

Е. А. НАХТИГАЛЬ, канд. техн. наук, специалист по безопасности и пожарной безопасности, профессор, академик Всероссийской академии наук комплексной безопасности, Государственный университет Кооператива Баден-Вюртемберга (Baden-Württemberg Cooperative State University) (Lohrtalweg 10, D-74821 Mosbach, Германия; e-mail: eugen.nachtigall@mosbach.dhbw.de)

В. В. АРТЮХОВ, канд. техн. наук, ведущий аналитик Экологического рейтингового агентства "Интерфакс-ЭРА" (Россия, 119019, г. Москва, аб. ящ. 211; e-mail: vart@aha.ru)

УДК 614.84

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Представлены основы и базовые понятия общей теории систем Урманцева (ОТСУ). На основе ОТСУ разработаны начала теории систем пожарной безопасности. В общей форме и на примерах приведены и рассмотрены важные системные свойства и отношения всех выделенных первичных элементов пожарной безопасности. Представлены преимущества предлагаемого подхода для системного понимания и управления пожарной безопасностью.

Ключевые слова: пожар; пожарная опасность; пожарная охрана; объект-система; общая теория систем Урманцева; теория систем пожарной безопасности; первичные элементы пожарной безопасности; системное понимание; управление пожарной безопасностью.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.9-15

Значение пожаров для экономики и безопасности

Несмотря на достижения в области противопожарной защиты, сказывающиеся в снижении числа жертв при пожарах, в большинстве стран Европы и в России финансовые затраты и другие ресурсы на обеспечение желаемого уровня пожарной безопасности по-прежнему ежегодно повышаются [1–3]. Так, например, в России согласно статистике МЧС за 2014 г. только прямой материальный ущерб от пожаров как в городах, так и в сельской местности составил более 18 млрд. руб. [4]. При этом прямой материальный годовой ущерб от пожаров вырос с 2007 г. более чем в 2 раза [5]. Трагические пожары недавнего времени, унесшие из жизни десятки людей, приобретают поистине катастрофический размах, нанося экономике существенный ущерб. Рост масштабов пожаров и наносимого ими экономического ущерба свидетельствует о том, что существующие подходы к изучению и обеспечению пожарной безопасности исчерпали себя, поэтому необходимы иные подходы — системного характера, которые позволят разработать комплексные меры для решения этой проблемы [3, 6].

Системный подход к пожарной безопасности

Для решения подобного рода сложных системных задач, помимо методов системного анализа, имеется более универсальный подход, основанный на об-

щей теории систем (ОТС), разработанной Ю. А. Урманцевым и его последователями [7–9]. Универсальный характер ОТС-подхода позволяет разработать в его рамках самостоятельную теорию систем пожарной безопасности. Подобная специальная теория, основанная на системном понимании процессов, даст глубокое системное понимание самой сути пожарной безопасности, позволит выявить в общем виде все необходимые направления работ и применить полученные результаты в конкретных проектах.

Безусловно, процесс достижения желаемого уровня пожарной безопасности является сложной задачей, которая в данный момент не решена удовлетворительно. Это показывают многочисленные трагедии при пожарах, происходивших на протяжении столетий, и серии пожаров, прокатившихся недавно по различным регионам Российской Федерации. Именно поэтому сегодня как никогда следует обратиться к универсальному системному и комплексному подходу для решения ряда задач, связанных с пожарной безопасностью [10]. Для построения начал системной теории пожарной безопасности рассмотрим сначала отдельные фрагменты основ ОТСУ [7].

Основы общей теории систем Урманцева (ОТСУ)

Разработка ОТСУ была начата Ю. А. Урманцевым в 1960–1964 гг. [7]. В отличие от других системных теорий ОТСУ была построена не на априорных ак-

сиоматических предпосылках, а выведена формально-логическим путем из нескольких фундаментальных философских категорий [11–13].

