



**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*XXI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих вчених, курсантів та
студентів*

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Львів – 2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова: Дмитро **БОНДАР** – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Заслужений працівник цивільного захисту України, доктор юридичних наук, доцент.

Заступники голови: Василь **ПОПОВИЧ** – проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;
Ярослав **ІЛЬЧИШИН** – начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат педагогічних наук.

Члени наукового комітету:

Oksana TELAK – MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;
Jerzy TELAK – ASE, Warszawa, Poland, Doctor of Sciences, Professor;
Boguslaw KOGUT – Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej;
Вікторія СЕРГІЄНКО – проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, доктор медичних наук, професор;
Анастасія СИМАНОВА – Голова Ради молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України, професор кафедри фінансових технологій та бізнесу Національного університету “Київський авіаційний інститут”, доктор економічних наук, професор;
Дмитро КОБИЛКІН – учений секретар Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;
Ольга БАРАБАШ – завідувач науково-дослідної лабораторії актуальних проблем правозастосовної та правоохоронної діяльності навчально-наукового інституту права та правоохоронної діяльності, Голова Ради молодих вчених Львівського державного університету внутрішніх справ, доктор юридичних наук, професор;
Андрій ОСТАП'ЮК – перший проректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат юридичних наук;
Назарій КОВАЛЬ – проректор з персоналу Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор філософії;
Олександр ПРИДАТКО – проректор із навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;
Тарас БОЙКО – проректор з організації служби та підготовки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук.

**Члени
організаційного
комітету:**

Ірина ФЕДІВ – головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

Катерина СТЕПОВА – старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Тетяна СКИБА – науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

Ярослав КИРИЛІВ – провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;

Олександра ЖОРІНА – фахівець відділу міжнародного співробітництва ЛДУБЖД;

Роман ЯКОВЧУК – начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор технічних наук, доцент;

Ігор КОВАЛЬ – начальник факультету психології і соціального захисту ЛДУБЖД, доктор педагогічних наук;

Богдан БОЙЧУК – начальник навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, доктор філософії;

Ольга МЕНЬШИКОВА – заступник начальника інституту з навчально-наукової роботи навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Андрій ДОМІНІК – заступник начальника інституту з навчально-наукової роботи навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Тетяна ВОЙТОВИЧ – начальник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ – начальник докторантури-ад'юнктури ЛДУБЖД, кандидат технічних наук;

Сергій ВОВК – доцент кафедри превентивної діяльності у сфері пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Юрій ДОМАНСЬКИЙ – викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД;

Андрій КУЗИК – завідувач кафедри екологічної безпеки навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор сільськогосподарських наук, професор;

Надія СУШКО – доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор філософії;

Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ – доцент кафедри цивільного захисту навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Олександр ХЛЕВНОЙ – доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Лілія ПИЛИПЕНКО – старший викладач кафедри практичної психології та педагогіки факультету психології та соціального захисту ЛДУБЖД, доктор філософії;

Анна ІВАНІВ – викладач кафедри соціальної роботи, управління та суспільних наук ЛДУБЖД;

Руслана СОДОМА – доцент кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат економічних наук, доцент;

Петро СЕНИК – старший викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат юридичних наук.

**ОРГАНІЗАТОР
ТА ВИДАВЕЦЬ**

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності

**Технічний редактор,
комп'ютерна верстка**

Климус М.В.

Друк на різнографі

Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк

Петролюк Н.І.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35,
м. Львів, 79007

Контактні телефони:

(032) 233-24-79,
тел/факс 233-00-88

Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни: Зб. наук. праць XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУБЖД, 2026. – 1086 с.

Збірник сформовано за науковими матеріалами XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів «**Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни**».

Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:

- Цивільна безпека.
- Превентивна діяльність у сфері техногенної та пожежної безпеки.
- Менеджмент у безпеці життєдіяльності.
- Організація проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.
- Інформаційні технології у безпеці життєдіяльності.
- Соціальні, психолого-педагогічні аспекти та гуманітарні засади безпеки життєдіяльності.
- Промислова безпека та охорона праці.
- Природничі, біологічні та екологічні аспекти безпеки життєдіяльності.
- Організаційно-правові аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності.
- Медицина в умовах воєнного стану.
- Сучасні наукові підходи до формування безпекового середовища.

© ЛДУ БЖД, 2026

Здано в набір 31.03.2026. Підписано до друку
23.04.2026. Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 67,88.

Гарнітура Times New Roman.
Друк на різнографі. Наклад: 100 прим.

Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.
ldubzh.lviv@dns.gov.ua

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передрукуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 519.852

МОДЕЛЮВАННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКУ У ДЕЯКІЙ СХЕМІ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗАСОБАМИ ПАКЕТУ MAPLE

Станіслав Мезенцев

Оксана Чмир, кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна

У роботі розглянуто задачу про максимальний потік у деякій мережі залізниць. Використовуючи функції програми Maple, знайдено максимальну кількість потягів, які можна відправити зі першої станції до крайньої, а також ступінь використання пропускної здатності кожного з перегонів.

Ключові слова: лінійне програмування, мережа, максимальний потік, симплекс метод, пакет Maple.

MODELING OF MAXIMUM FLOW IN A CERTAIN RAILWAY NETWORK SCHEME USING THE MAPLE PACKAGE

Stanislav Mezyentsev

Oksana Chmyr, candidate of physical and mathematical sciences,
associate professor
Lviv State University of the Life Safety, Lviv, Ukraine

The paper considers the problem of maximum flow in a certain railway network. Using the functions of the Maple program, the maximum number of trains that can be sent from the first station to the last, as well as the degree of utilization of the capacity of each of the sections, is found.

Keywords: linear programming, network, maximum flow, simplex method, Maple package.

Існують системи, які описують транспортування деякого продукту з одного пункту в інший. Їх можна зображати у вигляді мережі або так званого сітьового графіка. Цим продуктом можуть бути люди, електроенергія, природний газ тощо. Прикладом може бути мережа залізниць, у якій задано пропускну здатність перегонів у потягах. Завдання полягає в тому, щоб визначити максимальну кількість потягів, які можна відправити з першої станції до кінцевої, а також ступінь використання пропускної здатності кожного з перегонів.

Використовуючи таке представлення розглянемо мережу як орієнтований граф, де кожній дузі (i, j) відповідає додатне дійсне число c_{ij} , яке називають пропускну здатністю у напрямку $i \rightarrow j$. Вхід називають

джерелом, а вихід – стоком. Таку мережу аналітично можна задавати за допомогою матриці пропускних здатностей.

Потрібно знайти максимальну величину потоку (кількості транспорту, рідини, сировини тощо), який може увійти до мережі та вийти з неї. Таку задачу можна розв’язати методом Форда – Фалкерсона, який вбудований у програмі Maple за допомогою функції

$$\text{MaxFlow}(G, s, t) \tag{1}$$

де G – зважений граф, s – вершина, що є джерелом графа, t – вершина, що є стоком графа [1].

Також задачу про максимальний потік можна подати як задачу лінійного програмування, для розв’язування якої у програмі Maple вбудовано пакет *simplex*, який базується на симплекс-методі.

Задача. Нехай задано деяку схему мережі залізниць та пропускну здатність перегонів у потягах (рис. 1). Визначити максимальну кількість потягів, які можна відправити зі станції 1 до станції 7, а також ступінь використання пропускної здатності кожного з перегонів [2].

