

Міністерство аграрної політики України



**ПРАЦІ**  
**Таврійського державного**  
**агротехнологічного університету**

**Випуск 4. Прикладна геометрія та**  
**інженерна графіка**

**Том 43**

**Наукове фахове видання**

**Мелітополь – 2009 р.**

УДК 514.18

ПЗ.8

Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет – Вип.4, т.43. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009.– 144 с.

Друкуються за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 9 від 28 квітня 2009 р.

У випуску наукових праць друкуються матеріали за результатами досліджень, проведених в 2008-2009 р. та присвячених геометричному моделюванню кривих ліній та поверхонь, що відображають явища та процеси в виробництві та експериментальних дослідженнях. В окремих роботах розглядаються деякі аспекти теорії апроксимації та перетворень.

Дослідження фахівців Таврійського державного агротехнологічного університету проведені у відповідності з науково-технічною програмою «Моделювання явищ та процесів в АПК» (№ держреєстрації 0102 У 000695)

Випуск призначений для науковців, інженерів, аспірантів і студентів.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. – к.т.н., професор, ректор ТДАТУ (головний редактор);  
Надикто В.Т. – д.т.н., професор (заст. головного редактора);  
Дюрдєв В.Т. – к.т.н., професор, (відповідальний секретар); Дідур В.А. – д.т.н., професор;  
Кушнарєв А.С. – чл.-кор. УААН, д.т.н., професор;  
Найдиш А.В. – д.т.н., професор; Овчаров В.В. – д.т.н., професор;  
Панченко А.І. – д.т.н., професор; Рогач Ю.П. – к.т.н., професор; Скляр О.Г. – к.т.н., доцент;  
Тарасенко В.В. – д.т.н., професор; Яковлев В.Ф. – к.т.н., професор; Ялчак Ф.Ю. – к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Найдиш А.В.

Адреса редакції: ТДАТУ  
Просп. Б. Хмельницького 18,  
м. Мелітополь, Запорізька обл.,  
72312, Україна

© Таврійський державний  
агротехнологічний університет, 2009.

## ЗМІСТ

1. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Геометричне моделювання – одна з основ автоматизованого проектування об'єктів і процесів машинобудування..... 3
2. Бадаєв Ю.І., Щоголева Т.І. Управління формою інтегральної кривої для побудови візерунка..... 11
3. Куценко Л.М., Руденко С.Ю. Геометричне моделювання траєкторій ураганів за допомогою мінімальних поверхонь..... 16
4. Хомченко А.Н., Литвиненко О.І., Астіоненко І.О. Конструювання базисів серендипових просторових елементів..... 24
5. Комяк В.М., Соболев О.М., Собина В.О. Геометричне моделювання областей припустимих розв'язків в задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці..... 31
6. Скідан І.А., Абрамова І.О. Поверхні конгруенцій і трансверсальні поверхні конгруенцій координатних ліній..... 37
7. Пилипака С.Ф., Муквич М.М. Поступове формування шнеків із прямолінійної металевієї смуги..... 43
8. Ларін О.М., Морозова Г.В. Розрахунок конструкції лабораторного макету гідравлічного впорскувача..... 50
9. Єремєєв В.С., Строкань О.В., Роговській Д.І. Математична модель оптимізації розміщення іонізаторів повітря у приміщенні..... 57
10. Тадеєв П.О., Кравчук О.А. До питання про моделювання векторних полів в проективному просторі та його підпросторах..... 62
11. Аушева Н.М. Визначення параметричних кривих на основі кватерніонів з колінеарною векторною частиною..... 67
12. Росоха С.В., Воронцова Д.В. Визначення внутрішніх зубчатих передач роторно-планетарних машин..... 72
13. Сергейчук О.В., Шитюк В. П. Геометричний аналіз кліматичних показників..... 81
14. Гумен О.М., Мартин С.С. Фазові траєкторії систем з нелінійними траєкторіями руху..... 88

УДК 514.18

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБЛАСТЕЙ  
ПРИПУСТИМИХ РОЗВ'ЯЗКІВ В ЗАДАЧІ РАЦІОНАЛЬНОГО  
РОЗМІЩЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ  
ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЦІ**

Комяк В.М., д.т.н.,  
Соболь О.М., к.т.н.,  
Собина В.О., ад'юнкт.<sup>1</sup>  
Університет цивільного захисту України (м. Харків)  
Тел. (0572) 707-34-77

*Анотація* – робота присвячена геометричному моделюванню областей припустимих розв'язків в задачі визначення раціональної кількості та місць розташування підрозділів воєнізованої охорони на залізниці і пожежно-рятувальних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту.

