

УДК 614.8

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

Емельяненко С.А., Кузык А.Д., к.ф.-м.н.

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности ГСЧС Украины

e-mail: ubj101@mail.ru

Вопросы по определению времени следования пожарно-спасательных подразделений в городах недостаточно изучены. В работе проанализировано время следования пожарно-спасательных подразделений к месту пожара г. Львова, с использованием электронной Яндекс карты, а именно ее функции «Пробки». На примере города проведена оценка времени следования дорогами с учетом дня недели, времени суток с использованием предложенного на основе диаграмм Вороного разделения на зоны выезда пожарно-спасательных подразделений 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».

Questions of the determination of time arrival rescue units in the cities are not enough studied. The paper analyzes the running time of rescue units to the fire in Lvov, using electronic Yandex maps and its function «Traffic jam». By the example of Lvov, it is conducted evaluation of running time roads taking into account day of the week, time of the day using proposed based on Voronoy's diagrams sectioning response rescue units and information about driving speed in these areas. Conducted calculation shows significant difference between average and maximum running time in zones of unit service, particular in the «rush hours».

(Поступила в редакцию 24 июня 2013 г.)

Введение

Проблемы оценки времени следования пожарно-спасательных подразделений к местам возникновения пожаров в городах в настоящее время являются недостаточно изученными. Известные методики дают возможность лишь приближенно его оценить и, иногда, поверхностно учитывая интенсивность движения транспортных средств. Загруженность улиц существенно влияет на своевременность прибытия и соответственно время свободного развития пожара. Поэтому актуальным является исследование влияния загруженности дорог города на время следования пожарно-спасательных подразделений к местам возникновения пожаров.

Основная часть

Целью работы является установление зависимостей времени следования к месту пожара во Львове ближайшего пожарно-спасательного подразделения от времени суток и загруженности улиц в зоне обслуживания.

Поскольку деление города на районы выездов Государственных пожарно-спасательных частей (ГПСЧ) не всегда обеспечивает кратчайший путь следования к месту пожара, для определения оптимальных зон обслуживания подразделений применен метод диаграмм Вороного и триангуляции Делоне [1]. В каждой из таких зон (рис. 1) определяем среднее и максимальное время следования. Для определения скорости движения пожарного автомобиля в зоне обслуживания использовано фрагмент электронной Яндекс карты [2] для г. Львова и ее функцию – «Пробки».