Так как ОТСУ универсальна и построена на основе наиболее общих философских категорий, она может применяться в любой сфере деятельности. Более того, она охватывает все, как материальные (например, технические), так и нематериальные, системы. Это позволяет плодотворно применять эту теорию практически в любых сферах для решения самых различных задач. Это касается и таких сугубо практических сфер деятельности, как, например, пожарная безопасность.

В связи с тем что ОТСУ является достаточно развитым учением и активно применяется в самых разных сферах научной и практической деятельности (биология, экология, геология, математика), в рамках данной статьи невозможно даже обозначить все ее разделы. Желающих более углубленно изучить ОТСУ отошлем к литературе и ресурсам Интернета [14].

Достаточно только отметить, что в рамках ОТСУ разработана системная философия, включающая в себя такие понятия, как:

- системный принцип;
- системный идеал;
- системный метод;
- системная парадигма.

Кроме того, детально проработаны такие важные общенаучные категории, как, например:

- поли- и изоморфизм;
- симметрия и асимметрия;
- устойчивость и неустойчивость;
- системность и хаотичность;
- эволюционные и неэволюционные преобразования.

Эти понятия, категории, теоремы, алгоритмы выстроены в ОТСУ в строгую и универсальную теорию, позволяющую применять ее для систем практически любого вида.

Определение понятия объекта-системы по ОТСУ

Основным законом ОТСУ является закон системности, согласно которому любой объект окружающей материальной или идеальной действительности является объектом-системой. Само понятие объекта-системы определяется так [7]: “Объект-система — это объект, состоящий из первичных элементов m множества $\{M_{oc}^0\}$, связанных отношениями единства r множества $\{R_{oc}\}$ согласно законам композиции z множества $\{Z_{oc}\}$. При этом множества $\{Z_{oc}\}$; $\{R_{oc}\}$ и $\{M_{oc}^0\}$; $\{Z_{oc}\}$, и $\{R_{oc}\}$, и $\{M_{oc}^0\}$ могут быть пустыми или содержать от одного до бесконечного числа элементов, одинаковых или разных”.

Это определение основывается на пяти философских категориях: существование, множество объек-

тов, единое, единство, достаточность [7]. Стоит заметить, что определение объекта-системы в ОТСУ является наиболее полным и универсальным по сравнению с определениями авторов других системных теорий, приведенными в российской и зарубежной системной литературе.

Помимо полных и непротиворечивых определений и понятий, ОТСУ как один из наиболее развитых в мире вариантов системных теорий предлагает ряд практических алгоритмов, которые могут лечь в основу построения собственных (специальных) теорий систем для любых предметных областей. На основе разработанных в ОТСУ алгоритмов нами была начата разработка специальной *теории систем пожарной безопасности*, начала которой будут представлены в последующих разделах.

Начала теории систем пожарной безопасности

В качестве начального шага используем алгоритм представления объекта в виде объекта-системы ОТСУ [7] и применим его к понятию “пожарная безопасность”. Для этого необходимо проделать шесть шагов:

1) *определить предмет исследования*: в нашем случае это пожарная безопасность;

2) *определить задачу исследования*: представить пожарную безопасность в виде объекта-системы для лучшего понимания сути пожарной безопасности;

3) *определить уровень исследования*: исследовать пожарную безопасность на уровне наиболее общего, абстрактного объекта (например, любого сооружения при пожаре, включая пожарно-техническое состояние на данной стадии его жизненного цикла, пожарную автоматику и т. д., не исключая даже поведение людей при пожаре);

4) *определить набор составляющих частей объекта*: для представления феномена пожарной безопасности как объекта-системы необходимо выделить ее первичные элементы. Такими элементами являются: человек, конструктивно-строительная и объемно-планировочная противопожарная защита, пожарная автоматика, противодействия пожару и сам пожар (рис. 1);

5) *определить набор всех отношений $\{R_{пб}\}$, связей, объединяющих первичные элементы в единое целое*. Матрица отношений представлена на рис. 2. Далее суть каждого из этих отношений будет описана более подробно;

6) *определить набор всех условий, согласно которым отношения единства реализуются*: получить множество законов композиции $\{Z_{пб}\}$ и информацию о его составе.