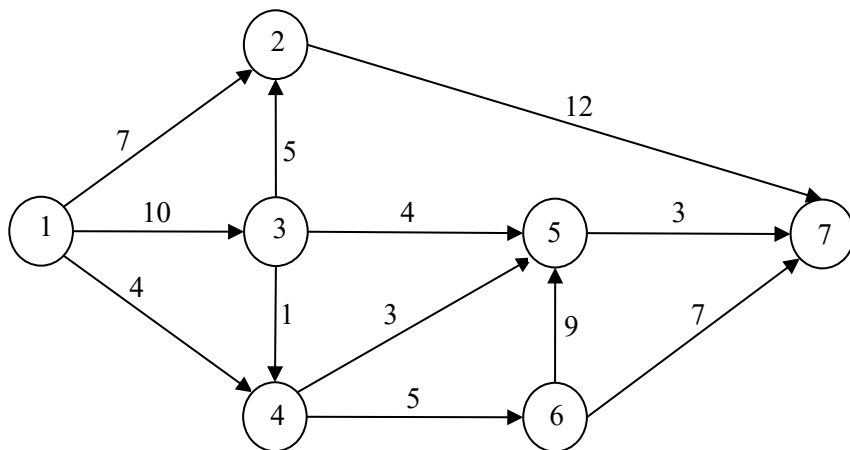


Рисунок 1 – Схема мережі залізниць

Розв’яжемо задачу в пакеті Maple з використанням функції (1) [3].

```

> restart;
> with(GraphTheory):
Задаємо матрицю пропускових здатностей
[
  > A :=
    [
      [ 0 7 10 4 0 0 0 ]
      [ 0 0 0 0 0 0 12 ]
      [ 0 5 0 1 4 0 0 ]
      [ 0 0 0 0 3 5 0 ]
      [ 0 0 0 0 0 0 3 ]
      [ 0 0 0 0 9 0 7 ]
      [ 0 0 0 0 0 0 0 ]
    ]
  :
Задаємо орієнтований зважений граф, що відповідає матриці A
[
  > N := Digraph(A, weighted):
Шукаємо максимальний потік від вершини 1 до вершини 7
  > MaxFlow(N, 1, 7);
    20,
    [
      [ 0 7 9 4 0 0 0 ]
      [ 0 0 0 0 0 0 12 ]
      [ 0 5 0 1 3 0 0 ]
      [ 0 0 0 0 0 5 0 ]
      [ 0 0 0 0 0 0 3 ]
      [ 0 0 0 0 0 0 5 ]
      [ 0 0 0 0 0 0 0 ]
    ]
]
    
```

Рисунок 2 – Розв’язок задачі у пакеті Maple

На рисунку 2 отримано величину максимального потоку 20 та матрицю величин потоків по кожній дузі.

Опишемо задачу про максимальний потік як задачу лінійного програмування. Математична модель матиме такий вигляд

$$L(y) = y_1 + y_2 + y_3 \rightarrow \max$$

за умови виконання обмежень

$$\begin{cases} y_1 - y_4 + y_5 = 0, \\ y_2 - y_5 - y_6 - y_7 = 0, \\ y_3 + y_6 - y_8 - y_9 = 0, \\ y_7 + y_8 - y_{10} + y_{11} = 0, \\ y_9 - y_{11} - y_{12} = 0, \end{cases}$$

$$\begin{aligned} y_1 \leq 7, \quad y_2 \leq 10, \quad y_3 \leq 4, \quad y_4 \leq 12, \\ y_5 \leq 5, \quad y_6 \leq 11, \quad y_7 \leq 4, \quad y_8 \leq 3, \\ y_9 \leq 5, \quad y_{10} \leq 3, \quad y_{11} \leq 9, \quad y_{12} \leq 7, \\ y_i \geq 0, \quad i = \overline{1, 7}, \end{aligned}$$

де y_i , $i = \overline{1, 7}$ – невідомі величини потоків.

