ELECTROMAGNETIC WAVE DIFFRACTION PROBLEMS: ON AN ANISOTROPIC THREE-LAYER DIAPHRAGM AND ANISOTROPIC N-LAYER DIAPHRAGM IN A RECTANGULAR WAVEGUIDE

DEREVYANCHUK Ekaterina Dmitrievna
Candidate of Science in Physics and Mathematics, Associate Professor
LAZAREV Oleg Andreevich
Student
Penza State University
Penza, Russia

This work is devoted to two diffraction problems: the problem of diffraction of an electromagnetic wave on an anisotropic three-layer diaphragm and the problem of diffraction of an electromagnetic wave on an anisotropic n-layer diaphragm in a rectangular waveguide. The problems are reduced to boundary value problems for the system of Maxwell's equations. Analytical solutions of both diffraction problems are obtained.
Keywords: diffraction problem, electromagnetic wave, anisotropic material.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОММУНИКАЦИЙ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

ДЕРЕВЯНЧУК Екатерина Дмитриевна
кандидат физико-математических наук, доцент
СУРКИН Артем Александрович
студент
Пензенский государственный университет
г. Пенза, Россия

Данная работа посвящена задаче оптимизации коммуникаций структурных подразделений. Исследованы две задачи: задача поиска оптимизации связи между диспетчером и бригадами скорой помощи и задача коммивояжера. В качестве численного метода выбран алгоритм Прима. Результаты исследования могут быть применены для оптимизации коммуникаций подразделений.
Ключевые слова: канал связи, оптимизация коммуникаций, алгоритм Прима.

Идея графов возникла в XVIII в. благодаря работе швейцарского математика Леонарда Эйлера. В 1736 г. он решил знаменитую проблему семи кенигсбергских мостов, представив карту города как граф и доказав, что невозможно обойти все мосты всего один раз, не проходя дважды по одному и тому же мосту.

Термины, используемые в теории графов, включают в себя понятия направления связей (ориентированные графы), наличие взвешенных связей (взвешенные графы), а также циклов и путей между вершинами. Построение графа осуществляется при помощи вершин и ребер (рисунок 1). Вершины обычно обозначаются точками или кругами, а ребра – линиями или стрелками между вершинами. Под **графом** G (X, A) понимается пара множеств, первое из которых множество X представляет собой множество вершин, второе множество A – множество ребер, соединяющих две вершины (рисунок 1) [1]. Графы могут быть как ориентированными, так и неориентированными, их можно представить в виде матрицы смежности.

Вес в теории графов обычно представляет собой числовое значение, присваиваемое ребру или вершине. Вес может отражать различные характеристики ребра или вершины, например, длину дороги, стоимость проезда или пропускную способность. ***Подграф*** – это часть графа, содержащая подмножество его вершин и ребер. Подграф используется для анализа более компактных или специфических структур в графе, а также для упрощения вычислений или поиска определенных путей. ***Ориентированный граф типа дерево*** представляет собой граф, в котором каждая вершина имеет только одного родителя и не существует циклов. ***Дерево в теории графов*** – это связный граф, содержащий все вершины графа и имеющий наименьшее возможное количество ребер и не содержащий циклов. ***Остовное дерево в теории графов*** – это подграф связного неориентированного графа, который содержит все вершины из исходного графа и является деревом. Важно отметить, что у любого связного неориентированного графа может быть несколько различных остовных деревьев. Создание **остовного дерева** в графе обычно происходит путем выбора ребер исходного графа, таким образом, чтобы получившийся подграф был деревом и содержал все вершины исходного графа.

Данная работа является продолжением работы [2] и посвящена проблеме оптимизации коммуникации между структурными подразделениями. В качестве численного метода в данном исследовании выбран алгоритм Прима – один из распространенных алгоритмов для построения остовного дерева [3].

Постановка задачи. В качестве вершин графа в статье будем рассматривать подразделения предприятия, а в качестве дуг – взаимодействие между подразделениями. Направление дуги указывает на существование связи от одной вершины к другой.

Постановка задачи.

Задача 1: требуется найти оптимальные по времени каналы связи между структурными подразделениями одной организации.

Математическая постановка задачи 1: найти минимальное остовное дерево для графа G(X, A), который отображает связи.

Задача на алгоритм Прима № 1.

