

## ОПТИМАЛЬНЫЙ ПЛАН ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА ДЛЯ ГАЗОПРОВОДНОЙ СЕТИ С ДВУМЯ ПОСТАВЩИКАМИ И ОДНИМ ПОТРЕБИТЕЛЕМ

ДЕРЕВЯНЧУК Олеся Дмитриевна

студент

ШИРОКОВ Андрей Алексеевич

студент

Пензенский государственный университет

г. Пенза, Россия

В работе исследуется задача оптимального плана транспортировки газа для газопроводной сети с одним потребителем и двумя поставщиками. В качестве численного метода выбран алгоритм Форда-Фалкерсона. Предложено преобразование сети, которое приводит к большему максимальному потоку в сети.

**Ключевые слова:** алгоритм Форда-Фалкерсона, поток в сетях, сеть с двумя истоками и одним стоком, максимальный поток.

Данная работа является продолжением работ авторов [2;4;3], посвященных исследованию задачи оптимизации транспортных планов в сетевых структурах. Целью данной работы является иллюстрация разработанного в работе [4] метода на примере сети с одним стоком и двумя истоками.

Рассмотрим газовую структуру, представляющую собой сеть с двумя истоками (поставщиками) и одним стоком (потребителем).

Дана сеть в виде графа  $G(X,A)$ , где  $x = \{x_i; i = 1,2 \dots 8\}$  – множество вершин,  $A$  – множество дуг,  $|A| = 10$  (рисунок 1).

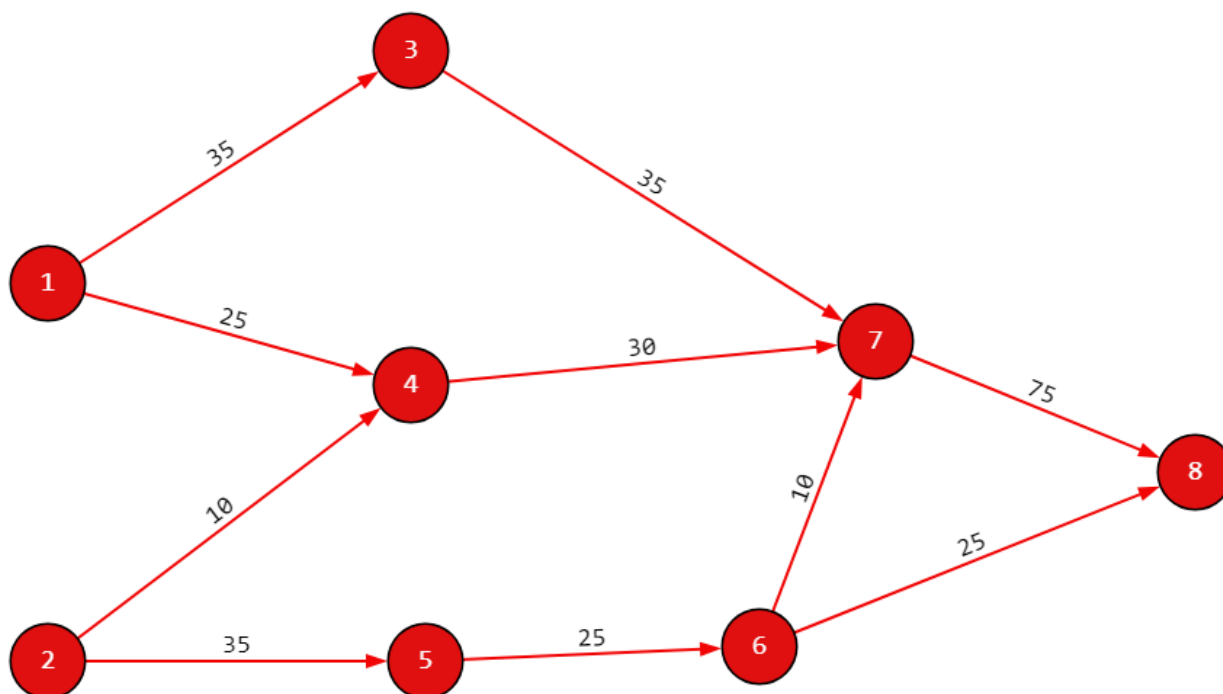


Рисунок 1. Граф G

По алгоритму Форда-Фалкерсона для нескольких истоков и нескольких стоков истоки объединяются в одну вершину, и стоки объединяются в другую вершину. В результате сеть представляет собой граф с одним исто-

ком и одним стоком, а количество вершин увеличивается на две [1; 6-7].

В исследуемой задаче необходимо объединить только истоки в одну вершину. Это будет вершина S1 (рисунок 2).

