

*Б.В. Болебрух, к.т.н., В.В. Кошеленко, к.т.н., Б.В. Штайн*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ У МНОГОСЛОЙНОЙ ПАКЕТЕ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНИКОВ**

Дана статья, посвященная исследованию распространения элементов надлежащей математической модели защитной одежды и анализа взаимосвязей между толщиной пакетов специального материала  $\delta_k$  и физическими описаниями тепловых процессов в нем.

**Ключевые слова:** защитная одежда пожарника, термодеструкция, теплообмен, риск.

*B.V. Bolibrukh, Candidate of Science (Engineering), V.V. Koshelenko, B.V. Shtayn*

## **A MODELING OF THERMAL PROCESSES IN MULTIPLE-LAYERS OF FIRE-FIGHTERS' PROTECTIVE CLOTHES**

The article deals with the development of elements spreading of the proper mathematical model of protective clothes and analysis of interactions between the thickness of material and physical descriptions of thermal processes.

**Key words:** fire-fighter' protective clothes, thermodestruction, heat exchange, risk.

**УДК 630.43**

*А.Д. Кузик, к.ф.-м.наук, доцент, О.М. Трусевич, к.ф.-м.наук, доцент, О.О. Карабин, к.ф.-м.н., доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## **АНАЛІЗ ЗОН ПОКРИТТЯ ГІДРАНТАМИ ТЕРИТОРІЇ МІСТА (НА ПРИКЛАДІ НОВОЯВОРИВСЬКА)**

Розглядається розбиття території міста на зони та їх покриття гідрантами шляхом побудови діаграм Вороного на основі триангуляції Делоне

**Ключові слова:** діаграма Вороного, триангуляція Делоне, граф Делоне

Будь-яка надзвичайна ситуація є небезпечною як для людей, так і для різноманітних об'єктів і навколишнього середовища. Тому попередити надзвичайні ситуації, мінімізувати та ліквідувати їх наслідки – це основне завдання для рятувальників МНС.

Особливої уваги заслуговує найпоширеніша надзвичайна ситуація – пожежа. Для її локалізації та ліквідації найчастіше застосовується вода, тому питання забезпечення водою на пожежі є важливим. Відомо, що пожежна автоцистерна може гасити пожежу лише до 10 хвилин, бо кількість води в ній обмежена. Тому, якщо є можливість, то рятувальники використовують джерело зовнішнього водопостачання. До таких джерел відносять пожежний гідрант, пожежну водойму чи інше альтернативне вододжерело, яке можна використати для забору води пожежними автомобілями. Ситуація ускладнюється, якщо поблизу пожежі або несправний гідрант, або немає доступу до нього (над ним стоїть автотранспорт, різного виду малі архітектурні форми, тощо).

Важливість наявності поблизу об'єкта гідранта, зручний до нього доступ та можливість скористатися ним є очевидною. Виникають питання, чи достатня кількість гідрантів в населеному пункті, щоб забезпечити безперебійне водопостачання, чи оптимально вони

розташовані, скільки несправних гідрантів, як це впливає на забезпечення водопостачання та контролюється відповідними органами? Питання важливі та актуальні.

Згідно із «Правилами пожежної безпеки в Україні» [1] гідранти повинні бути справними, періодично перевірятись на працездатність, розміщуватись згідно з вимогами нормативних документів. Щоб забезпечити безперешкодний забір води пожежними автомашинами, кришки гідрантів мають бути очищеними від снігу, бруду, льоду. Але в реальності далеко не всі правила та норми щодо гідрантів дотримуються. За 2008 рік статистика надзвичайних ситуацій в Україні показує, що з 186246 гідрантів 6585 несправні, що становить близько 4% від їх загальної кількості, а в деяких регіонах цей відсоток сягає 8%. Зрозуміло, що це ускладнює ліквідацію пожежі, яка виникає в зоні обслуговування гідранта.

Відповідно до норм містобудування [2] гідранти повинні розташовуватись в зоні забудови на відстані до 150 м один від одного. Але на теперішній час населені пункти новими гідрантами та протипожежними водоймищами не забезпечуються.

Від кількості гідрантів чи інших альтернативних джерел води, їх оптимального розташування залежить тривалість ліквідації надзвичайної ситуації, крім цього джерело води повинно бути розташоване в доступному для пожежної машини місці.

Перевірити, чи є достатня кількість гідрантів в певному районі, чи оптимально вони розташовані, а також обґрунтувати оптимальну їх кількість та розташування, можна за допомогою геометричного методу на основі триангуляції Делоне [3].