1. Рассмотрим ситуацию: в диспетчерскую позвонил пострадавший и просит о госпитализации. Задача: максимально быстро оповестить все больницы.

Графы изображены на рисунках 1, 2, ниже приведен список ребер.

Список ребер графа: Диспетчер -> № 2 № 35, Диспетчер -> № 13 № 2, Диспетчер -> № 77 № 4, Диспетчер -> № 17 № 31, Диспетчер -> № 7 № 35, Диспетчер -> № 35, Диспетчер -> № 4, Диспетчер -> № 31, Диспетчер -> № 125 № 31, № 2 -> № 35,№ 13 -> № 125 № 77,№ 77-> № 4, № 7 -> № 35, № 17 ->№ 31, № 125 -> № 31 № 13.

2. Задача объехать все отделы продаж торговому представителю магазина. Задача сводится к поиску кратчайшего пути. Пусть в графе вершина D обозначает торгового представителя, а вершины – отделы продаж, вес – расстояние между отделами продаж, выражаемое в километрах.

Граф задачи изображен на рисунке 3, ниже приведен список ребер.

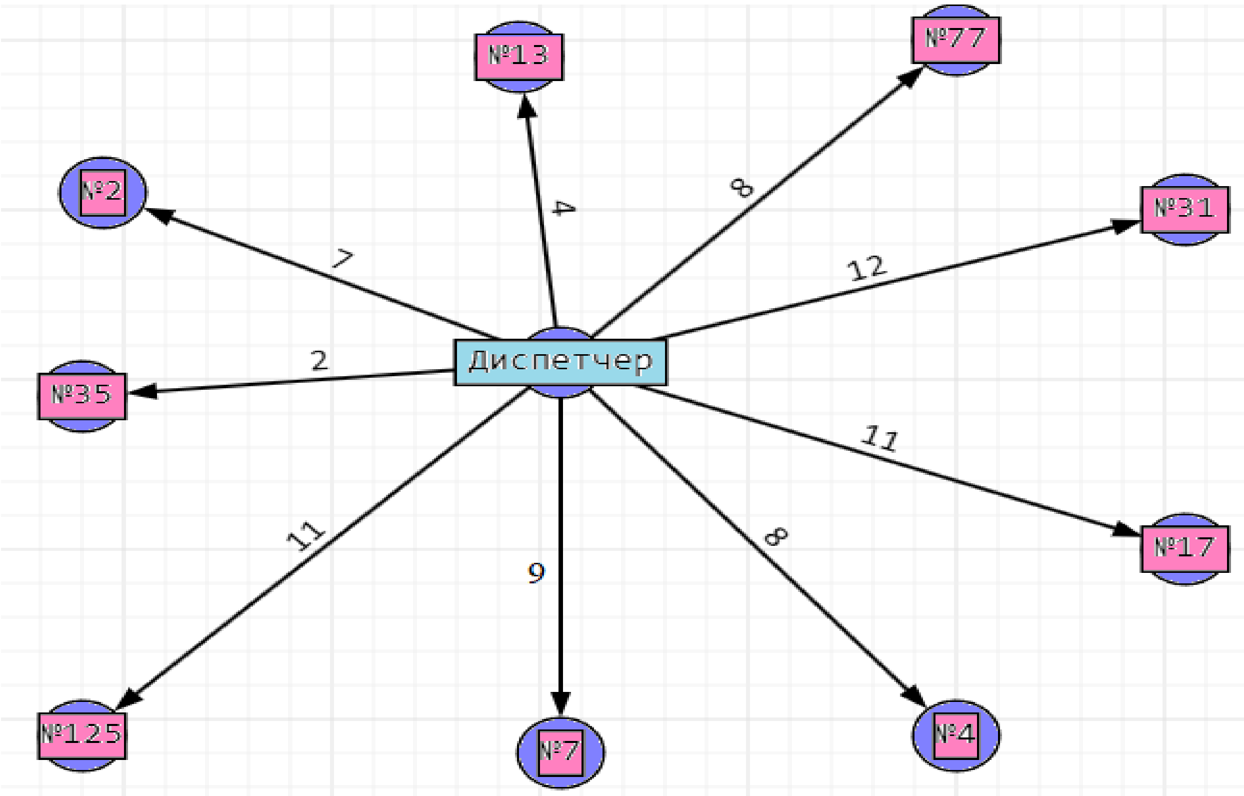

Рисунок 1. **Граф связи диспетчера с больницами**

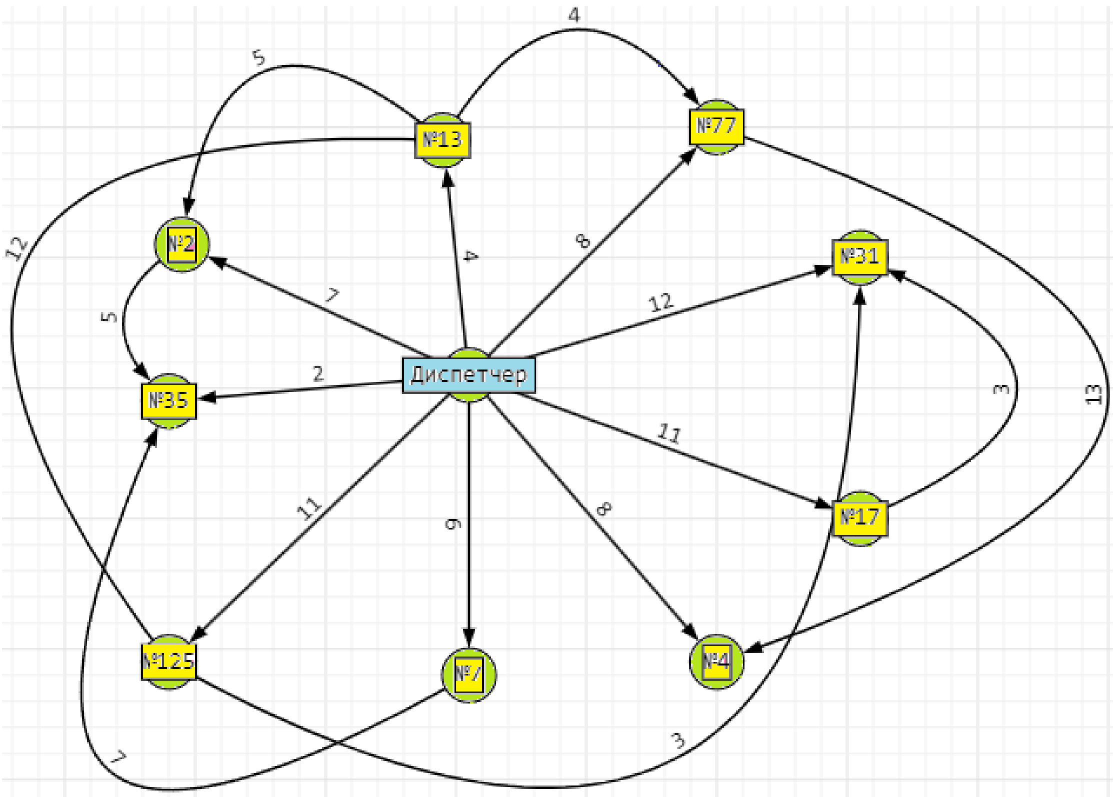

Рисунок 2. **Граф коммуникации больниц с больницами**

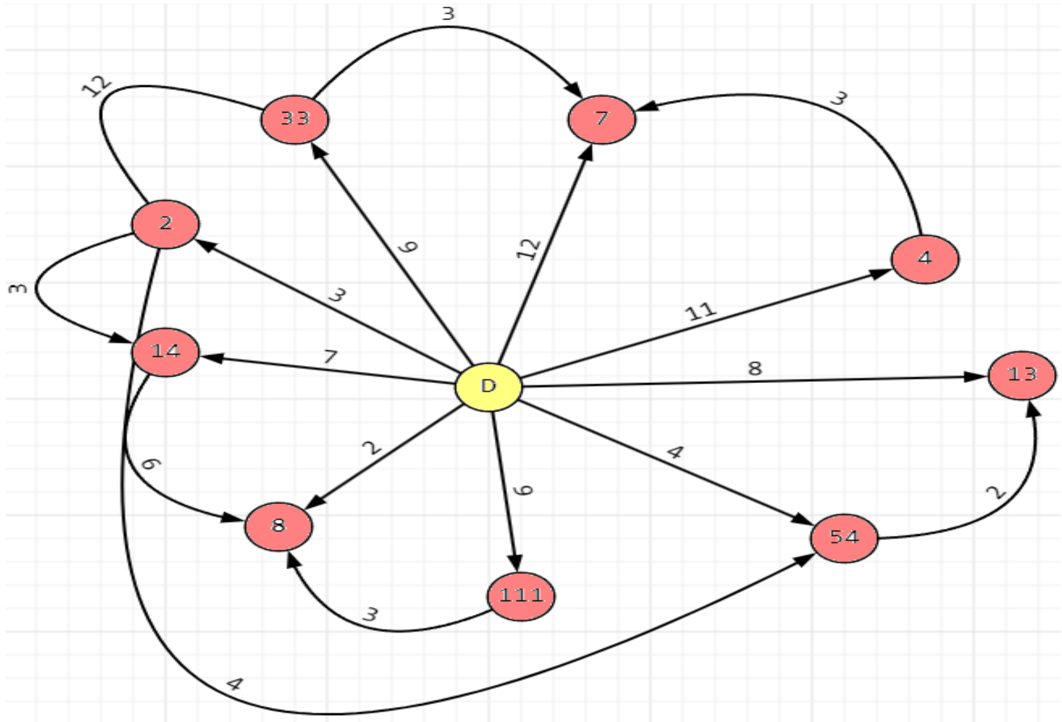

Рисунок 3. **Граф коммуникации торгового представителя с отделами продаж**