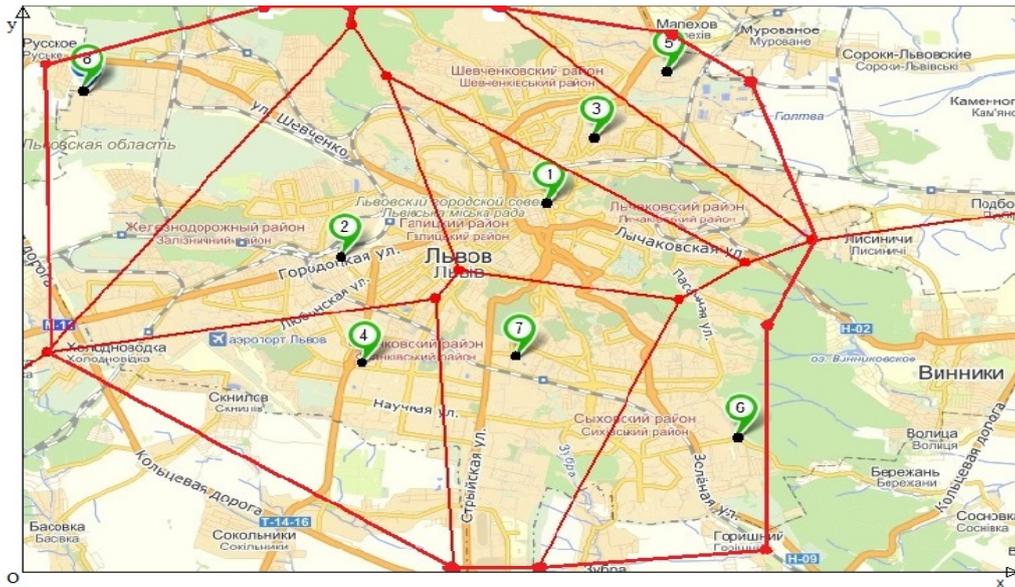


Рисунок 1 – Границы зон обслуживания пожарно-спасательных подразделений г. Львова, определенные по диаграммам Вороного: 1 – 1ГПСЧ; 2 – 2ГПСЧ; 3 – 3ГПСЧ; 4 – 4ГПСЧ; 5 – 3ТС ЗТУ; 6 – 29ГПСЧ; 7 – 30ГПСЧ; 8 – 31ГПСЧ

Опция «Прогноз» функции «Пробки» применена для определения скорости движения на дорогах города по дням недели и часам. Сеть дорог в каждой из зон обслуживания согласно скоростям движения визуально разделены на 4 группы. Суммарная протяженность дорог каждой из групп составляет (в %): $m_i = m_i(j, d, t)$, $i = 1, \dots, 4$ – номер группы, где j – номер зоны обслуживания (1-8), d – день недели (1-7) и t – время суток (0, ..., 23 час). По данным Яндекс карты установлено, что m_1 % дорог (красный цвет) позволяют проезд со средней скоростью $v_1 = 8 \pm 2$ км/час, m_2 % (желтый цвет) – с $v_2 = 20 \pm 10$ км/час, m_3 % (зеленый цвет) – с $v_3 = 30 \pm 10$ км/час и m_4 % (коричневый цвет) – незагруженные дороги, для которых будем считать, что средняя скорость движения составит $v_4 = 60 \pm 10$ км/час. Поскольку место возникновения пожара и маршрут следования являются неизвестными, предполагаем, что при движении в зоне обслуживания автомобиль будет проезжать путь, части которого составят m_i % ($i = 1, \dots, 4$) с скоростями v_i , км/час. Тогда время τ , мин., за которое подразделение прибудет в отдаленную точку зоны обслуживания кратчайшим путем, определяли по формуле

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

где l_j , км – расстояние до самой удаленной от пожарно-спасательного подразделения точки j -й зоны обслуживания.

Для нахождения расстояний l_i на карте географические координаты переведены в локальные декартовы с началом в точке O с координатами $(49,773N \quad 23,898E)$. Поскольку движение автомобиля происходит не по прямой, а по сети дорог, для оценки максимального пути следования l_j применен коэффициент непрямолинейности $k_{НП} = \sqrt{2}$ [4-6].

Следует заметить, что в случае возникновения пожара путь следования j -го подразделения к нему будет меньше, чем величина l_j . Поэтому кроме максимального пути следования в зоне обслуживания определяли и средний путь, исходя из предположения о равновероятном месте возникновения пожара в этой зоне по формуле

$$\bar{l}_j = \frac{\iint_{G_j} l_j^*(x, y) dx dy}{\iint_{G_j} dx dy}, \quad (2)$$

где G_j – область зоны обслуживания, а путь следования подразделения, расположенного в точке зоны с координатами (x_{0j}, y_{0j}) к месту пожара в точке (x, y) , – по формуле

$$l_j^*(x, y) = k_{НП} \cdot \sqrt{(x - x_{0j})^2 + (y - y_{0j})^2}. \quad (3)$$

Используя в (1) вместо l_j значение \bar{l}_j , вычисленное по формулам (2)–(3), определяли и среднее время следования в j -й зоне. Максимальное τ_{jmax} и среднее $\bar{\tau}_j$ время следования получаем, увеличивая соответствующие значения на 1 мин. (время, необходимое пожарно-спасательным подразделениям для сбора). С учетом коэффициента непрямолинейности и времени сбора в соответствии с ситуацией на дорогах в пределах зоны обслуживания, в зависимости от дня недели и времени суток получаем максимальное время следования для каждого из подразделений.

