен устанавливать прямые соединения с другими узлами, число которых равно количеству доступных узлов, исключая сам узел, инициирующий соединение, и, соответственно, равно количеству возможных маршрутов. Для сети, состоящей из n узлов, количество возможных вариантов выбора узла-получателя будет определяться следующим образом:

$$F_{\text{узел.пол.}} = n - 1 \quad (1)$$

где:

$F_{\text{узел.пол.}}$ – количество узлов, которые могут быть выбраны в качестве узла-получателя;

n – количество узлов в сети.

Рассмотрим пример сети, состоящей из четырех узлов (A, B, C, D). Если узлом-инициатором будет (A), то останется три возможных варианта узлов-получателей, то есть (B, C, D) и, согласно формуле (1), будет равно:

$$F_{\text{узел.пол.}} = 4 - 1 = 3$$

Прямое соединение представляет собой наиболее простой сценарий маршрутизации, где данные передаются без участия промежуточных узлов. Такие

маршруты минимизируют задержки передачи данных, так как информация передается непосредственно от отправителя к получателю.

Прямые маршруты играют важную роль в базовом уровне сетевого взаимодействия, особенно в условиях, когда задачи анонимности или обхода анализа трафика не являются приоритетными. Они обеспечивают высокую скорость и эффективность взаимодействия между узлами, что особенно важно для систем, где минимизация времени отклика критична, например, в системах реального времени или распределенных вычислениях.

Однако прямая маршрутизация имеет свои ограничения. В первую очередь, она не предоставляет защиту от анализа трафика и делает сеть уязвимой для атак типа «Человек посередине». Отправитель и получатель становятся легко идентифицируемыми, что может быть критичным для задач, связанных с конфиденциальностью данных. В таких случаях прямое соединение используется в сочетании с более сложными схемами маршрутизации, которые включают промежуточные узлы для повышения безопасности.

Соединение через один промежуточный узел в одноранговых сетях

В системах, где узел-инициатор соединяется с узлом-получателем не напрямую, а через промежуточный узел, формируется несколько вариантов маршрутов передачи данных. Если узел-получатель выбирается из всех доступных узлов сети в соответствии с формулой (1), то выбор промежуточного узла осуществляется с учетом исключения самого узла-инициатора и узла-получателя. Для сети, состоящей из n узлов, количество возможных вариантов выбора промежуточного узла будет определяться следующим образом:

$$F_{1 \text{ пр.узл.}} = n - 2 \quad (2)$$

где:

$F_{1 \text{ пр.узл.}}$ – количество узлов, которые могут быть выбраны в качестве промежуточного узла;

n – количество узлов в сети.

В данном случае формула (2) также описывает количество возможных вариантов или возможных маршрутов соединения узла-инициатора с узлом-получателем через промежуточный узел. Она может быть представлена в следующем виде:

$$F_{\text{возм.маршр.через 1 пр.узл.}} = n - 2 \quad (3)$$

где:

$F_{\text{возм.маршр.через 1 пр.узл.}}$ – количество возможных маршрутов соединения узла-инициатора с узлом-получателем через один промежуточный узел;

n – количество узлов в сети.

Рассмотрим пример сети, состоящей из четырех узлов (A, B, C, D). Пусть узлом-инициатором будет (A), а узлом-получателем – (B), тогда остается два варианта, кто будет промежуточным узлом, то есть (C, D) и, согласно формуле (2), будет равно:

$$F_{1 \text{ пр.узл.}} = 4 - 2 = 2$$

Возможных маршрутов соединения узла-инициатора (A) с узлом-получателем (B) будет два:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow C \rightarrow B \\ A &\rightarrow D \rightarrow B \end{aligned}$$