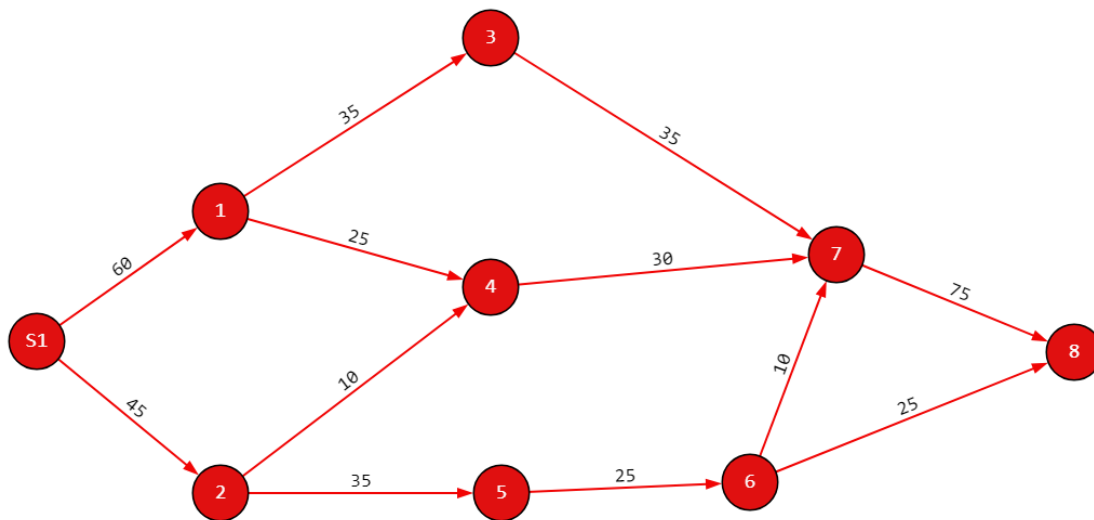


Рисунок 2. Граф G с добавлением вершины S1

Далее алгоритм осуществляется как в задаче с сетью с одним истоком и одним стоком. Рассмотрим более подробно.

Путь S1-1-3-7-8. Пропускные способности дуг на этом пути равны: (60; 35; 35; 75). Минимальная пропускная способность  $C_{\min} = \min$

[60; 35; 35; 75]=35 равна 35. Это и есть тот максимальный поток, который можно пропустить по данному пути. Обозначим его на графе, сделав соответствующие пометки над каждой дугой (рисунок 3).

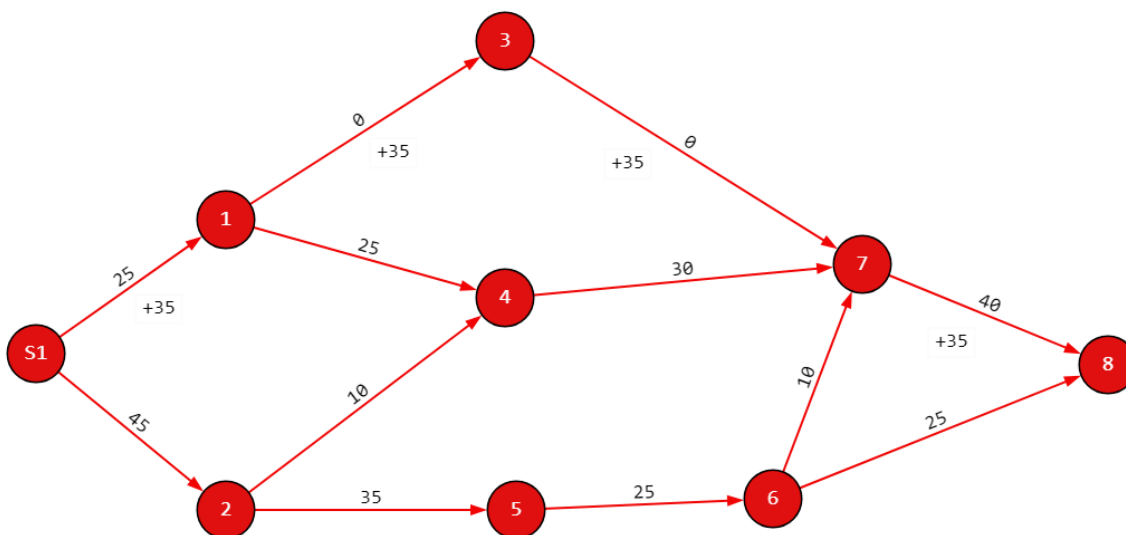


Рисунок 3. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-1-3-7-8

Следующий произвольный ориентированный путь: S1-1-4-7-8. Пропускные способности дуг равны: (25; 25; 30; 40). А минимальная пропускная способность  $C_{min} = \min[25;$

25; 30; 40]=25 равна 25. Обозначим на графе данный поток и уменьшим на его величину пропускные способности дуг (рисунок 4).