Проведенные вычисления свидетельствуют о значительных различиях среднего и максимального следования в зонах, особенно в часы «пик». Например, в понедельник по состоянию на 9 часов среднее и максимальное время следования достигает максимальных значений (таблица 1). Наибольшее время следования для 2ГПСЧ (пожарная часть в Зализнычном районе) составляет 16,14 мин., а в некоторых зонах – менее 10 мин.

Таблица 1 – Максимальное и среднее время следования пожарно-спасательных подразделений и максимальное расстояние, которое они могут проехать (понедельник, 9:00)

№	Название пожарной части	Адрес	Географические координаты	Максимальное расстояние следования l_j , км	Максимальное время следования (понедельник, 9:00) τ_{jmax} , мин.	Среднее расстояние следования \bar{l}_j , км	Среднее время следования (понедельник, 9:00) τ_j , мин.
1.	1ГПСЧ	ул. Подвальная, 6	49,845N 24,037E	5,75	13,69	2,17	8,57
2.	2ГПСЧ	ул. Кузневича, 6	49,835N 23,985E	8,01	16,14	2,99	9,57
3.	3ГПСЧ	ул. Б. Хмельницкого, 193	49,858N 24,049E	7,85	12,01	2,64	7,72
4.	4ГПСЧ	ул. В. Великого, 56	49,813N 23,989E	7,93	13,89	3,07	8,06
5.	ЗТС ЗТУ	ул. Мележа, 17	49,871N 24,068E	6,33	8,61	2,14	4,64
6.	29ГПСЧ 1ДПРЗ	ул. Вулецкая, 11	49,798N 24,086E	6,54	13,8	2,91	9,05
7.	30ГПСЧ 1ДПРЗ	ул. Козельницкая, 9	49,814N 24,029E	6,64	13,29	2,81	8,36
8.	31ГПСЧ 2ДПРЗ	ул. Т. Шевченко, 325	49,867N 23,918E	7,89	11,91	3,34	7,88

В [3] проведено разбиение территории г. Львова на зоны обслуживания пожарно-спасательных подразделений с помощью диаграмм Вороного и триангуляции Делоне [1] и установлено, что для обеспечения нормативного покрытия территории города необходимо построить три пожарно-спасательных части в окрестностях города, а именно: в районе пгт. Рудно (конец ул. Городоцкой), г. Винники, конец ул. Стрыйской и установить район выезда учебной пожарно-спасательной части Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности (УПСЧ). Введение в действие трех новых частей и полноценное использование УПСЧ уменьшит максимальный радиус обслуживания до 3,9 км, а в случае движения по дорогам общего пользования составит 5,5 км. В связи с тем, что в районе ул. Стрыйской проживает большое количество людей, построено стадион «Арена Львов» и сеть супермаркетов «Ашан» и «Практикер», остается актуальной необходимость строительства в этом районе пожарно-спасательной части. Например, от ближайшей Государственной пожарно-спасательной части (30ГПСЧ 1ДРПЗ) время следования к стадиону «Арена Львов» составляет более 10 мин., что противоречит требованиям нормативных документов [7].

Установка района выезда для УПСЧ изменит границы смежных зон обслуживания 1ГПСЧ, 2ГПСЧ, 3ГПСЧ и 31ГПСЧ (рис. 2), что позволит уменьшить время следования подразделений к возможному месту пожара.

