УДК 614.841.2

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

ЕВАКУАЦІЯ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ПОЖЕЖНІ РИЗИКИ ЗАГИБЕЛІ У ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ

Значення ризиків загибелі від пожежі у житлових будинках залежить від багатьох факторів. Тривалість евакуації є одним з основних факторів впливу на пожежні ризики загибелі у житлових будинках, успішність якої залежить від мобільності жителів, своєчасного виявлення та оповіщення про пожежу, часу слідування пожежно-рятувальних підрозділів та часу настання небезпечних факторів пожежі на основних евакуаційних шляхах. Зменшити значення ризиків загибелі від пожеж у житлових будинках можна завдяки влаштуванню систем пожежних сигналізацій та систем оповіщення мешканців про пожежу.

Ключові слова: фактор, тривалість евакуації, ризики загибелі, житлові будинки.

С.О. Емельяненко, А.Д. Кузык

ЭВАКУАЦИЯ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ПОЖАРНЫЕ РИСКИ ГИБЕЛИ В ЖИЛЫХ ДОМАХ

Значение пожарных рисков гибели от пожара в жилых домах зависит от многих факторов. Продолжительность эвакуации является одним из основных факторов влияния на пожарные риски гибели в жилых домах, успешность которой зависит от мобильности жителей, своевременного обнаружения и оповещения о пожаре, времени следования пожарно-спасательных подразделений и времени наступления опасных факторов пожара на основных эвакуационных путях. Уменьшить значения рисков гибели от пожаров в жилых домах достигается устройством систем пожарных сигнализаций и систем оповещения жителей о пожаре.

Ключевые слова: фактор, продолжительность эвакуации, риски гибели, жилые дома

S. Emelianenko, A. Kuzyk

EVACUATION AS FACTOR INFLUENCING DEATH RISK IN RECIDENTIAL BUILDINGS FIRE

The value of risk of death from fire in residential buildings depends on many factors. Evacuation duration is one of the main factors influencing the risk of deaths in residential buildings fire, the success of which depends on the mobility of residents, timely detection and fire alarm, time following the fire and rescue units and the onset of fire hazards on major evacuation routes. Reduction of the risk of death from fires in residential buildings reached arranging of fire alarm systems and fire warning residents.

Keywords: factor, the duration of the evacuation, risks of loss, residential buildings.

Постановка проблеми. На початку нового тисячоліття зародилась і успішно розвивається сучасна концепція «культури безпеки», яка базується на сприйнятті і відповідальності за безпеку людей у всіх сферах їх діяльності. Безсумнівно, безпека є однією з основних умов життя людини і являється найважливішим принципом існування суспільства. Люди більшість свого часу проводять в домівках, за робочими місцями, транспорті, тощо, тому їх безпека безпосередньо залежить від мінімізації ризиків існування, зокрема пожежних ризиків загибелі у житлових будинках. Вони в свою чергу залежить від дотримання мешканцями правил пожежної безпеки та їх мобільності, наявності систем виявлення та оповіщення про пожежу, тривалості евакуації, конструктивних особливостей будівель, часу настання гранич-

них значень небезпечних факторів під час пожеж, тривалості слідування оперативно-рятувальних підрозділів до місця пожежі та ін. Важливим фактором ризиків загибелі є тривалість евакуації. Тому можливість своєчасної евакуації під час пожежі є одним з ключових показників для визначення пожежного ризику загибелі в житловому будинку.

Для розрахунку тривалості евакуації мешканців з однотипних житлових будинків відповідних груп використовували методику ГОСТ 12.1.004-91 [1], яка з незначним удосконаленням увійшла у Методику визначення розрахункових величин пожежного ризику в будівлях та спорудах різних класів функціональної пожежної небезпеки [2]. Розрахунок часу евакуації з квартир житлових будинків здійснювали за спрощеною аналітичною моделлю руху людського потоку (розрахунок часу руху одного чи декількох людських потоків через евакуаційні виходи від найбільш віддалених місць), з урахуванням залежності присутності людей від періоду часу доби [3].