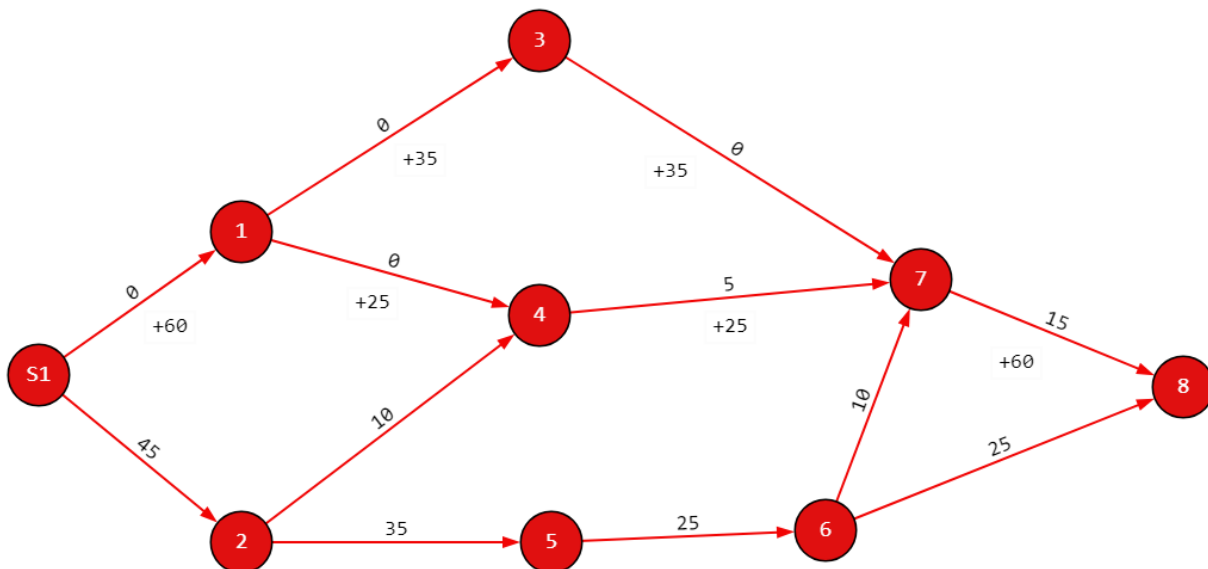


Рисунок 4. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-1-4-7-8

Далее, рассмотрим ориентированный путь: S1-2-5-6-8. Пропускные способности его дуг составляют: (45; 35; 25; 25). То есть,

пропускаем поток  $C_{min} = \min[45; 35; 25; 25] = 25$ , равный 25 и отмечаем его на графе (рисунок 5).

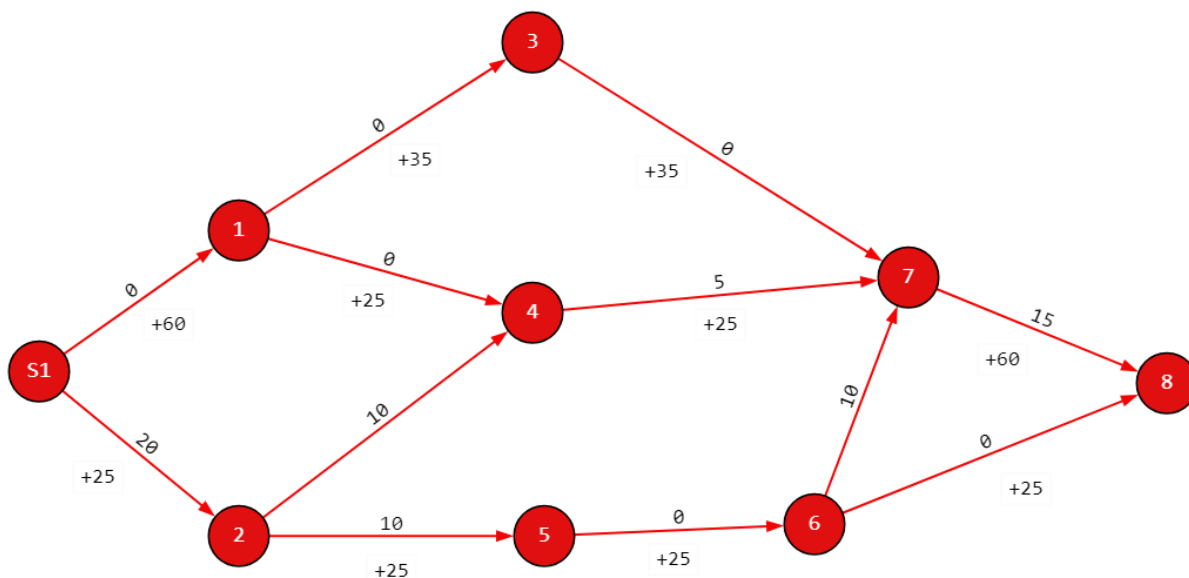


Рисунок 5. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-2-5-6-8

Последний возможный ориентированный путь S1-2-4-7-8. Здесь дуги имеют пропускные способности (20; 10; 5; 15). То есть, пропуска-

ем поток  $C_{min} = \min[20; 10; 5; 15] = 5$ , мощностью 5 и отмечаем его на графе (рисунок 6).