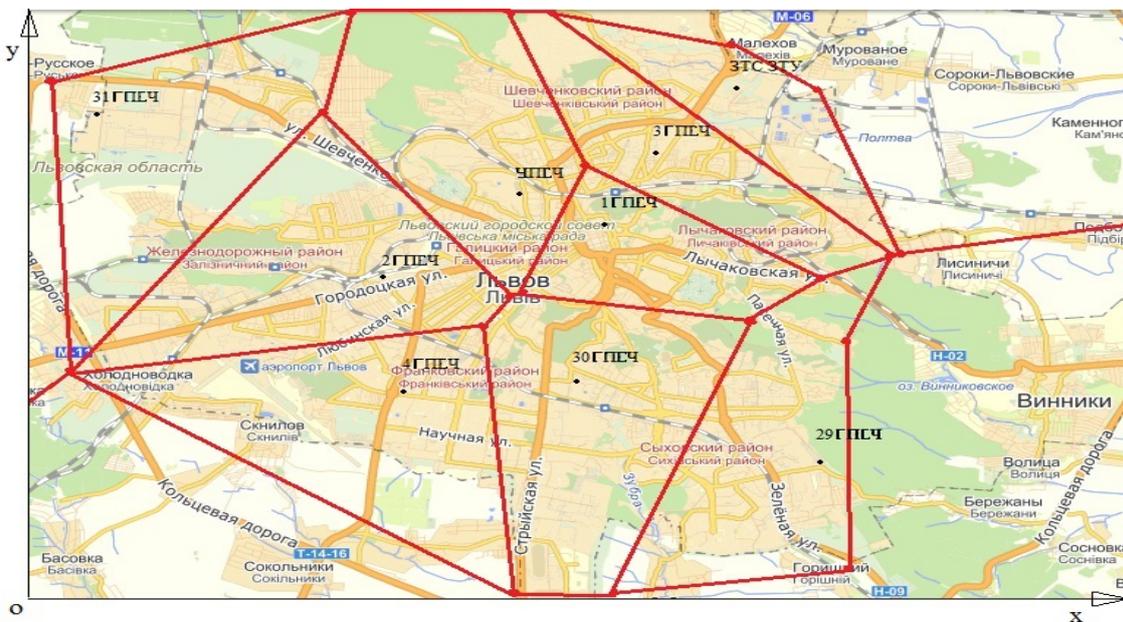


Рисунок 2 – Предложенные зоны обслуживания пожарно-спасательных частей с учетом УПСЧ

Проведя анализ интенсивности движения на улицах г. Львова посуточно с помощью сервиса Яндекс Карты, функции «пробки» установлено, что в период с 0:00 до 6:00 ограничений скорости на дорогах города почти нет, поэтому целесообразно учитывать загруженность улиц с 6:00 до 24:00. Среднюю скорость в зоне обслуживания вычисляем по формуле

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

По прогнозируемым данным Яндекс Карт выявлено, что наиболее осложненным для пожарно-спасательных подразделений Львова является понедельник и воскресенье. Самой меньшей является скорость движения транспортных потоков в предложенной зоне обслуживания 1ГПСЧ, которая в период наибольшей загруженности дорог в понедельник (с 7:00 до 13:00) и воскресенье (с 9:00 до 21:00) составляет около 25 км / час (рис. 3).