*Ключові слова* – геометричне моделювання, область припустимих розв'язків, раціональна кількість, математична модель, об'єкти залізниці.

*Постановка проблеми.* Розвиток ринкової економіки та стратегічний курс на європейську інтеграцію держави визначають пріоритетні напрямки розвитку залізничного транспорту України, ставлять завдання забезпечення високої конкурентоздатності та ефективності діяльності за рахунок зростання обсягів перевезення вантажів і пасажирів, раціонального використання основних фондів, удосконалення роботи всіх служб та підвищення продуктивності перевезень.

Для сталого розвитку транспортного комплексу необхідне гармонійне поєднання технічного розвитку рухомого складу та інфраструктури залізниць з розвинутою системою реагування на надзвичайні ситуації, які можуть виникнути при перевезенні небезпечних вантажів. В зв'язку з цим, проблема підвищення рівня захищеності рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру є актуальною.

*Аналіз останніх досліджень.* В роботі [1] зазначено, що однією із задач, яка сприятиме вирішенню проблеми підвищення рівня захищеності рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту, є задача скорочення часу реагування підрозділів воєнізованої охорони на

<sup>1</sup> Науковий керівник – к.т.н. Соболь О.М.

залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів за рахунок їх раціонального розміщення. Також в даній роботі розглянуто геометричну інформацію щодо об'єкту захисту. Розв'язанню класу задач геометричного проектування, до якого відноситься задача раціонального розміщення оперативних підрозділів цивільного захисту, присвячено, наприклад, роботи [2,3]. Геометричне моделювання областей припустимих розв'язків в задачах раціонального розбиття множин наведено в роботі [4].

*Постановка завдання.* В даній роботі необхідно здійснити геометричне моделювання областей припустимих розв'язків в задачі визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту.

*Основна частина.* Розглянемо загальну математичну модель раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці:

$$N(s_1, \dots, s_N, m_1^1, m_2^1, \dots, m_1^N, m_2^N) \rightarrow \min_W \quad (1)$$

де  $W$ :

$$\xi_0^\Sigma(S_0, S_1, \dots, S_N) = S^\Sigma - S^{\Sigma 0} = 0, \quad (2)$$

$$S^\Sigma = S \left( \left( \bigcup_{q=1}^N S_q \right) \cap cS_0 \right), S^{\Sigma 0} = 0, \quad (3)$$

$$\xi_0^{ij}(S_i, S_j) = S^{ij} - S^{ij0} = 0, \quad i > j = 1, 2, \dots, N', \quad (4)$$

$$S^{ij} = S(S_i \cap S_j), S^{ij0} = 0, \quad (5)$$

$$\xi_0^{kl}(S_k, S_l) = S^{kl} - S^{kl0} = 0, \quad (6)$$

$$k > l = N' + 1, \dots, N' + N'', N' + N'' = N,$$

$$S^{kl} = S(S_k \cap S_l), S^{kl0} = 0, \quad (7)$$

$$L_1^0 \subset \Omega, \Omega = \bigcup_{q=1}^N S_q(s_q, m_1^q, m_2^q), \quad (8)$$

$$O_\lambda(x_\lambda, y_\lambda) \in S_i(s_i, m_1^i, m_2^i), \quad i = 1, 2, \dots, N', \lambda = 1, 2, \dots, N_\lambda, \quad (9)$$

$$O_\mu(x_\mu, y_\mu) \in S_q(s_q, m_1^q, m_2^q), \quad q = 1, 2, \dots, N, \mu = 1, 2, \dots, N_\mu, \quad (10)$$

$$\xi_0^{i\chi}(S_i, S_\chi) = S^{i\chi} - S^{i\chi 0} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N', \chi = 1, 2, \dots, N'_\chi, \quad (11)$$

$$S^{i\chi} = S(S_i \cap S_\chi), S^{i\chi 0} = 0, \quad (12)$$

$$\xi_0^{k\delta}(S_k, S_\delta) = S^{k\delta} - S^{k\delta 0} = 0, \quad (13)$$

$$k = N' + 1, \dots, N' + N'', \delta = N'_\chi + 1, \dots, N'_\chi + N''_\delta.$$

$$S^{k\delta} = S(S_k \cap S_\delta), S^{k\delta 0} = 0, \quad (14)$$

$$\xi_1^i(s_i, m_1^i, m_2^i) = L_1^i(S^i) - T_1^* \leq 0, i = 1, 2, \dots, N', \quad (15)$$

$$\xi_2^k(s_k, m_1^k, m_2^k) = L_2^k(S^k) - T_2^* \leq 0, k = N' + 1, \dots, N' + N''. \quad (16)$$