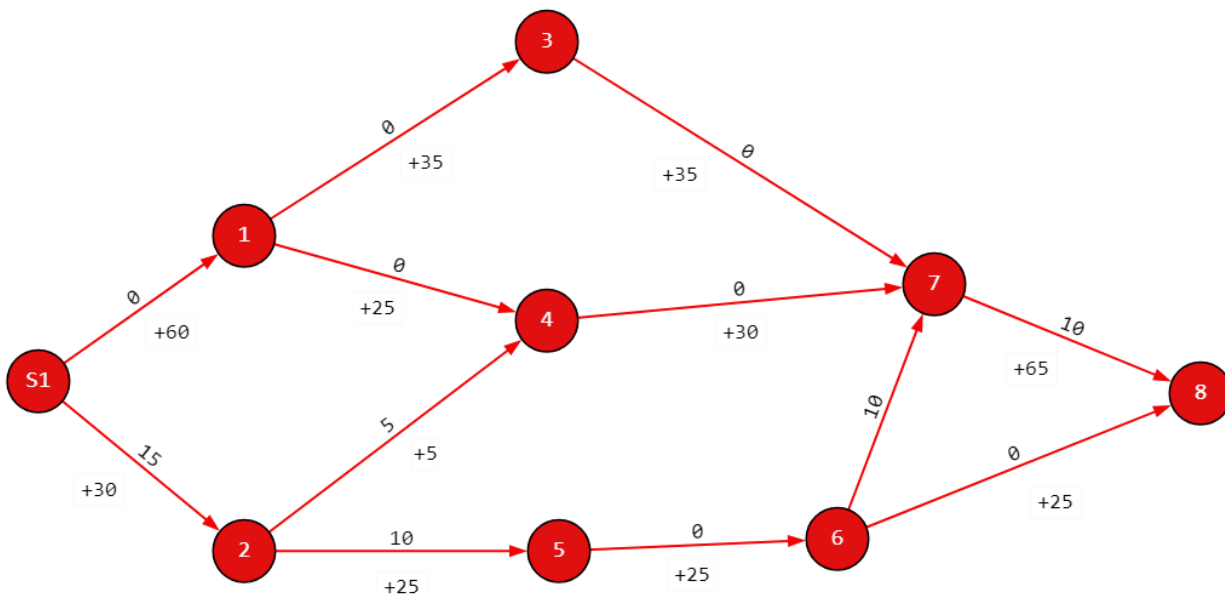


Рисунок 6. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-2-4-7-8

Проанализируем полученный результат<sup>1</sup>. Получилась максимальная пропускная способность равная 90.  $\text{Max}=90$ . Но при этом не задействована на максимальную мощность пропускная возможность дуги S1-2, а также дуги 7-8. По ним мы могли бы пропустить

еще 15 условных единиц.

Для получения максимальной пропускной способности необходимо увеличить дугу (5;6) на 10, (4;7) на 5 и (7;8) на 5 (рисунок 7).

Приведем краткое решение задачи для преобразованного графа (рисунок 7).