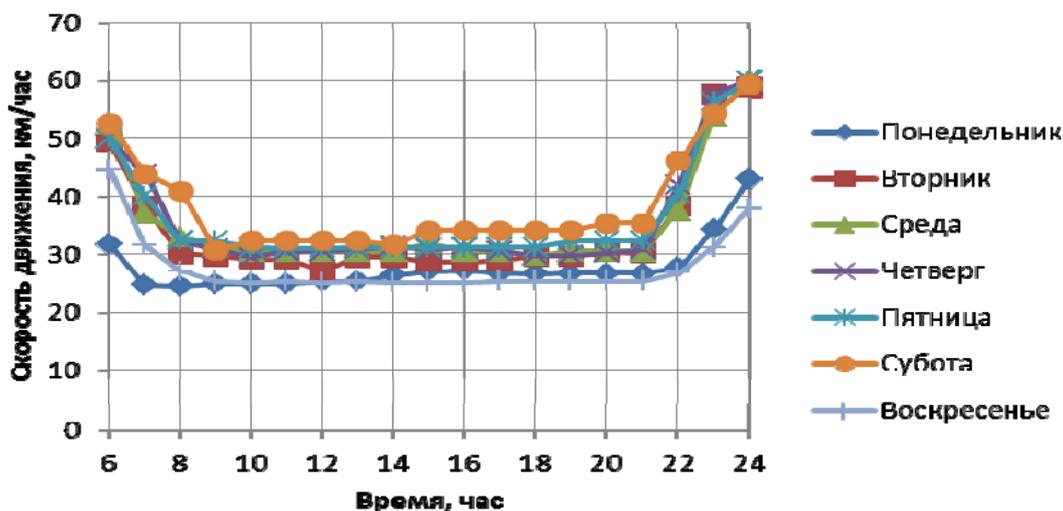


Рисунок 3 – Средняя скорость следования в предложенной зоне обслуживания 1ГПСЧ (по дням недели)

Сравнительная характеристика предложенных зон без учета УПСЧ и с ее учетом приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение средних значений предложенных зон обслуживания пожарно-спасательных подразделений с учетом УПСЧ и без (понедельник)

Название части	Без учета УПСЧ				С учетом УПСЧ			
	Площадь района выезда (км ²)	Максимальное время следования (мин.)	Средний путь следования (км)	Среднее время следования (мин.)	Площадь района выезда (км ²)	Максимальное время следования (мин.)	Средний путь следования (км)	Среднее время следования (мин.)
1ГПСЧ	13,56	13,69	4,43	8,57	9,33	13,13	4,07	7,76
2ГПСЧ	24	16,14	5,54	9,57	19,04	16,04	5,22	8,93
3ГПСЧ	17,87	12,01	5,79	7,72	11,09	9,99	4,73	6,24
31ГПСЧ	20,23	11,91	5,97	7,88	18,90	11,90	5,72	7,53
УПСЧ	-	-	-	-	16,24	13,86	4,29	9,22

Из результатов расчетов следует, что за счет выделения УПСЧ зоны обслуживания среднее время следования уменьшилось для всех подразделений почти на минуту, а максимальное время существенно уменьшится только для отдельных зон обслуживания: 3ГПСЧ – 2 мин. и 1ГПСЧ – 0,5 мин.

Динамика средних скоростей в зонах обслуживания пожарно-спасательных частей с учетом УПСЧ изображена рис. 4.

Наименьшей является средняя скорость в зоне выезда 1ГПСЧ (центральная часть города) с 7:00 до 22:00 и составляет около 25 км/час. Также незначительной является скорость движения в Сыховском районе с 8:00 до 20:00 – 27,8 км/час (зона обслуживания

29ГПСЧ). В других зонах обслуживания средние скорости выше, однако и они, местами значительно колеблются.

С учетом максимальных расстояний следования пожарно-спасательных подразделений в зонах выезда несколько иной является динамика максимального времени следования (рис. 5).

