

*А.Д. Кузик, д-р сільгосп. наук, доцент, С.О. Ємельяненко
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ СЛІДУВАННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДО МІСЦЯ ПОЖЕЖІ

Питання визначення часу слідування пожежно-рятувальних підрозділів у великих містах (наприклад, Львові) вивчені недостатньо. Методи оцінюють час слідування тільки на основі усереднених показників, що не дає змоги враховувати його динаміку в часі і просторі. У роботі проаналізовано час слідування пожежно-рятувальних підрозділів м. Львова до місця пожежі, з використанням електронної Яндекс-карти, а саме, її функції «Затори». На прикладі міста проведено оцінювання часу слідування вулицями з урахуванням дня тижня, часу доби в межах зон виїзду пожежно-рятувальних підрозділів, визначених на основі діаграм Вороного та інформації про швидкість руху в цих зонах. Проведені обчислення свідчать про значні відмінності середнього та максимального часу слідування в зонах обслуговування підрозділів, особливо у години «пік».

Ключові слова: час слідування, діаграми Вороного, Яндекс-карти, зона обслуговування

Вступ. Проблеми оцінювання часу слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місць виникнення пожеж у містах, незважаючи на значну кількість наукових праць, у яких висвітлюється ця проблема [1-5], є ще не достатньо вивченими. Відомі методики дають можливість лише приблизно його оцінити, іноді, навіть поверхнево, враховуючи тільки інтенсивність руху транспортних засобів. Завантаженість вулиць істотно впливає на своєчасність прибуття і, відповідно, час вільного розвитку пожежі. Тому дослідження впливу завантаженості доріг міста на час слідування пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП) до місць виникнення пожеж є актуальними.

Метою роботи є встановлення залежності часу слідування до місця пожежі у Львові найближчого пожежно-рятувального підрозділу від часу доби і завантаженості вулиць в зоні обслуговування.

Викладення матеріалу. На ризики загибелі на пожежі та матеріальних збитків істотно впливає час вільного горіння, який частково залежить від своєчасного прибуття ПРП до місця пожежі. Значний період часу з моменту виникнення пожежі становить час слідування підрозділів, який залежить від завантаженості доріг міста.

Оскільки традиційний розподіл міста на райони виїздів ПРП не завжди забезпечує слідування до місця пожежі найкоротшим шляхом, для визначення оптимальних зон обслуговування ПРП застосовано метод діаграм Вороного [6]. Для кожної з отриманих зон обслуговування підрозділів визначено середню і максимальну відстань слідування. Зони обслуговування ПРП нанесено на електронну Яндекс-карту [7] (рис. 1).

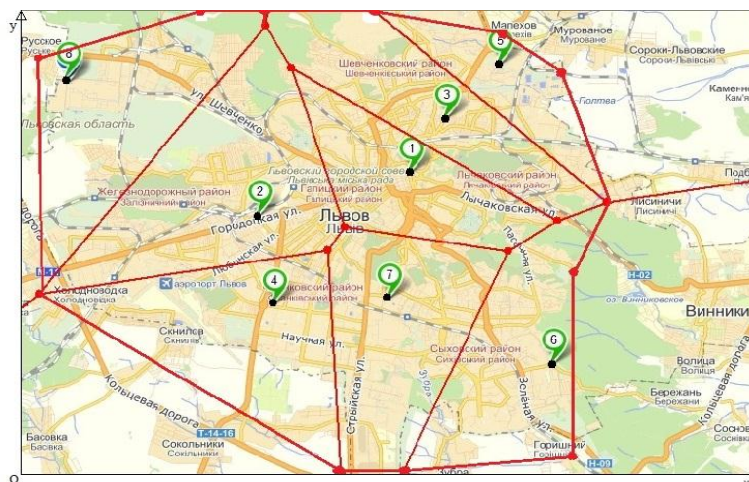


Рис. 1. Межі зон обслуговування ПРП м. Львова, визначені за діаграмами Вороного та нанесені на Яндекс-карту [7]: 1 – 1ДПРЧ; 2 – 2ДПРЧ; 3 – 3ДПРЧ; 4 – 4ДПРЧ; 5 – ЗТС ЗТУ; 6 – 29ДПРЧ; 7 – 30 ДПРЧ; 8 – 31 ДПРЧ