Для наилучшего понимания дадим более подробную характеристику всех атрибутов нашего объекта-системы — первичных элементов $\{M_{пб}^0\}$, отношений



Человек, пользователь	Конструктивно-строительная и объемно-планировочная противопожарная защита	Пожарная автоматика	Противодействия пожару	Пожар
				

Рис. 1. Первичные элементы $\{M_{пб}^0\}$ объекта-системы “пожарная безопасность”










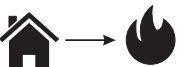

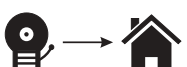

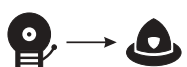
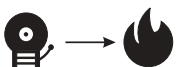






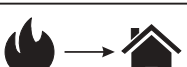
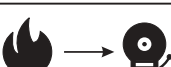


Принимающий элемент / Действующий элемент	Человек, пользователь	Конструктивно-строительная и объемно-планировочная противопожарная защита	Пожарная автоматика	Противодействия пожару	Пожар
Человек, пользователь	 R_{11}	 R_{12}	 R_{13}	 R_{14}	 R_{15}
Конструктивно-строительная и объемно-планировочная противопожарная защита	 R_{21}	 R_{22}	 R_{23}	 R_{24}	 R_{25}
Пожарная автоматика	 R_{31}	 R_{32}	 R_{33}	 R_{34}	 R_{35}
Противодействия пожару	 R_{41}	 R_{42}	 R_{43}	 R_{44}	 R_{45}
Пожар	 R_{51}	 R_{52}	 R_{53}	 R_{54}	 R_{55}

Рис. 2. Матрица всех отношений первичных элементов $\{R_{пб}\}$

$\{R_{пб}\}$ и конкретизирующих эти отношения законов композиции $\{Z_{пб}\}$.

Описание первичных элементов

Первичными элементами $\{M_{пб}^0\}$ объекта-системы “пожарная безопасность” являются:

- 1) человек, находящийся в здании (например, пользователь здания, посетитель или служащий);
- 2) конструктивно-строительная и объемно-планировочная противопожарная защита здания (например, конструкции, стены, двери или противопожарные преграды, которые имеют отношение к пожарной безопасности), а также этажность здания и расположение помещений и эвакуационных путей в здании;
- 3) пожарная автоматика (например, спринклерные установки или пожарная сигнализация);

4) противодействия пожару (например, активные действия пожарной охраны);

5) сам пожар как важный элемент системы, включающий в себя различные источники и причины возникновения пожара и динамику развития пожара.

Описание отношений между первичными элементами

Отношения между первичными элементами будем обозначать как $\{R_{nm}\}$, где n и m — число первичных элементов, от одного до пяти. Эти числа характеризуют парные отношения элементов с соответствующими номерами. Поясним суть этих отношений, дав на примерах краткую характеристику каждому из всех возможных взаимодействий первичных элементов как между собой, так и с другими элементами.