Постановка завдання. На тривалість евакуації може впливати наявність пожежних сповіщувачів, які можуть зменшити час початку евакуації, повідомивши мешканців будинку та оперативно-рятувальні підрозділи про пожежу. Сучасні методики не враховують можливості початку евакуації з приїздом оперативно-рятувальних підрозділів. Отже існує необхідність удосконалення методики визначення тривалості евакуації та розрахункових значень індивідуальних ризиків загибелі від пожеж з врахуванням часу прибуття підрозділу.

Виклад основного матеріалу. Тривалість евакуації та індивідуальні ризики загибелі від пожеж у житлових будинках міст, зокрема у м. Львові, розраховували використовуючи визначення розрахункових величин пожежного ризику в будівлях та спорудах різних класів функціональної пожежної небезпеки [2]. Використовуючи цю методику, враховували належність житлових будинків до певної групи [4].

Згідно з [2] розрахункові значення індивідуальних ризиків загибелі від пожеж мають бути меншими, ніж нормативні:

$$Q_B \le Q_B^H , \qquad (1)$$

де Q_B^H – нормативне значення індивідуального пожежного ризику, $Q_B^H = 10^{-6}$ заг./(чол.·рік), а Q_B – розрахункова величина індивідуального пожежного ризику. За наявності протипожежних заходів у житловому будинку індивідуальний пожежний ризик Q_B розраховано за формулою

$$Q_B = Q_n \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_e)(1 - P_{п.з.}), \qquad (2)$$

де Q_n – середнє значення ймовірності виникнення пожежі в квартирі житлового будинку відповідної групи за період 2002-2013 рр. Для м. Львова середні значення визначались за десять років у відповідності до адміністративних районів міста (табл. 1); $P_{пр}$ – ймовірність присутності людей в житловому будинку; P_e – ймовірність евакуації людей; $P_{п.з.}$– ймовірність ефективної роботи технічних рішень протипожежного захисту, спрямованих на забезпечення безпечної евакуації людей під час пожежі.

Таблиця 1

Середні значення ймовірностей виникнення пожеж (Q_n) в квартирах житлових будинків відповідних груп за період 2002-2013 рр. у м. Львові

Назва району	Групи будинків						Середній для всіх будинків
	Особняк	Історичний	4-8 поверховий	9-10 поверховий	понад 10 поверховий	Гуртожиток	
Залізничний	0,0013	0,0007	0,0007	0,0010	0,0012	0,0001	0,0009
Галицький	0,0033	0,0012	0,0011	0,0012	-	0,0000001	0,0013
Личаківський	0,0010	0,0007	0,0005	0,0006	0,0012	0,00005	0,0006
Шевченківський	0,0029	0,0010	0,0006	0,0008	0,0004	0,0004	0,0010
Франківський	0,0020	0,0007	0,0007	0,0007	0,0003	0,0004	0,0007
Сихівський	0,0009	0,0007	0,0005	0,0006	0,0003	0,0003	0,0006
м. Львів	0,0017	0,0010	0,0006	0,0007	0,0005	0,0002	0,0008

Ймовірність присутності людей в житловому будинку залежно від часу доби $P_{пр}$ наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Ймовірність присутності людей у житлових будинках за періодом доби

Період доби	Час доби	Присутність ($P_{пр}$)
Ніч	0:01-6:00	0,95
Ранок	6:01-12:00	0,45
День	12:01-18:00	0,60
Вечір	18:01-0:00	0,80

Ймовірність евакуації людей розраховували за формулою [2]

$$P_e = \begin{cases} 0{,}999 \cdot \dfrac{0{,}8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{пе}}, \text{ якщо } t_p < 0{,}8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{пе} \text{ і } t_{ск} \le 6\text{хв}, \\ 0{,}999, \quad \text{якщо } t_p + t_{пе} \le 0{,}8 \cdot t_{бл} \text{ і } t_{ск} \le 6\text{хв}, \\ 0{,}000, \quad \text{якщо } t_p \ge 0{,}8 \cdot t_{бл} \text{ або } t_{ск} > 6\,\text{хв}, \end{cases} \qquad (3)$$

де t_p – розрахунковий час евакуації людей, хв; $t_{пе}$ – час початку евакуації (інтервал часу від виникнення пожежі до початку евакуації людей), хв; $t_{бл}$ – час від початку пожежі до блокування евакуаційних шляхів у результаті поширення на них небезпечних факторів пожежі, хв; $t_{ск}$ – час існування скупчень людей на ділянках евакуаційного шляху, хв.