И согласно формуле (3) будет равно:

$$F_{\text{возм.маршр.через 1 пр.узл.}} = 4 - 2 = 2$$

Рассмотрим пример сети, состоящей из пяти узлов (A, B, C, D, E). Пусть узлом-инициатором является (A), а узлом-получателем – (B). В данном случае возможными промежуточными узлами могут быть (C, D, E) и, согласно формуле (2), также будет три варианта:

$$F_{1 \text{ пр.узл.}} = 5 - 2 = 3$$

Возможных маршрутов соединения узла-инициатора (A) с узлом-получателем (B) также будет три:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow B \rightarrow D \\ A &\rightarrow C \rightarrow D \\ A &\rightarrow E \rightarrow D \end{aligned}$$

И согласно формуле (3), также будет три варианта:

$$F_{\text{возм.маршр.через 1 пр.узл.}} = 5 - 2 = 3$$

Таким образом, количество доступных промежуточных узлов, а следовательно, и маршрутов соединения в системах, где соединение между узлом-инициатором и узлом-получателем происходит через один промежуточный узел, определяется как $n - 2$. Это позволяет учесть все возможные комбинации маршрутов в заданной топологии сети.

Соединение через два и больше промежуточных узлов в одноранговых сетях

В системах, где узел-инициатор соединяется с узлом-получателем через два промежуточных узла, формируется еще больше вариантов маршрутов передачи данных по сравнению с системами, где соединение происходит через один промежуточный узел. Узел-получатель выбирается согласно формуле (1), первый промежуточный узел выбирается согласно формуле (2), а второй промежуточный узел выбирается с учетом исключения узла-инициатора, узла-получателя и первого промежуточного узла. Для сети, состоящей из n узлов, количество возможных

вариантов выбора второго промежуточного узла будет определяться следующим образом:

$$F_{2 \text{ пр.узл.}} = n - 3 \quad (4)$$

где:

$F_{2 \text{ пр.узл.}}$ – количество узлов, которые могут быть выбраны в качестве второго промежуточного узла;

n – количество узлов в сети.

Рассмотрим пример сети, состоящей из четырех узлов (A, B, C, D). Если узлом-инициатором будет (A), узлом-получателем – (B) и первым промежуточным узлом – (C), то вторым промежуточным узлом может быть только (D) и, согласно формуле (4), будет равно:

$$F_{2 \text{ пр.узл.}} = 4 - 3 = 1$$

Для определения общего количества возможных маршрутов, соединяющих узел-инициатор с узлом-получателем через два промежуточных узла, необходимо учесть следующие условия. Первый промежуточный узел может быть выбран из $n - 2$ узлов согласно формуле (2), а второй промежуточный узел может быть выбран из $n - 3$ узлов согласно формуле (4). Таким образом, формула количества возможных маршрутов может быть представлена в следующем виде:

$$F_{\text{возм.маршр.через 2 пр.узл.}} = (n - 2)(n - 3) \quad (5)$$

где:

$F_{\text{возм.маршр.через 2 пр.узл.}}$ – количество возможных маршрутов соединения узла-инициатора с узлом-получателем через два промежуточных узла;

n – количество узлов в сети.

Продолжим рассматривать пример сети, состоящей из четырех узлов (A, B, C, D). Возможных маршрутов соединения узла-инициатора (A) с узлом-получателем (B) будет два:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$$

$$A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$$

И согласно формуле (5) будет равно:

$$F_{\text{возм.маршр.через 2 пр.узл.}} = (4 - 2)(4 - 3) = 2$$

Рассмотрим пример сети, состоящей из пяти узлов (A, B, C, D, E). Пусть узлом-инициатором будет (A), узлом-получателем – (B) и первым промежуточным узлом – (C). В данном случае вторым промежуточным узлом могут быть узлы (D, E) и, согласно формуле (4), также будет два варианта:

$$F_{2 \text{ пр.узел.}} = 5 - 3 = 2$$

Возможных маршрутов соединения узла-инициатора (A) с узлом-получателем (B) будет шесть:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$$