- {R₁₁}: Организация людей до пожара и во время его, их подготовка и взаимодействие; движение людей (например, при эвакуации из здания); групповое поведение людей.
- {R₁₂}: Надзор за выполнением строительных работ, связанных с пожарной безопасностью, качеством строительства; контроль выполненных работ и подтверждение их соответствия требованиям; поддержка качества пожарной безопасности при эксплуатации здания.
- {R₁₃}: Обеспечение качества и функциональной безопасности пожарной автоматики; проведение пусконаладочных работ; поддержка необходимых технических характеристик пожарной автоматики [15].
- {R₁₄}: Коммуникация и взаимодействие людей с силами пожарной охраны при пожаре.
- {R₁₅}: Меры по предотвращению пожаров, организация пожарной безопасности; обучение и подготовка людей; действия людей по предотвращению распространения начинающегося пожара.
- {R₂₁}: Конструктивно-строительные и объемно-планировочные решения противопожарной защиты в отношении защиты людей от опасных факторов пожара и их эвакуации; разделение и размещение помещений в здании с учетом классов функциональной пожарной опасности.
- {R₂₂}: Взаимосвязь конструктивно-строительных и объемно-планировочных решений; влияние элементов, планировки или частей здания на устойчивость здания в целом.
- {R₂₃}: Влияние конструктивно-строительных и объемно-планировочных решений на надежность и работоспособность пожарной автоматики.
- {R₂₄}: Влияние конструктивно-строительных и объемно-планировочных решений на возможность активно противодействовать пожару и на эвакуацию людей; устойчивость здания при работе пожарной охраны; размещение помещений в здании таким образом, чтобы обеспечивались доступ подразделений пожарной охраны, подача средств тушения и условия безопасной эвакуации людей.
- {R₂₅}: Огнестойкость строительных материалов; разделение здания по вертикали и горизонтали на пожарные отсеки.
- {R₃₁}: Влияние пожарной автоматики на защиту людей от опасных факторов пожара.
- {R₃₂}: Влияние пожарной автоматики на конструктивно-строительные и объемно-планировочные решения; защита несущих конструкций; противодымная защита.
- {R₃₃}: Взаимодействие различных систем пожарной автоматики друг с другом; автоматическое и неавтоматическое управление пожарной автоматикой [16].
- {R₃₄}: Влияние пожарной автоматики на активные действия при пожаре. Поддержка пожарной охраны, предоставление информации о пожаре.
- {R₃₅}: Влияние пожарной автоматики на развитие пожара и противодействие ему.
- {R₄₁}: Влияние активных действий при пожаре на защиту людей от опасных факторов пожара.
- {R₄₂}: Влияние активных действий при пожаре на конструктивно-строительные и объемно-планировочные решения; предотвращение распространения пожара.
- {R₄₃}: Действия пожарных при поддержке пожарной автоматики; управление пожарной автоматикой в ручном режиме.
- {R₄₄}: Действия отдельных членов пожарной охраны; взаимовлияние, коммуникация, действия в команде; тактика.
- {R₄₅}: Активные действия по предотвращению развития пожара.
- {R₅₁}: Влияние опасных факторов пожара на человека; токсичность дыма; влияние пожара на психику и поведение человека; влияние опасных факторов пожара на поведение человека при эвакуации.
- {R₅₂}: Влияние пожара на конструктивно-строительные и объемно-планировочные решения; разрушение несущих элементов при пожаре; потеря функциональности помещений, как и здания в целом.
- {R₅₃}: Влияние пожара на пожарную автоматику; надежность пожарной автоматики.
- {R₅₄}: Влияние пожара на членов пожарной охраны; влияние опасных факторов пожара на оборудование и личное снаряжение.
- {R₅₅}: Динамика распространения пожара и опасных факторов пожара; взаимосвязи опасных факторов пожара при процессах горения.

Приведенные примеры отношений между выделенными первичными элементами по смыслу представляют собой первую полную и системную картину пожарной безопасности. В матрице отражены все возможные отношения между элементами пожарной безопасности, других не может быть в принципе. В этом отношении она являет собой полный набор всех потенциальных направлений деятельности в сфере пожарной безопасности. Если до этого стратегические и тактические направления деятельности определялись интуитивно или на основе сложившейся практики, то теперь системная матрица, содержащая полный набор взаимосвязей, гарантирует, что не будут упущены из виду никакие существенные моменты или влияние какого-либо элемента на остальные.

