

## БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 614.841.34

### АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В.В. Шумилин, А.А. Бобрышев, А.А. Леденев, С.В. Пельтихина**

*В статье представлены результаты анализа нормативной базы, регламентирующей показатели пожарной опасности строительных материалов. С целью совершенствования нормативной базы, а также для того, чтобы не возникало противоречий при проектировании, пожарно-технической экспертизе зданий и сооружений, предлагается гармонизировать требования, изложенные в нормативных правовых актах и нормативных документах по пожарной безопасности, касающиеся пожарной опасности строительных материалов.*

**Ключевые слова:** нормативные правовые акты, нормативные документы, пожарная опасность, строительные материалы.

При пожарах в зданиях и сооружениях различного класса функциональной пожарной опасности практически всегда участвуют строительные материалы. Применение при строительстве горючих декоративно-отделочных, облицовочных, теплоизоляционных строительных материалов существенно повышает пожарную опасность зданий и сооружений.

В некоторых видах фасадных систем используются горючие материалы, что значительно повышает класс конструктивной пожарной опасности зданий. При этом использование сильногорючих утеплителей может привести к быстрому распространению пламени и образованию токсичных продуктов горения. Так например, фасад 15-этажного здания «Дукат-Плейс» (г. Москва) был облицован композитным материалом, группа горючести которого – Г4 (сильногорючие материалы). В апреле 2007 г. от короткого замыкания электропроводки на фасаде вспыхнул пожар, который с 9-го этажа дошел до крыши. В сентябре 2014 г. в Красноярске при проведении огневых работ на фасаде 25-этажного дома (балкон 4-го этажа) загорелся горючий утеплитель, за короткое время пожар распространился на площади 1,5 тыс. м<sup>2</sup>, сгорела восточная и южная части здания [1].

Высока вероятность возникновения и быстрого распространения пожара по фасаду на стадии

строительства. Так, в Пекине в феврале 2009 г. произошел пожар в строящемся 40-этажном здании высотой 159 м, входящем в новый комплекс Центрального телевидения Китая. Быстрому распространению пожара способствовало то, что фасад был облицован материалом, содержащим экструзионный пенополистирол. Высотное здание выгорело полностью. При пожаре пострадало 7 пожарных. Ущерб от пожара оценен в 100 млн. евро [1].

Еще одним характерным примером является пожар, произошедший в апреле 2013 г. в г. Грозном, когда загорелось одно из зданий комплекса «Грозный-Сити» – 42-этажная башня «Олимп» высотой 145 м. Возгорание произошло при проведении огневых работ на 3-м этаже фасада здания. Площадь пожара составила около 18 тыс. м<sup>2</sup>. К его тушению было привлечено более 200 сотрудников МЧС России и 31 единица техники. На ликвидацию пожара ушло почти семь часов. Основными причинами распространения пожара по фасаду явились нарушения при проектировании и монтаже навесной фасадной системы. Облицовка основной плоскости фасада была выполнена из кассет коробчатого типа из окрашенного листа алюмокомпозитного горючего материала «Alubond», имеющего группу горючести Г2 – Г4 [1].

Как видно из данных примеров, возникающие пожары сопровождаются гибелью людей,

большим материальным ущербом, для их ликвидации применяют значительное количество сил и средств. По этим причинам нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности, регламентирующие сферу строительства, ограничивают применение горючих пожароопасных материалов.

В статье 13 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. [2] приведена классификация строительных, текстильных и кожевенных материалов по пожарной опасности, которая основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара. Перечислены свойства, характеризующие пожарную опасность строительных материалов: горючесть, воспламеняемость, способность распространения пламени по поверхности, токсичность продуктов горения, дымообразующая способность. В свою очередь, каждое из этих свойств, в зависимости от параметров испытаний, установленных методами определения показателей пожарной опасности строительных материалов [3 – 6], подразделяется на группы.

Горючие строительные материалы подразделяются на четыре группы: слабогорючие (Г1); умеренногорючие (Г2); нормальногорючие (Г3); сильногорючие (Г4).

По воспламеняемости горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы: трудновоспла-

меняемые (В1); умеренновоспламеняемые (В2); легковоспламеняемые (В3).

По скорости распространения пламени по поверхности горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы: нераспространяющие (РП1); слабораспространяющие (РП2); умереннораспространяющие (РП3); сильнораспространяющие (РП4).

По дымообразующей способности горючие строительные материалы в зависимости от значения коэффициента дымообразования подразделяются на следующие группы: с малой дымообразующей способностью (Д1); с умеренной дымообразующей способностью (Д2); с высокой дымообразующей способностью (Д3)

По токсичности продуктов горения горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы в соответствии с табл. 2 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ: малоопасные (Т1); умеренноопасные (Т2); высокоопасные (Т3); чрезвычайно опасные (Т4).

Следует отметить, что в табл. 3 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ [2] приведены классы пожарной опасности строительных материалов в зависимости от соответствующих групп горючести, воспламеняемости, распространения пламени, дымообразующей способности, токсичности, за исключением показателей Д1, Т1, РП3 (табл. 1).

**Таблица 1. Классы пожарной опасности строительных материалов [2]**

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительного материала в зависимости от групп					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
<b>Горючесть</b>	НГ	Г1	Г1	Г2	Г3	Г4
<b>Воспламеняемость</b>	-	В1	В2	В2	В2	В3
<b>Дымообразующая способность</b>	-	Д2	Д2	Д3	Д3	Д3
<b>Токсичность</b>	-	Т2	Т2	Т2	Т3	Т4
<b>Распространение пламени</b>	-	РП1	РП1	РП2	РП2	РП4

На практике при определении класса пожарной опасности материалы с показателями: Д1, Т1, РП3 – относят к классам пожарной опасности КМ1, КМ1, КМ5 соответственно, но к этим же классам относят материалы с показателями Т2, Д2, РП4. В Федеральном законе № 123-ФЗ [2] по этому факту не дано разъяснения, хотя путем соответствующих методов испытаний, указанных в нормативных документах [3 – 6], между этими показателями установлена существенная разница в параметрах, определяющих пожарную опасность материалов.

В данном случае, на наш взгляд целесообразным является внесение показателей Д1, Т1, РП3 в табл. 3 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ соответственно установленным для них

классам пожарной опасности строительных материалов.

Кроме этого, при нормировании показателей пожарной опасности строительных материалов имеются некоторые противоречия в требованиях, изложенных в СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [7] и Федеральном законе № 123-ФЗ [2], касающиеся допустимости применения декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов на путях эвакуации. В частности, в п. 4.3.2 СП 1.13130.2009 [7] установлено для зданий всех степеней огнестойкости и классов конструктивной пожарной опасности, кроме зданий V степени огнестойкости и зданий класса С3, на путях эвакуации

не допускается применять материалы с более высокой пожарной опасностью, чем:

1) Г1, В1, Д2, Т2 – для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах;

2) Г2, В2, Д3, Т3 или Г2, В3, Д2, Т2 – для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в общих коридорах, холлах и фойе;

3) Г2, РП2, Д2, Т2 – для покрытий пола в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах;

4) В2, РП2, Д3, Т2 – для покрытий пола в общих коридорах, холлах и фойе.

Изложенные требования противоречат установленным в Федеральном законе № 123-ФЗ нормам. В частности, согласно табл. 28 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ область применения декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов на путях эвакуации зависит от классов пожарной опасности материалов, класса функциональной пожарной опасности, этажности и высоты здания (табл. 2), что не учитывают требования п. 4.3.2 СП 1.13130.2009.

Противоречия заключаются в следующем:

1) согласно п. 4.3.2 СП 1.13130.2009 для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах не допускается применять материалы с более высокой пожарной опасностью, чем Г1, В1, Д2, Т2, в тоже время согласно табл. 28 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ (табл. 2) в зданиях не более 9 этажей или высотой не более 28 м допускается применять данные материалы с классами пожарной опасности КМ2, следовательно, материалы с более пожароопасной группой воспламеняемости В2 (см. табл. 1); кроме этого, согласно табл. 28 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ (табл. 2) в зданиях более 17 этажей или высотой более 50 м допускается применение только негорючих материалов с классом пожарной опасности КМ0, в отличие от требований п. 4.3.2 СП 1.13130.2009 согласно которым допускается применять материалы имеющие показатели Г1, В1, Д2,

Т2, соответствующие более пожароопасному классу КМ1;

2) согласно п. 4.3.2 СП 1.13130.2009 для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в общих коридорах, холлах и фойе допускается применять материалы с показателями Т3 и В3, соответствующими классам пожарной опасности КМ4 и КМ5, в тоже время согласно табл. 28 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ (табл. 2) в зданиях не более 9 этажей или высотой не более 28 м допускается применять данные материалы с классом не более чем КМ3, в зданиях более 9 этажей, но не более 17 этажей или более 28 м, но не более 50 м допускается применять данные материалы с классом не более чем КМ2, в зданиях более 17 этажей или высотой более 50 м, а также в зданиях определенных классов функциональной пожарной опасности вне зависимости от этажности и высоты допускается применять данные материалы с классом не более чем КМ1;

3) согласно п. 4.3.2 СП 1.13130.2009 для покрытий пола в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах не допускается применять материалы с более высокой пожарной опасностью, чем Г2, РП2, Д2, Т2, в тоже время согласно табл. 28 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ (табл. 2) в зданиях не более 9 этажей или высотой не более 28 м допускается применять данные материалы с классами пожарной опасности КМ3, следовательно, материалы с более пожароопасной группой дымообразующей способности – Д3 (см. табл. 1);

4) согласно п. 4.3.2 СП 1.13130.2009 для покрытий пола в общих коридорах, холлах и фойе допускается применять материалы с показателями Д3, РП2, соответствующими классу пожарной опасности КМ3, в тоже время согласно табл. 28 приложения к Федеральному закону № 123-ФЗ (табл. 2) в зданиях более 17 этажей или высотой более 50 м, а также в зданиях определенных классов функциональной пожарной опасности вне зависимости от этажности и высоты допускается применять данные материалы с классом не более чем КМ2.

**Таблица 2. Область применения декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов на путях эвакуации [2]**

Класс (подкласс) функциональной пожарной опасности здания	Этажность и высота здания	Класс пожарной опасности материала, не более указанного			
		для стен и потолков		для покрытия полов	
		Вестибюли, лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе	Вестибюли, лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе
Ф1.2; Ф1.3; Ф2.3; Ф2.4; Ф3.1; Ф3.2;	не более 9 этажей или не более 28 м	КМ2	КМ3	КМ3	КМ4

Класс (подкласс) функциональной пожарной опасности здания	Этажность и высота здания	Класс пожарной опасности материала, не более указанного			
		для стен и потолков		для покрытия полов	
		Вестибюли, лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе	Вестибюли, лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе
Ф3.6; Ф4.2; Ф4.3; Ф4.4; Ф5.1; Ф5.2; Ф5.3	более 9, но не более 17 этажей или более 28, но не более 50 м	КМ1	КМ2	КМ2	КМ3
	более 17 этажей или более 50 метров	КМ0	КМ1	КМ1	КМ2
Ф1.1; Ф2.1; Ф2.2; Ф3.3; Ф3.4; Ф3.5; Ф4.1	вне зависимости от этажности и высоты	КМ0	КМ1	КМ1	КМ2

Таким образом, при оценке соответствия зданий требованиям пожарной безопасности согласно п. 1, ст. 6 Федерального закона № 123-ФЗ – условие 2, может возникнуть противоречие. Согласно данному условию пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, когда в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» – нормативным правовым актом Федеральным законом № 123-ФЗ,

и нормативными документами по пожарной безопасности – в данном случае СП 1.13130.2009.

С целью совершенствования нормативной базы, а также для того, чтобы не возникало противоречий при проектировании, пожарно-технической экспертизе зданий и сооружений, на наш взгляд необходимо гармонизировать требования, изложенные в нормативных правовых актах и нормативных документах по пожарной безопасности, касающиеся пожарной опасности строительных материалов.

#### Библиографический список

1. *Хасанов И.Р.* Тепловые воздействия на наружные конструкции при пожаре / И.Р. Хасанов // Пожарная безопасность. – 2013. – № 4. – С. 16 – 26.
2. *Федеральный закон №123-ФЗ от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»* [Электронный ресурс КонсультантПлюс].
3. *ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть»* [Электронный ресурс КонсультантПлюс].
4. *ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость»* [Электронный ресурс КонсультантПлюс].
5. *ГОСТ Р 51032-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени»* [Электронный ресурс КонсультантПлюс].
6. *ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»* [Электронный ресурс КонсультантПлюс].
7. *СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»* [Электронный ресурс КонсультантПлюс]

#### References

1. *Hasanov I.R.* Teplovyje vozdejstvija na naruzhnyje konstrukcii pri pozhare / I.R. Hasanov // Pozharnaja bezopasnost'. – 2013. – № 4. – S. 16 – 26.
2. *Federal'nyj zakon №123-FZ ot 22 ijulja 2008 g. «Tehnicheskij reglament o trebovanijah požarnoj bezopasnosti»* [Jelektronnyj resurs Konsul'tantPljus].
3. *GOST 30244-94 «Materialy stroitel'nye. Metody ispytanija na gorjuchest'»* [Jelektronnyj resurs Konsul'tantPljus].
4. *GOST 30402-96 «Materialy stroitel'nye. Metod ispytanija na vosplamenjaemost'»* [Jelektronnyj resurs Konsul'tantPljus].
5. *GOST R 51032-97 «Materialy stroitel'nye. Metod ispytanija na rasprostranenie plameni»* [Jelektronnyj resurs Konsul'tantPljus].
6. *GOST 12.1.044-89 «Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov. Nomenklatura pokazatelej i metody ih opredelenija»* [Jelektronnyj resurs Konsul'tantPljus].
7. *SP 1.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoj zashhity. Jevakuacionnyje puti i vyhody»* [Jelektronnyj resurs Konsul'tantPljus]

## THE ANALYSIS AND PERFECTION OF THE STANDARD BASE REGULATING INDICATORS OF FIRE DANGER OF BUILDING MATERIALS

*In article results of the analysis of the standard base regulating indicators of fire danger of building materials are presented. For the purpose of perfection of standard base and also that there were no contradictions at designing, fire-technical expert appraisal buildings and constructions, it is offered to harmonise the requirements stated in standard legal certificates and standard documents on fire safety, concerning fire danger of building materials.*

**Keywords:** *standard legal certificates, standard documents, fire danger, building materials.*

**Шумилин Виктор Викторович,**

*начальник кафедры,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж*

**Shumilin Viktor Viktorovich,**

*head of the department  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh.*

**Бобрышев Алексей Алексеевич,**

*старший преподаватель,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж.*

**Bobryshev Aleksei Alekseevich,**

*s. teacher,  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh.*

**Леденев Андрей Александрович,**

*доцент, к.т.н.,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж  
e-mail: ledenoff@mail.ru.*

**Ledenev Andrey Alexandrovich,**

*s. lecturer, Cand. Tech. Sci.,  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh,  
e-mail: ledenoff@mail.ru.*

**Пельтихина Светлана Валерьевна,**

*доцент, к.п.н.,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж*

**Peltihina Svetlana Valerevna,**

*s. lecturer, Cand. Pedag. Sci.  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh.*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОЙ И АКТИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

*Д.С. Королев, А.В. Калач*

*Воздействия атмосферного электричества способны вызвать пожары, взрывы, механические повреждения зданий и сооружений. Они также приводят к гибели и травмированию людей. Кроме того, возникающие при воздействиях молнии пожары и аварии могут приводить к выбросам опасных продуктов – радиоактивных и ядовитых веществ, бактерий, вирусов. Для предотвращения таких последствий, необходимо разрабатывать систему молниезащиты: традиционную и активную.*

**Ключевые слова:** атмосферное электричество, молниезащита, традиционная, активная.

Воздействия атмосферного электричества способны вызвать пожары, взрывы, механические повреждения зданий и сооружений. Они также приводят к гибели и травмированию людей. Кроме того, возникающие при воздействиях молнии пожары и аварии могут приводить к выбросам опасных продуктов – радиоактивных и ядовитых веществ, бактерий и вирусов [1].

Согласно статистическим данным МЧС России, за последние 5 лет от грозových разрядов возникло 4440 пожаров в зданиях и сооружениях, что составляет чуть меньше 0,5% от общего количества пожаров. Столь низкая доля пожаров по данной причине вовсе не означает низкую опасность молнии. Скорее, это показатель эффективности средств молниезащиты.

Ежегодно от проявлений атмосферного электричества возникает до 5100 лесных пожаров, охватывающих площадь от 22 до 890 тыс. га, что почти в три раза превышает площадь лесных пожаров от антропогенных источников огня.

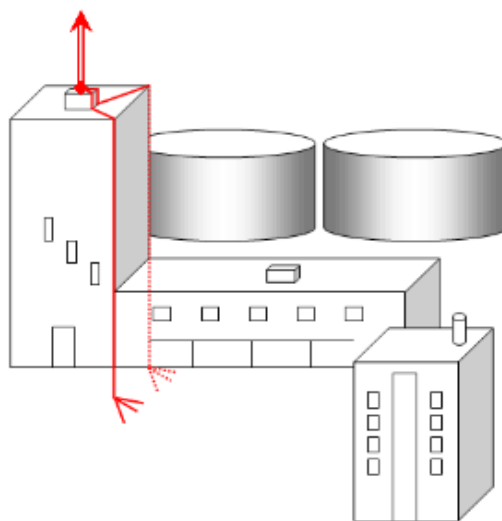
Так, летом 2002 г. от грозового разряда возник крупный пожар, продолжавшийся несколько суток [2].

В 2003 году удар молнии стал причиной взрыва склада боеприпасов, в результате которого 5 человек погибло, многие получили травмы [3].

Мероприятия, направленные на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение его опасных последствий, а также средства защиты, предохраняющие от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала, в комплексе представляют собой молниезащиту.

Согласно ст. 50 ФЗ-№123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устройство систем молниезащиты зданий, сооружений и оборудования является обязательным требованием.

Системы молниезащиты подразделяются на две категории: традиционную молниезащиту и с использованием активного молниеприемника.



**Рис. 1.** Типовая установка молниезащиты с активным молниеприемником.

Проведем сравнительный анализ систем молниезащиты на примере производственного предприятия ООО «Снек». Территория, занимаемая предприятием, составляет 0,5 га.

На рис. 2 представлен схематичный план предприятия. Для молниезащиты производственной

компании ООО «Снек» необходимы опоры, на которых будет крепиться молниеприемник.

Высота опоры зависит от защищаемых объектов. Самой высокой точкой на предприятии является производственный цех, высота которого достигает 10 м.



Рис. 2. План производственного предприятия

**Расчет активной системы молниезащиты [4].** Плотность ударов молнии в землю, выраженная через число поражений 1 км<sup>2</sup> земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта. Если же плотность ударов молнии в землю  $N_g$  неизвестна, ее можно рассчитать по следующей формуле:

$$N_g = \frac{6,7 \cdot T_g}{100}, \quad (1)$$

где  $T_g$  – средняя продолжительность гроз в часах, определенная по региональным картам интенсивности грозовой деятельности. Для Воронежского региона  $T_g$  составляет 4 (40-60 ч.), следовательно:

$$N_g = \frac{6,7 \cdot 4}{100} = 0,268 \quad (2)$$

Получаем 1 удар на 1 км<sup>2</sup> в год.

Площадь защищаемой зоны  $R_p$  молниеотвода PREVECTRON рассчитывается согласно формуле:

$$R_p = \sqrt{h_x(2D - h_x) + \Delta L(2D + \Delta L)} \quad (3)$$

где  $R_p$  - радиус защиты молниеприемника на определенной высоте, м;

$h_x$  - наибольшая высота защищаемого сооружения, м;

$D$  - дистанция удара равна 20,30,45 или 60, в зависимости от требуемого уровня защиты;

$\Delta L$  - инициация верхнего лидера, м

Для молниеприемника, величину  $\Delta L$ , можно определить по формуле:

$$\Delta L = V \cdot \Delta T \quad (4)$$

где  $V$ -скорость инициации верхнего лидера, м/мкс;

$\Delta T$  - время инициации, мкс.

Согласно техническим данным время инициации для PREVECTRON S 6.60 составляет 60 мкс, а скорость инициации верхнего лидера 1м/мкс, то величина инициации верхнего лидера составляет  $\Delta L = 60$  м.

Следовательно, защитный радиус равен:

$$R_p = \sqrt{12,75 \cdot (2 \cdot 45 - 12,75) + 60 \cdot (2 \cdot 45 + 60)} = 68,3 \text{ м} \quad (5)$$

Таким образом, при высоте опоры с закрепленным на ней активным молниеприемником 12,75 м, защитный радиус составляет 68,3 м.

**Расчет традиционной системы молниезащиты [5].** Ожидаемое количество поражений молнии в год равно:

$$N = [(S + 6h_x)(L + 6h_x) - 7.7h_x^2]n \cdot 10^{-6} = \\ = ((70 + 6 \cdot 12,75)(70 + 6 \cdot 12,75) - 7.7 \cdot 162,5 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) = 0,08, \quad (6)$$

где  $h$  – наибольшая высота здания или сооружения, м;

$S, L$  – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м;

$n$  – среднегодовое число ударов молнии в 1 км<sup>2</sup> земной поверхности (удельная плотность, ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для Воронежской области удельная плотность ударов молнии в землю  $n = 4 \frac{1}{\text{км}^2 \cdot \text{год}}$ . Так как  $N = 0,006 < 1$ , то должна быть обеспечена зоной защиты Б.

В качестве молниезащиты можно использовать одиночный стержневой молниеотвод. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой  $h$  представляет собой круговой конус, вершина которого находится на высоте  $h_0$ . На

уровне земли зона защиты образует круг радиусом  $r_0$ . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения  $h_x$  представляет собой круг радиусом  $r_x$ .

$$\text{Зона Б: } h_0 = 0,92h;$$

$$r_0 = 1,5 \cdot h;$$

Определяем радиус зоны защиты:

$$r_0 = 1,5 \cdot h;$$

$$r_0 = 1,5 \cdot 12,75 = 19,12$$

Таким образом, при высоте опоры с закрепленным на ней активным молниеприемником 12,75 м радиус зоны защиты традиционной стержневой молниезащиты составляет 19,12 м.