$$A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$$

$$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D$$

$$A \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow D$$

$$A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D$$

$$A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow D$$

И согласно формуле (5), также будет шесть вариантов:

$$F_{\text{возм.маршр.через 2 пр.узел.}} = (5 - 2)(5 - 3) = 6$$

В системах, где узел-инициатор соединяется с узлом-получателем через три промежуточных узла, формируется еще больше вариантов маршрутов передачи данных в сравнении с системами, где соединение происходит через первый и второй промежуточных узлов. Узел-получатель выбирается согласно формуле (1), первый промежуточный узел выбирается согласно формуле (2) и второй промежуточный узел выбирается согласно формуле (4), а третий промежуточный узел выбирается с учетом исключения узла-инициатора, узла-получателя, первого и второго промежуточных узлов. Для сети, состоящей из n узлов, количество возможных вариантов выбора третьего промежуточного узла будет определяться следующим образом:

$$F_{3 \text{ пр.узел.}} = n - 4 \tag{6}$$

где:

$F_{3 \text{ пр.узел.}}$ – количество узлов, которые могут быть выбраны в качестве третьего промежуточного узла;

n – количество узлов в сети.

Поскольку в сети, состоящей из четырех узлов, не может быть трех промежуточных узлов, сразу рассмотрим пример сети, состоящей из пяти узлов (A, B, C, D, E). Пусть узлом-инициатором будет (A), узлом-получателем – (B), первым промежуточным узлом – (C) и вторым промежуточным узлом – (D), тогда третьим промежуточным узлом может быть только (E) и, согласно формуле (5), будет равно:

$$F_{3 \text{ пр.узел.}} = 5 - 4 = 1$$

Для определения общего количества возможных маршрутов, соединяющих узел-инициатор с узлом-получателем через три промежуточных узла, необходимо учесть следующие условия. Первый промежуточный узел может быть выбран из $n - 2$ узлов согласно формуле (2), второй промежуточный узел может быть выбран из $n - 3$ узлов согласно формуле (4) и третий промежуточный узел может быть выбран из $n - 4$ узлов согласно формуле (6).

Таким образом, формула количества возможных маршрутов может быть представлена в следующем виде:

$$F_{\text{возм.маршр.через 3 пр.узл.}} = (n - 2)(n - 3)(n - 4) \quad (7)$$

где:

$F_{\text{возм.маршр.через 3 пр.узл.}}$ – количество возможных маршрутов соединения узла-инициатора с узлом-получателем через три промежуточных узла;
 n – количество узлов в сети.

Продолжим рассматривать пример сети, состоящей из пяти узлов (A, B, C, D, E). Возможных маршрутов соединения узла-инициатора (A) с узлом-получателем (D) будет шесть:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D$$

$$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow D$$

$$A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D$$

$$A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow D$$

$$A \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$$

$$A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$$

И согласно формуле (7), также будет шесть вариантов:

$$F_{\text{возм.маршр.через 3 пр.узл.}} = (5 - 2)(5 - 3)(5 - 4) = 6$$

Рассмотрим пример сети, состоящей из шести узлов (A, B, C, D, E, F). Пусть узлом-инициатором будет (A), узлом-получателем – (B), первым промежуточным узлом – (C) и вторым промежуточным узлом – (D), то третьим промежуточным узлом могут быть узлы (E, F) и, согласно формуле (6), также будет два варианта:

$$F_{\text{3 пр.узл.}} = 6 - 4 = 2$$

Возможных маршрутов соединения узла-инициатора (A) с узлом-получателем (B) будет 24:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D$$

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow D$$

$$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow D$$

$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow D$
 $A \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow D$
 $A \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$
 $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D$
 $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow D$
 $A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow D$
 $A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow D$
 $A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow B \rightarrow D$
 $A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D$
 $A \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$
 $A \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow D$
 $A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$
 $A \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow D$
 $A \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow B \rightarrow D$
 $A \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow D$
 $A \rightarrow F \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$
 $A \rightarrow F \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D$
 $A \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$
 $A \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D$
 $A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow D$
 $A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow D$