Законы композиции, конкретизирующие отношения

Определение множества законов композиции $\{Z_{пб}\}$ (шестой шаг) предполагает конкретизацию каждого из выделенных отношений (ячеек таблицы) — количественную (числовые параметры) или качественную (описание). В результате в зависимости от дробности характеристик мы можем получить либо множество описаний совершенно конкретных объектов (домов, магазинов, складов и т. п.), либо набор разных подсистем (типов) пожарной безопасности, например множество подсистем (конструкций), в которых ячейка R_{35} пустая, т. е. пожарная автоматика предназначена только для сигнализации о пожаре, а не для противодействия пожару. Другим примером может быть множество объектов, в которых пустой является ячейка R_{33} , т. е. когда, например, пожарная автоматика отсутствует. Сюда относятся все объекты без наличия какой-либо пожарной автоматики. В этом случае противодействие пожару стоит рассматривать без учета пожарной автоматики, что ведет, с одной стороны, к упрощению системы в целом, а с другой — к потере возможностей противодействия пожару.

Помимо того что ячейки могут быть фактически пустыми, их содержанию (отношениям) может быть придана какая-то сравнительная характеристика, например “хорошо – средне – плохо”. Тогда простая бинарная характеристика (“пусто – не пусто”) превратится в некоторую относительную шкалу, которую можно с успехом использовать для классификации всего потенциального множества объектов пожарной безопасности и сравнительной характеристики объектов одного вида.

По сути, полная матрица отношений представляет собой “систему объектов одного и того же рода” [7], в которой объективно выделяются виды объектов, имеющие сходную структуру матрицы, например упомянутые выше системы полностью автоматического пожаротушения, у которых пустой является ячейка R_{33} . Очевидно, что полностью автоматические системы представляют собой отдельный специфический вид систем пожарной безопасности, и если стоит задача сравнительной характеристики (например “хуже – лучше”), то корректно производить это сравнение только между системами данного конкретного вида. Абсолютно бессмысленно оценивать, что лучше, а что хуже, сравнивая, например, автоматическую систему пожаротушения с системой, где автоматика отсутствует в принципе и все делается вручную. Тем самым на основе матрицы отношений можно произвести объективную классификацию всех систем пожарной безопасности на разные виды (которых будет не так много), а далее системы каждого вида можно классифици-

ровать и по другим критериям на подвиды либо вести непосредственное сравнение. Для профессионала подобная “видовая карта” отношений может служить хорошим шаблоном для оценки состояния разных подсистем пожарной безопасности на конкретном объекте. На основе такой конкретной “видовой карты” профессионал также может предложить изменения отношений в матрице для повышения уровня пожарной безопасности.

Выводы

Подводя итог попытке применения методов ОТСУ для построения начал теории систем пожарной безопасности, можно отметить следующее.

Применение лишь одного из алгоритмов — представления объекта исследования как объекта-системы — позволило получить интересные и весьма впечатляющие результаты. В частности, построена матрица всех в принципе возможных отношений между основными элементами системы, что позволило выявить и в общем виде описать основные функциональные блоки, составляющие предмет пожарной безопасности. Их оказалось всего 25, что вполне посильно для полного перебора всех возможных вариантов при детальном исследовании. Важно также, что этот набор является полным и никакие другие отношения в принципе невозможны. Это дает уверенность в полноте описания объекта, что не гарантируется никакими другими подходами [11].

Наложение на полученную матрицу ограничений (законов композиции) позволяет углубить и конкретизировать рассматриваемую предметную область. В частности, если допустить отсутствие каких-то первичных элементов или отношений (согласно определению объекта-системы — пустое множество), то это приведет к построению первичной классификации всех существующих объектов пожарной безопасности. Как известно, всякая наука, даже точная, начинается с классификации, а в данном случае имеются все основания (по сути, даже алгоритмы) для построения полной классификации всех объектов, относящихся к предметной области “пожарная безопасность”. Значение этого трудно переоценить.