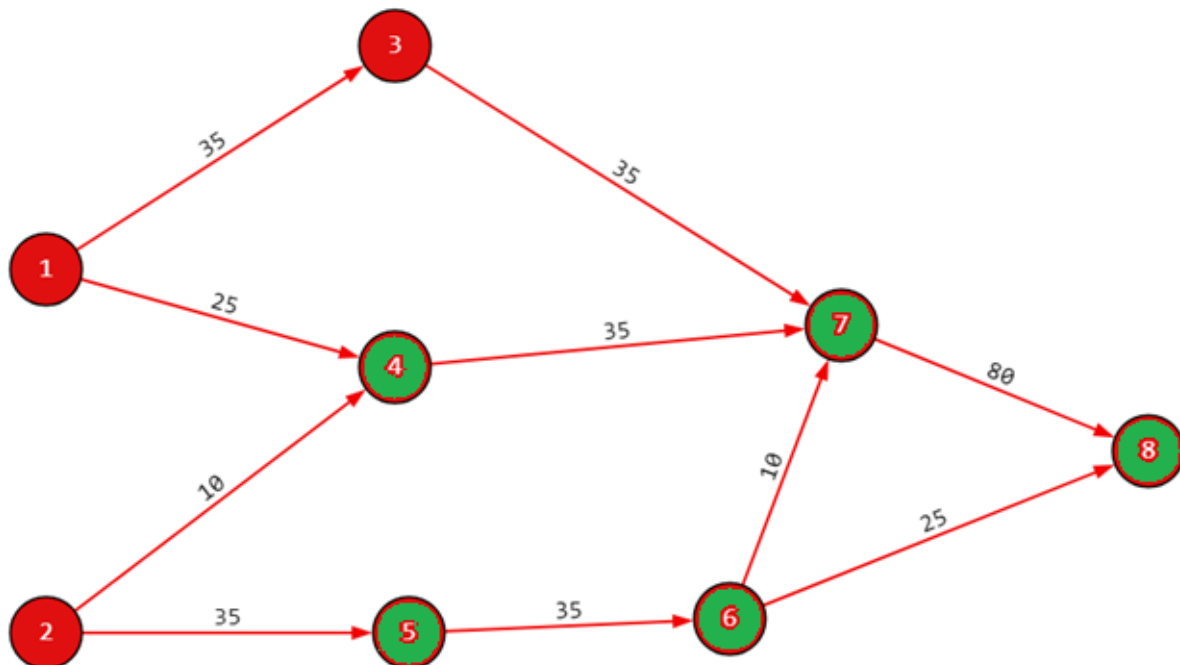


Рисунок 7. Граф G

<sup>1</sup>Напомним, что пропускная способность сети определяется по минимальной суммарной пропускной способности исходящих дуг истока ( $60+30=90$ ) и суммарной пропускной способности входящих дуг стока ( $65+25=90$ ). Следовательно, пропускная способность сети равно 90.

Для продолжения работы необходимо объединить истоки в одну вершину S1 (рисунок 8).

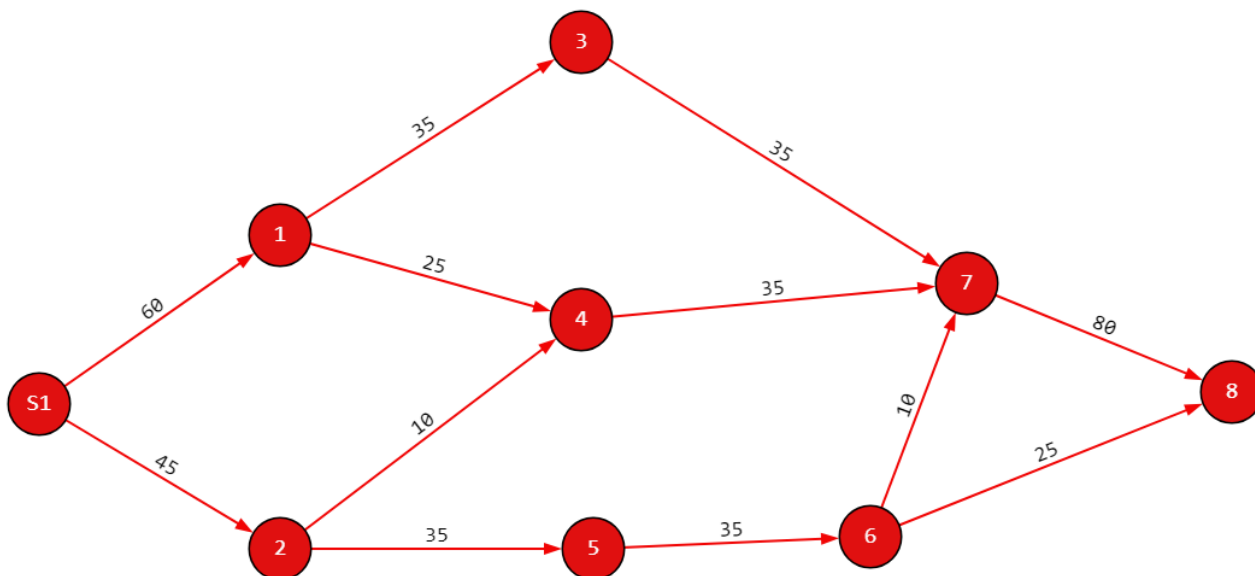


Рисунок 8. Преобразованный граф G с добавлением вершины S1

Путь S1-1-3-7-8. Пропускные способности дуг на этом пути равны: (60; 35; 35; 80). Минимальная пропускная способность  $C_{\min} = \min [60; 35; 35; 80] = 35$  равна 35. Это и есть тот максимальный поток, который можно пропустить по данному пути (рисунок 9).