Рассчитаем необходимую высоту установки молниеотвода и соответствующий радиус зоны защиты, при которых будет обеспечиваться надежная защита производственного объекта.

Определяем диагональ здания:

$$r_x = \frac{\sqrt{(70)^2 + \sqrt{(70)^2}}}{2} = 49,4 \text{ м};$$

$r_x = 1,5(h - h_x/0,92)$  – решая уравнение, определим высоту молниеотвода:

$$49,4 = 1,5 \cdot (h - 12,75/0,92);$$

$$49,4 = 1,5h - 13,8; \quad (7)$$

$$h = 46,7 \text{ м}$$

Рассчитаем радиус зоны защиты:

$$r_0 = 1,5 \cdot h;$$

$$r_0 = 1,5 \cdot 46,7 = 70,1 \text{ м}$$

При выбранной высоте молниеотвода защита будет полностью обеспечена.

В табл. представлены расчетные значения основных параметров системы активной и пассивной молниезащиты.

**Таблица. Основные расчетные значения параметров молниезащиты**

Тип молниезащиты	Пассивный стержневой молниеприемник		Активный молниеприемник PREVECTRON S6.60
	Расчетное при одинаковой высоте опоры	Расчетное требуемое	
Уровень молниезащиты	I	I	III
Высота молниеприемника	12.75	46.7	12.75
Дистанция удара, D	-	-	45
Инициация верхнего лидера, dL	-	-	60
Радиус зоны защиты	19.12	70.1	68.3

Из табл. видно, что радиус пассивного молниеприемника во много меньше радиуса активного. В случае пассивной молниезащиты производственного предприятия необходимо предусмотреть более высокие опоры, например ПМС – 35, плюс высота наибольшего помещения и высота молниеприемника 2,5м, что в итоге будет составлять 47,5м. Можно использовать несколько одиночных стержневых молниеотводов меньшей высоты, но и стоимость такой системы увеличится вдвое.

В ходе сравнительного анализа активной и пассивной молниезащиты, было отдано предпочтение в сторону первой. Это связано, в первую очередь, с наименьшими финансовыми затратами, по отношению к пассивной молниезащите, а также связано с простотой монтажа.

Стоит отметить, что активная молниезащита производственного предприятия обеспечивает 99% защиты от разрядов атмосферного электричества, в отличии от пассивной 5%.



*Библиографический список*

1. **Тростянский С.Н., Зенин Ю.Н., Скрыль С.В., Калач А.В.** Математическое моделирование риска возникновения пожаров на хозяйственных объектах / С.Н. Тростянский, Ю.Н. Зенин, С.В. Скрыль, А.В. Калач // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2013. - №4. – С.28-33.
2. **Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: статистический сборник** / Под общей редакцией В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2014, - 137 с.
3. **Корови Г.Н., Зукерт З.В.** Влияние климатических изменений на лесные пожары в России [Электронный ресурс]. - Режим доступа [http://kovdoravia.narod.ru/vlijanie\\_klimata.html](http://kovdoravia.narod.ru/vlijanie_klimata.html)
4. **Расчет активной системы молниезащиты** [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://artterm-m.ru/index.php/molniazashita/aktivnajamolnieszashita> . – Активная молниезащита. – (13.10.15г.)
5. **Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений:** РД 34.21.122 – 87. – М.: ГНИЭИ, 1995.

*References*

1. **Trostjanskij S.N., Zenin Ju.N., Skryl' S.V., Kalach A.V.** Matematicheskoe modelirovanie riska vzniknovenija požarov na hozjajstvennyh obektah / S.N. Trostjanskij, Ju.N. Zenin, S.V. Skryl', A.V. Kalach // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija. – 2013. - №4. – S.28-33.
2. **Pozhary i požarnaja bezopasnost' v 2014 godu: statisticheskij sbornik** / Pod obshej redakciej V.I. Klimkina. – M.: VNIPO, 2014, - 137 s.
3. **Korovi G.N., Zukert Z.V.** Vlijanie klimaticeskikh izmenenij na lesnye požary v Rossii [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa [http://kovdoravia.narod.ru/vlijanie\\_klimata.html](http://kovdoravia.narod.ru/vlijanie_klimata.html)
4. **Raschet aktivnoj sistemy molnieszashity** [Jelektronnyj resurs].- Rezhim dostupa <http://artterm-m.ru/index.php/molniazashita/aktivnajamolnieszashita> . – Aktivnaja molnieszashita. – (13.10.15g.)
5. **Instrukcija po ustrojstvu molnieszashity zdanij i sooruzhenij:** RD 34.21.122 – 87. – M.: GNIJeI, 1995.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF TRADITIONAL AND ACTIVE LIGHTNING PROTECTION**

*Influences of atmospheric electricity are capable to cause the fires, explosions, mechanical damages of buildings and constructions. They also lead to death and traumatizing people. Besides, the fires and accidents arising at influences of a lightning can lead to emissions of dangerous products – radioactive and toxic agents, bacteria, viruses. For prevention of such consequences, it is necessary to develop system of lightning protection: traditional and active.*

**Keywords:** *atmospheric electricity, lightning protection, traditional, active.*

**Королев Денис Сергеевич,**

*преподаватель,*

*Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: otrid@rambler.ru.*

**Korolev D. S.,**

*Lecturer,*

*Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;*

*Russia, Voronezh,*

*e-mail: otrid@rambler.ru*

**Калач Андрей Владимирович,**

*д.х.н., профессор,*

*заместитель начальника института по научной работе,*

*Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж.*

*e-mail: AVKalach@gmail.com*

**Kalach A.V.,**

*D. Sc. in Chemistry, Prof.,*

*Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Voronezh,*

*e-mail: AVKalach@gmail.com*

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

*А.С. Варенцова, В.И. Яковлев, Н.Н. Гусев, А.В. Бажухин*

*Рассматривается современное состояние нормативной базы в области обследования технического состояния зданий и сооружений при проведении экспертизы промышленной безопасности на опасных производственных объектах.*

**Ключевые слова:** *техническое состояние несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений, обследование и экспертиза промышленной безопасности.*

Согласно п. 21. «Правил проведения экспертизы промышленной безопасности» (утвержденных Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №538 от 14.11.2013г.) при проведении экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) оценивается фактическое состояние технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах.

Для оценки фактического состояния зданий и сооружений проводится их обследование.

При проведении ЭПБ экспертные организации в процессе обследования зданий и сооружений (ЗиС) на опасных промышленных объектах (ОПО) вправе следовать только действующим нормативным документам, регламентирующим проведение обследований ЗиС. К числу таких нормативных документов на момент написания данной статьи относятся:

1. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

2. СП 13-102-2003 Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

3. РД 22-01-97 Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями).

При этом правовой статус РД 22-01-97 не определен (не зарегистрирован в Минюсте РФ), а СП 13-102-2003 не включен в «Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (утвержденный Постановлением Правительства от 26.12.2014 г. № 1521)». Таким образом, исключая ведомственные руководящие доку-

менты, легитимным при проведении обследований зданий и ЗиС на ОПО можно считать только ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Согласно п.2 статья 3 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» «Требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей среды, экологической безопасности, пожарной безопасности, охраны труда, строительства, а также обязательным требованиям, установленным в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании». Кроме того, согласно п.13. «Правил проведения экспертизы промышленной безопасности» (утвержденных Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №538 от 14.11.2013г.) экспертиза проводится с целью определения соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности и основывается на принципах независимости, объективности, всесторонности и полноты исследований, проводимых с использованием современных достижений науки и техники.

Требования ФЗ-116 о том, что ЭПБ зданий и сооружений должна основываться на принципах независимости, объективности, всесторонности и полноты исследований, проводимых с использованием современных достижений науки и техники и в тоже время соответствовать нормам в области строительства, входит в противоречие с п. 5.1.17 ГОСТ 31937-2011, который допускает сокращение заказчиком объемов обследования, предусмотренных данным ГОСТом. При этом «при сокращении заказчиком объемов обследования, снижающем достоверность заключения о техническом состоянии объекта, заказчик сам несет ответственность за низкую достоверность результата обследования», т.е. снимает ответственность с эксперта. Что противоречит положениям статьи 17 ФЗ-116 опреде-

ляющим, что «лица (в нашем случае эксперт, проводивший экспертизу), виновные в нарушении настоящего Федерального закона, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации».

Другими словами, по ГОСТ 31937-2011 заказчик экспертизы вправе определять объем работ по обследованию ЗиС в процессе экспертизы, что также вступает в противоречие с принципами «независимости, объективности, всесторонности и полноты исследований» при проведении ЭПБ ЗиС, заложенными в ФЗ-116.

Понятно, что чем больше объем выполняемых при ЭПБ работ, тем выше их стоимость, а объем работ определяется Техническим заданием. Заказчик заинтересован в оптимизации своих расходов и стремится свести объемы обследовательских работ к минимуму. Но это не все. Современные нормы по обследованию зданий и сооружений [3] различают два основных вида обследований ЗиС: обследование технического состояния ЗиС и комплексное обследование технического состояния ЗиС.

Обследование технического состояния здания (сооружения): комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование грунтов основания и строительных конструкций на предмет выявления изменения свойств грунтов, деформационных повреждений, дефектов несущих конструкций и определения их фактической несущей способности.

Комплексное обследование технического состояния здания (сооружения): комплекс мероприя-

тий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров грунтов основания, строительных конструкций, инженерного обеспечения (оборудования, трубопроводов, электрических сетей и др.), характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование технического состояния здания (сооружения), теплотехнических и акустических свойств конструкций, систем инженерного обеспечения объекта, за исключением технологического оборудования.

О каком виде обследования идет речь в п. 21. «Правил проведения экспертизы промышленной безопасности»? Указаний на этот счет в нормативных документах по промышленной безопасности нет.

Необходимо отметить, что в нормативных документах по промышленной безопасности [1] все опасные производственные объекты в зависимости от уровня потенциальной опасности аварий на них для жизненно важных интересов личности и общества подразделяются на четыре класса опасности:

I класс опасности - опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;

II класс опасности - опасные производственные объекты высокой опасности;

III класс опасности - опасные производственные объекты средней опасности;

IV класс опасности - опасные производственные объекты низкой опасности.

Однако требования к объему, полноте и всесторонности выполняемых при обследовании ЗиС работ не дифференцированы по классам опасности.

#### *Библиографический список*

1. **О промышленной безопасности** [Текст]: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ // Собрание законодательства. – 1997. - №30 (28 июля). – С. 1485-1498 (ст.3588).

2. **Правила проведения экспертизы промышленной безопасности** [Текст]: федеральные нормы и правила // Российская газета №296 (31 дек. 2013 г.) – С. 3-12.

3. **ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния** [Текст] – Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014. – 54 с.

#### *References*

1. **O promyshlennoj bezopasnosti** [Tekst]: Federal'nyj zakon ot 21 ijulja 1997 g. № 116-FZ // Sobranie zakonodatel'stva. – 1997. - №30 (28 ijulja). – S. 1485-1498 (st.3588).

2. **Pravila provedenija jekspertizy promyshlennoj bezopasnosti** [Tekst]: federal'nye normy i pravila // Rossijskaja gazeta №296 (31 dek. 2013 g.) – S. 3-12.

3. **GOST 31937-2011. Zdanija i sooruzhenija. Pravila obsledovanija i monitoringa tehničeskogo sostojanija** [Tekst] – Moskva: Izd-vo Standartinform, 2014. – 54 s.

**ANALYSES OF NORMATIVE BASIS FOR THE INSPECTION  
OF TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS  
FOR THE INDUSTRIAL SAFETY EXPERT EXAMINATION  
OF DANGEROUS INDUSTRIAL OBJECTS**

*The article describes the current state of legislative and normative basis in the field of survey of the technical condition of buildings and constructions during the industrial safety expert examination of dangerous industrial objects.*

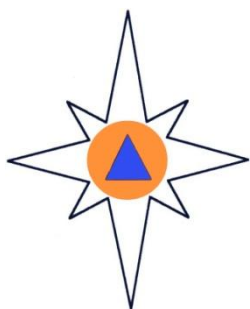
**Keywords:** *technical condition of load-bearing and frame structures of building and construction, survey and industrial safety expert examination.*

**Гусев Николай Николаевич,**  
*директор ООО «НПФ «Лидинг»,  
д.т.н., профессор.  
Россия, Санкт-Петербург,  
e-mail: goussev\_nn@mail.ru.*  
**Nikolai N. Goussev, D. Sc. in Engineering, Prof.,**  
*Russia, Saint-Petersburg  
e-mail: goussev\_nn@mail.ru.*

**Яковлев Владимир Иванович,**  
*технический директор ООО «Промтехэксперт»,  
д.т.н., профессор,  
начальник отдела экспертизы технических устройств ООО «НТЦ Экспертсервис».  
Россия, Санкт-Петербург,  
e-mail: lubov\_y@mail.ru.*  
**Vladimir I. Yakovlev, D. Sc. in Engineering, Prof.**  
*Russia, Saint-Petersburg  
lubov\_y@mail.ru.*

**Бажухин Александр Викторович,**  
*инженер ООО «Промстандарт»;  
ассистент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики.  
Россия, Санкт-Петербург,  
e-mail: bazhukhin@gmail.com.*  
**Aleksandr V. Bazhukhin**  
*Russia, Saint-Petersburg  
bazhukhin@gmail.com.*

**Варенцова Анна Сергеевна,**  
*эксперт по промышленной безопасности  
ООО «НПФ «Лидинг»,  
Россия, Санкт-Петербург,  
e-mail: 9595835@mail.ru.*  
**Anna S. Varentcova**  
*Russia, Saint-Petersburg,  
e-mail: 9595835@mail.ru.*



## ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

УДК 669.058

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОДВЕСКИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

*П.В. Пучков, А.В. Маслов, А.В. Топоров, Ю.Н. Мусеев*

*Рассмотрена проблема трибологической безопасности резьбовых соединений. Предложен способ решения обозначенной проблемы путем разработки новых конструкций резьбовых соединений с применением магнитоуправляемых жидкостей. Проведены расчеты магнитных систем предлагаемых конструкций с использованием метода конечных элементов. На основе расчетов определена наиболее рациональная конструкция магнитной системы для разработанного резьбового соединения закрытого типа. Разработана конструкция резьбового соединения, содержащая магнитную систему на основе сплава NdFeB, предназначенная для использования в устройствах, работающих в тяжелых условиях.*

**Ключевые слова:** уплотнение, магнитная жидкость, трение.

**Введение.** Надежность - это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях эксплуатации. Особое требование к надёжности предъявляется к пожарной и аварийно-спасательной технике. Находясь в дежурном режиме, она постоянно должна быть готова к использованию в самых тяжелых условиях работы. Низкий уровень надежности оборудования вполне может приводить к серьезным затратам на ремонт, длительному простоем оборудования и к авариям.

Проблема работоспособности и надёжности резьбовых соединений в настоящее время весьма актуальна, особенно с развитием строительной, аварийно-спасательной, пожарной техники, вакуумной и космической техники, устройств, работающих в условиях Крайнего Севера и сильного грунтового загрязнения.

**Постановка задачи.** Уменьшение давления окружающей среды, наличие загрязнений изменяет фрикционные характеристики материалов пары трения. В связи с этим процесс трения металлов в таких условиях усложняется, коэффициент трения в несколько раз увеличивается и достигает нескольких единиц.

Следует отметить, что в условиях атмосферного воздуха многие механизмы, в которых исполь-

зуются гайки, винты, болты, шпильки, ходовые винты и т.д. также работают в тяжелых условиях таких как: повышенной влажности, грунтовой загрязненности, при высоких температурах, в агрессивных средах, в результате чего резьбовые соединения теряют свою подвижность. Основной причиной потери подвижности резьбовых соединений является окисление, деформация витков резьбы и деградация смазочного материала.

Наиболее выражены эти явления в узлах подвески пожарных автомобилей. Подвеска автомобиля состоит из целого ряда деталей, обеспечивающих упругое соединение кузова с колесами. Крепление деталей наиболее часто выполняется при помощи резьбовых соединений. В ходе выполнения регламентных и ремонтных работ возникают проблемы разборки этих соединений. Зачастую соединения не могут быть разобраны без разрушения крепежных изделий. Поэтому, разработка подходов к повышению надежности, работоспособности, ремонтнопригодности резьбовых соединений узлов подвески пожарных автомобилей является актуальной задачей.

**Разработка трибологически безопасного резьбового соединения.** Решить проблему надёжности и работоспособности резьбовых соединений можно путем новых конструктивных решений и применения магнитоуправляемых наножидкостей.

Магнитные смазочные жидкости могут использоваться в качестве смазочного материала в резьбовых соединениях и принудительно удерживаются в зоне контакта трения постоянным магнитным по-

лем. Резьбовая поверхность болта с нанесенной на его поверхность магнитной жидкостью представлена на рис. 1.



Рис. 1. Резьбовая поверхность винта с нанесенной на неё магнитной смазочной жидкостью:  
а – рабочая поверхность; б – торцевая поверхность.

Как вариант решения проблемы безотказной работы пар трения винт-гайка в вакууме может послужить трибологически безопасное резьбовое соединение «закрытого» типа. Конструкция данного резьбового соединения представлена на рис. 2.

Данное резьбовое соединение предназначено для работы в условиях ограниченной смазки, в ус-

ловиях вакуума и др. тяжелых условиях. В условиях вакуума обычные резьбовые соединения теряют свою подвижность из-за испарения смазки и сублимации твердых смазочных покрытий, в результате чего происходит холодное сваривание поверхностей резьбы винта и гайки с образованием мостиков холодного сваривания.

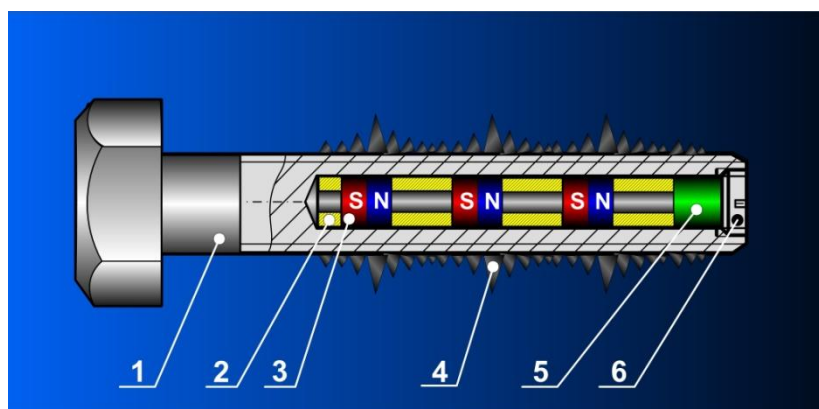


Рис. 2. Конструкция трибологически безопасного резьбового соединения «закрытого» типа:  
1 – тело винта M20x2; 2 – кольцо проставное из магнитного материала;  
3 – постоянный магнит; 4 – магнитная жидкость на основе полиэтилсилоксана (ПЭС-5);  
5 – проставка-цилиндр из магнитного материала; 6 – заглушка.

Сущность предлагаемого резьбового соединения состоит в том, что работоспособность и надежность работы резьбового соединения обеспечивается за счет применения магнитной жидкости на полиэтилсилоксановой основе (ПЭС-5), которая удерживается в зазоре резьбового соединения магнитным полем, которое инициируется постоянными магнитами, установленными в теле винта. В отличие от обычных смазочных материалов смазочные МЖ обладают магнитной восприимчивостью и подвергаются действию наложенного на них магнитного поля: удерживаются в нём или переме-

щаются в зону большей его напряженности. В связи с этим действие смазочных МЖ зависит не только от их собственных смазочных свойств, но и от условий, определяемых наложенным магнитным полем. Под его действием МЖ интенсивно проникают на поверхности контакта в зоне трения и образуют там смазочные слои и плёнки.

**Расчет магнитных систем трибологически безопасных резьбовых соединений.** Для исследования работоспособности разработанного резьбового соединения был выполнен расчет его магнитных свойств. Для выполнения расчетов использовался

метод конечных элементов. Полученные результаты расчетов представлены на рисунках 3-5.

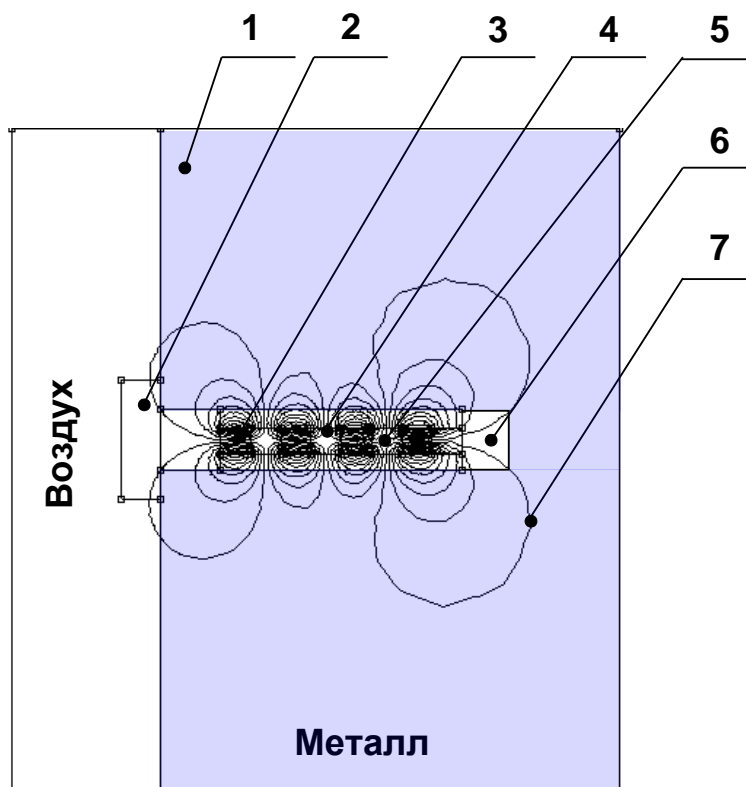


Рис. 3. Картина распределения линий магнитной индукции вдоль резьбовой поверхности винта: 1 – деталь; 2 – винт; 3 – магниты постоянные; 4 – проставка-кольцо; 5 – воздушная полость; 6 – проставка- магнитопровод; 7 – линии магнитной индукции.