Дальнейшее развитие теории видится в детализации полученных результатов, выявлении закономерностей и постепенном приближении теории к решению практических задач. Помимо естественной классификации предметной области, чрезвычайно интересно будет рассмотреть вопросы поли- и изоморфизма, симметрии и асимметрии, устойчивости и неустойчивости, что позволит приблизиться к системному решению актуальных проблем пожарной безопасности как в рамках отдельных проектов, так и на государственном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Вагнер П.* Человечество и пожары. — М. : ООО “ИТЦ “Маска”, 2007. — 142 с.
2. *Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P.* World Fire Statistics / Center of Fire Statistics of CTIF. — 2015. — Report No. 20. — 63 p. URL: http://pzhproekt.ru/assets/fileattach/2309/ctif_report20_world_fire_statistics_2015.pdf (дата обращения: 10.07.2016).
3. *Cote A. E. (ed.); Grant C. C., Hall J. R., Solomon R. E.* Fire Protection Handbook. — Quincy : National Fire Protection Association, 2008.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2014 г. : статистический сборник / Под общ. ред. А. В. Матюшина — М. : ВНИИПО МЧС России, 2015. — 124 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2011 г. : статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО МЧС России, 2012. — 137 с.
6. *Walden D. D. (ed.)*. Systems Engineering Handbook. A Guide for System Life Cycle Processes and Activities / International Council on Systems Engineering (INCOSE). — Wiley, 2015.
7. *Урманцев Ю. А.* Общая теория систем в доступном изложении. — М.–Ижевск : НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2014. — 408 с.
8. *Артюхов В. В.* Общая теория систем: Самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. — М. : URSS, 2009. — 224 с.
9. *Нахтигаль Е. А.* Рассмотрение пожарной безопасности методами системного анализа // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 4. — С. 9–12.
10. *Овчинников Ю. Г.* Комплексная безопасность // Глобальная Безопасность. — 2012. — Спец. вып. — С. 20–22.
11. *Bertalanffy L. V.* General system theory. New York : George Braziller Inc., 1968.
12. *Skyttner L.* General Systems Theory — Problems, Perspectives, Practice. — Singapore : World Scientific Publishing Co., 2005. DOI: 10.1142/9789812774750.
13. *Haberfellner R., de Weck O., Fricke E., Vössner S.* Systems Engineering — Grundlagen und Anwendung (Systems Engineering — Principles and Application). — Zürich: Orell Füssli, 2012.
14. Practical Science. URL: <http://www.sci.aha.ru/> (дата обращения: 10.07.2016).
15. *Nachtigall E., Shcherbina V.* Development of functional safety standards for civil engineering // Safety and Reliability: Methodology and Applications. — Florida : CRC Press, Taylor & Francis Ltd., 2014. — 408 p.
16. *Nachtigall E., Metzger S.* Management of controls of fire protection systems in Switzerland // Safety and Reliability: Methodology and Applications. — Florida : CRC Press, Taylor & Francis Ltd., 2014. — P. 1755–1760. DOI: 10.1201/b17399-238.

Материал поступил в редакцию 12 июля 2016 г.

Для цитирования: *Нахтигаль Е. А., Артюхов В. В.* Введение в теорию систем пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 10. — С. 9–15. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.9-15.

English

INTRODUCTION INTO SYSTEMS THEORY FOR FIRE SAFETY

NACHTIGALL E. A., Candidate of Technical Sciences, Professor, Member of the All-Russian Academy of Complex Security Sciences, Baden-Württemberg Cooperative State University (Lohrtalweg 10, D-74821, Mosbach, Germany; e-mail address: eugen.nachtigall@mosbach.dhbw.de)

ARTYUKHOV V. V., Candidate of Technical Sciences, Leading Analyst of the Environmental and Energy Rating Agency Interfax-ERA (PO box, 211, Moscow, 119019, Russian Federation; e-mail address: vart@aha.ru)

ABSTRACT

The comprehensive system of fire safety becomes more and more important for projects in building construction. The system complexity rises along with increasing demands for technical development, safety and security. Associated with the complexity increase of technical building systems there is as well an increase of requirements for fundamental understanding of nature of fire safety. The main

objective of the paper is to apply the General Systems Theory of Urmantsev (OTSU) to the field of fire safety, to understand better the fundamental relationships in fire safety. To achieve this objective, the task was set to apply the known algorithm of OTSU to the new field.