Тут  $N$  - кількість оперативних підрозділів цивільного захисту;  $S_0$  - об'єкт, якому належить ділянка залізниці  $L_1^0$ ,  $cS_0$  - доповнення об'єкту  $S_0$  до простору  $R^2$ ;  $S(\cdot)$  - функція обчислення площі;  $s_q$  і  $\{m_1^q, m_2^q\}$  - форми та метричні характеристики районів виїзду підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів  $S_q$ ,  $q = 1, \dots, N$ ;  $m_2^q = m_2^q(L_1^q, L_2^q)$ ,  $L_1^q$  - ділянка залізниці, що належить  $S_q$ ,  $L_2^q$  - сітка доріг, що належить  $S_q$ ;  $O_\lambda(x_\lambda, y_\lambda)$  - місця розташування станцій, що мають експлуатаційний парк локомотивів;  $O_\mu(x_\mu, y_\mu)$  - місця розташування об'єктів підвищеної небезпеки;  $N'_\chi$  - кількість існуючих підрозділів воєнізованої охорони на залізниці;  $N''_\delta$  - кількість існуючих пожежно-рятувальних підрозділів;  $L_1^i(S^i)$  - час слідування  $i$ -го підрозділу воєнізованої охорони на залізниці до місця виникнення надзвичайної події;  $T_1^*$  - максимальний час слідування підрозділу воєнізованої охорони на залізниці до місця виникнення надзвичайної події;  $L_2^k(S^k)$  - час слідування  $k$ -го пожежно-рятувального підрозділу до місця виникнення надзвичайної події;  $T_2^*$  - максимальний час слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виникнення надзвичайної події.

Таким чином, необхідно визначити мінімальну кількість оперативних підрозділів цивільного захисту з урахуванням:

- належності районів функціонування оперативних підрозділів об'єкту  $S_0$ , обмеження (2), (3);
- умови неперетину районів функціонування підрозділів воєнізованої охорони на залізниці (4), (5);
- умови неперетину районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів (6), (7);
- належності відповідної ділянки залізниці району функціонування оперативного підрозділу цивільного захисту (8);

- розміщення пожежних поїздів на станціях, які мають експлуатаційний парк локомотивів (9);
- належності об'єктів підвищеної небезпеки районам функціонування оперативних підрозділів цивільного захисту (10);
- існуючих місць розташування підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів (11)-(14);
- під'їзних шляхів до відповідних ділянок залізниці (15), (16).

Необхідно відзначити, що область припустимих розв'язків даної задачі описується системою обмежень (2)-(16). Розглянемо геометричне моделювання області припустимих розв'язків на наступному прикладі.

*Приклад.* Нехай захист ділянки залізниці  $L_1^0$ , що належить об'єкту  $S_0$ , здійснюється трьома оперативними підрозділами цивільного захисту  $S_i, S_j, S_k$  (рис. 1).

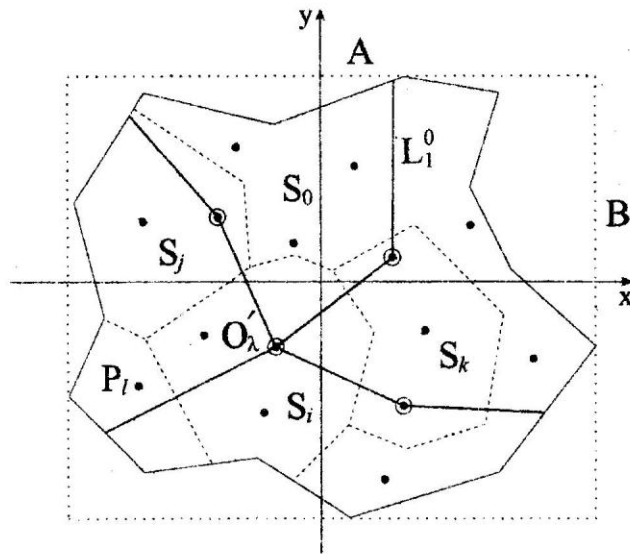


Рис. 1 Об'єкт захисту.