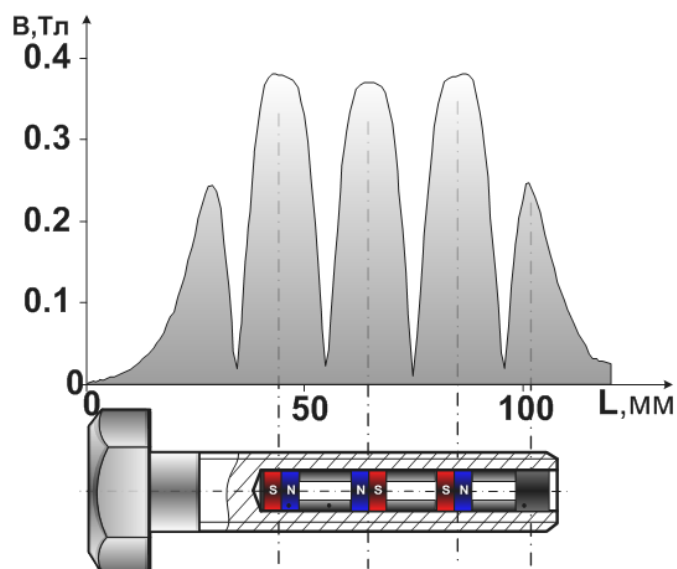
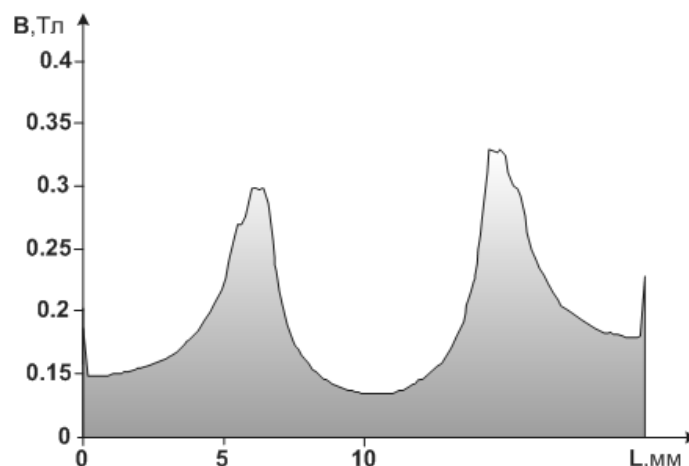


Рис. 4. Значение напряженности магнитного поля вдоль рабочей поверхности винта.



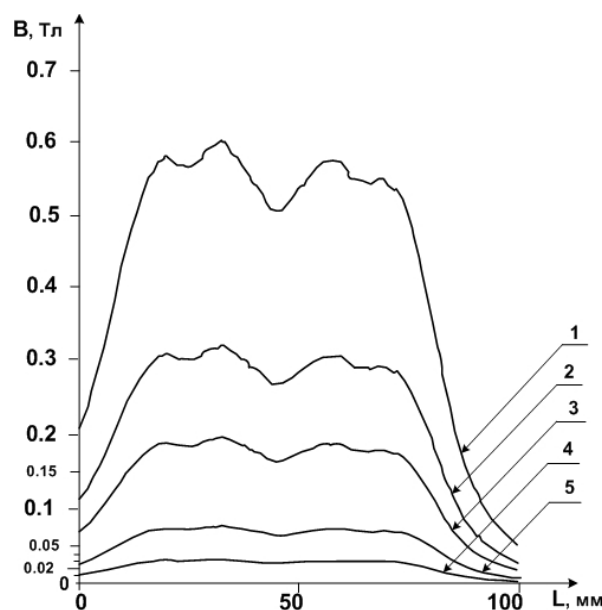
**Рис. 5.** Распределение магнитной индукции по торцевой поверхности винта.

Анализируя полученные результаты, представленные на рис. 4–5, можно сделать вывод о том, что разработанная конструкция резьбового соединения является работоспособной.

Одним из определяющих факторов надёжной работы трибологически безопасного резьбового

соединения является выбор материала постоянного магнита.

В ходе проделанной работы были изучены магнитные характеристики резьбового соединения с различными магнитными материалами, результаты расчётов представлены на рисунке 6.



**Рис. 6.** Зависимость напряженности постоянного магнитного поля на рабочей поверхности винта от материала постоянного магнита, установленного в его теле:

1 – неодим-железо-бор N34A – 2706 кА/м; 2 – самарий-кобальт S24H – 1440 кА/м;

3 – неодим-железо-бор N34A – 2520 кА/м;

4 – альнико A5.05B – 147 кА/м; 5 – феррит F3.2c – 380 кА/м.

Из представленного графика зависимости напряженности постоянного магнитного поля на рабочей поверхности винта от материала постоянного магнита, представленного на рисунке 7, видно, что конструкция резьбового соединения будет наиболее рациональной при использовании постоянного магнита на основе неодим-железо-бор.

Спеченный постоянный магнит на основе сплавов типа NdFeB обладает следующими преимуществами перед другими магнитами с точки зрения миниатюризации магнитных и электротехнических устройств:

- более высокие магнитные параметры по сравнению с литым и ферритовым магнитом, NdFeB в 8-10 раз мощнее феррита;



- возможность создания сильных магнитных полей при малых габаритах;
- обладает одним из наилучших отношений энергетического произведения к цене;
- рекомендуется для применения в широком спектре электротехнических устройств, включая электродвигатели большой мощности.

Однако применение магнита на основе сплава NdFeB в устройствах, работающих в условиях высоких температур, становится неэффективным.

**Выводы.** На основе вышеизложенного мо-

жем сделать вывод о том, что разработанная конструкция резьбового соединения будет работоспособной. Установлено, что в качестве источника магнитного поля для разработанной конструкции следует использовать постоянные магниты на основе сплава NdFeB. Применение магнитной смазочной жидкости обеспечит разделение витков резьбы в резьбовом соединении типа винт-гайка, тем самым предотвратит образование мостиков холодного сваривания, а, следовательно, продлит срок службы соединения, повысит его надежность и работоспособность.

#### *Библиографический список*

1. **Киселев В.В.** К проблеме улучшения триботехнических свойств смазочных материалов / В.В. Киселев // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2006. – Т. 49. – № 12. – С. 113-114.
2. **Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.** Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов / В.В. Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19. – №2. – С. 50 – 53.
3. **Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.** Перспективы применения магнитоожидкостных устройств в пожарной и аварийно-спасательной технике / В.В. Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – №2. – С. 63–64.
4. **Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.** Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов / В.В. Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – №3. – С. 24–28.
5. **Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В.** Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара / П.В. Пучков, В.В. Киселев, А.В. Топоров // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – №3. – С. 29–32.
6. **Киселев В.В., Поletaев В.А.** Исследование триботехнических характеристик металлосо-держающих присадок к маслам, используемым в электрических машинах / В.В. Киселев, В.А. Поletaев // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Выпуск 2. – С. 65 – 67.
7. **Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.** Перспективы использования модернизированных смазочных материалов в пожарной и аварийно-спасательной технике / В.В.Киселев, А.В. Топоров, П.В. Пучков // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2011. – №3. – С. 23–29.

#### *References*

1. **Kiselev V.V.** K probleme uluchsheniya tribotekhnicheskikh svoystv smazochnykh materialov / V.V. Kiselev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Himiya i himicheskaya tehnologiya. – 2006. – T. 49. – № 12. – S. 113-114.
2. **Kiselev V.V., Toporov A.V., Puchkov P.V.** Povyishenie nadezhnosti pozharnoy tehniki primeneniem modernizirovannykh smazochnykh materialov / V.V. Kiselev, A.V. Toporov, P.V. Puchkov // Pozharovzryivobezopasnost. – 2010. – T. 19. – №2. – S. 50 – 53.
3. **Kiselev V.V., Toporov A.V., Puchkov P.V.** Perspektivyi primeneniya magnitnozhidkostnykh ustroystv v pozharnoy i avariyno-spatelnoy tehnike / V.V. Kiselev, A.V. Toporov, P.V. Puchkov // Nauchnyie i obrazovatelnyie problemyi grazhdanskoj zaschityi. – 2010. – №2. – S. 63–64.
4. **Kiselev V.V., Toporov A.V., Puchkov P.V.** Povyishenie nadezhnosti pozharnoy tehniki primeneniem modernizirovannykh smazochnykh materialov / V.V. Kiselev, A.V. Toporov, P.V. Puchkov // Nauchnyie i obrazovatelnyie problemyi grazhdanskoj zaschityi. – 2010. – №3. – S. 24–28.
5. **Puchkov P.V., Kiselev V.V., Toporov A.V.** Razrushenie stroitelnykh metallokonstruktsiy v usloviyah pozhara / P.V. Puchkov, V.V. Kiselev, A.V. Toporov // Nauchnyie i obrazovatelnyie problemyi grazhdanskoj zaschityi. – 2010. – №3. – S. 29–32.
6. **Kiselev V.V., Poletaev V.A.** Issledovanie tribotekhnicheskikh harakteristik metallosoderzhaschikh prisadok k maslam, ispolzuemyim v elektricheskikh mashinah / V.V. Kiselev, V.A. Poletaev // Vestnik IGEU. – 2011. – Vyipusk 2. – S. 65 – 67.
7. **Kiselev V.V., Toporov A.V., Puchkov P.V.** Perspektivyi ispolzovaniya modernizirovannykh smazochnykh materialov v pozharnoy i avariyno-spatelnoy tehnike / V.V.Kiselev, A.V. Toporov, P.V. Puchkov // Nauchnyie i obrazovatelnyie problemyi grazhdanskoj zaschityi. – 2011. – №3. – S. 23–29.

## SCREW CONNECTIONS OF FIRE TRUCKS SUSPENSION RELIABILITY INCREASING

*The problem of tribological security threads. A method for solving the problems indicated by the development of new designs of screw joints using magnetic liquids. Calculations of the magnetic characteristics of the developed structures are made on the basis of the finite element method. Determined by the most rational design of magnetic system designed for threaded connection closed. The design threaded connections, comprising a magnetic system based alloy NdFeB, for use in devices operating in harsh conditions.*

**Keywords:** seal, magnetic fluid, friction.

**Пучков Павел Владимирович,**

*старший преподаватель, к.т.н.*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново;*

*e-mail: palpuch@mail.ru.*

**Puchkov Pavel V.**

*Senior teacher, andidate of engineering sciences;*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo*

*e-mail: palpuch@mail.ru*

**Маслов Алексей Владимирович,**

*начальник «УНК Пожаротушение»,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново;*

*e-mail: steelaxe@mail.ru.*

**Maslov Aleksey V.,**

*Head of education and scientific complex «Firefighting»*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo*

**Топоров Алексей Валериевич,**

*доцент, к.т.н.,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново;*

*e-mail: ironaxe@mail.ru*

**Toporov Aleksey V.,**

*Assistant professor, candidate of engineering sciences,*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo*

**Моисеев Юрий Николаевич,**

*начальник кафедры,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

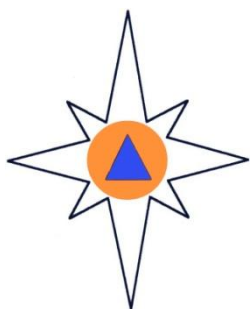
*Россия, г. Иваново.*

**Moiseev Uriy N.,**

*Head of operation of fire fighting equipment,*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo*



## ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 338.2

### СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

**В.В. Пикалов, Е.А. Жидко**

*В свете требований Доктрины информационной безопасности Российской Федерации рассматривается моделирование взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды хозяйствующего субъекта, прогнозирование его возможных исходов в масштабе времени, близком к реальному, а также в кратко-, средне- и долгосрочном периодах XXI века. Возможные исходы такого развития рассматриваются в контексте противоборства договаривающихся сторон на политической арене и конкурентной борьбы между ними в социально-эколого-экономическом аспекте в условиях информационной войны.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, математическое моделирование, прогнозирование, система, комплекс.

На современном этапе одной из актуальных проблем является необходимость обеспечения информационной безопасности (ИБ) хозяйствующего субъекта (ХС) от угроз её нарушения в условиях информационной войны.

Согласно [1] под ИБ Российской Федерации понимается состояние защищенности ее национальных интересов в информационной сфере, определяющихся совокупностью сбалансированных интересов личности, общества и государства (ЛОГ). Объектами защиты, от угроз нарушения их ИБ с негативными последствиями согласно [1] являются, в том числе, системы управления экологически опасными и экономически важными производствами.

Экономически важными производствами (объектами) целесообразно считать те из них, которые способны обеспечить: потребности ЛОГ в необходимом и достаточном уровне, качестве и безопасности жизни; их устойчивое антикризисное развитие в новых условиях XXI века. Экологически опасными являются те экономически важные производства, которые оказывают на окружающую среду антропогенное воздействие, уровень которого превышает нормы экологической безопасности, создаёт угрозы качеству и безопасности жизни человека и природы [2].

Согласно проведенным исследованиям [3-6], разрешение проблемы требует создания теоретических основ системного математического модели-

рования ИБ ХС. Они предназначаются для обеспечения устойчивости развития ХС в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века [7-9]. Исследования также показали, что такое развитие должно базироваться на методологии информационной и интеллектуальной поддержки управления циклами проектирования и перепроектирования облика ОЗ и его системы информационной безопасности (СИБ), программирования и перепрограммирования траектории их развития (рис.1.) [7].

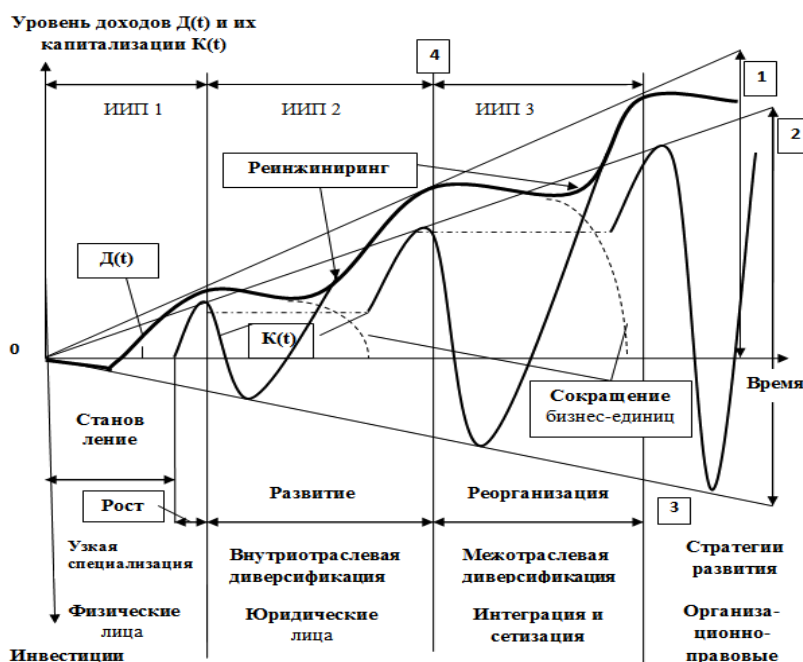
В этом случае названная методология базируется на технологии комплексного прогнозирования, логическая схема которой показана на рис.2 [7-9]. Задающим звеном в методологии решения проблемы является эффективное системное моделирование взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ХС, прогнозирование его возможных исходов в масштабе времени, близком к реальному, а также в кратко-, средне- и долгосрочном периодах XXI века.

Исходными данными для прогнозирования являются модели такого развития. На современном этапе ими являются [10,11] синтаксические, семантические и математические модели, разработанные теоретическими, эвентологическими и эмпирическими (численными) методами. Они имеют различное целевое и функциональное назначение. Например. Синтаксические модели, согласно ЕР концепции (сущности, отношения, атрибута), предна-

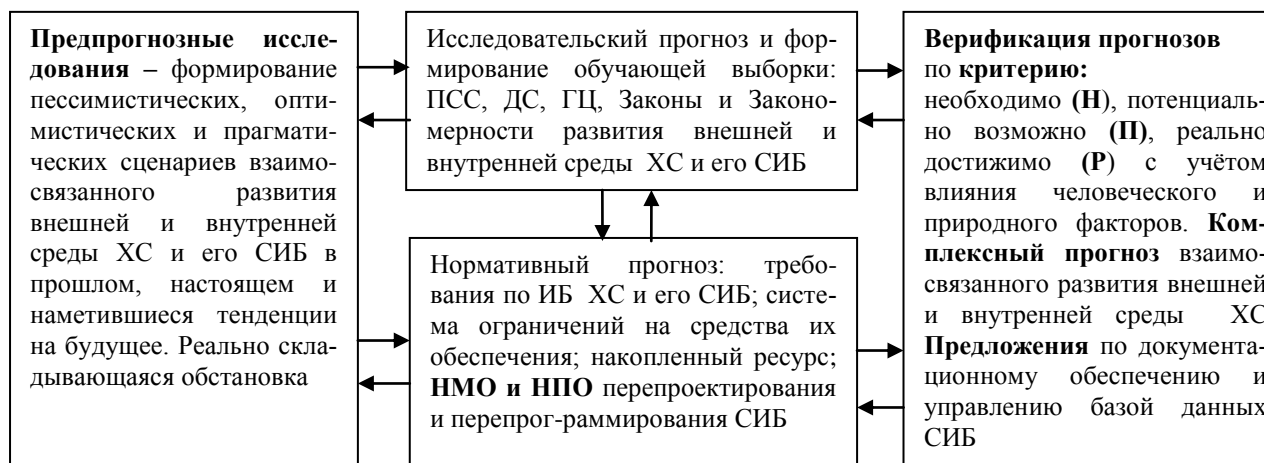
значены для выявления сущности изучаемых процессов.

Это сценарии взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ХС в заданном кон-

тексте (противоборство сторон на политической арене) и аспектах (конкурентная борьба в социально-эколого-экономической сфере) в условиях информационной войны.



**Рис. 1.** Семантическая модель процесса проектирования траектории устойчивого развития ХС, его СИБ по форме хозяйствования 5С, где: ИИП 1,2,3 – инновационно-инвестиционные проекты периодов становления и роста, развития, реорганизации и защиты; 1,2,3,4 – самоокупаемость, самофинансирование, самоуправление, самостоятельность в принятии решений на внедрение проекта, базирующегося на согласовании интересов договаривающихся сторон.



**Рис. 2.** Комплексная технология прогнозирования, где:

НМО – научно-методическое обеспечение достижения цели на основе проектирования и перепроектирования облика ХС, его СИБ, программирования и перепрограммирования траектории их развития; НПО – научно-практическое обеспечение управления циклами информационной и интеллектуальной поддержки устойчивости развития ОЗ, его СИБ в реально скалывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века; ПСС-поле проблемных ситуаций; ДС-движущие силы; ГС-генеральные цели.

По результатам предпрогнозных и ретроспективных исследований на таких моделях устанавливаются области определения таких характеристик реально складывающейся и прогнозируемой обстановки, как [7, 8]:

- цель, место и время действий, диапазон условий, поле проблемных ситуаций;
- природа объекта и его масштабы, сложность его внешних и внутренних связей, детерми-

нированность и цикличность исследуемых процессов, их информационная обеспеченность;

- причинно-следственные связи, движущие силы и генеральные цели, законы и закономерности взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ОЗ.

Семантическая модель отражает количественные и качественные характеристики отношений между сущностями, приведенными в синтаксической модели. Такие отношения устанавливаются в политическом, нормативно-правовом, социально-эколого-экономическом, технологическом, информационном и др. аспектах (стиль жизни нации, духовное и культурное наследие, исповедуемая религия, нормы морали и т.д.). Приводятся имена возможных исходов таких отношений, их ассоциации с именами возможных состояний устойчивости развития ХС. В нашем случае генеральная цель информационной и интеллектуальной поддержки управления циклами развития - это безопасное и устойчивое (антикризисное) развитие (БУР) объекта как функция его конкурентоспособности в заданном контексте, аспектах и условиях. В свою очередь, конкурентоспособность зависит от её информационного обеспечения (ИО), аргументом которого является ИБ ХС в условиях информационного конфликта (ИК). В результате исследований на таких моделях на основе применения SWOT анализа выявляют сильные и слабые места конкурирующих сторон, возможностей и угроз рефлексивного управления намерениями и действиями противоположной стороны в выгодном для атакующей стороны направлении. Семантические модели наряду с текстами содержат таблицы количественных и качественных характеристик состояний ХС, графики и структурные диаграммы отношений между рассматриваемыми сущностями и влияющей на них атрибуты (политики, реализующие их механизмы регулирования и санкции по пресечению правонарушений).

Результаты исследований на синтаксических и семантических моделях трансформируются в математические модели взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ХС требуемого целевого и функционального назначения. Они базируются на внедрении логико-вероятностно-информационного подхода и критерии оптимизации «необходимо И потенциально возможно И реально достижимо ПРИ допустимом, критическом И/ИЛИ неприемлемом информационном риске, его последствиях» [8].

Результаты прогностических исследований на комплексе моделей, разработанных теоретическими методами, используются для обоснования норм (эталонов) на область определения количественных и качественных характеристик, адекватных различным именам состояния устойчивости развития ХС, его СИБ.

Эвентологические методы предназначены для учёта факторов, активно влияющих на неопре-

делённость ситуации и исходов (результатов) взаимосвязанного развития договаривающихся сторон. Они базируются на методах теории нечётких множеств и нечёткой логики, интеллектуальных систем, возможностей и риска, прогнозирования и принятия решений, оптимального управления, нейро-нечёткого математического моделирования [10,11]. Исследования на комплексе моделей, разработанных этими методами, позволяют выявить:

- противоречия в интересах договаривающихся сторон и порождаемые ими угрозы устойчивости развития ХС;

- возможные промахи и ошибки лиц, принимающих решения по адекватной реакции на угрозы, их последствия;

- мотивацию таких лиц и на этой основе применить к ним необходимые механизмы и/или санкции, направленные на предупреждение ошибок и ликвидацию их негативных последствий для ЛОГ.