Розглянемо задачу: нехай задано множину гідрантів  $p_i$ , необхідно встановити, яку область площини обслуговує кожен з них. При цьому кожна точку  $q$  обслуговує той гідрант, який знаходиться ближче. Відповідь на питання, пов'язане з близькістю на площині дає діаграма Вороного (рис. 1).

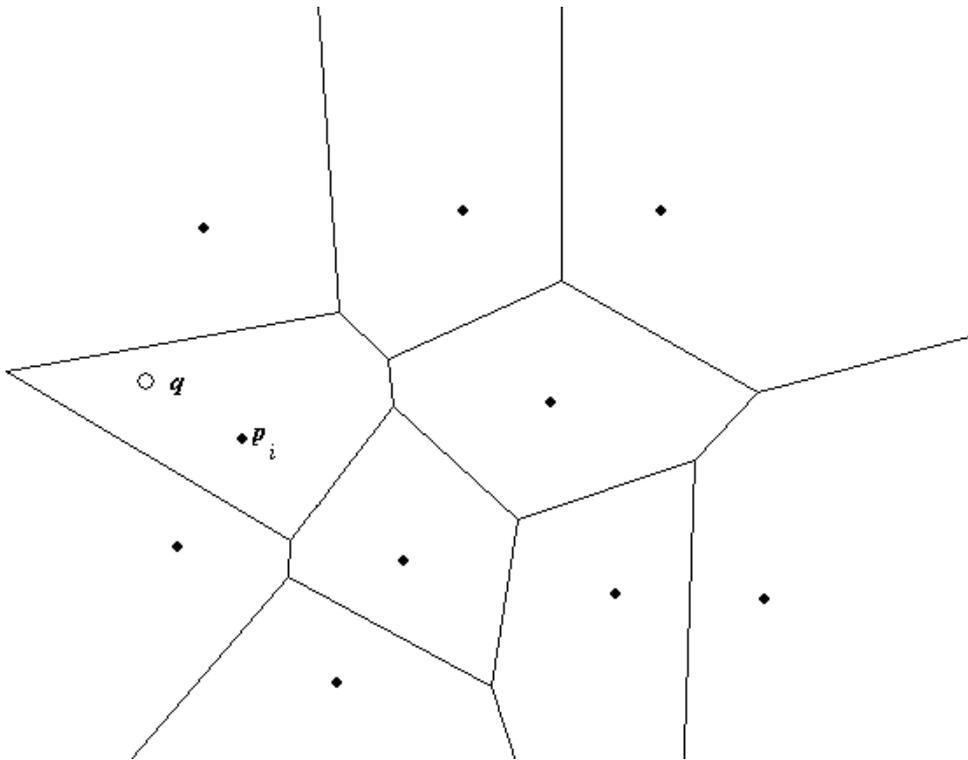


Рис. 1. Діаграма Вороного

Діаграма Вороного складається з вершин ( $v$ ) і сторін ( $e$ ). Її формальне означення:

- Нехай  $P$  – множина з  $n$  різних точок площини.

- Діаграма Вороного – це поділ площини на  $n$  комірок, по одній на кожну точку з множини  $P$ .
- Точка  $q$  належить комірці, що відповідає  $p_i$  із  $P$ , якщо відстань від  $q$  до  $p_i$  є меншою за відстань від  $q$  до будь-якої іншої точки з множини  $P$ .

Діаграма Вороного пов'язана з триангуляцією Делоне, між ними існує взаємно однозначна відповідність. (рис. 2).

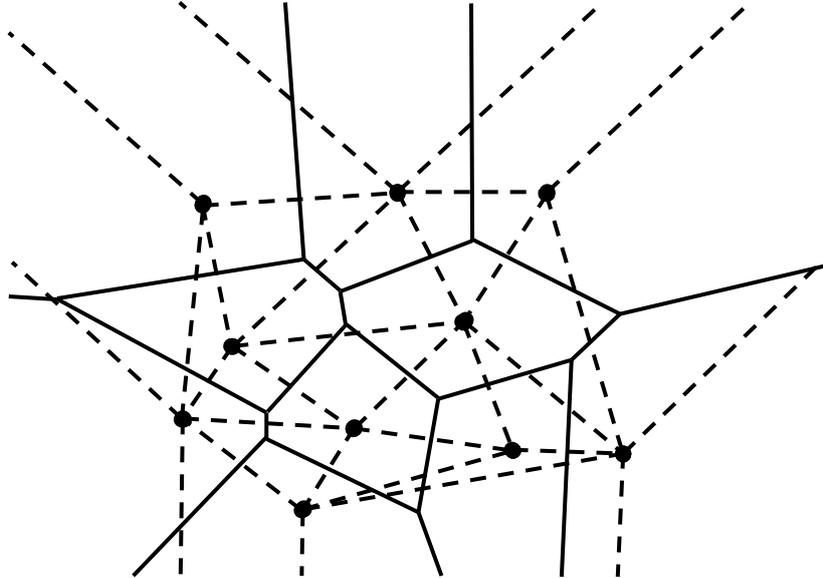


Рис. 2. Зв'язок діаграми Вороного з триангуляцією Делоне

Таким чином, триангуляція утворюється з'єднанням всіх суміжних точок множини  $P$  відрізками. Проблема виникає, коли чотири або більше точок в графі Делоне можуть лежати на одному колі (рис. 3).