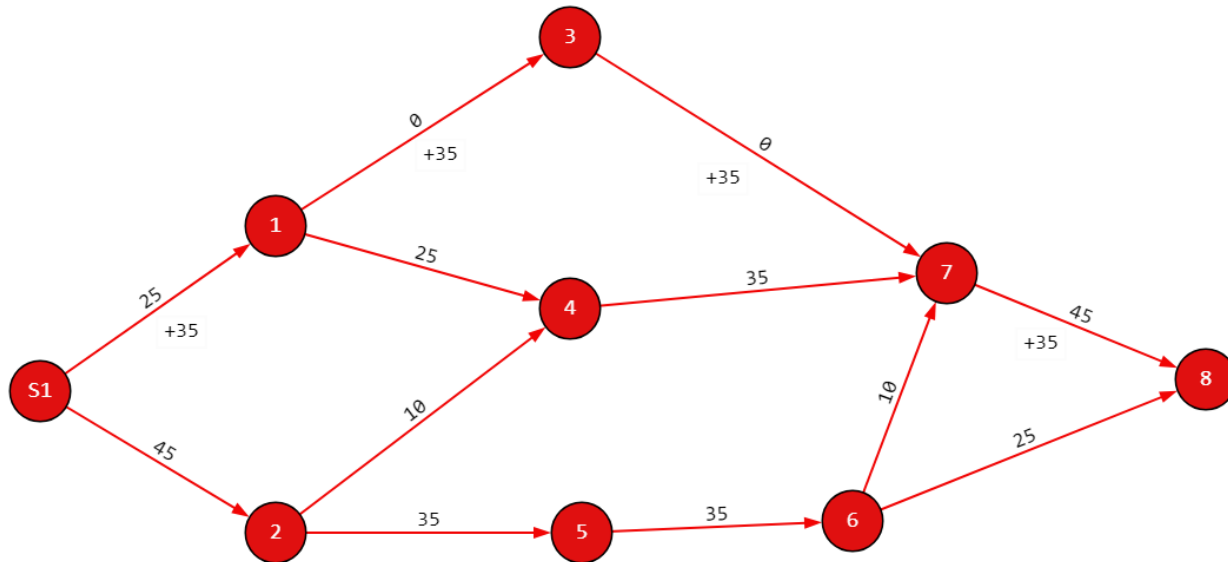


Рисунок 9. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-1-3-7-8

Следующий произвольный ориентированный путь: S1-1-4-7-8. Пропускные способности дуг равны: (25; 25; 35; 45). А минимальная пропускная способность  $C_{\min} = \min [25; 25; 35; 45] = 25$  равна 25 (рисунок 10).

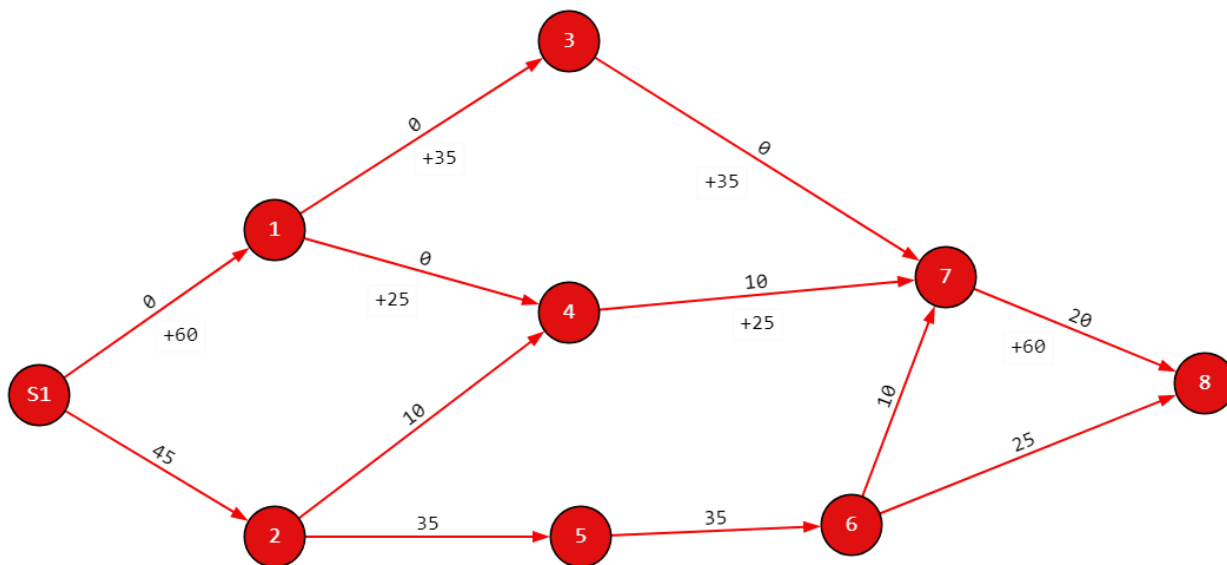


Рисунок 10. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-1-4-7-8

Далее, рассмотрим ориентированный путь: S1-2-4-7-8. Пропускные способности его дуг составляют: (45; 10; 10; 20). То есть, пропуска-

ем поток  $C_{\min} = \min [45; 10; 10; 20] = 10$ , равный 10 и отмечаем его на графе (рисунок 11).