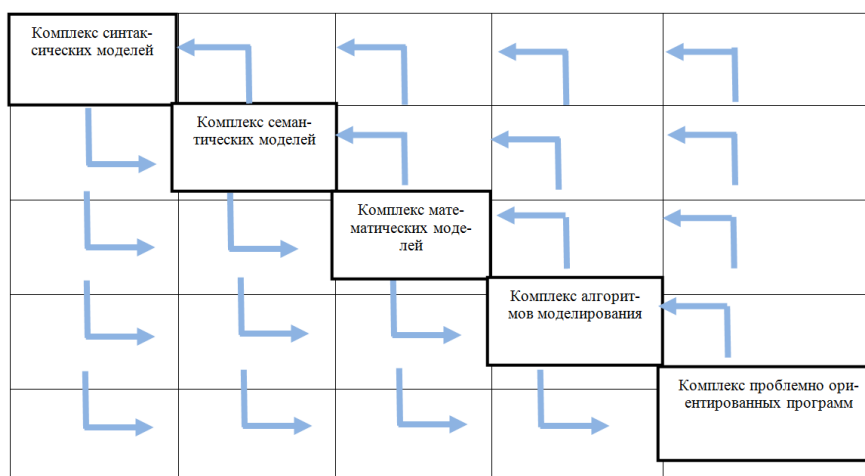
Исследования на аналогичных моделях, разработанных эмпирическими (численными) методами, дают возможность [12-14]: оценить достоверность и полезность комплексов исходных моделей; выявить причины возникновения в них противоречий, промахов и ошибок, сделанных в процессе теоретических и эвентологических исследований. Это позволяет внести необходимые уточнения в такие исследования.

С целью повышения эффективности системного математического моделирования ИБ ХС, предложенный подход к нему следует реализовать на комплексе иерархических, функциональных и процессных моделей взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ХС. При этом учитывается, что:

- иерархические модели предназначены для выявления необходимого уровня защищенности ХС, его СИБ от угроз нарушения их ИБ с критическими И/ИЛИ неприемлемыми последствиями; делегирования функций защиты и контроля результатов их выполнения; адекватной реакции ЛПР на нарушения защищенности объекта;

- функциональные – для выявления движущих сил развития, как функции достоинств и недостатков накопленной базы знаний и ресурса по ИБ на основе критерия «необходимо И потенциально возможно И реально достижимо»;

- процессные – для выявления перспективных направлений развития накопленной базы знаний и ресурса по проблеме по критерию асимптотического приближения реально достижимого и потенциально возможного к необходимому. Критерий экспертизы результатов исследований на моделях: допустимые, критические и/или неприемлемые информационные риски, их последствия для ЛОГ и самого ХС. В результате приходим к логической схеме системного математического моделирования ИБ ХС его СИБ, показанной на рис.3.



**Рис. 3.** Логическая схема системного моделирования ИБ ХС, его СИБ, предусматривающая автоматизацию исследований на моделях.

Схема построена по методу структурных матриц, где для организации прямых (спуск, прямой исторический ход событий) и обратных (подъем, обратный исторический ход) информационных связей между диагональными элементами используется принцип «каждый с каждым» в контексте ER концепции. Прямые информационные связи содержат потоки исходной информации, необходимой и достаточной для последующего выполнения операций над ними требуемого целевого и функционального назначения. Обратные информационные связи содержат информационные потоки о необходимости устранения недостатков входных потоков, в том числе и операций над ними, выполненных на предыдущих этапах схемы рис. 3.

Таким образом, результаты, полученные различными методами моделирования, уточняют и дополняют друг друга с целью повышения достоверности, эффективности и полезности исследова-

ний ИБ ХС, его СИБ в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века. Поэтому системное математическое моделирование ИБ должно базироваться на координации её исследований рассматриваемыми методами по цели, месту, времени, диапазону условий и полю возникающих проблемных ситуаций.

В заключение отметим. Предложенная постановка задачи исследований ИБ ХС, его СИБ отвечает требованиям Доктрины ИБ РФ [1], как одного из главных аргументов национальной безопасности России. Информационная сфера рассматривается как системообразующий фактор жизни общества, который активно влияет на состояние политической, экономической, оборонной и других составляющих безопасности Российской Федерации. Именно с этих позиций и предложен системный подход к математическому моделированию ИБ ХС, его СИБ.

### Библиографический список

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации.
2. **Жидко Е.А.** Менеджмент. Экологический аспект: курс лекций / Е.А. Жидко. - Воронеж, 2010. - 180 с.
3. **Мазур М.** Качественная теория информации / М.Мазур. - М.: Изд-во «Мир», 1974. - 328 с.
4. **Основы информационной безопасности:** учебник для высших учебных заведений МВД России / под ред. В.А. Минаева и С.В. Скрыля. - Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2001. - 464 с.
5. **Теория прогнозирования и принятия решений** / Саркисян С.А. [и др.]. - М.: Высшая школа, 1977. - 351 с.
6. **Шеннон К.** Работы по теории информации и кибернетике / К.Шеннон. - М., 1963. - 700 с.
7. **Барковская С.В., Жидко Е.А., Попова Л.Г.** Высокие интеллектуальные технологии интегрированного менеджмента XXI века / С.В. Барковская, Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2010. - Т. 6. - № 9. - С. 28-32.

### References

1. **Doktrina informacionnoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii.**
2. **Zhidko E.A.** Menedzhment. Jekologicheskij aspekt: kurs lekcij / E.A. Zhidko. - Voronezh, 2010. - 180 s.
3. **Mazur M.** Kachestvennaja teorija informacii. - M.: Izd-vo «Mir», 1974. - 328 s.
4. **Osnovy informacionnoj bezopasnosti: uchebnik dlja vysshih uchebnyh zavedenij MVD Rossii** / pod red. V.A. Minaeva i S.V. Skrylja. - Voronezh: Voronezhskij institut MVD Rossii, 2001. - 464 s.
5. **Teorija prognozirovanija i prinjatija reshenij** / Sarkisjan S.A. [i dr.]. - M.: Vysshaja shkola, 1977. - 351 s.
6. **Shannon K.** Raboty po teorii informacii i kibernetike. - M., 1963. - 700 s.
7. **Barkovskaja S.V., Zhidko E.A., Popova L.G.** Vysokie intellektual'nye tehnologii integrirovannogo menedzhmenta XXI veka / S.V. Barkovskaja, E.A. Zhidko, L.G. Popova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. - 2010. - T. 6. - № 9. - S. 28-32.

8. **Жидко Е.А., Попова Л.Г.** Методологические основы обеспечения информационной безопасности инновационных объектов / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Информационная и безопасность. - 2012. - Т. 15. - № 3. - С. 369-376.

9. **Жидко Е.А.** Методические основы системного моделирования информационной безопасности / Е.А. Жидко // Интернет-журнал Науковедение. - 2014. - № 3. - С. 102.

10. **Жидко Е.А., Кирьянов В.К.** Формирование системы координат и измерительных шкал для оценки состояний безопасного и устойчивого развития хозяйствующих субъектов / Е.А. Жидко, В.К. Кирьянов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2014. - № 1 (14). - С. 60-68.

11. **Воробьев О.Ю.** Эвентология / О.Ю. Воробьев. - Красноярск, 2007. - 434 с.

12. **Квасов И.С., Панов М.Я., Сазонова С.А.** Статическое оценивание состояния трубопроводных систем на основе функционального эквивалентирования / И.С. Квасов, М.Я. Панов, С.А. Сазонова // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2000. - №4. - С. 100-105.

13. **Сазонова С.А.** Статическое оценивание состояния систем теплоснабжения в условиях информационной неопределенности / С.А. Сазонова // Моделирование систем и информационные технологии: сб. науч. тр. - М., 2005. - С. 128-132.

14. **Сазонова С.А., Колодяжный С.А., Сушко Е.А.** Надежность технических систем и техногенный риск / С.А. Сазонова, С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко. - Воронеж, 2013.

8. **Zhidko E.A., Popova L.G.** Metodologicheskie os-novy obespechenija informacionnoj bezopasnosti innovacionnyh ob'ektov / E.A. Zhidko, L.G. Popova // Informacija i bezopasnost'. - 2012. - Т. 15. - № 3. - С. 369-376.

9. **Zhidko E.A.** Metodicheskie osnovy sistemnogo modelirovanija informacionnoj bezopasnosti / E.A. Zhidko // Internet-zhurnal Naukovedenie. - 2014. - № 3. - С. 102.

10. **Zhidko E.A., Kir'janov V.K.** Formirovanie sistemy koordinat i izmeritel'nyh shkal dlja ocenki sostojanij bezopasnogo i ustojchivogo razvitija hozjaj-stvujushhh sub#ektov / E.A. Zhidko, V.K. Kir'janov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2014. - № 1 (14). - С. 60-68.

11. **Vorob'ev O.Ju.** Jeventologija / O.Ju. Vorob'ev. - Krasnojarsk, 2007. - 434 s.

12. **Kvasov I.S.** Statcheskoe ocenivanie sostojanija truboprovodnyh sistem na osnove funkcional'nogo jekvivalentirovanija / I.S. Kvasov, M.Ja. Panov, S.A. Sazonova // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. - 2000. - №4. - С. 100-105.

13. **Sazonova S.A.** Statcheskoe ocenivanie sostojanija sistem teplosnabzhenija v uslovijah informacionnoj neopredelennosti / S.A. Sazonova // Modelirovanie sistem i informacionnye tehnologii: sb. nauch. tr. - М., 2005. - С. 128-132.

14. **Sazonova S.A., Kolodjazhnyj S.A., Sushko E.A.** Nadezhnost' tehniceskikh sistem i tehnogennyj risk / S.A. Sazonova, S.A. Kolodjazhnyj, E.A. Sushko. - Voronezh, 2013.

## SYSTEM MODELING INFORMATION SECURITY BUSINESS ENTITY

*In the article in light of the requirements of the information security Doctrine of the Russian Federation considers the modeling of the interconnected development of the external and internal environment of the entity, the prediction of its possible outcomes in-time, near-real, and in the short, medium and long term periods of the twenty-first century. Possible outcomes of this development are discussed in the context of the confrontation between the Contracting parties in the political arena, and competition between them in the socio-ecological-economic aspect in the information war.*

**Keywords:** information security, mathematical modeling, forecasting, system, complex.

**Жидко Е.А.,**  
профессор, к.т.н., доцент,  
Воронежский ГАСУ,  
Россия, г. Воронеж  
e-mail: lenag66@mail.ru

**Zhidko E.A.,**  
Professor, candidate of engineering science, associate Professor  
The Voronezh state architecturally-building university,  
Russia, Voronezh,  
e-mail: lenag66@mail.ru

**Пикалов В.В.,**  
начальник кафедры,  
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
Россия, г. Воронеж  
e-mail: pvv36@yandex.ru

**Pikalov V.V.,**  
head of Department, Military training and scientific center of the air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin  
Russia, Voronezh  
e-mail: pvv36@yandex.ru

## КОМПЛЕКС ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.А. Сазонова

*Приведена компоновка прикладных задач моделирования гидравлических систем из области проектирования по трем иерархическим уровням, основанная на ранее выполненных авторских исследованиях. Первый уровень включает комплекс задач схемно-структурной оптимизации. Второй уровень - параметрическая оптимизация. Третий уровень включает цикл задач по обеспечению надежности проектируемых систем уже при известной ее конфигурации и состава за счет формирования параметрического (нагруженного или ненагруженного) резерва. Комплексное решение поставленных задач будет обеспечивать высокий уровень безопасности на стадии проектирования, что поможет своевременно ликвидировать аварии и предсказать чрезвычайные ситуации на объектах защиты.*

*Ключевые слова:* иерархия задач, гидравлические системы, проектирование, промышленная безопасность, надежность.

**Введение.** Проектирование гидравлических систем (ГС) предполагает учет особенности функционирования и сложную конфигурацию систем нефте-, газо-, тепло- и водоснабжения. Не вызывает сомнения актуальность проведения грамотных технических расчетов таких сложных и потенциально опасных объектов. От надлежащего уровня таких расчетов, основанных на математическом моделировании и численных методах, в дальнейшем будет зависеть уровень промышленной безопасности при эксплуатации таких систем.

**Иерархические уровни прикладных задач в области проектирования.** В области проектирования должны присутствовать три иерархических уровня задач (уровни детализации): схемно-структурной оптимизации, схемно-параметрической оптимизации и формирования параметрического резерва (рис.).

**Первый уровень** включает три типа задач, целью которых, соответственно, является [1, 2]: 1) определение (уточнение) возможных местоположений потребителей, их усредненных параметров или нагрузочных характеристик на основании обработки статистических данных о нормах потребления целевого продукта (ЦП) с учетом их перспективного развития; 2) выбор местоположения источников питания с учетом расположения потребителей и условий подачи ЦП (рельефа местности, удаленности, качества продукта и т.д.); 3) трассировка сети, то есть определение связей между потребителями и источниками питания.

Разумеется, все три типа задач должны решаться с одновременным учетом требований экономичности и надежности [3]. Однако для достижения такого сочетания проделан достаточно длинный путь совершенствования не только под-

ходов к их формализации, но и математических методов решения.

Первоначально в математических моделях схемно-структурной оптимизации фигурировал только критерий экономичности. Задачи третьей группы здесь стали предметом изучения вероятно еще с прошлого столетия (проблема Штейнера-Вебера [4]). Вначале [4] основное внимание было уделено попыткам введения подходящей системы координат для описания местоположения объектов системы и связей между ними «... с целью более содержательной интерпретации задач пространственной экономики [5]». Однако скоро стало ясно, что получить удовлетворительные результаты можно только без строгой привязки к технологическим условиям. Известны работы, например [6], в которых предлагаются специальные алгоритмы, снимающие проблемы ограничений за счет введения коэффициентов удорожания к базисной стоимости прокладки трассы.

Достаточно перспективными здесь являются методы линейного и кусочно-линейного программирования, которые сводятся к целенаправленному перебору деревьев проектируемой сети, а также модели нелинейных транспортных задач в их сетевой интерпретации [7], которые применительно к трубопроводным системам наиболее полно изложены в работе Сухарева М. Г. и соавторов [6]. Отметим также еще один весьма распространенный и универсальный метод решения задач оптимальной трассировки транспортных систем, относящийся к категории методов, использующих потоковые модели [8], так называемый метод «ветвей и границ» [9].

Исследования подходов к решению второго типа задач в технической литературе практически



отсутствуют, вероятно, потому, что обе проблемы оптимизации трассировки и размещения источников требуют совместного рассмотрения. Выделение последней проблемы в самостоятельную задачу предпринято в работах [10, 11].

В последнее время для решения плохо формализуемых задач, к которым в основном и относятся задачи схемно-структурной оптимизации стали широко применяться эвристические подходы, формирующие различного рода экспертные системы способные генерировать в результате накопления и переработки разнообразных знаний в про-

блемной области семантические и смысловые решения. Элементы этих подходов уже просматриваются в известном методе «избыточных схем», предложенном для трубопроводных гидравлических систем (ГС) в [12]. Преимущества эвристических подходов обусловлены возможностью [13]: максимального приближения постановки задачи к реальным условиям размещения объекта, более полного обоснования рационального аппаратного оформления, всестороннего учета нормативных показателей, в том числе и надежности.

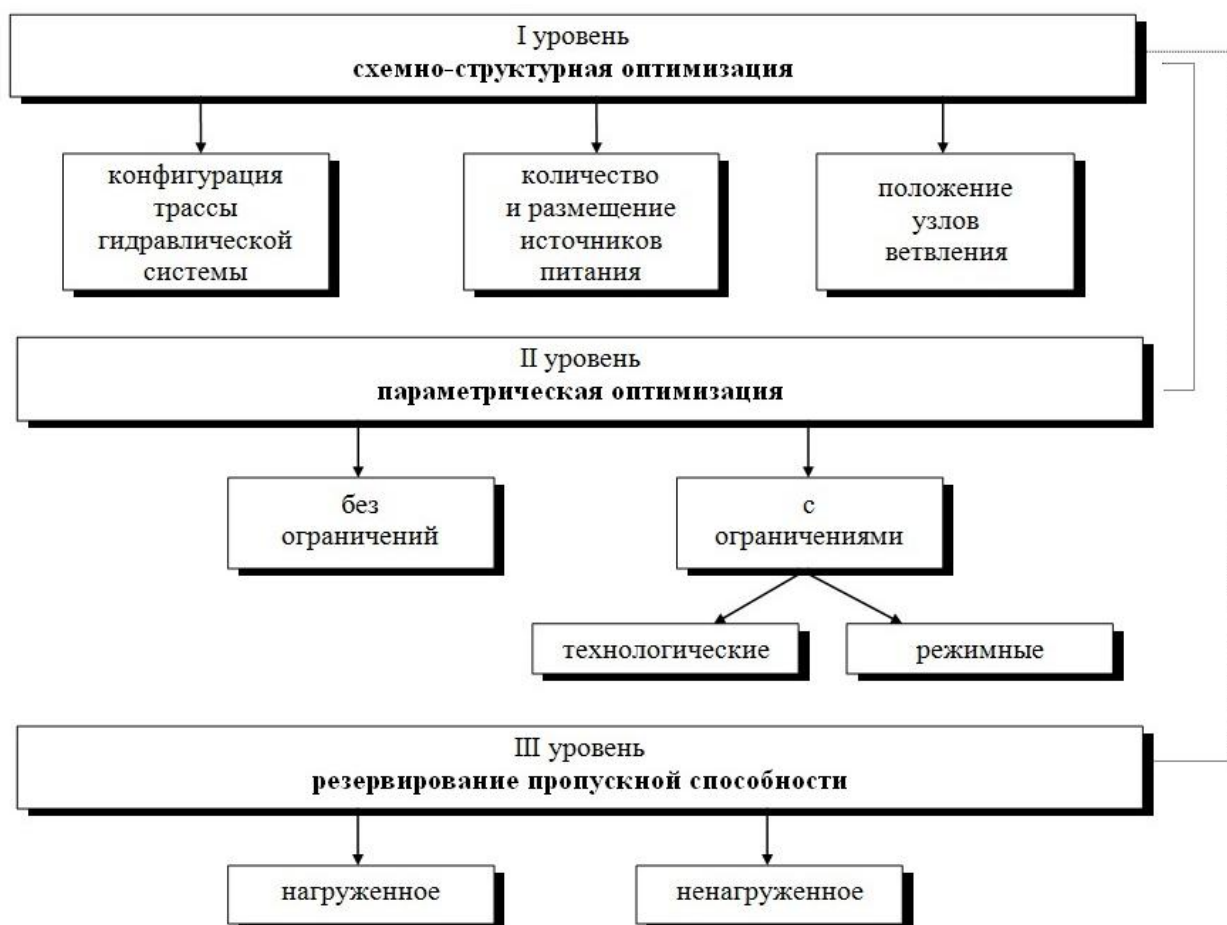


Рис. Иерархия прикладных задач в области проектирования распределительных гидравлических систем

Дальнейшее развитие методов схемно-структурной оптимизации пошло по пути расширения в ее технологии эвристических процедур [7]. В качестве примера отметим цикл работ В. В. Кафарова, В. П. Мешалкина и соавторов [13, 14] в области решения задач синтеза систем технологических трубопроводов.

Привлечение в задачи оптимального синтеза критерия надежности сопряжено с серьезными трудностями [10, 15, 16]. Пока лишь для «одноцелевых» систем (магистральных трубопроводов) методология решения достигла уровня, позволяющего преодолеть рассмотренные выше проблемы.

Среди многочисленных исследований здесь отметим работы М. Г. Сухарева, Е. Р. Ставровского [6] и ряда других авторов.

Для исследуемых распределительных систем развитие средств и методов схемно-структурной оптимизации сдерживается отсутствием удобных способов оценки интегральных показателей надежности. Известны лишь исследования [6], где представлены рекомендуемые значения коэффициента надежности  $K_n$ , полученные исходя из анализа плотности ГС, отнесенной к плотности населения. Приведенная в них методика определения  $K_n$  весьма «расплывчата». Еще хуже обстоят дела с кон-

кретными мерами воздействия на проектируемую систему при неудовлетворительном соотношении расчетного и нормативного значений  $K_n$ , поскольку кроме указанных рекомендаций по увеличению степени закольцованности авторы [6] ничего конкретного не предлагают.

**Второй уровень**, называемый часто просто параметрической оптимизацией, включает задачи определения (выбора) диаметров трубопроводов и анализа точного (расчетного) потокораспределения для различных режимов потребления, решаемые уже при известной структуре системы (т.е. при заданной схеме ее основных связей). Вероятно впервые классическая «оптимизационная» постановка здесь принадлежит В. Г. Шухову [17], который предложил для ее формализации использовать критерий приведенных затрат.

В период создания систем централизованного энергоснабжения (30–40-е годы) появились многочисленные работы, развивающие «аналитический подход» к задаче параметрической оптимизации. Среди них в методологическом плане выделяются работы А. М. Занфирова [18], установившего взаимную зависимость переменных, подчиняющуюся сетевым законам Кирхгофа и предложившего использовать метод неопределенных множителей Лагранжа для оптимизации целевой функции с ограничениями в виде равенств. Б. Л. Шифринсону [24] принадлежит оригинальный прием перехода от дискретных аргументов (диаметров) на непрерывные (потери напора), который впоследствии позволил для систем теплоснабжения установить нормированные значения удельных потерь, до сих пор используемые в повседневной практике проектирования.

Наибольшую завершенность аналитический подход приобрел в трудах В. Я. Хасилева и других авторов [10, 16, 19, 20]. Ими были раскрыты особые свойства (выпуклость, вогнутость) экономических функций в зависимости от варьируемых аргументов, доказана их унимодальность в случае задания распределения расходов, разработаны эффективные алгоритмы реализации этого класса задач. Определенный интерес также представляют некоторые последние работы [10, 20, 21] в которых авторам удастся решить проблемы согласования обобщенной формы модели установившегося потокораспределения с формализацией задачи параметрической оптимизации.