Список ребер графа: D -> 2 с весом 3, D -> 14 с весом 7,D -> 8 с весом 2, D -> 33 с весом 9, D -> 111 с весом 9, D -> 54 с весом 4,D -> 7 с весом 12,D -> 4 с весом 11,D -> 13 с весом 8, 14 -> 8 с весом 6,2 -> 14 с весом 3, D -> 54 с весом 4, 2 -- 33 с весом 12,33 -> 7 с весом 3,4 -> 7 с весом 3, 111 -> 8 с весом 3, 54 -> 13 с весом 2.

Численный метод. Численный метод с использованием теории графов – это метод решения задач, в котором структура данных и операции над ними представляются в виде графа. Графы являются удобным инструментом для моделирования и анализа различных систем, а также для поиска оптимальных решений в задачах оптимизации.

Примером численного метода с использованием теории графов может служить алгоритм Прима или алгоритм Крускала. Эти алгоритмы применяются для поиска минимального остовного дерева во взвешенном графе. В данной работе алгоритм Прима применяется для поиска быстрого оповещения всех подразделений организации.

2.1 Алгоритма Прима. Алгоритма Прима состоит из следующих шагов.

Шаг 1. На входе имеется пустой подграф, который достраивается до потенциального минимального остовного дерева. Изначально наш подграф состоит из одной любой вершины исходного графа.

Шаг 2. Затем из ребер инцидентных этой вершине, выбирается такое минимальное ребро, которое связала бы две абсолютно разные компоненты связности, одной из которых и является наш подграф. То есть, как только появляется возможность добавить новую вершину в исходный подграф, вершина включается в подграф по минимально возможному весу.

Рассмотрим алгоритма Прима на примере. Пусть у нас есть граф G (рисунок 4), G= (V, E), где V – множество вершин, E – множество ребер, каждому ребру присвоен вес. Множество V ={A, B, C, D, E}, веса всех ребер: AB – 2, AC – 3, AD – 1, AE – 6, BC – 5, BD – 4, BE – 2, CD – 7, CE – 3, DE – 8.

Требуется *найти минимальное остовное дерево этого графа.*

Решение. Применим алгоритм Прима. Выбираем случайную начальную вершину и добавляем ее в остовное дерево. На каждом шаге выбираем ребро минимального веса, инцидентное уже построенному остовному дереву, и добавляем его в остовное дерево. Таким образом, расширяем дерево на одну вершину. Повторяем шаг 2 до тех пор, пока все вершины не будут включены в остовное дерево.