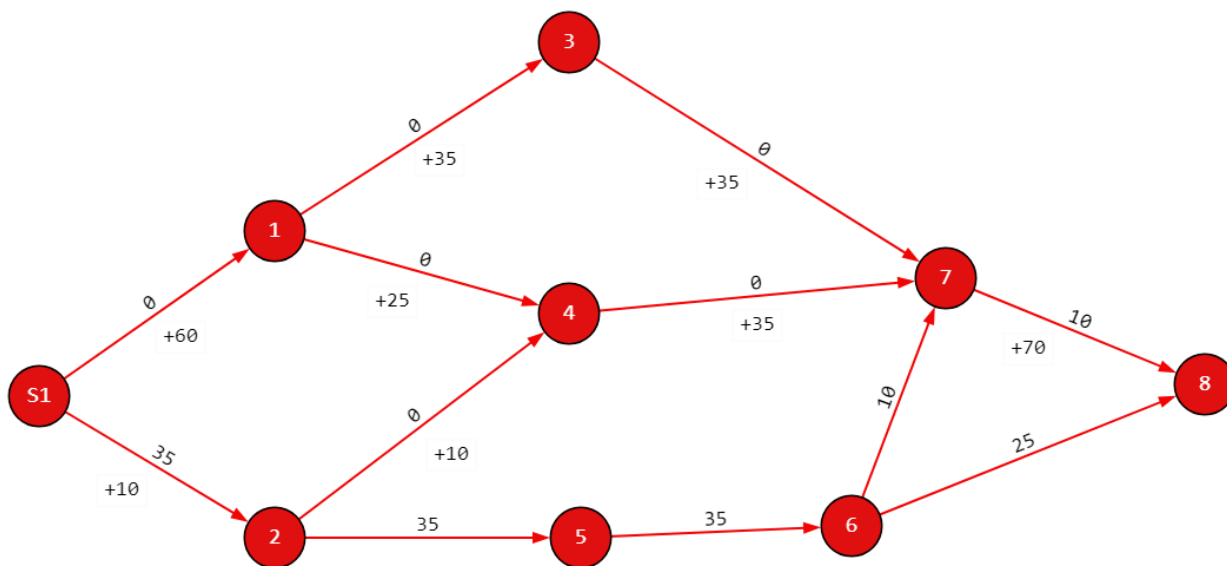


Рисунок 11. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-2-4-7-8

Следующий путь S1-2-5-6-7-8. Пропускные способности дуг на этом пути равны: (35; 35; 35; 10; 10). Минимальная пропускная

способность  $C_{\min} = \min [35; 35; 35; 10; 10] = 10$  равна 10 (рисунок 12).

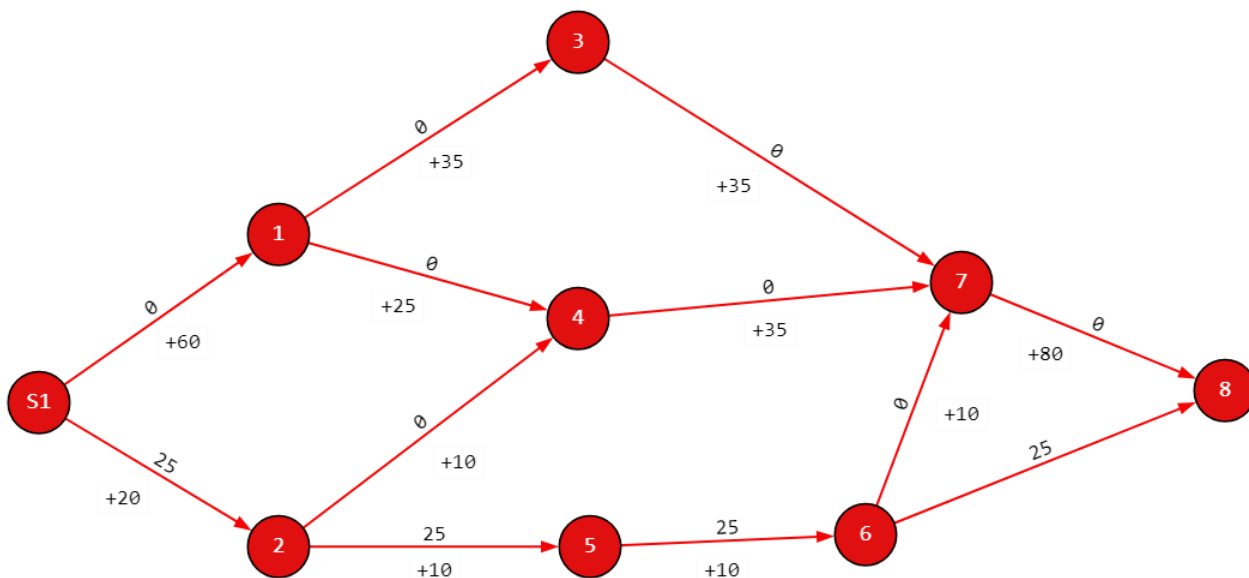


Рисунок 12. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-2-5-6-7-8

И в завершение, последний возможный ориентированный путь: S1-2-5-6-8. Здесь дуги имеют пропускные способности (25; 25;

25; 25). То есть, пропускаем поток  $C_{\min} = \min [25; 25; 25; 25] = 25$ , мощностью 25 и отмечаем его на графе (рисунок 13).