У Яндекс-карти опцію «Прогноз» функції «Затори» застосовано для визначення швидкості руху на дорогах міста за днями тижня та годинами. Мережу доріг у кожній із зон обслуговування за кольорами відповідно до швидкостей руху візуально поділено на 4 групи. Частка доріг кожної з груп становить (у %) $m_i = m_i(j, d, t)$, де $i=1, \dots, 4$ – номер групи, j – номер зони обслуговування ($j=1, \dots, 8$), d – день тижня ($d=1, \dots, 7$) і t – час доби, год ($t=0, \dots, 23$). За даними Яндекс-карт встановлено, що у Львові m_1 % доріг (червоний колір) дають проїзд з середньою швидкістю $v_1=8\pm 2$ км/год., m_2 % (жовтий колір) – з $v_2=20\pm 10$ км/год., m_3 % (зелений колір) – з $v_3=30\pm 10$ км/год. і m_4 % (коричневий колір) – незавантажені дороги, для яких вважаємо, що середня швидкість руху становитиме $v_4=60\pm 10$ км/год.

Провівши аналіз інтенсивності руху на вулицях м. Львова, ми встановили, що в період від 0:00 до 6:00 обмежень швидкості на дорогах міста майже немає, тому завантаженість вулиць доцільно враховувати з 6:00 до 24:00 год. Середню швидкість в зоні обслуговування обчислювали за формулою

$$\bar{v}_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^4 \frac{m_i(j, d, t)}{100 \cdot v_i}}, \quad (1)$$

Оскільки місце виникнення пожежі і маршрут слідування є невідомими, припускаємо, що під час руху в j -ій зоні обслуговування автомобіль проїжджатиме шлях, частки якого становитимуть m_i % ($i=1, \dots, 4$) з швидкостями v_i , км/год. Тоді час τ_j , хв, за який підрозділ прибуде до найвіддаленішої точки зони обслуговування найкоротшим шляхом, визначено за формулою

$$\tau_j = l_j \cdot 60 \cdot k_{\text{III}} \cdot \sum_{i=1}^4 \frac{m_i(j, d, t)}{100 \cdot v_i} + \tau_s, \quad (2)$$

де l_j , км, – відстань до найвіддаленішої від ПРП точки j -ої зони обслуговування, а $\tau_s=1$ хв – час збору необхідний пожежно-рятувальним підрозділам для збору [8], $k_{\text{III}} = \sqrt{2}$ – коефіцієнт непрямої руху автомобіля мережею доріг [1]. Для знаходження відстані l_j на карті географічні координати переведено в локальні декартові з початком у точці О з координатами (49,773N 23,898E).

Слід зауважити, що, у разі виникнення пожежі, шлях слідування j -го ПРП до її місця виникнення буде переважно меншим, ніж величина l_j . Тому, окрім максимальної, визначено і середню відстань, для обчислення якої використано формулу.

$$\bar{l}_j = \frac{\iint_{G_j} l_j^*(x, y) dx dy}{\iint_{G_j} dx dy}, \quad (3)$$

де G_j – зона обслуговування, а $l_j^*(x, y)$ – відстань, яку проїжджає автомобіль від місця дислокації в точці (x_{0j}, y_{0j}) до довільної точки $(x, y) \in G_j$, обчислено за формулою

$$l_j^*(x, y) = \sqrt{(x - x_{0j})^2 + (y - y_{0j})^2}. \quad (4)$$

З використанням в (2) замість l_j значення \bar{l}_j , розрахованого за формулою (3) з урахуванням (4), визначається середній час слідування в j -ій зоні.

Проведені обчислення свідчать про значні відмінності середнього і максимального слідування в зонах, особливо в години «пік». Наприклад, у понеділок станом на 9-ту годину середній та максимальний часи слідування (табл. 1) залежить від зони обслуговування і є найбільшими для 2ДПРЧ, (16,14 хв), а у деяких зонах ці показники не перевищують 10 хв.