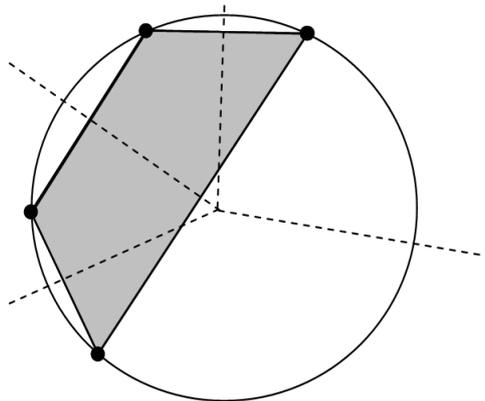


Рис. 3.

Такі точки утворюють опуклі полігони, які триангуються шляхом побудови довільних діагоналей, що не перетинаються. Тоді триангуляція буде остаточною. Можна сказати, що триангуляцію Делоне можна отримати з графа Делоне, добавивши 0 або більше ребер.

Введемо поняття сусідньої вершини триангуляції. Сусідньою вершиною до даної називається будь-яка інша вершина, яка сполучається з нею ребром триангуляції. Оскільки при побудові триангуляції Делоне сумарна довжина сторін трикутників має бути

мінімальною, то довжина кожної з них буде найближчою віддаллю до відповідної сусідньої вершини. Так, наприклад, для чотирьох точок (рис. 4) триангуляція Делоне виключає з розгляду найбільшу відстань  $AC$ . За означенням точки  $A$  та  $C$  не будуть сусіднім, а за властивістю трикутника, їх сусіди – точки  $B$  та  $D$ , будуть розташовані на ближчій відстані, ніж  $AC$ .

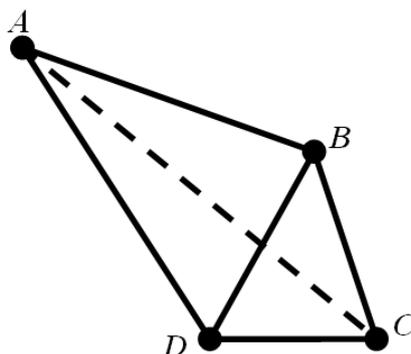


Рис. 4.

Це дає змогу для перевірки умови розташування гідрантів один біля одного на відстані, яка не перевищує 150 м визначати не всеможливі відстані між ними, а лише довжини ребер триангуляції Делоне. Тоді максимальна довжина ребра триангуляції не повинна перевищувати нормативну відстань.

Іншою важливою характеристикою мережі гідрантів є зона обслуговування гідранта. Розподіл території на зони обслуговування найпростіше здійснити, побудувавши діаграми Вороного, двоїсті до триангуляції Делоне. Кожна точка, розташована всередині зони, буде ближчою до гідранта, розташованого в цій зоні, ніж до будь-якого іншого.

Кожна зона характеризується такими параметрами, як площа покриття та радіус (найбільша відстань від гідранта до межі зони). Оцінку нерівномірності покриття можна здійснити з урахуванням площ зон. Нехай  $S_i$  - площа  $i$ -ої зони. Тоді

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i -$$

усереднена площа зон,

$$\Delta S_i = S_i - \bar{S} -$$

абсолютне відхилення від середньої площі. Якщо зона має площу, більшу від середньої, тоді відхилення – додатне, а якщо меншу, то від'ємне. Для оцінки ступеня відхилення розглядаємо середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta S_i)^2}$$

При малих значеннях  $\sigma$  площа зон обслуговування мало відрізняється від середнього значення.

Аналогічно можна обчислити відхилення та середньоквадратичне відхилення для радіусів зон обслуговування.

Зауважимо, що кожен з параметрів зони обслуговування впливає на різні її властивості: площа – на кількість об'єктів, які перетинаються із зоною, радіус – на максимальну довжину рукавної лінії в межах зони.