Для будинків, оснащених системами оповіщення та управління евакуацією людей і за їх відсутності, час початку евакуації ($t_{п.е.}$) необхідно приймати згідно з табл. 3 [2].

Таблиця 3

Початок евакуації людей у будинках, оснащених системами оповіщення і управління евакуацією [5]

Назва об'єкта	Типи систем оповіщення			За відсутності систем оповіщення $t_{п.е,б}$, хв
	IV – V типу	II – III типу	I типу	
	$t_{п.е}$, хв	$t_{п.е.}$, хв	$t_{п.е.}$, хв	
Житловий будинок	**2,0**	4,0	5,0	**9**

Оскільки за відсутності систем оповіщення евакуація може розпочатися після прибуття підрозділів, час початку евакуації у (3) пропонуємо визначати з урахуванням його залежності від часу слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця пожежі ($t_{сл}$) [6], застосовуючи формулу

$$t_{пе} = \begin{cases} \min\left\{t_{сл};\ t_{пе,б}\right\}, \text{ за відсутності систем оповіщення}, \\ t_{пе,о.}, \text{ за наявності систем оповіщення}, \end{cases} \qquad (4)$$

де $t_{пе,б}$ – час початку евакуації за відсутності систем оповіщення, хв; $t_{пе,о}$ – час початку евакуації за наявності систем оповіщення. Величини $t_{пе,б}$ та $t_{пе,о}$ наведено в табл. 3.

Час блокування евакуаційних шляхів небезпечними факторами пожежі $t_{бл}$ визначено для основних груп будинків з використанням двозонової моделі CFAST [7] та наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Час настання граничних значень небезпечних факторів пожежі на сходових клітках у типових групах будинків

Група будинків	особняк	історичний	4-8 поверхів	9-10 поверхів	понад 10 поверхів	гуртожиток
Час настання НФП на сходовій клітці, хв	4	6	5	14	15 і більше (в залежності від поверховості)	7

Оскільки для житлових будинків щільність людського потоку на шляхах евакуації є низькою, тому час існування скупчень людей на ділянках шляху $t_{ск}$ не враховували.

Ймовірність ефективної роботи $P_{п.з.}$ технічних рішень протипожежного захисту, спрямованих на безпеку евакуації людей під час пожежі для житлового будинку розраховували за формулою [2]

$$P_{п.з} = 1-(1-R_{обн}\cdot R_{СОУЕ})\cdot(1-R_{обн}\cdot R_{ПДЗ}), \quad (5)$$

де $R_{обн}$– ймовірність ефективного спрацьовування системи пожежної сигналізації ($R_{обн}$=0,9) або за паспортними даними з урахуванням напрацювання елементів системи на відмову не більше 0,1; $R_{СОУЕ}$ – умовна ймовірність ефективного спрацювання систем оповіщення та управління евакуації у разі ефективного спрацювання системи пожежної сигналізації ($R_{СОУЕ}$=0,9), або за паспортними даними з урахуванням напрацювання елементів системи на відмову не більше 0,1; $R_{ПДЗ}$ – умовна ймовірність ефективного спрацювання системи протидимного захисту в разі ефективного спрацювання системи пожежної сигналізації – 0,8.

Згідно з [8], час початку евакуації мешканців з багатоквартирних житлових будинків за відсутності пожежних сповіщувачів та систем оповіщення приймається 8-12 хв. Відповідно до [2] початок евакуації людей з житлових багатоквартирних будинків, які не оснащені системою оповіщення і управління евакуацією приймають 9 хв. Для будинків, оснащених системами оповіщення та управління евакуацією людей, час початку евакуації ($t_{п.е.}$) наведено в табл. 3. У зв'язку з тим, що у багатоквартирних будинках, окрім підвищеної поверховості та висотних, не передбачено встановлення пожежної сигналізації, а в будинках підвищеної поверховості м. Львова 95 % сповіщувачів та протидимний захист перебувають в несправному стані, вважаємо, що оповіщення проходитиме словесно або за звуками сирен пожежно-рятувальних автомобілів, запахом диму та ін. Таким чином, для всіх багатоквартирних житлових будинків, які не обладнані системами пожежної сигналізації та оповіщення, час початку евакуації вважаємо 9 хв (час, затрачений на виявлення пожежі та оповіщення).