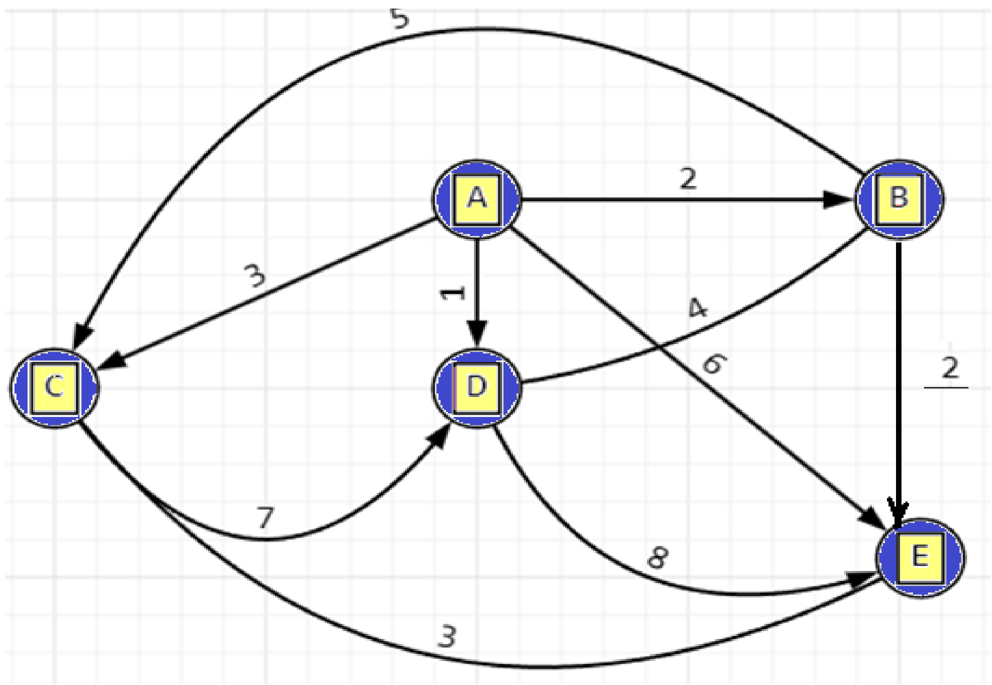

Рисунок 4. **Граф G= (V, E)**

Например, применяем алгоритм Прима, начиная с вершины A: A – выбрана, добавляем ее в остовное дерево. Выбираем ребро минимального веса, инцидентное A: AD – 1, добавляем вершину D в остовное дерево. Выбираем следующее минимальное ребро: AB – 2, добавляем вершину B в остовное дерево. Выбираем следующее минимальное ребро: BE – 2, добавляем вершину E в остовное дерево. На последнем шаге выбираем ребро AC – 3, добавляем вершину C в остовное дерево. Таким образом, минимальное остовное дерево будет иметь структуру как показано на рисунке 5.