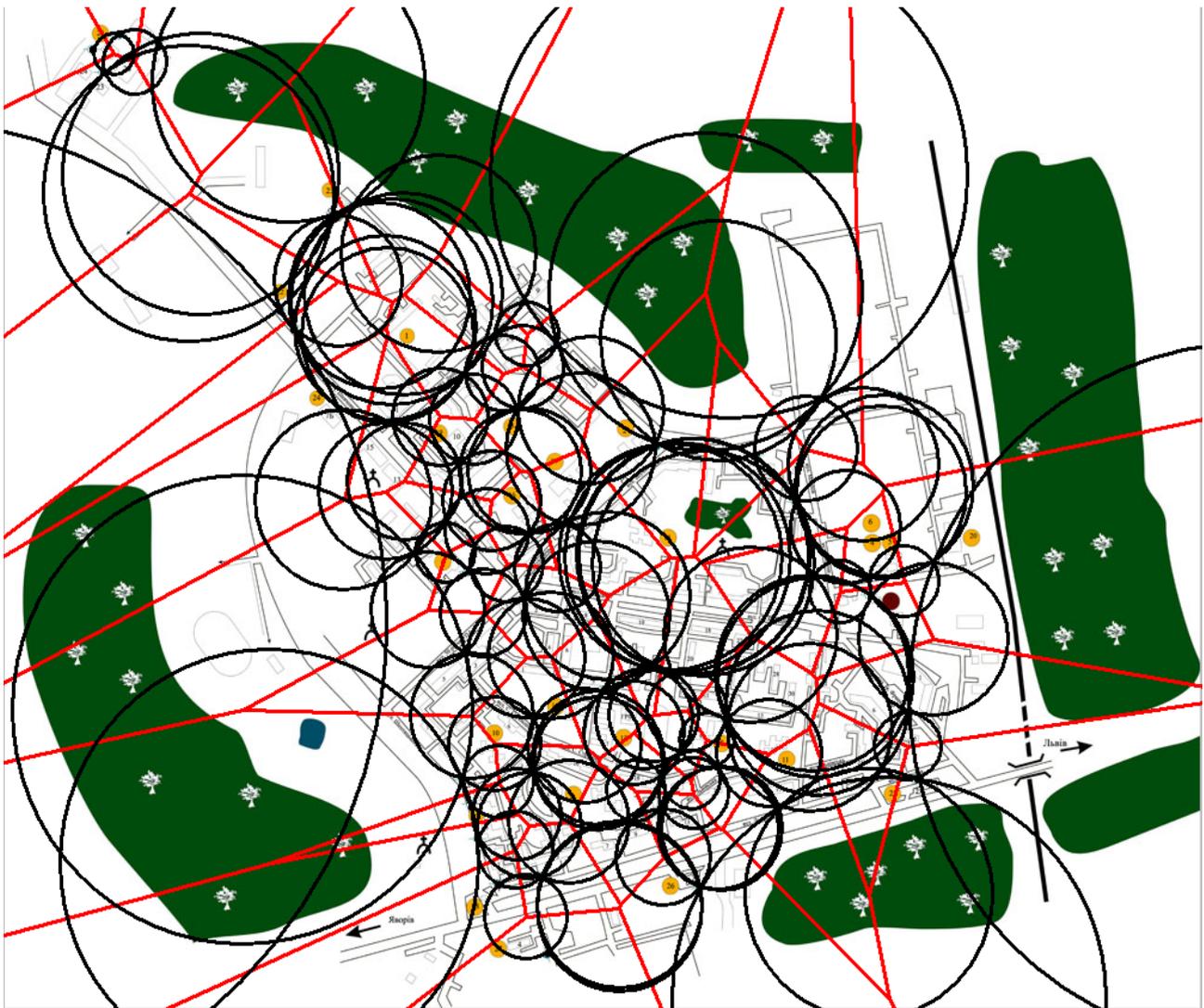
Проаналізуємо зони обслуговування гідрантів на прикладі міста Новояворівська Львівської області. Розглянемо карту міста з нанесеними на ній гідрантами, що позначені точками (рис. 5).



*Рис.5. Триангуляція Делоне покриття міста Новояворівська системою гідрантів*

Розіб'ємо територію міста на зони обслуговування гідрантів за допомогою триангуляції Делоне. В результаті бачимо, що гідранти розміщені, в цілому, рівномірно в межах території міста, хоча, є райони, що не достатньо забезпечені гідрантами. Це - центр міста, в якому розміщені такі об'єкти масового перебування населення, як церква, дитячі садки, школа, житлові будинки та лісовий масив. Слід звернути увагу на те, що це об'єкти другого та третього викликів. Також спостерігаємо район автостанції, район готелю „Смерічка”, АЗС, район лікарні, які також належать до об'єктів другого та третього викликів, але не забезпечені належною кількістю гідрантів.