Таблиця 1

Максимальний і середній час слідування ПРП, максимальна і середня відстань до місця пожежі, яку вони можуть проїхати (понеділок, 9:00)

№	Назва частини	Адреса	Географічні координати	Максимальна відстань виїзду l_j , км	Максимальний час слідування (понеділок, 9:00) τ_{jmax} , хв	Середня відстань виїзду \bar{l}_j , км	Середній час слідування τ_j , хв
1.	1ДПРЧ	вул. Підвальна, 6	49,845N 24,037E	5,75	13,69	2,17	8,57
2.	2ДПРЧ	вул. Кузневича, 6	49,835N 23,985E	8,01	16,14	2,99	9,57
3.	3ДПРЧ	вул. Б. Хмельницького, 193	49,858N 24,049E	7,85	12,01	2,64	7,72
4.	4ДПРЧ	вул. В. Великого, 56	49,813N 23,989E	7,93	13,89	3,07	8,06
5.	ЗТС ЗТУ	вул. Мележа, 17	49,871N 24,068E	6,33	8,61	2,14	4,64
6.	29ДПРЧ 1ДПРЗ	вул. Вулецька, 11	49,798N 24,086E	6,54	13,8	2,91	9,05
7.	30ДПРЧ 1ДПРЗ	вул. Козельницька, 9	49,814N 24,029E	6,64	13,29	2,81	8,36
8.	31ДПРЧ 2ДПРЗ	вул. Т. Шевченка, 325	49,867N 23,918E	7,89	11,91	3,34	7,88

В [9] встановлено, що для забезпечення нормативного покриття території міста необхідно побудувати три пожежно-рятувальні частини в околі міста, а саме: в районі смт. Рудно (кінець вул. Городоцької), м. Винники, кінець вул. Стрийської та встановити район виїзду Навчальної пожежно-рятувальної частини Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (НПРЧ). У зв'язку з тим, що в районі вул. Стрийської проживає велика кількість людей, побудовано стадіон «Арена-Львів» та мережу супермаркетів «Ашан», «Практикер», з масовим перебуванням людей, залишається актуальною потреба будівництва в цьому районі пожежно-рятувальної частини. Бо, наприклад, від найближчої Державної пожежно-рятувальної частини (30 ДПРЧ 1ДПРЗ) час слідування до стадіону «Арена-Львів» становить більше 10 хв, що суперечить вимогам нормативних документів [10].

Актуальним є і встановлення району виїзду для НПРЧ, що змінить межі суміжних зон обслуговування 1ДПРЧ, 2ДПРЧ, 3ДПРЧ та 31ДПРЧ (рис. 2) і дасть змогу зменшити час слідування підрозділів до можливого місця пожежі.

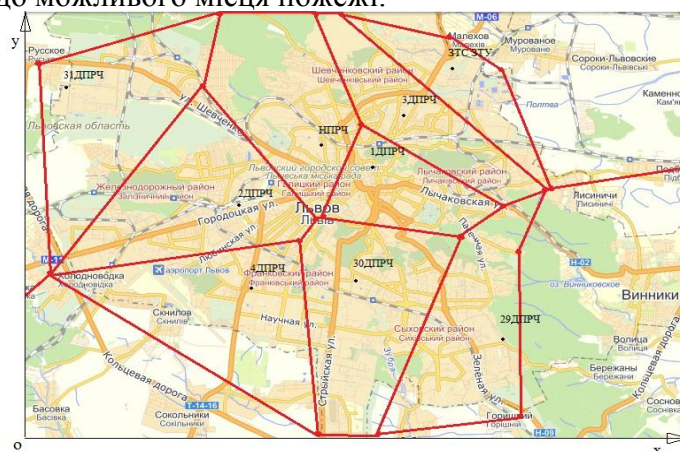


Рис. 2. Запропоновані зони обслуговування пожежно-рятувальних частин з врахуванням НПРЧ

За прогнозованими значеннями середніх швидкостей (рис. 3) виявлено, що найбільш ускладненим для ПРП м. Львова є понеділок та неділя. Однією з найменших є швидкість руху транспортних потоків у зоні обслуговування 1ДПРЧ, яка в період найбільшої завантаженості до-ріг у понеділок (з 7:00 до 13:00 год) та неділю (з 9:00 до 21:00 год) становить близько 25 км/год.