И согласно формуле (7), также будет 24 варианта:

$$F_{\text{возм.марshr.через 3 пр.узл.}} = (6 - 2)(6 - 3)(6 - 4) = 24$$

В системе из n узлов с фиксированными узлом-инициатором и узлом-получателем количество доступных узлов для выбора каждого нового промежуточного узла уменьшается на единицу из-за исключения ранее выбранных узлов. Для первого промежуточного узла остается $n - 2$, для второго – $n - 3$ и для третьего – $n - 4$. Таким образом, общая закономерность для k -го промежуточного узла можно представить в виде формулы:

$$F_k = n - k - 1 \quad (8)$$

где:

F_k пр.узл. – количество узлов, которые могут быть выбраны в качестве k -го промежуточного узла;

n – количество узлов в сети;

k – номер текущего промежуточного узла.

Исходя из этого, можно выразить формулу расчета количества возможных маршрутов для системы из n с использованием k промежуточных узлов:

$$F_{\text{возм.маршр.через } k \text{ пр.узел.}} = \prod_{i=1}^k (n - i - 1) \quad (9)$$

где:

$F_{\text{возм.маршр.через } k \text{ пр.узел.}}$ – количество возможных маршрутов соединения узла-инициатора с узлом-получателем через k промежуточных узлов;

n – количество узлов в сети;

k – количество промежуточных узлов.

i – номер текущего промежуточного узла, начиная с первого.

В табл. 1 приведены формулы для нахождения количества возможных маршрутов (КВМ) для систем от одного до семи промежуточных узлов.

Таблица 1.

КВМ	Формула для нахождения количества возможных маршрутов
1	$F_1 = (n - 2)$
2	$F_2 = (n - 2) \times (n - 3)$
3	$F_3 = (n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4)$
4	$F_4 = (n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5)$
5	$F_5 = (n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5) \times (n - 6)$
6	$F_6 = (n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5) \times (n - 6) \times (n - 7)$
7	$F_7 = (n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5) \times (n - 6) \times (n - 7) \times (n - 8)$

В системе *Tor* число промежуточных узлов фиксировано и равно трем [4], поэтому количество возможных маршрутов определяется формулой (7).

В системе *I2P*, в отличие от *Tor*, пользователи могут настроить количество промежуточных узлов в диапазоне от одного до семи в зависимости от требований безопасности [5]. При этом входящий и исходящий трафик маршрутизируется по различным маршрутам, что увеличивает общее количество возможных вариантов для полноценного соединения. В связи с этим формулу (9) необходимо модифицировать, и количество возможных маршрутов полноценного соединения в *I2P* рассчитывается как произведение количества маршрутов для входящего и исходящего трафика. Это эквивалентно возведению формулы (9) в квадрат:

$$F_{\text{возм.маршр.через } k \text{ пр.узел.}} = \prod_{i=1}^k (n - i - 1)^2 \quad (10)$$

В табл. 2 приведены формулы для нахождения количества возможных маршрутов полноценного соединения в системе *I2P*.

Таблица 2.

КВМ	Формула для нахождения количества возможных маршрутов полноценного соединения в системе <i>I2P</i>
1	$F_1 = (n - 2)^2$

2	$F_2 = ((n - 2) \times (n - 3))^2$
3	$F_3 = ((n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4))^2$
4	$F_4 = ((n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5))^2$
5	$F_5 = ((n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5) \times (n - 6))^2$
6	$F_6 = ((n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5) \times (n - 6) \times (n - 7))^2$
7	$F_7 = ((n - 2) \times (n - 3) \times (n - 4) \times (n - 5) \times (n - 6) \times (n - 7) \times (n - 8))^2$

Заключение

Разработанные формулы для расчета количества маршрутов в одноранговых сетях с различным числом промежуточных узлов систематизируют процесс моделирования маршрутизации и предоставляют универсальный инструмент для анализа сетей. Они применимы как для систем с фиксированным числом промежуточных узлов, таких как *Tor*, так и для сетей с гибкой настройкой маршрутов, например, *I2P*. Формулы учитывают закономерность уменьшения доступных узлов на каждом этапе выбора, что позволяет адаптировать их к различным топологиям сетей.