Несмотря на корректность и вычислительную эффективность аналитическому подходу присущи серьезные недостатки. Практически отсутствует возможность учета технологических и режимных ограничений в виде неравенств (на допустимые значения давлений и расходов), нет совершенного механизма «стандартизации» диаметров, пока не разработана технология оптимизации при решении задач реконструкции и т.д.

Именно поэтому активно развивается «семейство» альтернативных подходов, базирующихся на последовательном анализе целесообразных вариантов и получивших название методов динамического программирования (ДП) и его модификаций [8]. В числе первых исследования этого направления были выполнены: В. С. Михелевичем, Н. З. Шором, А. П. Меренковым, С. В. Сумароковым, М. Г. Сухаревым и Е. Р. Ставровским [5, 6, 9, 11, 12] и другими авторами. По их оценке, метод ДП достаточно эффективен в задачах параметрической оптимизации разветвленных систем, но и в этом случае приходится прибегать к алгоритмическим приемам «стыковки» [5] давления в узлах ветвления. Для многоконтурных ГС в рамках ДП становятся необходимыми весьма неоднозначные процедуры «разрезания» и «склеивания» [5] с целью преобразования их в расчетной схеме, что заметно усложняет и без того непростой базовый алгоритм.

Оригинальная модификация метода ДП применительно к чисто разветвленным системам предложена Г. Е. Кикачейшвили, А. Е. Мурадяном [22], суть которой сводится к введению новых переменных (длины трубопроводов определенного стандартного сечения), посредством чего задача оптимизации приводится к виду задачи линейного программирования, со всеми вытекающими отсюда преимуществами.

Этап декомпозиции многоконтурных систем на совокупность разветвленных схем в методе ДП является обязательным и в то же время принципиально «слабым» его звеном. Дело в том, что основой метода считается условие аддитивности (сепарабельности) целевой функции, которое правомерно, если учитывать только ее «экономическую» составляющую. Однако еще А. М. Занфирова было показано [9], что диаметры на участках не могут считаться независимыми переменными, поскольку сеть функционирует в соответствии с законами Кирхгофа. Следовательно, эти условия должны рассматриваться как ограничения (в виде равенств) при постановке задачи оптимизации в любой форме и фигурировать в целевой функции с соответствующими множителями Лагранжа. Но тогда аддитивность нарушается, поскольку ограничения всегда охватывают определенную группу структурных элементов. Иными словами необходимость в перечисленных выше алгоритмических процедурах является следствием исключения из целевой функции сетевых ограничений. Таким образом оба подхода к параметрической оптимизации пока остаются конкурирующими, так как применяемые в них алгоритмические приемы не получили должного обсуждения и здесь требуются дополнительные исследования.

**Третий уровень** включает цикл задач по обеспечению надежности проектируемых систем уже при известной ее конфигурации и состава за

счет формирования параметрического (нагруженного или ненагруженного) резерва. Решение задач здесь, как правило, ограничивается поверочными гидравлическими расчетами при фиксации лимитированного потребления [6]. Однако признать такой подход целенаправленным весьма проблематично, поскольку совершенно неясен механизм воздействия на варьируемые параметры (диаметры трубопроводов).

Известны также подходы, базирующиеся на адаптации метода динамического программирования для решения этого класса оптимизационных задач с ограничениями на режим потребления [5]. Применение этих методов сопровождается возникновением тех же проблем, что и при решении задач параметрической оптимизации, которые обсуждались выше.

Следует также отметить весьма существенную деталь, свойственную всем без исключения методам обоснования параметрического резерва. Лимитированные нагрузки в них рассматриваются как вполне достоверная информация по граничным условиям исследуемого объекта. Иными словами потребитель (то есть абонентская подсистема), у которой существует своя вполне определенная гидравлическая характеристика и способность ее изменения за счет регулирования степенью открытия кранов, должен якобы автоматически настраиваться на планируемый для него лимит потребления. Эта явно идеализированная картина может оказаться слишком грубой моделью реального функцио-

нирования ГС, поэтому здесь так или иначе должны присутствовать более гибкие формы установления граничных условий в момент поверочного расчета при анализе аварийного режима.

Приведенная иерархия задач является одним из возможных вариантов для моделируемых систем на основе ранее выполненных комплексных исследований, например в работах [23, 24]. Актуальны также исследования технических проблем, в том числе экологических, изложенных в работах [25, 26, 27]. Комплексное решение обозначенных проблем на уровне проектирования поможет обеспечить безопасное функционирование объектов защиты, спрогнозировать возможные аварии, принять оперативные решения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций и при ликвидации их последствий.

#### Выводы:

1. При решении прикладных задач в области проектирования распределительных гидравлических систем необходимо четко представлять иерархию этих задач с целью выбора отдельно поставленных или комплексных задач в зависимости от возникающих проблем при строительстве и дальнейшей эксплуатации таких систем.

2. Решение поставленных задач на уровне проектирования гидравлических систем будет способствовать повышению уровня безопасности объектов защиты после введения таких систем в эксплуатацию.

#### Библиографический список

1. *Гарляускас А.И.* Системный анализ и оптимизация сложных сетей / А.И. Гарляускас, В.И. Фейгин. - Вильнюс: Москлас, 1989. - 212 с.
2. *Евдокимов А.Г.* Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях / А.Г. Евдокимов, А.Д. Тевяшев, В.В. Дубровский. - М.: Стройиздат, 1990. - 368 с.
3. *Сазонова С.А.* Надежность технических систем и техногенный риск / С.А. Сазонова, С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко. - Воронеж, 2013. - 148 с.
4. *Бэр А.М.* О некоторых задачах оптимизации / А.М. Бэр, Е.Н. Белов, В.Т. Полак // Вычислительные методы и программирование. - М.: МГУ, 1966. - Т. 5. - С. 115-123.
5. *Меренков А.П.* Теория гидравлических цепей / А.П. Меренков, В.Я. Хасилев. - М.: Наука, 1985. - 278 с.
6. *Сухарев М.Г.* Расчеты систем транспорта газа с помощью вычислительных машин / М.Г. Сухарев, Е.Р. Ставровский. - М.: Недра, 1971. - 206 с.
7. *Черри Е.* Некоторые новые понятия и теоремы в области нелинейных систем / Е. Черри, У. Миллар / Автоматическое регулирование: сб. материалов конф. Кренфильд. - М.: Изд-во иностр. лит., 1954. - С.261-273.
8. *Ху Т.* Целочисленное программирование и потоки в сетях / Т. Ху. - М.: Мир, 1974. - 519с.
9. *Вычислительные методы выбора оптимальных проектных решений* / В.С. Михалевич, Н.З. Шор, Л.А. Галустова и др. - Киев: Наук. думка, 1977. -

#### References

1. *Garlyauskas A.I.* Sistemnyiy analiz i optimizatsiya slozhnyih setey / A.I. Garlyauskas, V.I. Feygin. - Vilnyus: Mosklas, 1989. - 212 s.
2. *Evdokimov A.G.* Modelirovanie i optimizatsiya potokoraspredeleniya v inzhenernyih setyah / A.G. Evdokimov, A.D. Tevyashev, V.V. Dubrovskiy. - M.: Stroyizdat, 1990. - 368 s.
3. *Sazonova S.A.* Nadezhnost tehniceskikh sistem i tehnogennyiy risk / S.A. Sazonova, S.A. Kolodyazhnyiy, E.A. Sushko. - Voronezh, 2013. - 148 s.
4. *Ber A.M.* O nekotoryih zadachah optimizatsii / A.M. Ber, E.N. Belov, V.T. Polak // Vyichislitelnyie metody i programmirovaniye. - M.: MGU, 1966. - T. 5. - S. 115-123.
5. *Merenkov A.P.* Teoriya gidravlicheskih tsepey / A.P. Merenkov, V.Ya. Hasilev. - M.: Nauka, 1985. - 278 s.
6. *Suharev M.G.* Raschetyi sistem transporta gaza s pomoshchyu vyichislitelnyih mashin / M.G. Suharev, E.R. Stavrovskiy. - M.: Nedra, 1971. - 206 s.
7. *Cherri E.* Nekotoryie novyie ponyatiya i teoremyi v oblasti nelineynyih sistem / E. Cherri, U. Mil-lar / Avtomaticheskoe regulirovanie: sb. materialov konf. Krenfield. - M.: Izd-vo inostr. lit., 1954. - S.261-273.
8. *Hu T.* Tselochislennoe programmirovaniye i potoki v setyah / T. Hu. - M.: Mir, 1974. - 519s.
9. *Vyichislitelnyie metodyi vyibora optimalnyih proektnyih resheniy* / V.S. Mihalevich, N.Z. Shor, L.A. Galustova i dr. - Kiev: Nauk. dumka, 1977. - 178 s.

178 с.

10. **Квасов И.С.** Анализ и параметрический синтез трубопроводных гидравлических систем на основе функционального эквивалентирования: автореф. дис. доктора технических наук: 05.13.16 / И.С. Квасов. – Воронеж, 1998. – 30 с.

11. **Сумароков С.В.** Математическое моделирование систем водоснабжения / С.В. Сумароков. – Новосибирск: Наука, 1983. – 167 с.

12. **Меренков А.П.** Методы схемно-структурной и схемно-параметрической оптимизации разветвленных и многоконтурных систем / А.П. Меренков, Н.Н. Меренкова, Т.Б. Ощепкова, А.В. Храмов // Проблемы нелинейной электротехники: Тез. докл. Всесоюз. конф. – Киев: Наук. думка, 1981. – Ч. 2. – С. 63 – 66.

13. **Кафаров В.В.** Проектирование и расчет оптимальных систем технологических трубопроводов / В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин. – М.: Химия, 1991. – 368 с.

14. **Мешалкин В.П.** Экспертные системы в химической технологии / В.П. Мешалкин. – М.: Химия, 1995. – 368 с.

15. **Гальперин Е.М.** Надежность функционирования кольцевой водопроводной сети / Е.М. Гальперин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1987. – №4. – С. 4-6.

16. **Хасилев В.Я.** О проблеме надежности систем теплоснабжения с нагруженным резервированием / В.Я. Хасилев, А.П. Меренков, Б.М. Каганович, Н.А. Виноградов // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1976 – №1. – С.146-153.

17. **Шухов В.Г.** Трубопроводы и их применение к нефтяной промышленности / В.Г. Шухов. – М.: Типо-лит. «Рус. т-ва печ. и изд. дела», 1895. – 38с.

18. **Занфиоров А.М.** Техничко-экономический расчет водяных тепловых сетей / А.М. Занфиоров // Тепло и сила. – 1933. – №11. – С.4-10.

19. **Квасов И.С.** Энергетическое эквивалентирование больших гидравлических систем жизнеобеспечения городов / И.С. Квасов, М.Я. Панов, В.И. Щербаков, С.А. Сазонова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2001. – № 4. – С. 85-90.

20. **Колодяжный С.А.** Применение энергетического эквивалентирования для формирования граничных условий к модели анализа потокораспределения системы теплоснабжения / С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко, С.А. Сазонова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 3 (12). – С. 8-15.

21. **Сазонова С.А.** Разработка модели структурного резервирования для функционирующих систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2008. – № 3. – С. 82 – 86.

22. **Кикачейшвили Г.Е.** Техничко-экономический расчет разветвленных водопроводных сетей методом линейного программирования / Г.Е. Кикачейшвили // Водоснабжение и санитарная техника. – 1969. – №6. – С.7-8.

23. **Сазонова С.А.** Разработка методов и алгоритмов технической диагностики систем газоснабжения: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.А. Сазонова. – Воронеж, 2000. – 15 с.

24. **Сазонова С.А.** Статическое оценивание состояния систем теплоснабжения в условиях информационной неопределенности / С.А. Сазонова // Моделирование систем и информационные технологии: сб. науч. тр. М-во образования Российской Федерации, [редкол.:

10. **Квасов И.С.** Analiz i parametricheskii sintez truboprovodnykh gidravlicheskih sistem na osnove funktsionalnogo ekvivalentirovaniya: avto-ref. dis. doktora tehniceskikh nauk: 05.13.16 / I.S. Kvasov. – Voronezh, 1998. – 30 с.

11. **Sumarokov S.V.** Matematicheskoe modelirovanie sistem vodosnabzheniya / S.V. Sumarokov. – Novosibirsk: Nauka, 1983. – 167 s.

12. **Merenkov A.P.** Metodyi shemno-strukturnoy i shemno-parametricheskoy optimizatsii razvetvlyennykh i mnogokonturnykh sistem / A.P. Merenkov, N.N. Merenkova, T.B. Oschepkova, A.V. Hramov // Problemy nelineynoy elektrotehniki: Tez. dokl. Vsesoyuz. konf. – Kiev: Nauk. dumka, 1981. – Ch. 2. – S. 63 – 66.

13. **Kafarov V.V.** Proektirovanie i raschet optimalnykh sistem tehnologicheskikh truboprovodov / V.V. Kafarov, V.P. Meshalkin. – M.: Himiya, 1991. – 368 s.

14. **Meshalkin V.P.** Ekspertnyie sistemyi v himicheskoy tehnologii / V.P. Meshalkin. – M.: Himiya, 1995. – 368 s.

15. **Galperin E.M.** Nadezhnost funktsionirovaniya koltsevoy vodoprovodnoy seti / E.M. Galperin // Vodosnabzhenie i sanitarnaya teh-nika. – 1987. – №4. – S. 4-6.

16. **Hasilev V.Ya.** O probleme nadezhnosti sistem teplosnabzheniya s nagruzhenным rezervirovaniem / V.Ya. Hasilev, A.P. Merenkov, B.M. Kaganovich, N.A. Vinogradov // Izv. AN SSSR. Energetika i transport. – 1976 – №1. – S.146-153.

17. **Shuhov V.G.** Truboprovody i ih primenenie k neftyanoy promyshlennosti / V.G. Shuhov. – M.: Tipo-lit. «Rus. t-va pech. i izd. dela», 1895. – 38s.

18. **Zanfirov A.M.** Tehniko-ekonomicheskii raschet vodyanykh teplovykh setey / A.M. Zanfirov // Teplo i sila. – 1933. – №11. – S.4-10.

19. **Kvasov I.S.** Energeticheskoe ekvivalentirovanie bolshih gidravlicheskih sistem zhizneobespecheniya gorodov / I.S. Kvasov, M.Ya. Panov, V.I. Scherbakov, S.A. Sazonova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo. – 2001. – № 4. – S. 85-90.

20. **Kolodyazhnyi S.A.** Primenenie energeticheskogo ekvivalentirovaniya dlya formirovaniya granichnykh usloviy k modeli analiza potokoraspredeleniya sistemyi teplosnabzheniya / S.A. Kolodyazhnyi, E.A. Sushko, S.A. Sazonova // Nauchnyy zhurnal. Inzhenernyie sistemyi i so-oruzheniya. – 2013. – № 3 (12). – S. 8-15.

21. **Sazonova S.A.** Razrabotka modeli strukturnogo rezervirovaniya dlya funktsioniruyuschih sistem teplosnabzheniya / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo instituta vyisokikh tehnologiy. – 2008. – № 3. – S. 82 – 86.

22. **Kikacheyshvili G.E.** Tehniko-ekonomicheskii raschet razvetvlyennykh vodoprovodnykh setey metodom lineynogo programmirovaniya / G.E. Kikacheyshvili // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tehnika. – 1969. – №6. – S.7-8.

23. **Sazonova S.A.** Razrabotka metodov i algoritmov tehniceskoy diagnostiki sistem gazosnabzheniya: avto-ref. dis. ... kand. tehn. nauk / S.A. Sazonova. – Voronezh, 2000. – 15 s.

24. **Sazonova S.A.** Sticheskoie otsenivanie sostoyaniya sistem teplosnabzheniya v usloviyah informatsionnoy neopredelennosti / S.A. Sazonova // Modelirovanie sistem i informatsionnyie tehnologii: sb. nauch. tr. M-vo obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii, [redkol.: Lvovich I. Ya. (gl. red.) i dr.]. – M., 2005. – S.

Львович И. Я. (гл. ред.) и др.]. – М., 2005. – С. 128-132.

25. **Ткаченко А.Н.** Теоретическая оценка распределения фибр в дисперсно-армированных бетонах / А.Н. Ткаченко, С.Д. Николенко, Д.В. Федулов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – Воронеж: ВГАСУ, 2010. – №4. – С. 54-58.

26. **Манохин В.Я.** Нормы накопления ТБО, их состав и свойства / В.Я. Манохин, И.А. Иванова, М.В. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2013. – № 1. – С. 21-27.

27. **Манохин М.В.** Экологическая оценка технологий переработки ТБО / М.В. Манохин, В.Я. Манохин, А.В. Попов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2014. – № 4 (13). – С. 76-80.

128-132.

25. **Tkachenko A.N.** Teoreticheskaya otsenka raspredeleniya fibr v dispersno-armirovannykh betonah / A.N. Tkachenko, S.D. Nikolenko, D.V. Fedulov // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitelstvo i arhitektura. – Voronezh: VGASU, 2010. – №4. – S. 54-58.

26. **Manohin V.Ya.** Normy nakopleniya TBO, ih sostav i svoystva / V.Ya. Manohin, I.A. Ivanova, M.V. Manohin // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Vysokie tehnologii. Ekologiya. – 2013. – № 1. – S. 21-27.

27. **Manohin M.V.** Ekologicheskaya otsenka tehnologiy pererabotki TBO / M.V. Manohin, V.Ya. Manohin, A.V. Popov // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2014. – № 4 (13). – S. 76-80.

## COMPLEX APPLIED PROBLEMS IN THE FIELD OF DESIGN, ENSURING THE SAFETY OF OPERATION OF THE HYDRAULIC SYSTEMS

*Given the layout of the applied problems in the modeling of hydraulic systems from the field of the design of the three hierarchical levels based on previously executed the copyright research. The first level includes the complex task of circuit-structural optimization. The second level is often simply referred to as parametric optimization. The third level includes a series of tasks to ensure the reliability of the designed system is already known when its configuration and composition at the expense of formation of parametric (loaded or unloaded) reserve. A comprehensive solution-objectives will be to provide a high level of safety at the design stage that will help to eliminate accidents and to predict an emergency situation on the objects of protection.*

**Keywords:** *hierarchy of objectives, hydraulic system, engineering, industrial safety, and reliability*

**Сазонова С.А.,**

*канд. техн. наук, доцент;*

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,*

*Россия, Воронеж;*

*e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru*

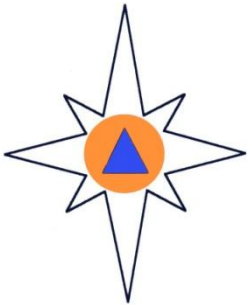
**Sazonova S.A.,**

*Ph. D. in Engineerin, associate Professor,*

*Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering,*

*Russia, Voronezh;*

*e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru*



## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 630\*524.634: 614.841.3: 519.876: 504.064.2:001.18

### АНАЛИЗ ЛЕСНЫХ КВАРТАЛОВ ПО ЧИСЛЕННОСТИ ПОЖАРОВ И РАССТОЯНИЮ ОТ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ

*П.М. Мазуркин*

*За множество точек мониторинга принимают кварталы, за многолетний период подверженные хотя бы одному лесному пожару. Пораженные лесные кварталы принимают за объекты анализа, одновременно за дополнительный объект принимают транспортную магистраль, проходящую через территорию с пораженными пожарами кварталами. Измеряют расстояния от пораженных кварталов до транспортной магистрали, а из книги учета за многолетний период определяют количество лесных пожаров на одном и том же пораженном квартале. Показаны тренды и волновые закономерности влияния расстояния от магистрали на количество лесных пожаров на одном пораженном пожарами лесном квартале.*

**Ключевые слова:** *лесной квартал, транспортная магистраль, расстояние, пожары, тренды и волновые закономерности.*

**Введение.** Транспортная магистраль, содержащая несколько параллельных дорог разного вида, сильно влияет на показатель в виде количества лесных пожаров, происшедших за много лет на одном и том же лесном квартале.

Лесной квартал, подверженный за много лет хотя бы одному лесному пожару, выделяется как подмножество из общего множества лесных кварталов лесного предприятия. Это подмножество физически измененных лесными пожарами лесных кварталов становится новым объектом измерений и дальнейшего физико-математического анализа.

Затем по карте-схеме или иным картографическим или геодезическим способом измеряется расстояние от центра измененного пожарами лесного квартала до транспортной магистрали.

Если транспортная магистраль включает в себя только железную дорогу, то расстояние до центра лесного квартала измеряют по карте с каждой железнодорожной станции. Но, как правило, параллельно тянется автомобильная дорога, поэтому остановки автомобилей для грибников, охотников и других людей могут быть на любой точек дороги.

В связи с этим расстояние от транспортной магистрали до центра лесного квартала принимается как перпендикуляр, опущенный из условного центра лесного квартала на линию условно до середины

транспортной магистрали, содержащей несколько параллельных дорог.

Положительный эффект достигается тем, что даже на простой карте-схеме по примеру на рисунке 1 удастся измерить расстояния от некоторого условного (глазомерного) центра лесного квартала, пораженного на части площади за многолетний период хотя бы одним лесным пожаром. Затем, с учетом масштаба карты-схемы, составляют таблицу для статистического моделирования (табл. 1).

Лесные квартала находятся постоянно на одних и тех же местах, поэтому для повышения точности моделирования указанные расстояния могут быть измерены в натуре геодезическими методами.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые лесные кварталы, за многолетний период подверженные хотя бы одному лесному пожару, принимаются за объекты физико-математического анализа.

Тогда количество лесных пожаров на одном и том же пораженном пожарами лесном квартале становится зависимым фактором (показателем). Также впервые предлагается учитывать новый физический объект в виде транспортной магистрали, расположенный на расстояниях от условных центров пораженных пожарами лесных кварталов.