Для житлових будинків різних груп м. Львова розрахований час евакуації з врахуванням часу початку евакуації, залежно від наявності та типу систем оповіщення зображено на рис. 1.

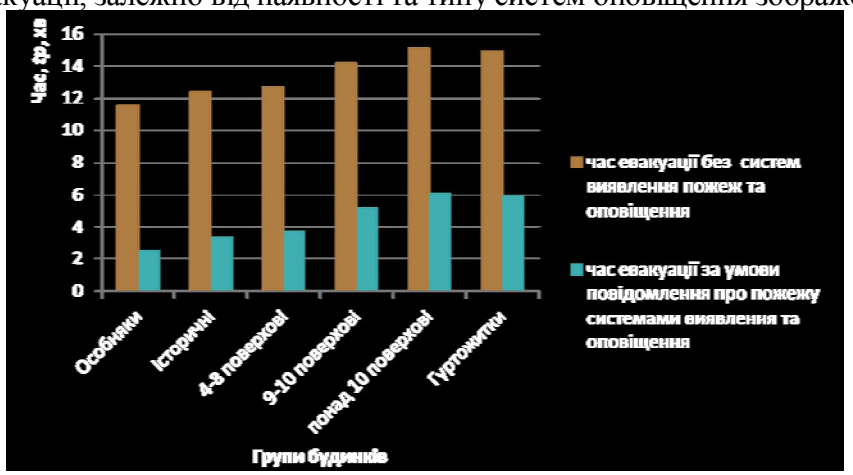

Рис.1. *Час евакуації за групами житлових будинків за умови оповіщення системами виявлення пожеж та оповіщення і за їх відсутності*

Порівнявши значення часу евакуації (див. рис. 1), зауважимо, що використання автоматичної пожежної сигналізації в квартирах історичної забудови та 4-8-поверхових, завдяки своєчасному початку евакуації зменшує його майже до 9 хв, що призведе до зниження ризиків загибелі людей від пожежі.

Розрахунковий час евакуації за умови, що всі самостійно можуть залишити будинок, належить інтервалу 12-15 хв (для всіх груп, окрім особняків). Для будинків підвищеної поверховості цей час може бути значно більшим. Але завжди існує ймовірність перебування в будинку людей, які не можуть самостійно пересуватися [5, 8].

Для жителів багатоповерхових будинків ризики загибелі від пожеж збільшуються у зв'язку з тим, що оповіщення про пожежу проходить словесно або працівниками оперативно-рятувальних підрозділів після прибуття, але, як показали статистичні дослідження часу слідування підрозділів до місця виклику у м. Львові, середній час становить 7-10 хв, а максимальний – до 20 хв. За моделлю CFAST під час пожежі у житловому 4-8-поверховому будинку брак кисню на сходовій клітці настає через 5 хв за умови відкритих дверей з квартири, а розрахунковий час евакуації жителів з будинку за умови, що всі самостійно можуть залишити будинок, – 12,8 хв (див. рис. 2).