Розв’яжемо задачу у програмі Maple з використанням пакету simplex (рис.3) [3].

```
> restart;
Підключаємо пакет simplex
> with(simplex):
Задаємо функцію мети L та систему обмежень -- нерівностей ineq
> L := y1 + y2 + y3; ineq := {y1 - y4 + y5 = 0, y2 - y5 - y6 - y7 = 0, y3 + y6 - y8 - y9 = 0, y7 + y8 - y10 + y11 = 0, y9 - y11 - y12 = 0, y1 >= 0, y1
    <= 7, y2 >= 0, y2 <= 10, y3 >= 0, y3 <= 4, y4 >= 0, y4 <= 12, y5 >= 0, y5 <= 5, y6 >= 0, y6 <= 11, y7 >= 0, y7 <= 4, y8 >= 0, y8 <= 3, y9 >= 0, y9 <= 5,
    y10 >= 0, y10 <= 3, y11 >= 0, y11 <= 9, y12 >= 0, y12 <= 7};
Знаходимо максимум функції L при заданій системі обмежень -- нерівностей ineq
> maximize(L, ineq)
{y1 = 7, y2 = 9, y3 = 4, y4 = 12, y5 = 5, y6 = 1, y7 = 3, y8 = 0, y9 = 5, y10 = 3, y11 = 0, y12 = 5}
Знаходимо максимальне значення функції L
> assign(maximize(L, ineq)); L;
```

20

Рисунок 3 – Розв’язок задачі у пакеті Maple

Таким чином, розв’язання цієї задачі обома методами привело до висновку, що максимальна кількість потягів становить 20 одиниць, причому потрібно зі станції 1 до станції 2 відправити 7 потягів, до станції 3 – 9 потягів та до станції 4 – 4 потяги. Також отримано ступінь використання пропускну здатності кожного з перегонів.

Список літератури

1. Меньшикова О.В., Чмир О.Ю., Карабин О.О. Дослідження операцій: навч. посіб. Львів, ЛДУБЖД, 2019. 196 с.
2. Білоус А.Б., Могила І.А. Прикладні задачі дослідження операцій на транспорті. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012, 36 с.
3. Махней О.В., Гой Т.П. Математичне забезпечення автоматизації прикладних досліджень. Івано-Франківськ: Сімик, 2013. 304 с.

References

1. Menshykova O.V., Chmyr O.Yu., Karabyun O.O. Operations research: textbook. Lviv: LDUBZhD, 2019. 196 p.
2. Bilous A.B., Mogyla I.A. Applied research problems of transport operation. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2012. 36 p.
3. Makhney O.V., Goy T.P. Mathematical support of automation of applied research. Ivano-Frankivsk: Simyk, 2013. 304 p.

- Олексій Мельник, Микола Мосюк, САНІТАРНО-
БАКТЕРІОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ
НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІД ДІЄЮ
АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ.....** 833
- Остан Панилик, Василь Попович, ГОРІННЯ ПОЛІГОНІВ
ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ЧИННИК ТЕХНОГЕННОЇ
НЕБЕЗПЕКИ.....** 837
- Соломія Філіпчук, Вікторія Тимчишин, Наталія Гоцій, Наталія
Кендзьора, АНАЛІЗ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАСЕЛЕНИХ
ПУНКТІВ ЛЬВІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ
ГРОМАДИ.....** 841
- Станіслав Мезенцев, Оксана Чмир, МОДЕЛЮВАННЯ
МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКУ У ДЕЯКІЙ СХЕМІ МЕРЕЖІ
ЗАЛІЗНИЦЬ ЗАСОБАМИ ПАКЕТУ MAPLE.....** 845
- Тетяна Скиба, Василь Попович, РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНА
ОЦІНКА СТАНУ СМІТТЄЗВАЛИЩ ТА ПОЛІГОНІВ
ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ТА
ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ.....** 849
- Тетяна Пекарюк, Ірина Кочмар, ГІДРОХІМІЧНА
ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДИ РІЧКИ ТИСА В МЕЖАХ УРОЧИЩА
«ПІДДІЛ»** 854