Применение данных формул способствует повышению уровня информационной безопасности одноранговых сетей за счет увеличения сложности маршрутов, что затрудняет действия злоумышленников, направленные на анализ трафика и идентификацию участников обмена данными. Это особенно важно для противодействия атакам типа «Человек посередине» и другим методам компрометации конфиденциальности.

Полученные результаты могут дать возможность прогнозировать уязвимости сети, оценивать вероятность перехвата данных на каждом этапе маршрутизации, а также проектировать новые схемы маршрутизации, повышающие устойчивость сетей к анализу трафика. Такие схемы находят применение в современных системах, где конфиденциальность и безопасность данных являются приоритетными задачами.

Для упрощения использования разработанных формул и автоматизации процесса анализа маршрутов создано программное обеспечение [6], которое позволяет эффективно моделировать сложные топологии и проводить анализ безопасности в одноранговых сетях. Таким образом, представленные модели открывают новые перспективы для проектирования защищенных распределенных систем и отвечают актуальным требованиям информационной безопасности.

Литература

1. Одноранговые сети (сети без централизованного управления) // studfile.net URL: <https://studfile.net/preview/2802302/page/6/> (дата обращения: 16.10.2024).
2. Xuemin Shen, Heather Yu, John Buford, Mursalin Akon (Eds.). Handbook of Peer-to-Peer Networking. Springer, 2010. – 1421 p. ISBN 978-0-387-09750-3. DOI 10.1007/978-0-387-09751-0.
3. Михайленко Н.В., Мурадян С.В., Вихляев А.В. Актуальные вопросы мониторинга и противодействия киберугрозам в одноранговых сетях // Аудиторские ведомости, 2022. – № 1. – С. 140-145.
4. Цифровые технологии и информационная безопасность бизнес-процессов: Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 22 мая 2024 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2024. – 257 с. – EDN QPLWRU.

5. Филимонов А.В. Разработка системы оценки и управления рисками в области авиационной безопасности // Цифровые технологии и информационная безопасность бизнес-процессов: Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 22 мая 2024 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2024. – С. 108-118. – EDN XOADSQ.
6. Зюзин В.Д. Информационная безопасность как объект киберпреступности // Телекоммуникационные и вычислительные системы 2020: Труды международной научно-технической конференции, Москва, 14-17 декабря 2020 года. Московский технический университет связи и информатики. – Москва: Научно-техническое издательство «Горячая линия-Телеком», 2020. – С. 410-414. – EDN OTNWDZ.
7. Зюзин В.Д. Использование метода множественных стартовых соединений в задаче маскировки VPN-соединения // Труды XXVI научной конференции по радиофизике, посвященной 120-летию М.Т. Греховой: Материалы конференции, Нижний Новгород, 12-27 мая 2022 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2022. – С. 535-536. – EDN YFVKGA.
8. Руководство пользователя браузера Tor // Tor URL: tb-manual.torproject.org/ru/ (дата обращения: 17.11.2024).
9. I2P Network Performance: Speed, Connections and Resource Management // I2P URL: geti2p.net/ru/about/performance (дата обращения: 19.11.2024).
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024610455 Российская Федерация. Программный комплекс анализа сетевой безопасности в VPN сети на основе технологии P2P (версия 1.0): № 2023689708: заявл. 22.12.2023: опубл. 10.01.2024 // В. Д. Зюзин. – EDN DHYOJP.