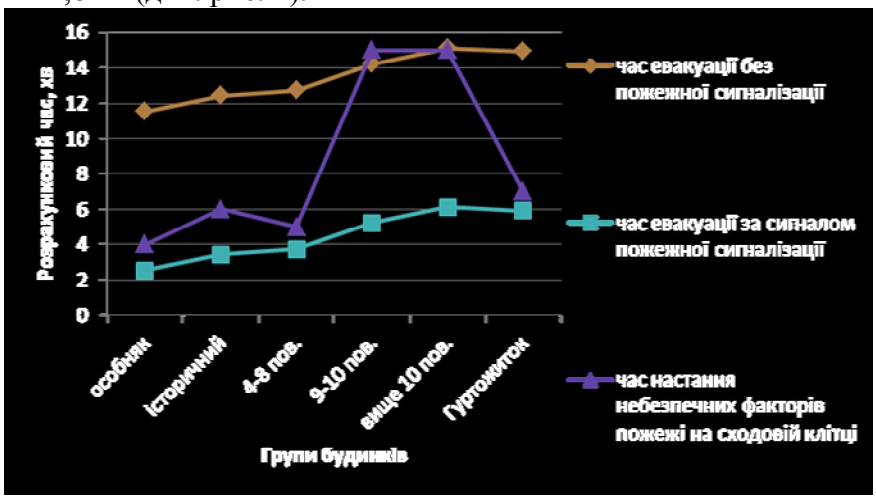

Рис.2. *Розрахунковий час деяких факторів, які впливають на ризик загибелі людей під час пожеж*

Про неможливість вчасної евакуації в усіх групах житлових будинків свідчить те, що час евакуації перевищує час досягнення небезпечних факторів пожежі на сходовій клітці за умови відкритих дверей квартири навіть у випадку своєчасного приїзду пожежно-рятувальних підрозділів. Успішність евакуації можна досягти зменшенням часу повідомлення про пожежу та початку евакуації за допомогою автоматичних систем пожежної сигналізації, що забезпечить належний рівень протипожежного захисту житлових будинків та своєчасне повідомлення пожежно-рятувальних підрозділів.

Максимальний час слідування пожежно-рятувальних підрозділів здебільшого перевищує час настання небезпечних факторів, тому після їх прибуття до місця виклику проведення евакуації та гасіння можливе лише з застосуванням захисних дихальних апаратів або з використанням автодрабини чи колінчастого підіймача.

Зниження ризиків загибелі від пожеж можна досягти, застосувавши системи пожежної сигналізації та оповіщення, що дасть змогу своєчасно повідомити мешканців та пожежно-рятувальні підрозділи про пожежу, завершити евакуацію до моменту досягнення критичних значень небезпечних факторів пожежі, та знизити значення індивідуального ризику загибелі від пожежі Q_B до нормативного значення [1] ($1 \cdot 10^{-6}$) (рис. 3).

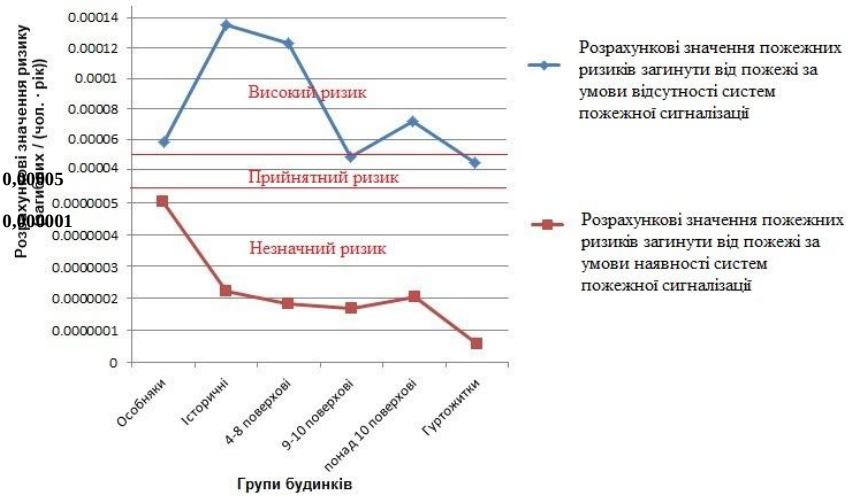

Рис. 3. *Розрахункові значення індивідуального ризику загибелі від пожежі Q_B з урахуванням систем протипожежного захисту та без них, за групами будинків у м. Львові*

Висновки:

1. Ризики загибелі від пожежі залежать від багатьох взаємозалежних факторів: від часу настання граничних значень небезпечних факторів пожежі залежить безпечна евакуація жителів, яка, в свою чергу залежить від своєчасного оповіщення про пожежу та тривалості слідування оперативно-рятувальних підрозділів.