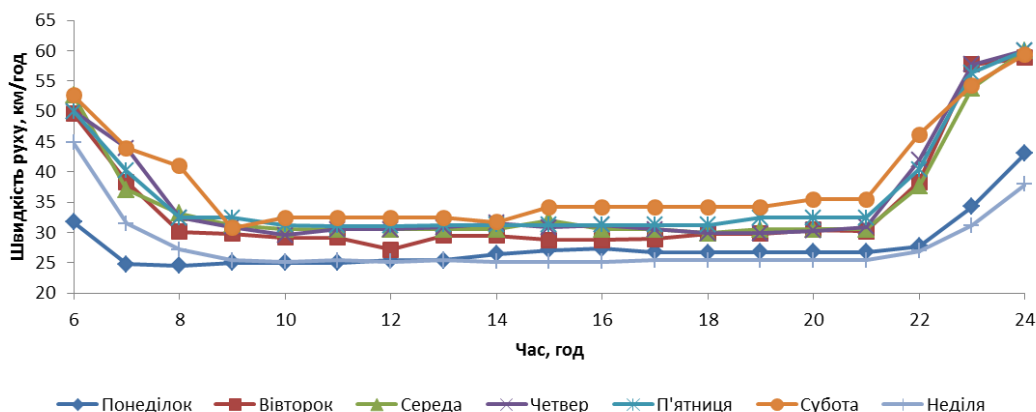


Рис. 3. Середня швидкість слідування в зоні обслуговування 1ДПРЧ без урахування НПРЧ (за днями тижня)

Порівняльна характеристика оперативних показників ПРП у запропонованих зонах без урахування НПРЧ та з її урахуванням наведена в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння середніх значень запропонованих зон обслуговування пожежно-рятувальних підрозділів з урахуванням та без урахування НПРЧ (понеділок)

Назва частини	Без урахування НПРЧ				З урахуванням НПРЧ			
	Площа району виїзду (км ²)	Максимальний час слідування (хв)	Середній шлях виїзду (км)	Середній час слідування (хв)	Площа району виїзду (км ²)	Максимальний час слідування (хв)	Середній шлях виїзду (км)	Середній час слідування (хв)
1ДПРЧ	13,56	13,69	4,43	8,57	9,33	13,13	4,07	7,76
2ДПРЧ	24	16,14	5,54	9,57	19,04	16,04	5,22	8,93
3ДПРЧ	17,87	12,01	5,79	7,72	11,09	9,99	4,73	6,24
31ДПРЧ 2ДПРЗ	20,23	11,91	5,97	7,88	18,90	11,90	5,72	7,53
НПРЧ	-	-	-	-	16,24	13,86	4,29	9,22

З результатів розрахунків слідує, що завдяки виділенню зони обслуговування НПРЧ середній час слідування зменшиться для всіх підрозділів майже на хвилину, а максимальний – істотно зменшиться лише для окремих зон обслуговування: 3ДПРЧ – 2 хв та 1ДПРЧ – 0,5 хв.

Динаміка середніх швидкостей у зонах обслуговування пожежно-рятувальних частин з урахуванням НПРЧ за часом доби зображена на рис. 4.

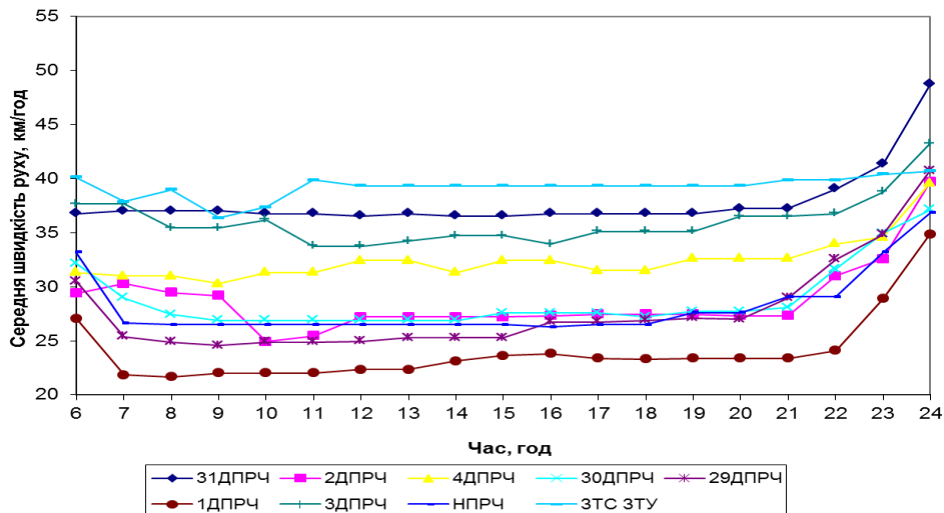


Рис. 4. Динаміка середніх швидкостей у зонах обслуговування підрозділів (з урахуванням НПРЧ) (понеділок, 6:00-24:00)

Найменшою є середня швидкість в зоні обслуговування 1ДПРЧ (центральна частина міста). Особливо низькою вона є з 7:00 до 22:00 і становить близько 25 км/год. Також незначною є швидкість руху в Сихівському районі з 8:00 до 20:00 – 27,8 км/год (зона обслуговування 29ДПРЧ). В інших зонах обслуговування середні швидкості є вищими, проте вони зазнають подекуди значних коливань.