Застосування триангуляції Делоне та діаграм Вороного дає змогу виявити найбільш незахищені фрагменти території та вказати місце розташування нового гідранта. Такими ділянками є території, на яких кола, описані навколо трикутників триангуляції, мають більший у порівнянні з іншими радіус. Вершини діаграм Вороного – центри таких кіл – місця потенційного розташування гідрантів (див. рис. 6)



*Рис. 6. Система кіл, описаних навколо трикутників триангуляції*

Таким чином, розбивши територію міста Новояворівська на зони обслуговування гідрантами за допомогою діаграм Вороного, ми встановили райони, які потребують встановлення додаткових вододжерел, на що повинні звернути увагу пожежно-рятувальні служби під час виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах у цих районах.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Коваль М. С. Збірник нормативно-правових актів з питань надзвичайних ситуацій та техногенної безпеки / Коваль М.С., Сукач Ю.Г., Половко А.П., Сукач Р.Ю. – Львів: ЛДУ БЖД, 2007. – 575 с.
2. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських населених пунктів: ДБН 360-92.
3. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А.В. Скворцов. – Томск: Изд-во Том. ун.-та., 2002. – 128 с.
4. Кузик А. Д. Аналіз зон обслуговування пожежно-рятувальних частин за допомогою діаграм Вороного / А. Д. Кузик, О. О. Карабин, О. М. Трусевич // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2008. - № 13. – С. 73-78.

*А.Д. Кузык, к.ф.-м.н., доц., О.М. Трусевич, к.ф.-м.н., доц., О.О. Карабын, к.ф.-м.н., доц.*

## АНАЛИЗ ЗОН ПОКРЫТИЯ ГИДРАНТАМИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ НОВОЯВОРИВСКА)

Рассматривается разбиение территории города на зоны и их покрытие гидрантами путем построения диаграмм Вороного на основании триангуляции Делоне.

Ключевые слова: диаграмма Вороного, триангуляция Делоне, граф Делоне.

*A.D. Kuzyk, Candidate of Science (Phys.-Math.), Docent, O.M. Trusevych, Candidate of Science (Phys.-Math.), Docent, O.O. Karabyn, Candidate of Science (Phys.-Math.), Docent*

## THE ANALYSIS OF COVERING BY HYDRANTS OF A TERRITORY NOVOYAVORIVSK CITY

The article deals with the dividing of the city territory into zones and their covering by hydrants using the Voronoy's diagrams' construction on the basis of Delone's triangulation.

**Key words:** Voronoy's diagram, Delone's triangulation, Delone's graph.

УДК 614.897

*А.А. Мичко, д.т.н., проф., М.М. Клим'юк, к.т.н., (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## ТЕРМОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВЕРХУ ВЗУТТЯ ПОЖЕЖНИКІВ-РЯТУВАЛЬНИКІВ ТА СПОСОБИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведено аналіз методичного забезпечення оцінки теплофізичних властивостей спеціальних матеріалів різного призначення. Розроблено функціонально-логічну схему оцінки захисних властивостей матеріалів для верху взуття пожежників-рятувальників з конкретними термофізичними характеристиками, що мають відповідні критерії оцінок. Запропоновані методи, прилади і устаткування дадуть змогу дослідити властивості матеріалів, отримати коректні результати експериментів і науково-обґрунтувати вибір матеріалів для верху взуття пожежника-рятувальника

**Ключові слова:** термодеструкція, захисні властивості, повітропроникність, залишкове тління, залишкове горіння, морозостійкість, полімерне покриття

**Вступ.** Оцінка матеріалів для виготовлення засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) будь-якого функціонального призначення є складним і відповідальним завданням, оскільки пов'язана із здоров'ям людини і залежить, в першу чергу, від захисних властивостей матеріалів. Їх сукупність зумовлює придатність до застосування згідно з призначенням, особливо коли процес створення ЗІЗ починається з розробки нового спеціального матеріалу, а його відповідність призначенню визначається дослідженням термофізичних характеристик матеріалів. До них відносяться такі, як стійкість матеріалу до дії відкритого полум'я, ІЧ-випромінювання, конвективного тепла та низьких температур.

**Постановка проблеми.** Аналіз методів дослідження термофізичних властивостей матеріалів, що мають різне призначення, в тому числі і для виготовлення ЗІЗ (взуття, одяг), визначаються, а в деяких випадках і постійно контролюються, за допомогою стандартних або розроблених приладів, технічних устаткувань, стендів тощо. Але незалежно від обладнання,