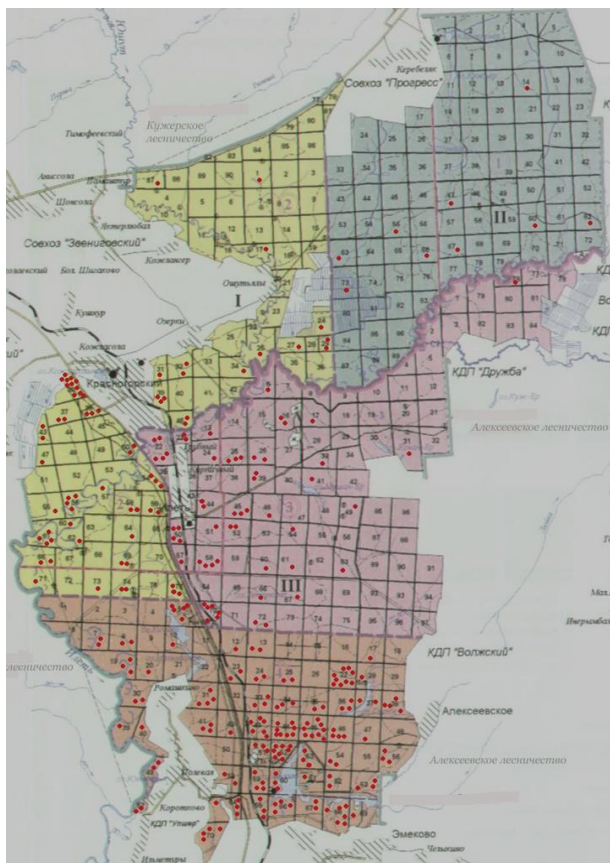


Рис. 1. Карта-схема территории национального парка «Марий Чодра» с отметкой на лесных кварталах каждого лесного пожара в виде точки

При этом это расстояние по перпендикуляру от условной оси магистрали до условного центра пораженного пожарами лесного квартала становится влияющим фактором (объясняющей переменной).

Государственный природный Национальный парк «Марий Чодра» организован 1 декабря 1985 года. Марий Чодра означает «марийский лес».

**Регистрация пожаров.** Книга учета лесных пожаров ФГБУ «Национальный парк «Марий Чодра» представляет собой журнал, в котором составитель акта о пожаре (старший инженер ОЗЛ, начальник ПХС, лесничий, помощник лесничего, мастер леса) в лесничестве, где произошло возгорание, записывает все известные ему данные о возгорании.

В таблицах 1 и 2 приведено количество пожаров с учетом распределения их количества за 25 лет с 1987 по 2011 гг. по лесничествам (рис. 1). До 1987 года распределение лесничеств и их лесных кварталов было иным.

Таблица 1.

**Расстояние L от железной дороги до центра квартала лесничества и частота n пожаров на кварталах за 1987-2011 гг.**

Керебеляжское			Кленовогорское			Лушмарское			Яльчинское		
№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.
Ф31- зона заповедного режима						Ф32 – зона особо охраняемая					

Керебеляжское			Кленовогорское			Лушмарское			Яльчинское		
№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.
47	39.5	1	76	41.3	1	27	15.7	1	1	14.0	1
60	45.8	1				29	19.2	2	7	12.2	2
62	51.4	1				66	15.7	2			
66	33.6	1				71	16.4	1			
67	36.4	1				73	9.8	1			
71	47.6	1									
<b>Ф33 – зона экстенсивного рекреационного использования</b>											
53	29.7	1	31	26.2	1	1	25.2	1	12	1.7	2
55	34.6	1	45	6.3	3	37	7.3	2	13	4.5	2
			46	9.8	1	43	10.5	2	24	2.1	2
			51	29.7	2	47	14.0	1	25	4.9	2
			52	5.9	3	53	7.3	1	27	10.8	9
			58	2.4	5	55	12.2	2	33	1.4	3
			59	5.2	1	56	11.2	4	34	4.5	2
			60	8.7	1	69	6.6	2	35	7.3	2
			61	11.5	1	74	7.0	2	70	5.9	5
			63	16.8	1	76	1.7	2			
			64	1.7	1	87	18.9	1			
			66	7.0	1						
			72	4.9	2						

Территория национального парка «Марий Чодра» разделяется на следующие функциональные зоны: Ф31- зона заповедного режима 7590 га; Ф32 – зона особо охраняемая 4772 га; Ф33 – зона экстенсивного рекреационного использования 11248 га; Ф34 – зона интенсивного рекреационного использования 12039 га; Ф35 – зона хозяйственного назначения 1226 га.

Из карты-схемы на рисунке 1 видно, что между городами Йошкар-Ола и Казань существует магистраль. Она содержит автомобильную (не показана) и железную дорогу.

Если транспортная магистраль включает в себя только железную дорогу, то расстояние до центра лесного квартала пришлось бы измерять по карте с каждой железнодорожной станции.

Но параллельно тянется автомобильная дорога, поэтому остановки автомобилей для грибников, охотников и других людей могут быть на любой точке дороги.

Таблица 2.

**Расстояние L от автомобильной и железной дорог до центра лесного квартала**

Кленовогорское			Лушмарское			Яльчинское лесничество					
№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.	№ кв.	L, км	n, шт.			
<b>Ф34 – зона интенсивного рекреационного использования</b>											
6	10.5	1	17	20.3	1	28	14.0	1	44	4.2	8
16	12.9	2	26	12.6	1	36	10.5	3	45	7.3	10
23	1.0	2	30	4.9	10	37	13.6	4	46	10.1	3
24	3.5	1	31	4.2	1	5	2.4	5	47	12.9	1
25	6.6	3	32	5.2	2	8	9.4	3	48	16.4	1
26	9.4	2	34	8.7	1	10	4.5	1	49	10.8	1

27	12.6	1	38	4.9	3	17	14.7	1	52	3.8	7
30	22.4	1	39	1.4	3	19	10.8	1	53	7.0	3
33	16.1	1	45	4.9	1	20	7.7	1	58	12.2	2
39	9.4	2	46	1.4	1	30	10.1	2	61	6.6	1
40	11.9	1	50	5.2	2	31	4.2	4	62	9.8	2
41	15.7	1	54	3.1	3	38	16.4	3	63	12.6	4
44	3.1	2	57	8.0	1	39	13.3	1	64	2.1	4
49	18.5	1	60	12.2	1	40	11.5	1	67	4.9	3
70	0.7	8	61	15.4	3	41	4.5	3	68	7.7	6
			62	12.2	1	43	1.4	5	69	10.5	1
Ф35 – зона хозяйственного назначения											
22	1.4	6	58	5.9	2	60	3.8	3	51	1.4	3
50	0.7	4	59	3.1	2	66	2.8	4	59	1.0	5
57	0.7	1	64	6.3	1	23	0.0	2	65	0.7	3
						32	1.4	1	56	15.7	2
						42	1.7	1	54	10.1	2

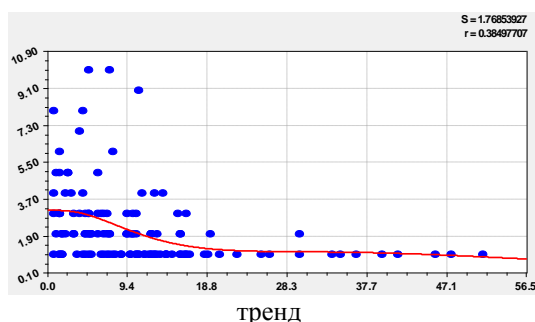
В связи с этим расстояние  $L$  от транспортной магистрали (на рис. 1 от линии железной дороги) до центра лесного квартала принимается как перпендикуляр, опущенный из центра лесного квартала на линию до середины магистрали.

Данные таблиц 1 и 2 по расстояниям  $L$  была составлены измерениями миллиметровой линейкой на карте-схеме, приведенной на рисунке 1 и увеличенной до размера листа при полях в 1 см. Тогда, например, масштаб расстояний будет равен 0,35 км/мм. Зрительно можно измерять миллиметровой линейкой расстояния по перпендикуляру от примерного центра лесного квартала до железной дороги (рис. 1) с ценой деления 0,5 мм.

Тогда погрешность измерений будет равна  $\pm 0,25$  мм или же в натуре  $\pm 0,25 \times 0,35 \approx \pm 0,1$  км. Это значение погрешности значительно меньше по сравнению с размерами лесного квартала. Поэтому данные об измеренных расстояниях по карте-схеме на рисунке 1 принимаются за значения объясняющей переменной.

Для выявления более точных математических формул необходимо применять фактически измеренные значения расстояний на местности.

**Регистрация лесных кварталов с пожарами за 25 лет.** Для повышения точности моделирования нужно измерять расстояния от центров лесных кварталов до середины автомобильной дороги и до станций железной дороги по отдельности геодезическими способами. Однако трудности возникают только с близко расположенными к магистрали лесными кварталами.



Из-за трудности замеров расстояния по карте распределение лесных кварталов, на которых произошло хотя бы один пожар, изменяется (табл. 3).

Таблица 3

**Количество кварталов с хотя бы одним пожаром и измерены расстояния от центров кварталов до магистрали**

Функциональные зоны	Лесничество				Итого кварт.
	Керебельское	Кленово-горское	Лушмарское	Яльчинское	
Ф31	6	1	0	0	7
Ф32	0	0	5	2	7
Ф33	2	13	11	9	35
Ф34	0	15	16	32	63
Ф35	0	3	3	10	16
Итого кв.	8	32	35	53	128

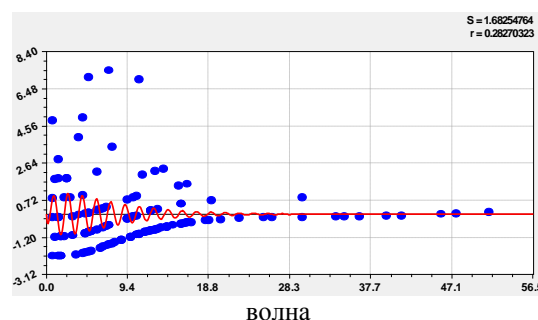
Вместо 130 лесных кварталов в таблице 2 оказалось 128, при этом по двум лесным кварталам из Яльчинского лесничества и Ф35 не удалось по карте точно измерить расстояние  $L$ .

**Влияние расстояния для всего предприятия.** Поставив все четыре пары столбцов  $L \rightarrow n$  (без учета функциональных зон) получили (рис. 2) статистическую закономерность вида

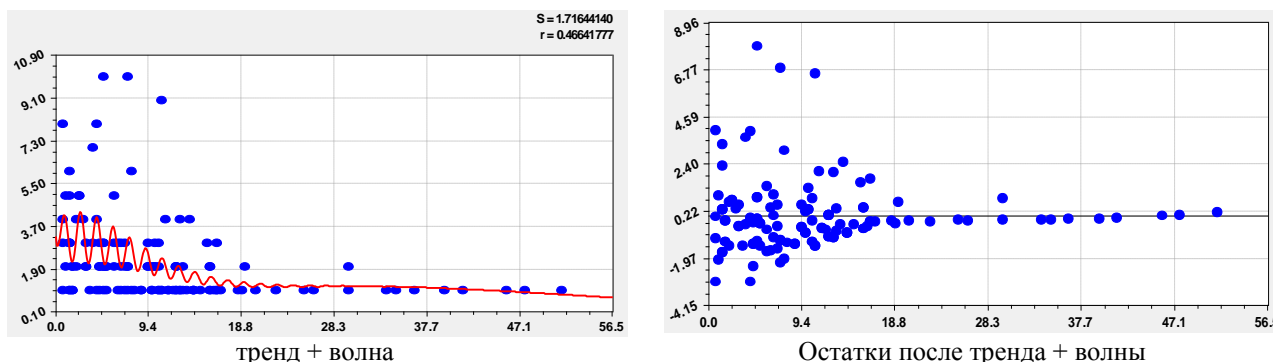
$$n = 3,27089 \exp(-0,0011847L^{1,74531}) - 0,13724L^{7,22208} \exp(-5,90575L^{0,39561}) - 1,16987L^{0,46025} \exp(-0,19952L) \times \cos(\pi L / 0,83164 + 0,018789) \quad (1)$$

где  $n$  - количество лесных пожаров на одном лесном квартале, шт.,  $L$  - расстояние от центра лесного квартала, получившего, по крайней мере, один пожар за 25 лет, до транспортной магистрали, км.

Первая составляющая является естественной закономерностью, почти не зависящей от антропогенного влияния. Она соответствует закону экспоненциальной гибели. При этом непосредственно на магистрали при  $L = 0$  происходит (как на виртуальном лесном квартале) 3,27089 лесных пожаров. Но противопожарная служба на железной дороге не позволяет произойти ни одному лесному пожару в зоне влияния магистрали. Вторая и последующие составляющие показывают антропогенное влияние на количество лесных пожаров, происходящих на одном и том же лесном квартале.







**Рис. 2.** Графики влияния расстояния от центров лесных кварталов, которые за 25 лет подверглись лесным пожарам, до транспортной магистрали на изменение количества лесных пожаров, происшедших на одном лесном квартале по всему национальному парку «Марий Чодра», причем графики показаны в последовательности появления составляющих общей закономерности с трендом и волновыми составляющими

Такая характеристика членов любой статистической будет верной: чем больше составляющих, тем математически лучше описываются изучаемые процессы поведения людей и природных объектов.

Второй член модели (1) имеет отрицательный знак и поэтому он показывает кризисный процесс (для лесных пожаров как некой условной популяции). В итоге тренд (тенденция) изменяется так, что получает минимум при  $L^* = 18 \dots 28$  км.

В целом по предприятию снижение количества лесных пожаров, на некотором расстоянии от центра лесного квартала до оси магистрали, мало выражено.

Третья составляющая имеет волновой характер с переменной амплитудой (половина) и постоянным полупериодом колебания. из графика на рисунке 2 видно, что колебательное возмущение лесных пожаров на одном лесном квартале действительно в интервале расстояния  $L = 0 \dots 18$  км.

Остатки после объединения трех частей формула (1) показывает, что, при условии повышения точности измерений расстояний, в интервале расстояния  $0 \dots 20$  км, возможны и другие волновые составляющие.

Коэффициент корреляции формулы (1) относительно мал и равен 0,4664 (средний уровень тесноты связи или адекватности формулы). Поэтому нужно разделить массив из 128 лесных кварталов по отдельным признакам.

**Влияние расстояния по лесничествам.** Ке-ребелякское лесничество получает (рис. 3) простую конструкцию модели

$$n = 1 \tag{2}$$

Кленовогорское лесничество (рис. 3) характеризуется уравнением

$$n = 883131,0 \exp(-12,33319L^{0,034483}) - 5,43047 \exp(-0,32767L) \times \cos(\pi L / (0,21972 + 0,069039L^{1,13675}) + 2,75927) \tag{3}$$

Здесь тренд выражен только одной составляющей в виде закона экспоненциальной гибели и второй член тренда при этом вырождается.

Кризисной становится только формула второго члена уравнения (3). Но при этом амплитуда кризисного колебания имеет вид закона экспоненциальной гибели. Поэтому при условии  $L = 0$  на магистрали возможно 5,43047 виртуальных лесных пожара. В отличие от формулы (1) переменной физической величиной становится также и полупериод колебания. При условии  $L = 0$  получаем период колебания, равный  $2 \times 0,21972 \approx 0,44$  км. С дальнейшим удалением от железной дороги период колебания возрастает, поэтому частота колебания уменьшается. Это означает, что колебание с ростом расстояния от магистрали до центра лесного квартала успокаивается.

Коэффициент корреляции модели (3) равен 0,7852 и по уровню адекватности эта формула относится к сильным факторным связям.

По остаткам на рисунке 3 видно, что есть две точки аномальные на расстоянии 0,7 км. Эта аномалия определяется тем, что две точки при одном и том же значении абсциссы приобретают противоположные по знаку значения показателя. В итоге дальше моделирование невозможно проводить и поэтому процесс идентификации прекращается.

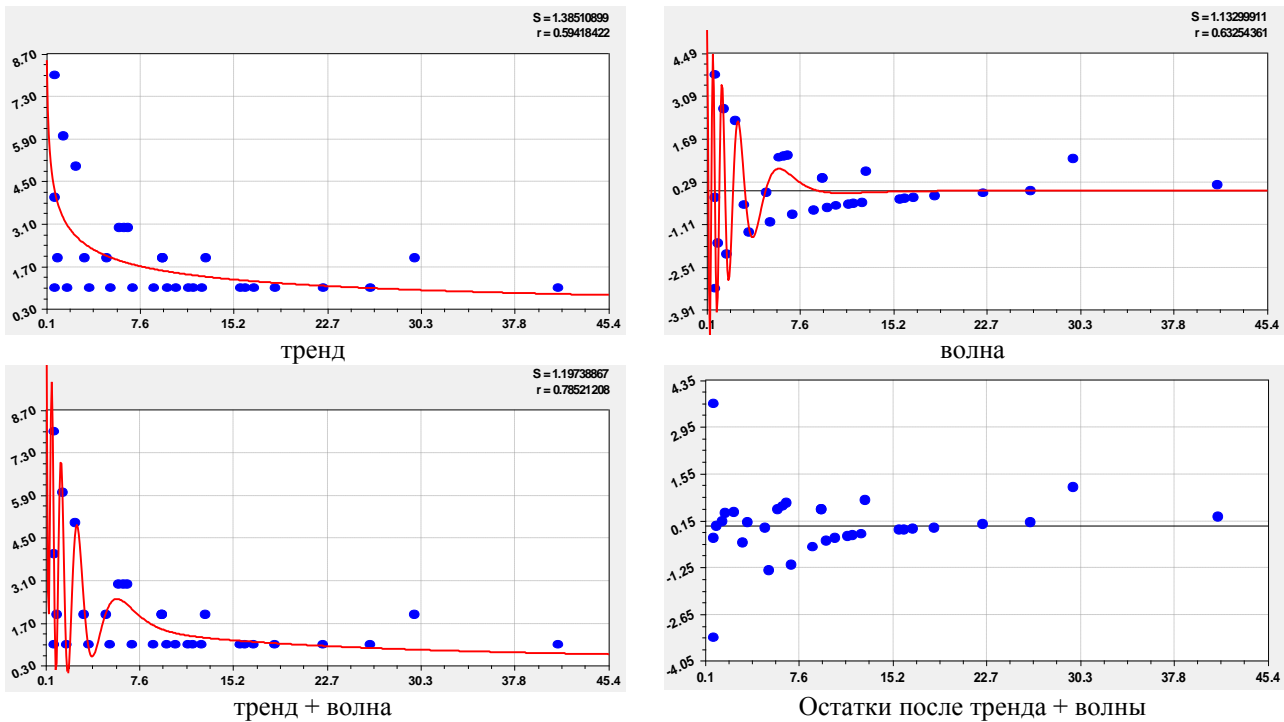


Рис. 3. Графики влияния расстояния от центров лесных кварталов, которые за 25 лет подверглись лесным пожарам, до транспортной магистрали на изменение количества лесных пожаров, происшедших на одном лесном квартале по Кленовогорскому лесничеству

Лужмарское лесничество по первым трем членам определяется уравнением, по конструкции схожим с уравнением (1). Но при этом из статистической выборки пришлось исключить две точки при  $L = 4,9$  км ( $n = 1$  и  $n = 3$  как anomalously расположенные относительно оси абсцисс). Из трех аномальных точек одна оставлена, так как по тренду дает приближающийся к нулю значение показателя.

По усеченной выборке была получена (рис. 4) уравнение вида

$$n = 2,02417 \exp(-0,00091227L^{2,11018}) - 1,65746 \cdot 10^{-45} L^{86,82894} \exp(-8,25153L^{1,07822}) + A_1 \cos(\pi L / p_1 - 4,33850) +$$

$$+ A_2 \cos(\pi L / p_2 + 1,73168), \quad (4)$$

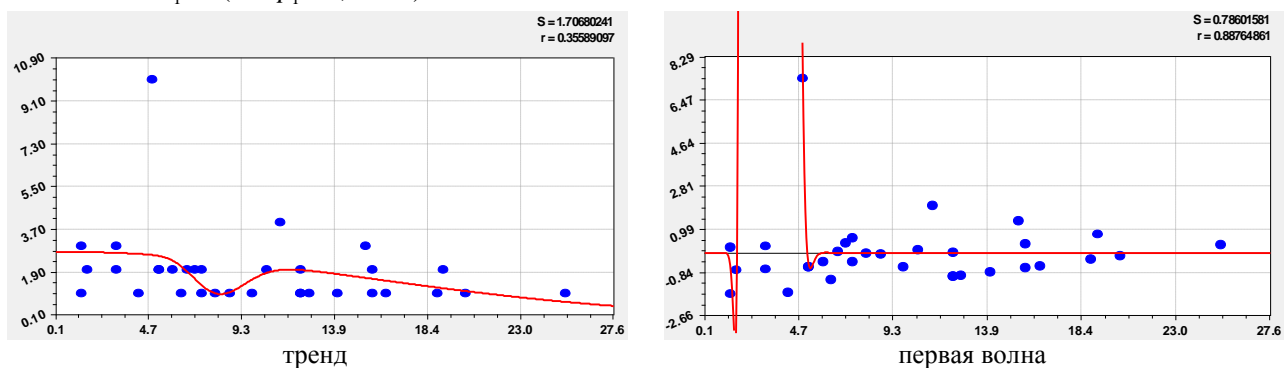
$$A_1 = 45,48175L^{68,27869} \exp(-22,42694L),$$

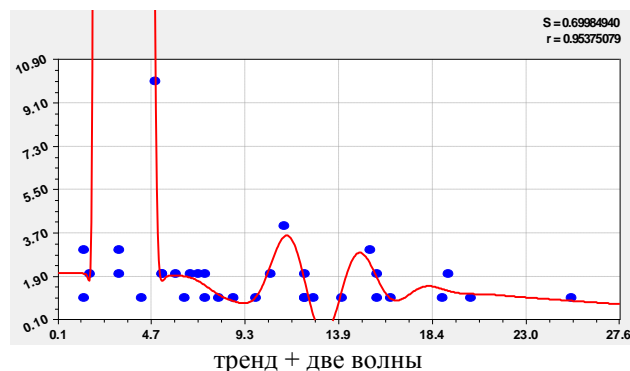
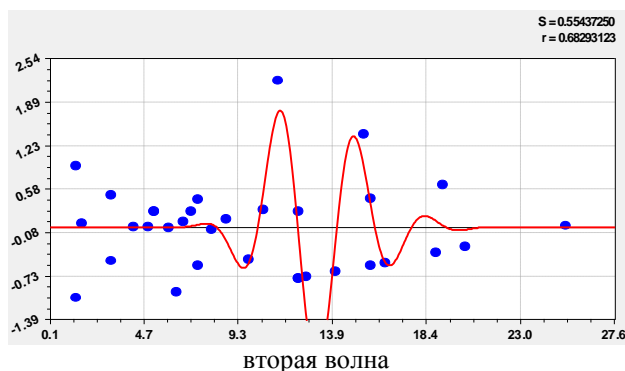
$$p_1 = 2,67644 - 0,54654L^{0,55870},$$

$$A_2 = 4,49696 \cdot 10^{-21} L^{31,13773} \exp(-2,47993L),$$

$$p_2 = 2,09373 - 7,29489 \cdot 10^{-5} L^{2,57022},$$

где  $A_1, A_2$  - амплитуды (половина) двух колебаний численности лесных пожаров на одном и том же лесном квартале, шт.,  $p_1, p_2$  - полупериоды каждого из колебаний волнового возмущения.