2. Використання систем пожежної сигналізації та оповіщення в житлових будинках, особливо історичної забудови, 4-8 поверхових, 9-10 поверхових та понад 10 поверхових, дає змогу зменшити час евакуації, завершивши її до моменту настання небезпечних факторів пожежі, що призведе до зменшення ризиків загибелі від пожежі.

3. Для зменшення ризику загибелі від пожеж пропонуємо ввести зміни до законодавства щодо влаштування автоматичних систем оповіщення і управління евакуацією, на багатоквартирні житлові будинки груп 4-8-поверхових, історичної забудови та 9-10-поверхових.

Список літератури:

1. **Пожарная безопасность.** Общие требования ГОСТ 12.1.004-91 межгосударственный стандарт [Чинний від 1992-01-07].
2. **Методика определения** расчетных велечин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : утв. 30.06.2009 приказом МЧС России № 382 : зарег. в Минюсте РФ 06.08.2009, рег. № 14486 : введ. 30.06.2009. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
3. **Холщевников В. В.** Проблема беспрепятственной эвакуации людей из высотных зданий и пути ее решения / Холщевников В. В. – Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения граждан (Сб. докладов, часть 1). – М. : МГСУ, 2005. – С. 46-53.
4. **Ємельяненко С. О.** Оцінка пожежного ризику з електротехнічних причин у житлових будинках / С. О. Ємельяненко, А. Д. Кузик, Ю. І. Рудик // Пожежна безпека : Збірник наукових праць. – Львів : ЛДУ БЖД, 2012. – № 20. – С. 105-110.
5. **Холщевников В. В.** Эвакуация и поведение людей при пожарах : Учебное пособие / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. – 210 с.
6. **Емельяненко С. А.** Оценка времени следования пожарно-спасательных подразделений к месту пожара (на примере г. Львова) / С. А. Емельяненко, А. Д. Кузык // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – Минск : 2013. – № 1(19). – С. 24-31.
7. **CFAST** – Consolidated Model of Fire Growt hand Smoke Transport (Version 6) / Soft ware and Experimental Validation Guide. – Chapters 5 – 11 // 5036-5-1 RU National Institute of Standard sand Technology U.S. – Department of Commerce. – 2008. – 54 p.
8. **Теребнев В. В.** Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В. В. Теребнев. – М. : Пожкнига, 2004. – 248 с.

References:

1. Fire Safety. General requirements GOST 12.1.004-91 interstate standard [Effective from 01.07.1992].

2. Method for determining settlement values fire risk in buildings, structures and buildings of different classes of functional fire hazard: approved. 30.06.2009 Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia № 382: ev. Ministry of Justice of the Russian Federation 06.08.2009, reg. Number 14486: Enter. 30.06.2009. – M .: EMERCOM of Russia, 2009.

3. Holschevnikov V. V. problem unimpeded evacuation of high-rise buildings and its solutions / Holschevnikov V. V. – Town building complex safety and livelihood of citizens (Sb. dokladov, Part 1). – M.: Civil Engineering, 2005. – P. 46-53.

4. Emelianenko S. Assessment of risk of electrical fire causes in homes / S. Emelianenko, A. Kuzyk, YI Rudick // Fire Collected Works. – Lviv: LSU BC, 2012. – № 20. – P. 105-110.

5. Holschevnikov V. V. Evacuation and human behavior in fires: Textbook / V. V. Holschevnikov, D. A. Samoshin. – Moscow: Academy of EMERCOM of Russia, 2009 – 210 p.

6. Emelianenko S. A. Estimation of the time following the fire and rescue units to the scene of the fire (on the example of the city of Lviv) / S.A. Emelianenko, A.D. Kuzyk // Herald Command and Engineering Institute of Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. – Minsk: 2013. – № 1 (19). – P. 24-31.

7. CFAST – Consolidated Model of Fire Growthand Smoke Transport (Version 6) / Soft ware and Experimental Validation Guide. – Chapters 5 – 11 // 5036-5-1 RU National Institute of Standard sand Technology U.S. – Department.

8. Terebnev V. V. Handbook head of fire extinguishing. Tactical capabilities of fire departments / V. V. Terebnev. – M.: Pozhkniga, 2004 – 248 p.

❖ ❖ ❖