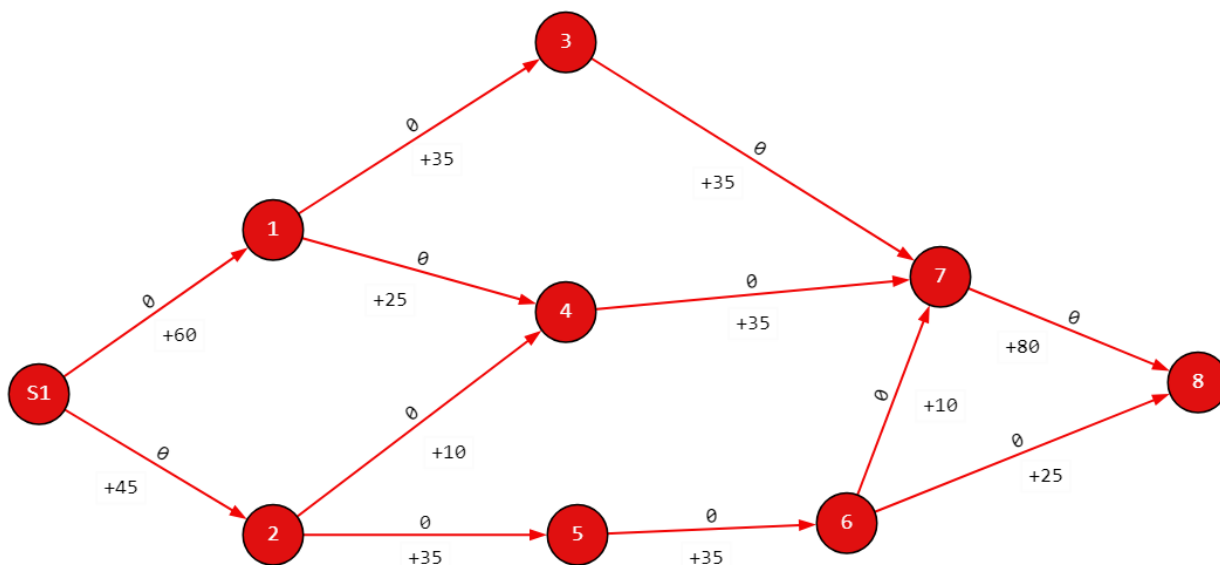


Рисунок 13. Максимальный поток, который можно пропустить по пути S1-2-5-6-8

Пропускная способность сети определим по минимальной суммарной пропускной способности исходящих дуг истока ( $60+45=105$ ) и суммарной пропускной способности входящих

дуг стока ( $80+25=105$ ). Следовательно, пропускная способность сети равно 105.

Таким образом, максимальный поток будет равен максимально возможному ресурсу сети.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Деревянчук Е.Д. Методика построения алгоритмов для практических задач с применением теории графов // Научный потенциал. – 2024. – № 2(45). – С. 37-44.
2. Деревянчук Е.Д., Широков А.А. Методика решения задачи создания оптимального плана перевозок с учётом потоков в сетях с одним истоком и одним стоком // Педагогика современности. – 2024. – № 2.
3. Деревянчук Е.Д., Широков А.А. Оптимальный план транспортировки газа для газопроводной сети с одним поставщиком и двумя потребителями // Научный потенциал. – 2024. – № 3(46).
4. Деревянчук О.Д. Транспортировка больных из одного госпиталя в другой с остановками во временных пунктах размещения // Общество. – 2024. – № 1(32). Часть 2. – С. 19-23.
5. Изотова Т.Ю. Обзор алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – № 19. – С. 341-344.
6. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: Вильямс, 2011. – 1296 с.
7. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. – СПб.: Питер, 2001. – 301 с.

## THE OPTIMAL GAS TRANSPORTATION PLAN FOR A GAS PIPELINE NETWORK WITH TWO SUPPLIERS AND ONE CONSUMER

**DEREVYANCHUK Olesya Dmitrievna**

Student

**SHIROKOV Andrey Alekseevich**

Student

Penza State University

Penza, Russia

*The paper examines the problem of an optimal gas transportation plan for a gas pipeline network with one consumer and two suppliers. The Ford-Fulkerson algorithm was chosen as a numerical method. A network transformation is proposed, which leads to a greater maximum flow in the network.*

**Keywords:** Ford-Fulkerson algorithm, flow in networks, network with two sources and one drain, maximum flow.