**Рис. 4.** Графики влияния расстояния от центров лесных кварталов, которые за 25 лет подверглись лесным пожарам, до транспортной магистрали на изменение количества лесных пожаров, происшедших на одном лесном квартале по Луимарскому лесничеству

Две из трех уравнений дают так называемую «энергетическую яму» в интервале расстояний  $L^* = 6 \dots 10$  км. На лесных кварталах, расположенных этом участке расстояния от магистрали до центров лесных кварталов количество лесных пожаров (на общем фоне изменения тренда) значительно уменьшается. Может оказаться, что это интервал расстояния психологически привычен людям, поэтому они пристальнее следят за пожароопасной ситуацией.

В интервале  $L = 1,5 \dots 6,0$  км наблюдается сильное по амплитуде первое колебание численности лесных пожаров, происходящих на одном и том же лесном квартале. По сути, этот участок расстояния равен зоне активного дикого отдыха людей, останавливающихся в любом понравившемся на краю автомобильной дороги месте и проникающих в лес с кострами на глубину до 6 км.

Второе колебание происходит на интервале  $L = 8 \dots 16$  км. Эвристическими (содержательными) рассуждениями можно понять, что это - зона действия опытных отдыхающих людей (грибников, охотников и пр.). Именно такие посетители леса проникают стол далеко от магистрали. Влияние таких людей очень значима, по коэффициенту корреляции равному 0,6829, то есть очень близко к сильному уровню 0,7 адекватности.

Таким образом, идентификация устойчивых закономерностей дала четыре члена модели (4). При этом видно, что оба колебания учащаются, то есть система «лес – пожары» на территории Лужмарского лесничества идет вразнос. При этом периоды колебаний уменьшаются, начиная соответственно с  $2 \times 2,67644 \approx 5,35$  и 4,96 км. Может оказаться, что на изменения периодичности колебательного возмущения влияют параметры рельефа. Коэффициент корреляции (4) равен 0,9538 и формула по уровню адекватности стала сильнейшей (более 0,9). А остатки после модели (4) дошли до одного пожара.

Яльчинское лесничество (рис. 5) также определилось формулой с четырьмя членами в виде

$$\begin{aligned}
 n &= 2,03973 \exp(-0,071341L^{0,36798}) + \\
 &+ 1,91929L^{0,031588} \exp(-0,00014197L^{3,70662}) + \\
 &+ A_1 \cos(\pi L / p_1 - 1,41426) + \\
 &+ A_2 \cos(\pi L / p_2 + 0,89474), \\
 A_1 &= 336447,7L^{7,14901} \exp(-13,37956L^{0,35260}), \\
 p_1 &= -1,01808 + 2,00473L^{0,14207}, \\
 A_2 &= 5,63367 \cdot 10^{-23} L^{61,16631} \exp(-9,53838L), \\
 p_2 &= 7,20492 - 0,70304L.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Но здесь второй член тренда получил положительный для роста численности лесных пожаров на одном лесном квартале знак.

По тренду на расстоянии 0 ... 14 км наблюдается рост количества лесных пожаров с максимумом при  $L^* = 5 \dots 7$  км. Здесь уже невозможно выделить отдельные участки расстояния по поведенческим признакам отдыхающих людей. Поэтому первая волна возмущения показывает сильное колебание на расстоянии  $L = 1 \dots 12$  км.

Второе сильное колебание наблюдается на расстоянии 5 ... 9 км, что соответствует зоне расположения озера Яльчик, на котором отдыхают многие из разных городов России. Однако коэффициент корреляции модели (5) равен всего 0,5481 (средняя теснота факторной связи). Это указывает на то, что возможности еще несколько колебаний. Однако для их идентификации нужно повысить точность измерения расстояния. В остатках после формулы (5) есть несколько пар аномально расположенных относительно оси абсцисс точек. Поэтому дальнейшее моделирование идентификацией асимметричных вейвлетов [1-7] прекращаем.

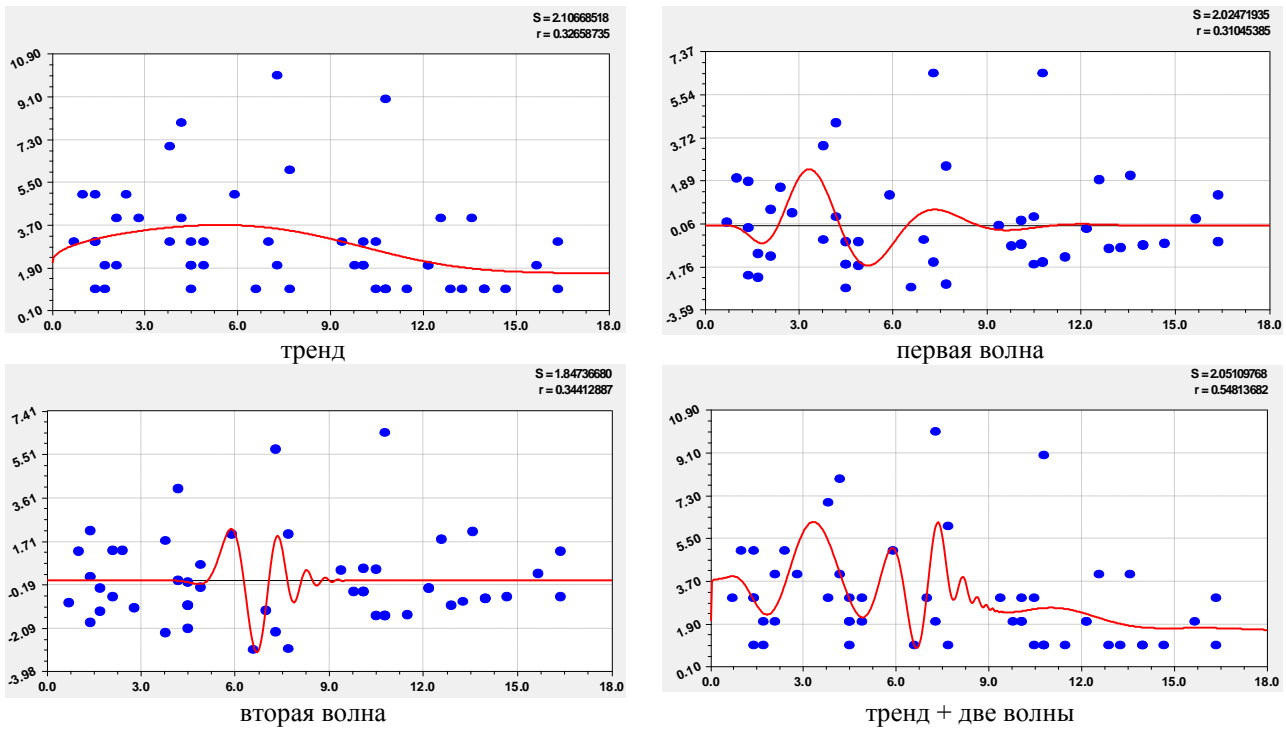


Рис. 5. Графики влияния расстояния от центров лесных кварталов, которые за 25 лет подверглись лесным пожарам, до транспортной магистрали на изменение количества лесных пожаров, происшедших на одном лесном квартале по Яльчинскому лесничеству

**Влияние расстояния по функциональным зонам.** Функциональные зоны (по возрастанию антропогенного влияния) являются элементами содержательно более определенной классификации по сравнению с лесничествами (удобство управления лесами).

В зоне Ф31- зоне заповедного режима получили простейшую модель

$$n = 1. \quad (6)$$

Ф32 – зона особо охраняемая отличается линейным трендом

$$n = 1,42857L. \quad (7)$$

Есть пара аномально расположенных относительно оси абсцисс точек.

Ф33 – зона экстенсивного рекреационного использования (рис. 6) оказалось в пожарном отношении намного сложнее, и из-за этого была получена пятичленная модель вида

$$n = 2,53593 \exp(-0,016327L) - 1,52640 \cdot 10^9 L^{56,70589} \exp(-77,86927L^{0,29940}) - A_1 \cos(\pi L / p_1 - 0,85529) + A_2 \cos(\pi L / p_2 + 5,86931) + A_3 \cos(\pi L / p_3 - 1,17997), \quad (8)$$

$$A_1 = 3,13783 \cdot 10^{-100} L^{158,17846} \exp(-8,92939L^{1,17206})$$

$$p_1 = 0,21574 + 0,0071894L^{1,29026},$$

$$A_2 = 1,32795L^{2,58952} \exp(-0,778118L^{0,99370}),$$

$$p_2 = 0,67888 - 0,044804L^{0,99975},$$

$$A_3 = 0,038558L^{8,23967} \exp(-1,92774L^{1,00755}),$$

$$p_3 = 0,57470 - 0,0048313L^{0,96809}.$$

Таким образом, понятие «экстенсивное рекреационное использование» нуждается в коренном уточнении и дальнейшей квантификации.

Естественная составляющая начинается при  $L=0$  с количества 2,53593 лесных пожаров, происшедших на некоем виртуальном лесном квартале, расположенном на оси магистрали.

Затем первая составляющая убывает по закону экспоненциальной гибели.

По тренду «энергетическая яма» лесных пожаров находится на расстоянии 12 ... 35 км. А на отрезке расстояния 19 ... 25 км вообще не произошло ни одного лесного пожара. Тогда общую продолжительность этой условной ямы можно разделить на три участка: 1) на расстоянии 0 ... 19 км происходит медленный спад численности отдыхающих (пропорционально и количество лесных пожаров на одном и том же лесном квартале); 2) на этой зоне экстенсивного рекреационного использования на участке 19 ... 25 км наблюдается нулевая пожарная опасность; на отрезке 25 ... 35 км снова наблюдается рост и медленный спад количества лесных пожаров (по-видимому, здесь влияние только жителей лесных поселений).

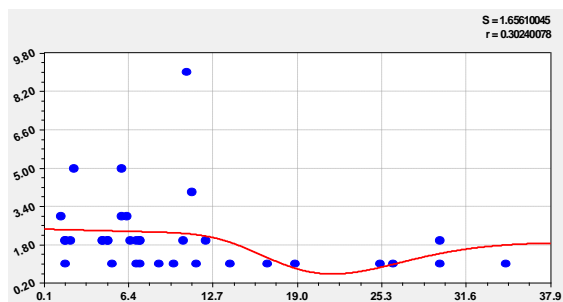
Первая волна имеет отрицательный знак и является кризисной для лесных пожаров. Однако на расстоянии 8 ... 12 км находится сильное колебательное возмущение. Количество лесных пожаров на одном и том же лесном квартале возрастает до 7. При этом значимость этого колебания очень высокая и равна по коэффициенту корреляции 0,8201. Если двухчленный тренд имеет коэффициент корреляции всего 0,3024, то с добавлением первого колебания первые три члена дают уровень адекватности сильный при 0,8461. при этом первая волна успокаивается по частоте колебания, начинается с пе-

риода  $2 \times 0,21574 \approx 0,44$  км. Следующие две волны находятся на расстоянии 0 .. 9 км.

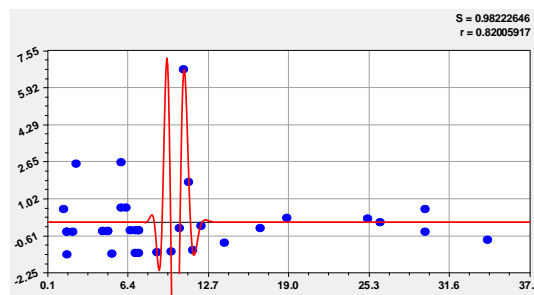
Эти две волны учащаются, начиная при  $L = 0$  с полупериодов 1,36 и 1,15 км. При этом обе волны являются положительными и помогают росту количества лесных пожаров.

Вторая волна возмущения имеет максимум количества лесных пожаров на расстоянии 3 ... 4 км, а третья – около 4 км.

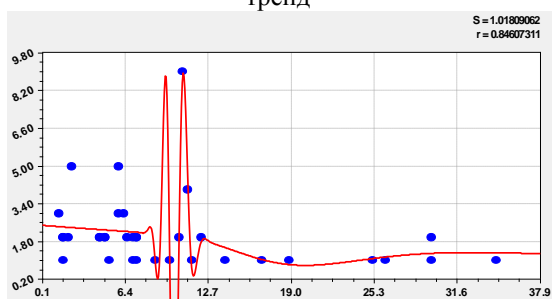
Поэтому эти две волны накладываются друг на друга, создавая на некоторых малых участках расстояния синергетический эффект.



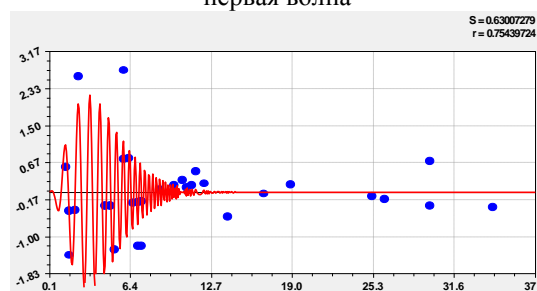
тренд



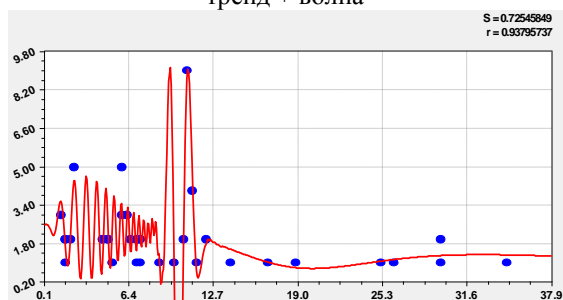
первая волна



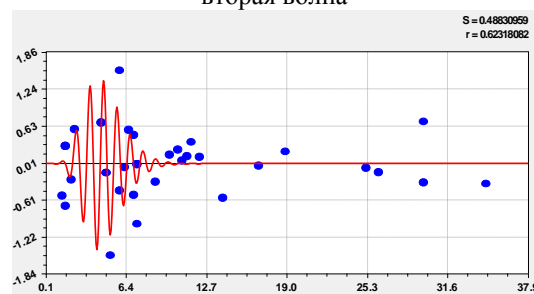
тренд + волна



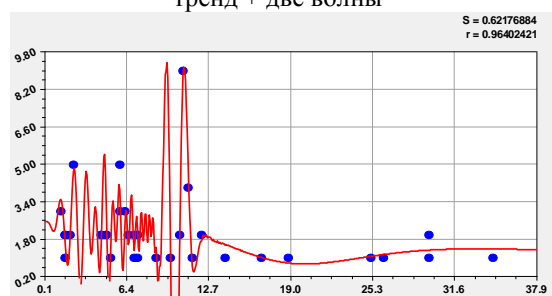
вторая волна



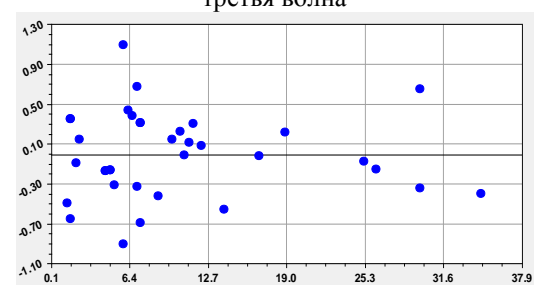
тренд + две волны



третья волна



тренд + три волны



Остатки после общей модели

Рис. 6. Графики влияния расстояния от центров лесных кварталов, которые за 25 лет подверглись лесным пожарам, до транспортной магистрали на изменение количества лесных пожаров, происшедших на одном лесном квартале по зоне экстенсивного рекреационного использования

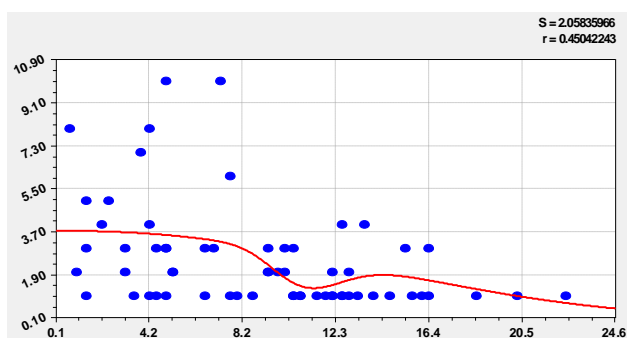
В итоге пятичленная модель (8) получила коэффициент корреляции, равный 0,9640, что относит её к сильнейшим факторным связям.

По остаткам на фигуре 6 видна пара аномально расположенных относительно оси абсцисс

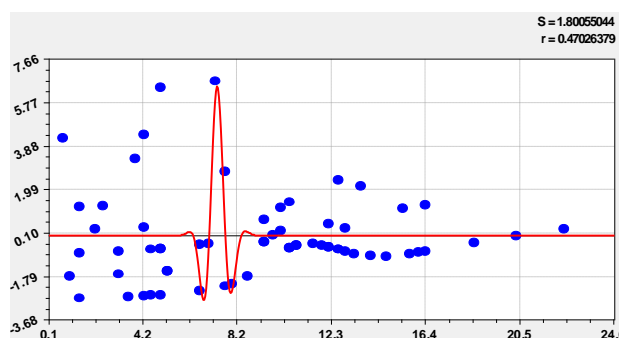
точек при расстоянии 5.9 км (примерно ± 1 шт.).

Ф34 – зона интенсивного рекреационного использования (рис. 7) также получила пятичленную модель вида

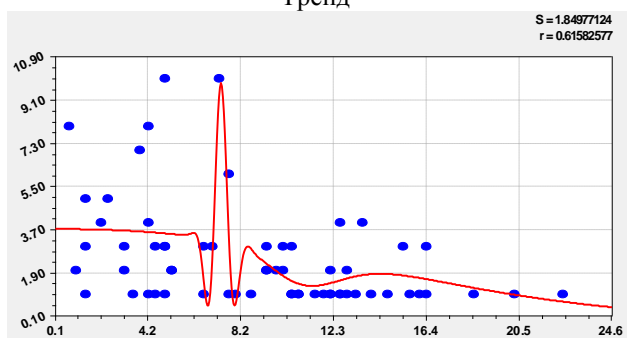
$$\begin{aligned}
 n &= 3,98034 \exp(-0,0014015L^{2,30681}) - \\
 &- 1,75641 \cdot 10^{-31} L^{53,95903} \exp(-6,22356L^{0,93233}) + \\
 &+ A_1 \cos(\pi L / p_1 - 2,65241) + \\
 &+ A_2 \cos(\pi L / p_2 + 5,31752) + \\
 &+ A_3 \cos(\pi L / p_3 - 3,26992), \\
 A_1 &= 5,77082 \cdot 10^{-89} L^{53,44604} \exp(-4,68289L^{1,53977}), \\
 p_1 &= 0,67953, \quad A_2 = 0,13631L^{18,27582} \exp(-5,52214L), \\
 p_2 &= 1,60213 - 0,16945L^{1,01051}, \\
 A_3 &= 5,11681 \exp(-0,42807L), \\
 p_3 &= 0,0013439 + 0,17320L^{0,65813}.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$



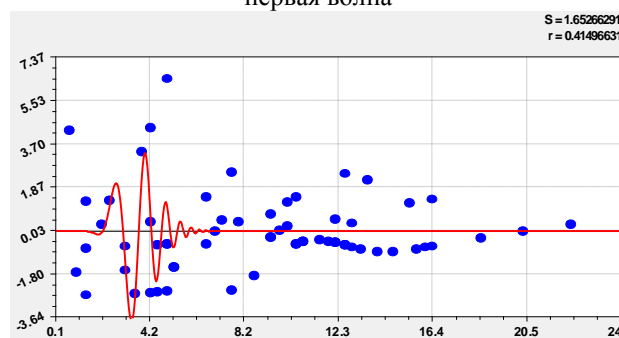
Тренд



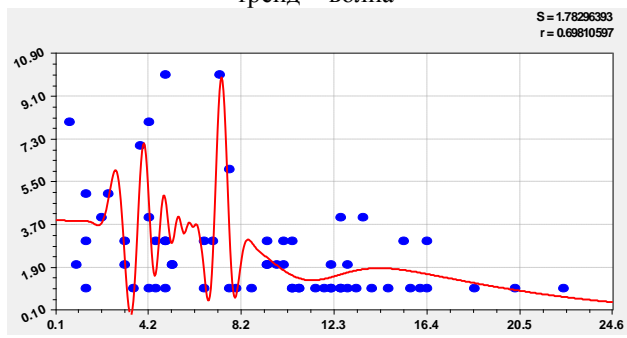
первая волна



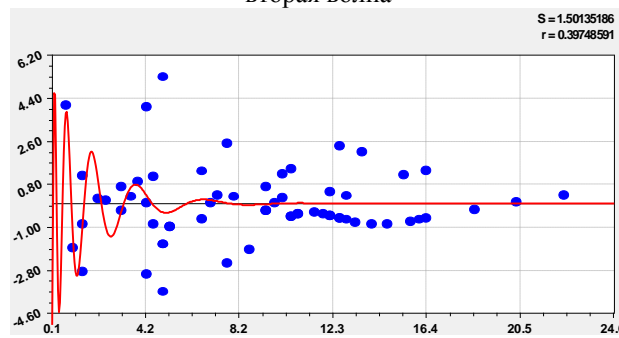
тренд + волна



вторая волна



тренд + две волны



третья волна



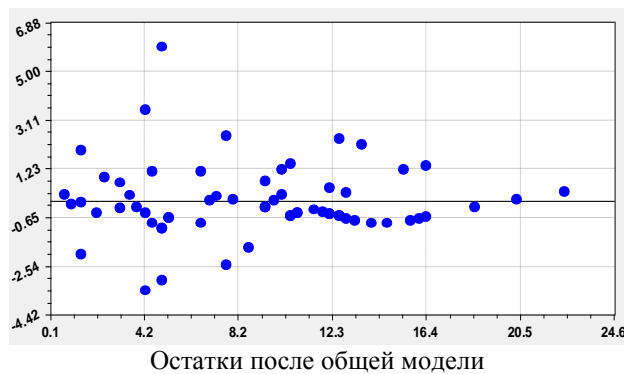
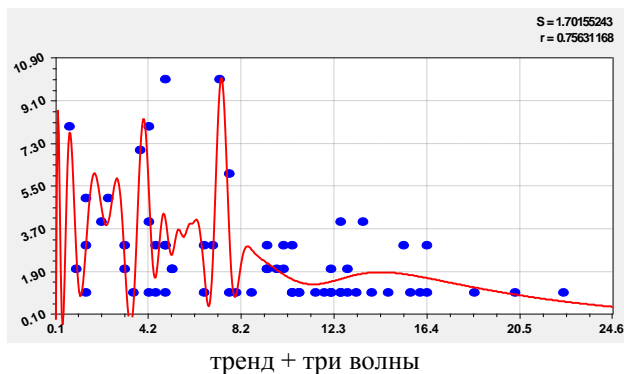


Рис. 7. Графики влияния расстояния от центров лесных кварталов, которые за 25 лет подверглись лесным пожарам, до транспортной магистрали на изменение количества лесных пожаров, происшедших на одном лесном квартале по зоне интенсивного рекреационного использования

Здесь начальное значение закона гибели, по сравнению с предыдущей функциональной зоной, возросло и стало равным 3,98034 или почти 4 лесным пожарам. Второй член тренда имеет снова отрицательный знак и поэтому условная «энергетическая яма» тянется на расстоянии 12 ... 15 км. Однако закон гибели здесь заметнее.