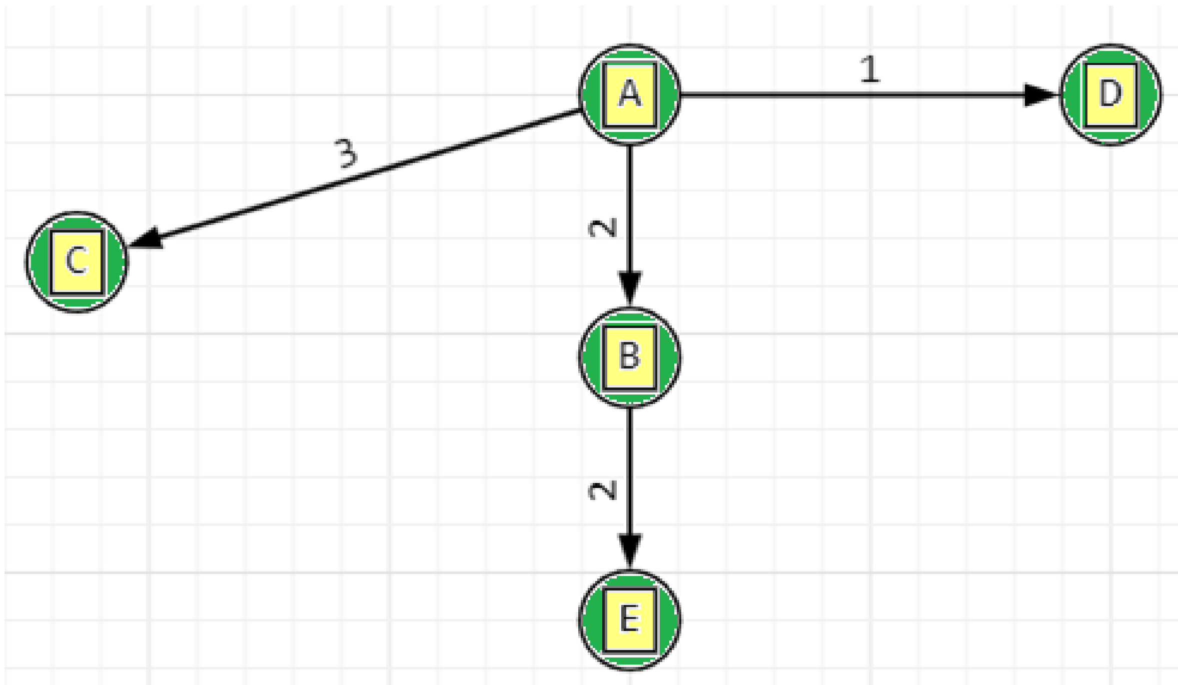

Рисунок 5. **Остовное дерево графа G= (V, E)**

2.1.1 Решение задач алгоритмом Прима.

1. Рассмотрим ситуацию: в диспетчерскую позвонил пострадавший и просит о госпитализации. Веса у ребер – время звонка. В данной ситуации на графе (рисунок 1) мы видим время обзвона каждой больницы оператором для того, чтобы он мог узнать есть ли свободная бригада скорой помощи. Рассмотрим граф (рисунок 2), обозначим на нем в виде веса на дугах время звонка от больницы к ближайшей к ней, через сотрудников больниц (это может быть, как звонок от медсестры к медсестре или от бригады к бригаде). С помощью алгоритма Прима найдем минимальное время оповещение всех бригад диспетчером. Для этого нам понадобится остовное дерево, построим его.

Как видно из дерева через бригады № 125 и № 13 передать сообщение быстрее, чем напрямую: найдем время оповещение всех бригад, сложим все веса: 2+11+3+9+8+11+8+ +4+5=61.

Минимальное время оповещение равняется 61. Таким образом, оптимальным решением задачи будет остовное дерево, изображенное на рисунке 6.