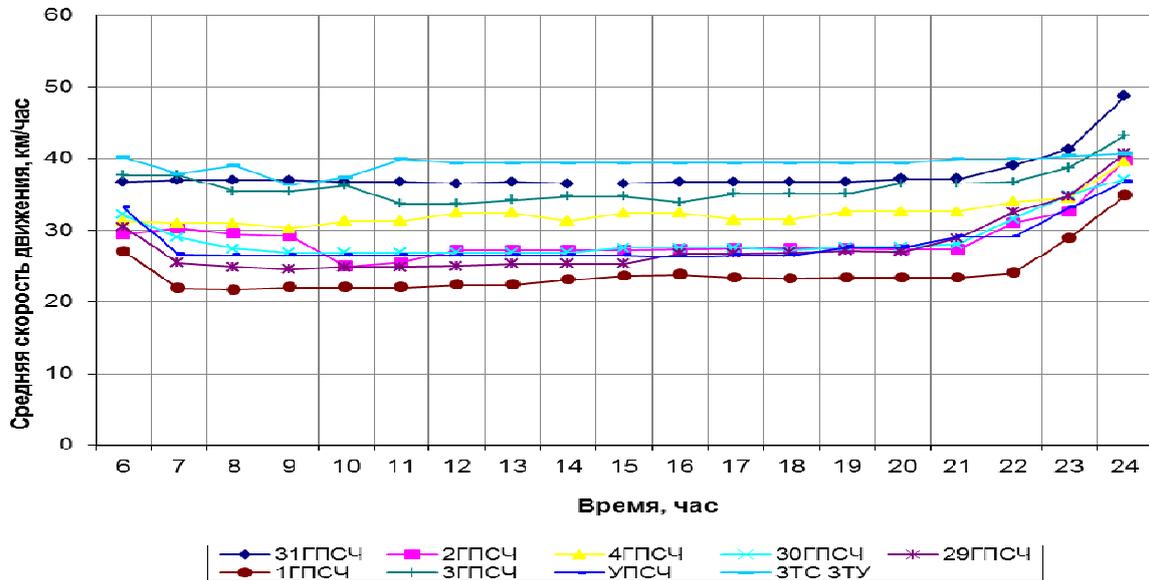


Рисунок 4 – Динамика средних скоростей в зонах выезда подразделений (с учетом УПСЧ) (понедельник, 6:00-24:00)

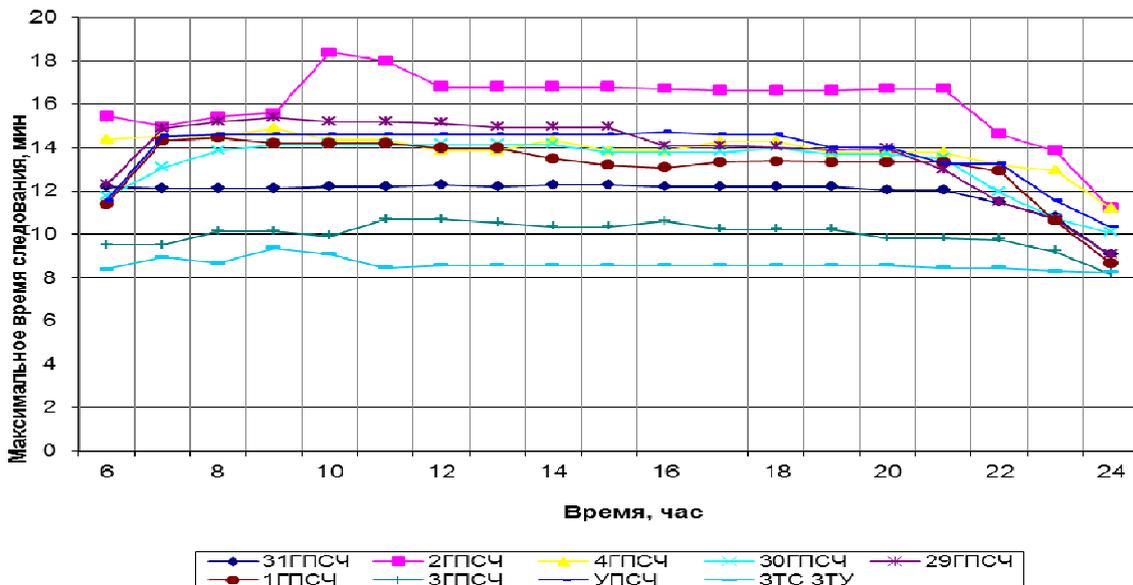


Рисунок 5 – Максимальное время следования пожарно-спасательных подразделений к наиболее удаленным точкам зон выезда (понедельник, 6:00-24:00)

Максимальное время следования для 2ГПСЧ в понедельник с 10:00 до 11:00. составляет около 18 мин. Среднее время следования пожарно-спасательных подразделений изображено на рис. 6.