В даному випадку область припустимих рішень, що відповідає обмеженню (2)-(3), має вигляд паралелепіпеду (рис. 2).

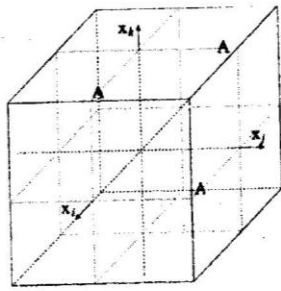


Рис. 2.

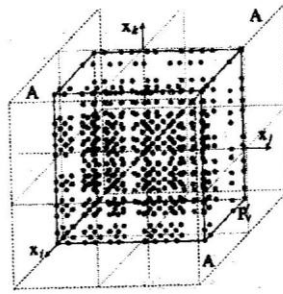


Рис. 3.

Необхідно відзначити, що оперативні підрозділи цивільного захисту розміщуються у відповідних населених пунктах, тобто в т.  $P_l$ ,  $l=1,2,\dots, O_\lambda$ ,  $\lambda \in 1,2,\dots, N_\lambda$ . Таким чином, додавання обмеження (9) до (2)-(3) призводить до того, що область припустимих розв'язків буде мати вигляд, наведений на рис. 3. Урахування обмежень (15) та (16) утворює область припустимих розв'язків, що зображена на рис. 4.

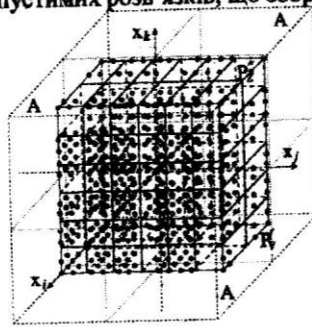


Рис. 4.

Таким чином, область припустимих розв'язків є дискретною і складається з елементів  $P'_v$ ,  $v=1,2,\dots$ , що розташовані в паралелепіпедах  $P_z^n$ ,  $z=1,2,\dots$ . Дані паралелепіпеди утворюються шляхом перетину наборів площин, які паралельні до координатних площин та можуть переміщуватись у відповідному просторі. Додавання інших обмежень задачі (зокрема, умов неперетину районів виїзду оперативних підрозділів цивільного захисту) буде призводити до видалення окремих дискретних елементів  $P'_v$ ,  $v=1,2,\dots$  та паралелепіпедів  $P_z^n$ ,  $z=1,2,\dots$  області припустимих розв'язків.

**Висновки.** В даній роботі здійснено геометричне моделювання областей припустимих розв'язків в задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізничного транспорту.



На основі геометричних моделей областей припустимих розв'язків у подальшому буде розроблено обґрунтований метод розв'язання даної задачі.

#### Література

1. *Комяк В.М.* Поняття геометричної інформації в задачі захисту об'єктів залізничного транспорту від надзвичайних ситуацій / Комяк В.М., Соболев О.М., Собина В.О. // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків, 2009. – Вип. 23. – С. 118-123.
2. *Стоян Ю.Г.* Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. - К.: Наукова думка, 1986. - 268 с.
3. Элементы теории геометрического проектирования / [Яковлев С.В., Гиль Н.И., Комяк В.М. и др.]; под ред. В.Л. Рвачева - К.: Наукова думка, 1995. - 241 с.
4. *Садковий В.П.* Рациональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту: Монографія / Садковий В.П., Комяк В.М., Соболев О.М.: Ун-т цивільного захисту України. – Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар», 2008. – 174 с.

### ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЛАСТЕЙ ДОПУСТИМЫХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Комяк В.М., Соболев А.Н., Собина В.А.

#### *Аннотация*

Работа посвящена геометрическому моделированию областей допустимых решений в задаче определения рационального количества и местоположения подразделений военизированной охраны на железной дороге и пожарно-спасательных подразделений для защиты подвижного состава и объектов железнодорожного транспорта.

### GEOMETRICAL MODELING AREAS OF POSSIBLE SOLUTIONS FOR THE PROBLEM RATIONAL PLACEMENT OF OPERATIONAL SUBDIVISIONS FOR DEFENSE THE RAILWAY OBJECTS

V. Komyak, O. Sobol, V. Sobina

#### *Summary*

This paper represents geometric modeling areas of possible solutions for the problem definition of rational number and placement of operational subdivisions for defense the rolling stocks and railway objects. Results of modeling are showed.