З урахуванням максимальних відстаней слідування ПРП у зонах виїзду дещо іншою є динаміка максимального часу слідування (рис. 5).

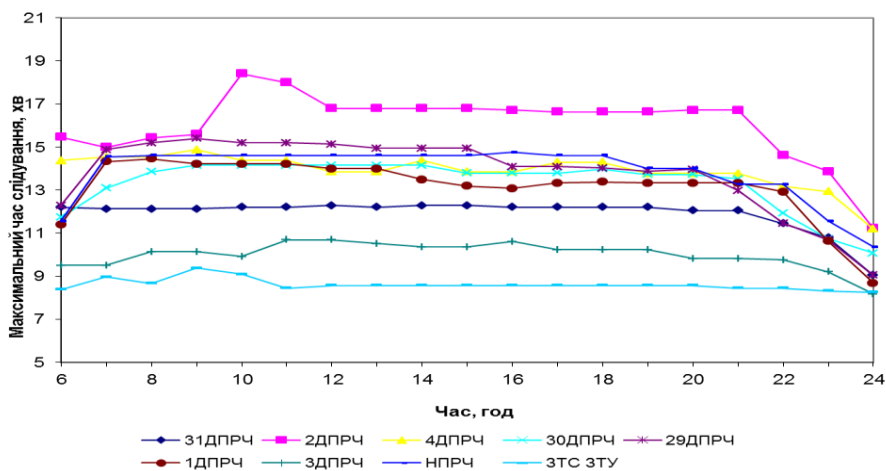


Рис. 5. Максимальний час слідування ПРП до найбільш віддалених точок зон виїзду (понеділок, 6:00-24:00)

Максимальний час слідування для 2ДПРЧ в понеділок з 10:00 до 11:00 год становить близько 18 хв. Середній час слідування ПРП зображено на рис. 6.

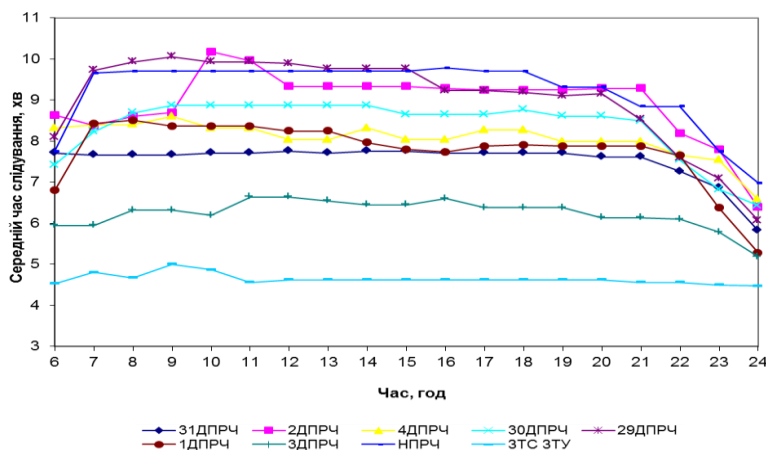


Рис. 6. Середній час слідування пожежно-рятувальних підрозділів у зонах виїзду (понеділок, 6:00-24:00)

Згідно з рис. 5-6, максимальний та середній час слідування в зоні обслуговування досягнуть максимальних значень у будні в такі години: 1ДПРЧ (7:00 до 13:00), 2ДПРЧ (10:00-11:00), 3ДПРЧ (11:00-13:00), 4ДПРЧ (9:00), 29ДПРЧ (8:00-12:00), 30 ДПРЧ (9:00-14:00), 31ДПРЧ (10:00-19:00), 3ТС 3ТУ (9:00-10:00), НПРЧ (8:00-18:00).