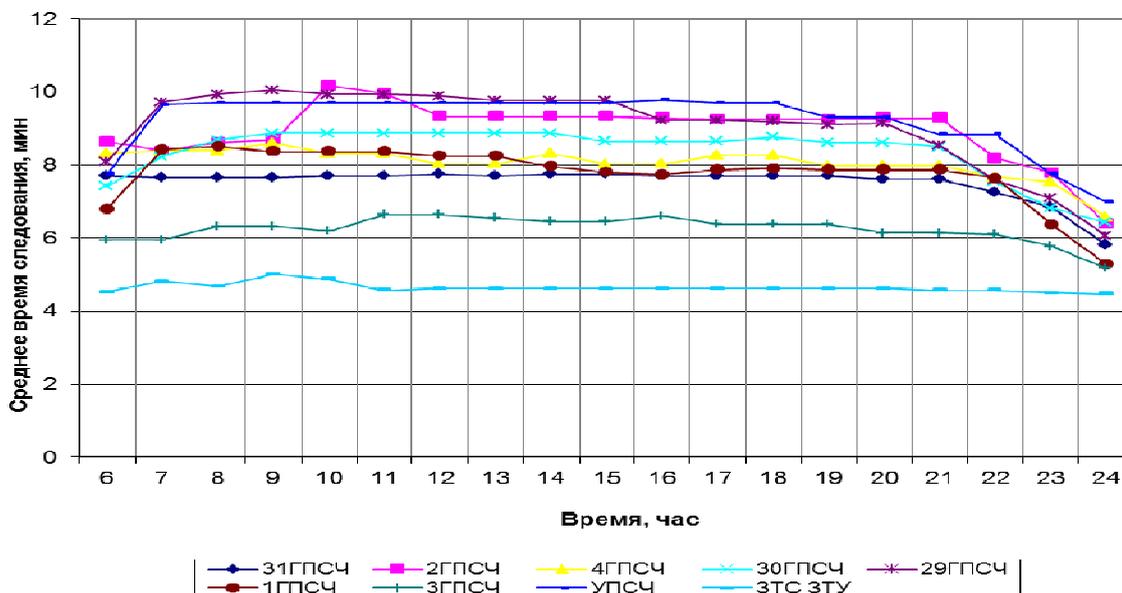


Рисунок 6 – Среднее время следования пожарно-спасательных подразделений в зонах выезда (понедельник, 6:00-24:00)

Согласно рис. 5-6, значения максимального и среднего времени следования в зоне обслуживания достигнут в такие часы: 1ГПСЧ (7:00-13:00), 2ГПСЧ (10:00-11:00), 3ГПСЧ (11:00-13:00), 4ГПСЧ (9:00), 29ГПСЧ (8:00-12:00), 30ГПСЧ (9:00-14:00), 31ГПСЧ (10:00-19:00), ЗТС ЗТУ (9:00-10:00), УПСЧ (8:00-18:00).

Заключение

Предложенный метод оценки максимального времени следования пожарно-спасательного подразделения к месту пожара позволяет выявить зависимости максимальных значений времени следования, связанных с продолжительным неконтролируемым развитием пожара, от дня недели, времени суток и зоны обслуживания. В зонах обслуживания с повышенными значениями максимального и среднего времени следования необходимо совершенствовать противопожарную защиту объектов:

1. Оборудовать их средствами пожарной автоматики, проводить агитационные и учебные мероприятия.
2. Уменьшить опасность за счет уменьшения времени следования путем введения в эксплуатацию новых пожарно-спасательных частей, что подтверждено на примере УПСЧ, определение для которой района выезда приведет к уменьшению среднего времени следования для смежных районов на 1-2 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Okabe, A. Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams / A. Okabe, B. Boots, K. Sugihara, S. Nok Chiu, D. G. Kendall. – New York, 2000. – 651 p.
2. Яндекс [Электронный ресурс] : Карты (20.06.2013)

3. <http://maps.yandex.ua>
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 : зб. наук. праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2008. – № 13. – С. 73–78.
5. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.
6. Брушлинский, Н.К вопросу о нормативах положенности основной и специальной пожарной техники для городов и населенных пунктов России / Н. Брушлинский, С. Соколов // Пожарное дело. – М, 2009. – № 1. – С. 38–40.
7. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. ДБН 360-92**. – Київ : Держбуд України, 2002. – С. 52-54.