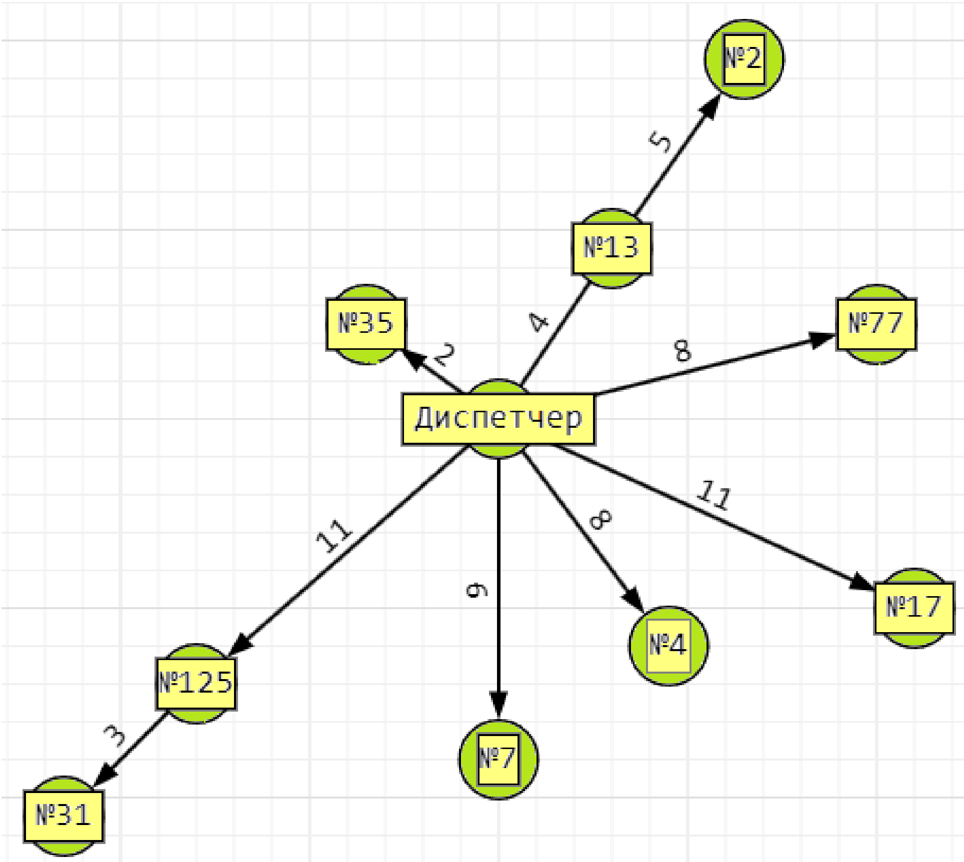

Рисунок 6. **Остовное дерево**

2. В данном случае D (рисунок 3) – торговый представитель, вершины – это отделы продаж, веса – расстояния между отделами в километрах.

Торговому представителю нужно проехать все отделы (вершины). Для того чтобы он проехал по максимально короткому пути, построим остовное дерево (рисунок 7):

Чтобы объехать все точки, торговому представителю понадобится проехать расстояние: 2+4+6+3+3+11+2+6+3=40 км – кратчайший путь. Оптимальным решением задачи будет остовное дерево, изображенное на рисунке 7.

Таким образом, в данной работе был применен алгоритма Прима для двух видов задач, а именно: задачи поиска оптимизации связи между диспетчером и бригадами скорой помощи и задачи коммивояжера.

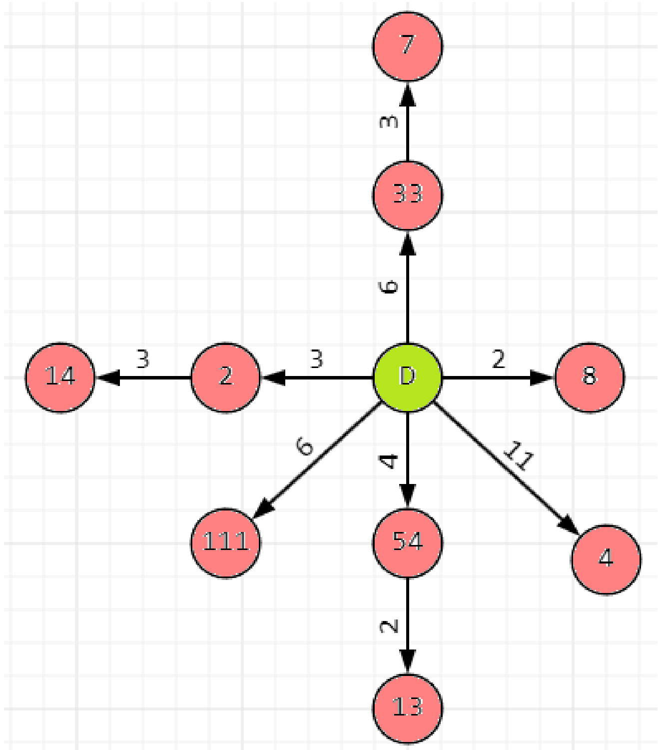

Рисунок 7. **Остовное дерево**

Численные результаты приведены для каждого типа задач. Теоретические и численные результаты работы могут быть применены для оптимизации каналов связи между структурными подразделениями предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волченская Т.В.* Теория графов: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1998. – 63 с.
2. *Деревянчук Е.Д.* Анализ коммуникационных каналов с помощью теории графов // Общество. – 2024. – № 1(32). – Часть 2. – С. 7-10.
3. *Майника Э.* Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. – М.: Мир, 1981. – 325 с.

OPTIMISATION OF COMMUNICATIONS BETWEEN STRUCTURAL UNITS

DEREVYANCHUK Ekaterina Dmitrievna
Candidate of Science in Physics and Mathematics, Associate Professor
SURKIN Artem Aleksandrovich
Student
Penza State University
Penza, Russia

This work is devoted to the communication optimizing problem between structural units. Two problems are investigated: the communication optimizing problem between the dispatcher and ambulance crews and the traveling salesman problem. The Prim's algorithm is chosen as the numerical method. The results of the study can be applied to optimize communication between departments.
Keywords: communication channel, communication optimization, Prim's algorithm.