Висновки оцінювання максимального часу слідування ПРП до місця пожежі дає змогу виявити затримки руху, пов'язані з днем тижня, часом доби та зоною обслуговування. У зонах обслуговування з підвищеними значеннями максимального і середнього часу слідування необхідно удосконалювати протипожежний захист об'єктів. Зменшення небезпеки завдяки оптимізації часу слідування можна досягти введенням в експлуатацію нових частин, що підтверджено прикладом НПРЧ, встановлення для якої району виїзду призведе до зменшення середнього часу слідування для суміжних районів на 1-2 хв.

Список літератури:

- 1. Брушлинский Н. Н.** Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы / Брушлинский Н. Н. – М. : МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.
- 2. Гладков П. С.** Моделирование занятости пожарного автомобиля как системы массового обслуживания на основе метода псевдосостояний / П. С. Гладков, С. В. Гладков // Современные наукоемкие технологии : регион. прилож. к журналу. – Иваново, 2008. – № 2. – С. 46-58.
- 3. Блощицкий В. П.** Определение оптимального пути следования пожарного расчета к месту пожара с помощью эволюционных вычислений / В. П. Блощицкий, Ю. С. Казанова, Т. В. Мартыненко // Наукові праці Дон НТУ. – Донецьк : Дон НТУ. – 2010. – Вип. 18(169). – С. 159-165.
- 4. Снитюк В. Е.** Интеллектуальная технология оптимизации пути следования пожарного расчета к месту пожара / В. Е. Снитюк, О. М. Джулай // АСУ и приборы автоматики. – Х. : 2004. – Вып. 129. – С. 41-47.
- 5. Бутырин О. В.** Технология оценивания эффективности функционирования системы обеспечения пожарной безопасности промышленных предприятий. Монография / О. В. Батурич, А. В. Абаев. – Иркутск : Ир ГУПС, 2010. – 132 с.
- 6. Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams / Atsuyuki Okabe, Barry Boots, Kokichi Sugihara, Sung Nok Chiu, D. G. Kendall // New York : 2000. – 651 p.**
- 7. Яндекс.** Карти [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://maps.yandex.ua>
- 8. Терещев В. В.** Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В. В. Терещев. – М. : Пожкнига, 2004. – 248 с.

9. Кузык А. Д. Аналіз зон обслуговування пожежно-рятувальних частин за допомогою діаграм Вороного / А. Д. Кузык, О. О. Карабин, О. М. Трусевич // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів : ЛДУ БЖД, 2008. – № 13. – С. 73-78.

10. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень : ДБН 360-92**. – [Чинний від 2011-09-01]. – К. : Держбуд України, 2002. – 53 с.

А.Д. Кузык, С.А. Емельяненко

ОЦЕНИВАНИЕ ВРЕМЕНИ СЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ К МЕСТУ ПОЖАРА (НА ПРИМЕРЕ Г. ЛЬВОВА)

Вопросы определения времени следования пожарно-спасательных подразделений в городах изучены недостаточно. Существующие методы оценивают время следования только на основе усредненных показателей, что не позволяет учитывать его динамику во времени и пространстве. В работе проанализированы время следования пожарно-спасательных подразделений г. Львова к месту пожара, с использованием электронной Яндекс-карты ее функции «Пробки». На примере города проведена оценка времени следования улицами с учетом дня недели, времени суток в пределах зон выезда пожарно-спасательных подразделений определенных на основе диаграмм Вороного и информации о скорости движения в этих зонах. Проведенные вычисления свидетельствуют о значительных различиях среднего и максимального времени следования в зонах обслуживания подразделений, особенно в часы «пик».

Ключевые слова: время следования, диаграммы Вороного, Яндекс-карты, зона обслуживания.

А.Д. Кузык, С.О. Емельяненко

RUNNING TIME EVALUATION OF FIRE AND RESCUE UNITS TO FIRE LOCATION (BY THE EXAMPLE OF LVIV)

The questions of running time determination of fire and rescue units in big cities (for example, Lviv) are not studied enough. Existing techniques estimate the running time only on the ground of average rate, which prevents from taking into account its dynamics in time and space. Running time of fire and rescue units to the fire location in Lviv using electronic Yandex maps that is its function “Traffic jams” is analyzed. By the example of Lviv, running time evaluation along roads, taking into account day of the week, the time of day within departure zone of fire and rescue unit estimated on the basis of Voronoi decomposition and information about movement rate in these areas is conducted. The calculations show considerable discrepancy between average and maximum running time in unit service zones, in particular in the “rush hours”.

Keywords: running time, Voronoi decomposition, Yandex maps, service area