The paper first presents the fundamentals and basic concepts of OTSU. Based on the OTSU an introduction into systems theory for fire safety as well as elements of the system and illustrative examples in this field are given. Important properties of primary fire safety system elements and their relationship are presented in figures.

The discussion of fire safety system elements explains their character and interrelationships between them. In particular, a matrix of all, in principle, possible relationships between basic elements of the system is presented. This allows to identify and describe in general terms the main functional blocks that make up the subject of fire safety. It is also important that this set is complete and no other relationships are possible. This gives full confidence in the completeness of the description of an object that cannot be guaranteed by any other approaches. The advantages of the proposed systems approach for understanding and management of fire safety are presented. Further steps in the development of the approach are indicated.

Keywords: fire; fire safety; object-system; General Systems Theory of Urmantsev; systems theory of fire safety; elements and relationships of fire safety; system understanding; fire safety management.

REFERENCES

1. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V., Wagner P. *Humanity and fires*. Leipzig, Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, 2010.
2. Brushlinskiy N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. World Fire Statistics. Center of Fire Statistics of CTIF, 2015, Report No. 20. 63 p. Available at: http://pozhproekt.ru/assets/fileattach/2309/ctif_report20_world_fire_statistics_2015.pdf (Accessed 10 July 2016).
3. Cote A. E. (ed.); Grant C. C., Hall J. R., Solomon R. E. *Fire Protection Handbook*. Quincy, National Fire Protection Association, 2008.
4. Matyushin A. V. (ed). *Fire and fire safety in 2014. Statistical Book*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2015. 124 p. (in Russian).
5. Klimkin V. I. (ed.). *Fire and fire safety in 2011. Statistical Book*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2012. 137 p. (in Russian).
6. Walden D. D. (ed.). *Systems Engineering Handbook. A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*, International Council on Systems Engineering (INCOSE). Wiley, 2015.
7. Urmantsev Yu. A. *General theory of systems in an accessible narrative*. Moscow–Izhevsk, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika” Publ. (Regular and Chaotic Dynamics), 2014. 408 p. (in Russian).
8. Artyukhov V. V. *General systems theory: Self-organization, sustainability, diversity, crisis*. Moscow, URSS Publ., 2009. 224 p. (in Russian).
9. Nachtigall E. A. Systems analysis methods for consideration of fire safety. *Pozharovryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 4, pp. 9–12 (in Russian).
10. Ovchinnikov Yu. G. Complex Safety. *Global Safety*, 2012, special issue, pp. 20–22 (in Russian).
11. Bertalanffy L. V. *General system theory*. New York, George Braziller Inc., 1968.
12. Skyttner L. *General Systems Theory — Problems, Perspectives, Practice*. Singapore, World Scientific Publishing Co., 2005. DOI: 10.1142/9789812774750.
13. Habermellner R., de Weck O., Fricke E., Vössner S. *Systems Engineering — Grundlagen und Anwendung* (Systems Engineering — Principles and Application). Zürich, Orell Füssli, 2012.
14. *Practical Science* (in Russian). Available at: <http://www.sci.aha.ru/> (Accessed 10 July 2016).
15. Nachtigall E., Shcherbina V. Development of functional safety standards for civil engineering. In: *Safety and Reliability Methodology and Applications*. Florida, CRC Press, Taylor & Francis Ltd., 2014. 408 p.
16. Nachtigall E., Metzger S. Management of controls of fire protection systems in Switzerland. In: *Safety and Reliability: Methodology and Applications*. Florida, CRC Press, Taylor & Francis Ltd., 2014, pp. 1755–1760. DOI: 10.1201/b17399-238.

For citation: Nachtigall E. A., Artyukhov V. V. Introduction into systems theory for fire safety. *Pozharovryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 10, pp. 9–15. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.9-15.