Поэтому можно сделать вывод о том, что интенсивная рекреация по сравнению с экстенсивной рекреацией дает больший угол спада количества лесных пожаров в зависимости от расстояния от магистрали.

Все три колебания имеют положительный знак, поэтому они помогают росту количества лесных пожаров, происшедших на одном и том же лесном квартале. Но при этом первая волна получила постоянный период колебания в 1,36 км. Вторая волна учащает частоту возмущения, начиная при  $L=0$  с периода 3,2 км. Третья волна успокаивается, но на магистрали при  $L=0$  получила очень малый период колебания  $2 \times 0,0013439 \approx 0,0027$  км или 2,7 м. при этом амплитуда меняется от  $2 \times 5,11681 \approx 10,23$  шт. на самой магистрали.

Первое колебание находится на расстоянии 6 ... 10 км и поэтому почти совпадает с предыдущей функциональной зоной национального парка.

Второе колебание находится на участке расстояния 2 .. 6 км, а третья волна располагается на расстоянии 0 ... 8 км. Как и в предыдущей функциональной зоне, второе и третья волны происходят параллельно.

Вся модель (9) получила коэффициент корреляции 0,7563 и поэтому относится к сильным факторным связям. Тогда можем сделать вывод о том, что модель с одним и тем же числом составляющих, при повышении уровня функциональной зоны национального парка, дает меньшую адекватность.

По остаткам на рисунке 7 видно, что из-за неточности в измерениях расстояния образовались 4 аномальные от оси абсцисс точки на 4.9 км.

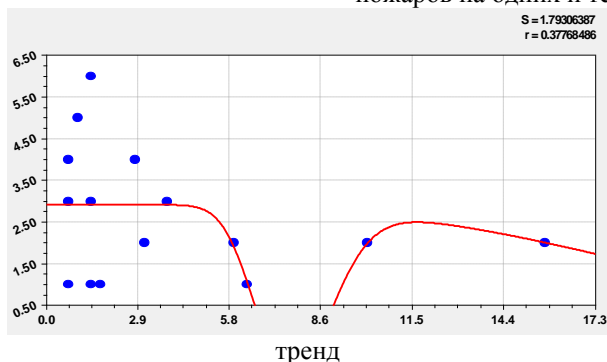
ФЗ5 – зона хозяйственного назначения (рис. 8) так сильно расстроена по структуре древостоев и качеству лесов, что дало только тренд

$$n = 2,92301 \exp(-3,26877 \cdot 10^{-5} L^{3,39665}) - 1,27708 \cdot 10^{-19} L^{40,18061} \exp(-4,18061 L^{1,07537}). \quad (10)$$

Четко видна «энергетическая яма» по пожарам на фигуре 8 на участке расстояния  $L = 5 \dots 12$  км. По карте-схеме (рис. 1) это соответствует расстоянию 14 ... 34 м от середины магистрали (между автомобильной и железной дорогами).

Это – озеро Яльчик и его окрестности. На самом озере нет лесных пожаров. Есть 3 аномально расположенные точки на 1.4 км, поэтому дальнейшее моделирование прекращаем.

**Заключение.** Предлагаемый способ обладает простотой реализации. По фактическим прошлым многолетним данным о лесных пожарах, происшедших на конкретной локальной особо охраняемой территории, появляется возможность выполнить рейтинг возрастания количества лесных пожаров на одних и тех же лесных кварталах.





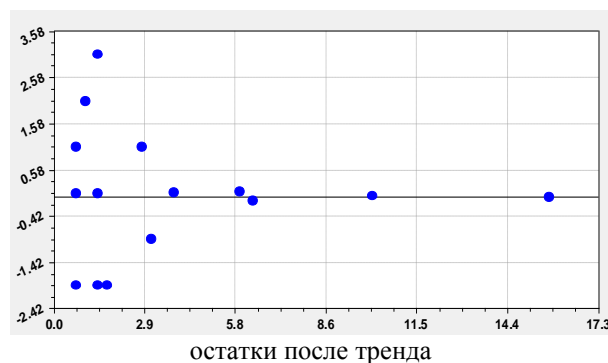


Рис. 8. График тренда по зоне хозяйственного назначения.

Затем следует провести математический анализ статистической выборки по типу таблицы 1 с выявлением сложных закономерностей влияния расстояния от магистрали до центров лесных кварталов, на которых произошли хотя бы по одному лесному пожару. По готовым статистическим моделям и их составляющим удастся дать качественное (эвристическое) толкование влияния разных участков этого расстояния.

Применение предложенного способа расширяет возможности территориального, и даже компонентного по отдельным зонам предприятия, экологического мониторинга за счет углубления понимания множества лесных пожаров, например за 25 лет, как популяции, распределенной по неподвижным лесным кварталам, подверженным лесным пожарам.

Это повышает функциональные возможности системы типа «Лесной Дозор» по четырем фи-

зическим отличительным признакам (нумерация по списку функций системы «Дозор»):

1) определение координат очага возгорания (максимальная ошибка определения координат очага возгорания – 250 м);

2) измерение радиуса обзора одной точки мониторинга до 30 км;

3) точность определения геодезического направления на очаг возгорания не менее 0.5°;

7) интеграция данных из сторонних информационных систем.

В итоге появляется практическая возможность, с использованием многолетних данных о лесных пожарах на локальной территории, экологического и технологического (пожаротушения) мониторинга, а также уточнения распределения лесных пожаров вдоль радиуса обзора.

#### Библиографический список

1. Мазуркин П.М., Блинова К.С. Активность Солнца и годичная динамика лесных пожаров на особо охраняемой территории / П.М. Мазуркин, К.С. Блинова // Успехи современного естествознания. - 2013. - № 1. - С.102-107.
2. Мазуркин П.М., Блинова К.С., Хазиев А.В. Асимметричные вейвлет-сигналы многолетней динамики численности лесных пожаров Республики Марий Эл / П.М. Мазуркин, К.С. Блинова, А.В. Хазиев // Вестник Казанского технол. ун-та. - 2013. - Т. 16. - № 15. - С.148-151.
3. Мазуркин П.М., Каткова Т.Е. Моделирование многолетней динамики изменения площади лесных пожаров / П.М. Мазуркин, Т.Е. Каткова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2013. - №1 (6). - С.31-37.
4. Мазуркин П.М., Каткова Т.Е. Анализ многолетней динамики удельной площади лесных пожаров / П.М. Мазуркин, Т.Е. Каткова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2013. - №2 (7). - С.37-43.
5. Мазуркин П.М., Каткова Т.Е. Вейвлет-анализ многолетней динамики локальной численности лесных пожаров / П.М. Мазуркин, Т.Е. Каткова

#### References

1. Mazurkin P.M., Blinova K.S. Aktivnost' Solnca i godichnaja dinamika lesnyh pozharov na osobo ohranjaemoj territorii / P.M. Mazurkin, K.S. Blinova // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. - 2013. - № 1. - S.102-107.
2. Mazurkin P.M., Blinova K.S., Haziev A.V. Asimmetrichnye veyvlet-signalny mnogoletnej dinamiki chislennosti lesnyh pozharov Respubliki Marij Jel / P.M. Mazurkin, K.S. Blinova, A.V. Haziev // Vestnik Kazanskogo tehnol. un-ta. - 2013. - T. 16. - № 15. - S.148-151.
3. Mazurkin P.M., Katkova T.E. Modelirovanie mnogoletnej dinamiki izmenenija ploshhadi lesnyh pozharov / P.M. Mazurkin, T.E. Katkova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. - 2013. - №1 (6). - S.31-37.
4. Mazurkin P.M., Katkova T.E. Analiz mnogoletnej dinamiki udel'noj ploshhadi lesnyh pozharov / P.M. Mazurkin, T.E. Katkova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. - 2013. - №2 (7). - S.37-43.
5. Mazurkin P.M., Katkova T.E. Veyvlet-analiz mnogoletnej dinamiki lokal'noj chislennosti lesnyh pozharov / P.M. Mazurkin, T.E. Katkova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2013. - № 5; URL:

// Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: <http://www.science-education.ru/111-10164> (дата обращения: 26.09.2013).

6. **Мазуркин П.М., Скорикова Л.А.** Динамика температуры горения древесных опилок при испытании сжиганием / П.М. Мазуркин, Л.А. Скорикова // Вестник КНИТУ. - 2011. - № 7. - С.58-61.

7. **Мазуркин П.М., Филонов А.С.** Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учеб. пос. / П.М. Мазуркин, А.С. Филонов. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. - 292 с.

<http://www.science-education.ru/111-10164> (data obrashhenija: 26.09.2013).

6. **Mazurkin P.M., Skorikova L.A.** Dinamika temperatury gorenija drevesnyh opilok pri ispytanii szhiganiem / P.M. Mazurkin, L.A. Skorikova // Vestnik KNITU. - 2011. - № 7. - S.58-61.

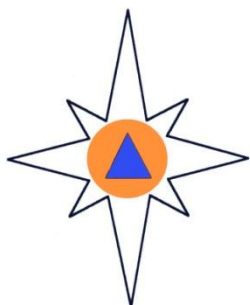
7. **Mazurkin P.M., Filonov A.S.** Matematicheskoe modelirovanie. Identifikacija odnofaktornyh statisticheskikh zakonomernostej: ucheb. pos. / P.M. Mazurkin, A.S. Filonov. - Yoshkar-Ola: MarGTU, 2006. - 292 s.

## THE ANALYSIS OF FOREST QUARTERS ON THE NUMBER OF FIRES AND DISTANCE FROM THE THOROUGHFARE

*For a set of points of monitoring take quarter, for the long-term period subject at least to one forest fire. Struck forest quarter take for objects of the analysis, at the same time for additional object take the thoroughfare passing through the territory with struck fires on quarters. Measure distances of the struck quarters to the thoroughfare, and from the account book for the long-term period define number of forest fires on the same struck quarter. Trends and wave regularities of influence of distance from the thoroughfare on number of forest fires on one forest quarter struck by fires are shown.*

**Keywords:** forest quarter, thoroughfare, distance, fires, trends and wave regularities.

**Мазуркин Петр Матвеевич,**  
доктор технических наук, профессор,  
Поволжский ГТУ,  
Йошкар-Ола, Россия,  
e-mail: kaf\_po@mail.ru  
**Mazurkin P.M.,**  
Volga State University of Technology;  
Ioshkar-Ola, Russia  
e-mail: kaf\_po@mail.ru



## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК: 62-503

### РОБОТ-ИНСЕКОПТЕР ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Р.Ю. Поляков, С.В. Ефимов, С.Ф. Яцул*

*Рассмотрены основные понятия мобильных робототехнических комплексов. Представлена математическая модель и функциональная схема бортовой системы управления. Был проведен ряд экспериментов, в ходе которых определена зависимость тягового усилия от частоты вращения.*

**Ключевые слова:** *мобильные робототехнические средства, инсектоптер, бортовая система управления, подъемная сила.*

**Введение.** С развитием робототехники и сопутствующих технологий все больший интерес проявляется к бионике - науке, которая изучает характер движения живых организмов, а также явления и процессы, протекающие в них. Копирование природных идей при создании роботов, позволяет быстро и эффективно достичь поставленных результатов. Такой подход особенно востребован при создании роботов, способных скрытно перемещаться в пространстве для выполнения задач, связанных со сбором информации. Особый интерес представляют летающие роботы, в которых реализованы принципы полета насекомых. Такие роботы получили название инсектоптеры. Одним из преимуществ робота-инсектоптера является то, что энергопотребление при прочих равных по сравнению с традиционными схемами, например мультироторного типа, значительно ниже. Крылья с изменяемыми параметрами и геометрией могут быть переориентированы и адаптированы под текущие условия в каждый момент полета летательного аппарата, что позволяет максимально использовать энергию воздушных потоков и увеличить дальность свободного планирования. Поэтому ведущие научные центры мира ведут разработки по созданию малогабаритных летающих роботов с машущим крылом[1-9].

**1. Описание робота.** Рассматриваемый робот - стрекоза оснащен двумя оппозитно двигающимися крыльями, установленными на фюзеляже. В движение крылья приводятся с помощью электродвигателя и специальной трансмиссии, состоящей из синхронизатора и двух кривошипно-коромысловых механизмов. На фюзеляже также установлено хво-

стовое оперение оснащенное рулями высоты и направления. При подаче напряжения на электродвигатель вращение передается на редукторы, а затем на зубчатую цилиндрическую передачу синхронизатора, которая представляет собой два зубчатых колеса одинакового диаметра, находящихся в зацеплении друг другом и с шестерней, установленной на выходном валу редуктора. Мембраны крыльев, изготовленные из эстетичного материала, закреплены на стрингерах, выполненных из жесткого материала (углепластика), создают необходимое тяговое усилие при схлопывании или разведении пары крыльев. Такая схема крыльев является уравновешенной и позволяет создавать реактивную струю воздуха, обеспечивающую соответствующее тяговое усилие и необходимую подъемную силу.

**2. Математическая модель робота.** Для получения математической модели, рассмотрим рис. 1, на котором представлена схема робота-инсектоптера. Движение такого объекта происходит в абсолютной системе координат  $Oxyz$ . С корпусом робота связана относительная, подвижная система координат  $C_2X_2Z_2$ , начало которой совпадает с центром тяжести корпуса  $C_2$ , ось  $C_2X_2$  такой системы координат направлена параллельно продольной оси корпуса, ось  $C_2Y_2$ , направлена перпендикулярно плоскости  $C_2X_2Z_2$ , а ось  $C_2Z_2$  - перпендикулярно плоскости  $C_2x_2y_2$  - Плоскость  $C_2X_2Z_2$  является плоскостью симметрии робота[6].

Центр масс корпуса движется в пространстве со скоростью  $v_{Ci} = (v_{C2}^x, v_{C2}^y, v_{C2}^z)^T$ , а робот вращается вокруг центра масс с угловой скоростью  $\bar{\omega} = (\omega_x, \omega_x, \omega_z)^T$  под действием распределенных сил, возникающих в результате взаимодействия

элементов системы, с окружающей средой  $F_i$  приведенных к сосредоточенным силам тяги  $T = (T, 0, 0)^T$ , подъемной силе  $Q = (0, 0, Q)^T$  и  $R_2 = (R_{2x2}, R_{2y2}, R_{2z2})^T$  - силы, действующей на хвостовое оперение со стороны набегающего потока воздуха. Кроме этого, учтены и силы веса  $G = (0, 0, -\sum m_i g)^T$ .

Далее принято допущение о том, что угловая скорость вращения крыла значительно выше угловой скорости вращения корпуса, что позволяет значительно упростить уравнения, описывающие вращательное движение робота. Кроме этого, принято, что мембраны крыла являются недеформируемыми невесомыми пластинами имеющими возможность поворота относительно стрингера.

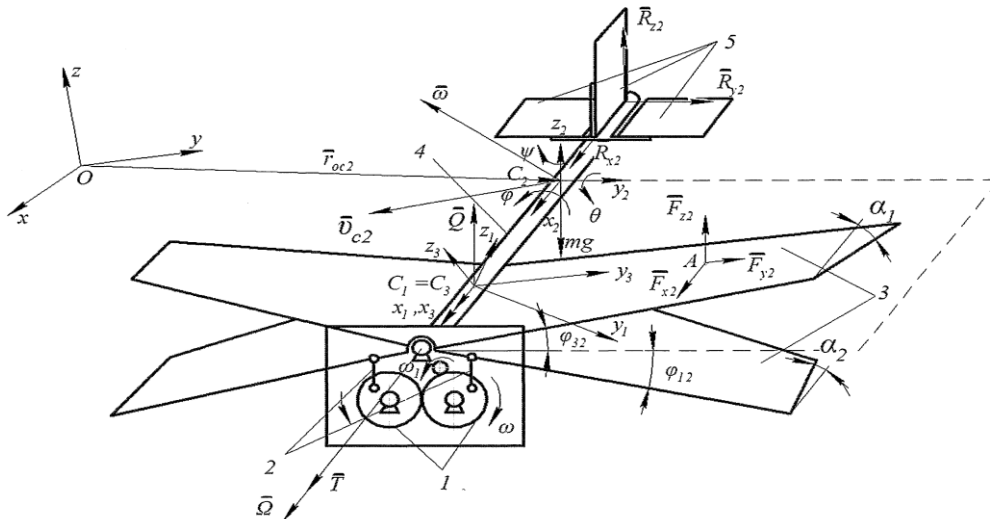


Рис. 1. Расчетная схема робота-инсектоптера

Полет инсектоптера можно разложить на несколько этапов, которые осуществляются под действием управляющих воздействий, поступающих со стороны бортовой системы управления. В первую очередь осуществляется отрыв от опорной поверхности и взлет. Далее происходит набор высоты в соответствии с выбранным законом изменения вертикальной координаты, после этого устройство начинает движение в горизонтальной плоскости в заданную точку пространства. В этой точке можно

реализовать режим зависания, позволяющий производить разведку местности видеосъемку и осуществлять необходимые измерения. После выполнения задания инсектоптер возвращается в исходную или любую определенную в задании точку и осуществляет посадку.

Для реализации автономного полета предложена схема системы автоматического управления показанной на рис. 2.

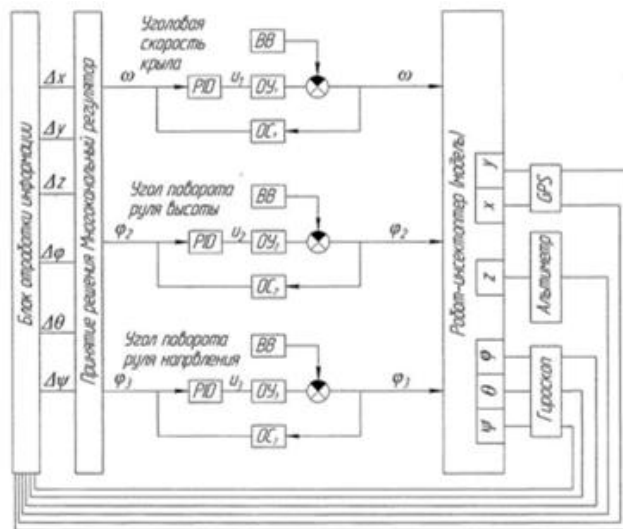


Рис.2. Функциональная схема бортовой системы управления

Определение реальных координат робота осуществляется с помощью установленных в системе управления GPS - навигатора, гироскопа и альтиметра. Обработка данных, поступающих с датчиков, сравнение их с заданными, нахождение управляющих воздействий по отклонениям реальных координат от заданных, происходит в блоке обработки информации. Управляющие напряжения определяются с помощью многоканального регулятора и поступают на соответствующие электроприводы ( $OY_i$ ). Модель робота-инсектоптера связывает три управляющих воздействия: угловая скорость вращения электродвигателя, углы поворота рулей высоты и направления  $\omega, \varphi_2, \varphi_3$ , с шестью управ-

ляемыми координатами  $X, Y, Z, \varphi, \psi, \theta$  которые позволяют роботу двигаться по заданной пространственной траектории[2,3].

**3. Определение приведенной силы тяги и подъемной силы.** Для определения приведенной силы тяги  $T$  и подъемной силы  $Q$  создаваемых крылом были проведены экспериментальные исследования на специальном стенде[5]. Для этого был разработан и изготовлен прототип робота-стрекозы. Общий вид экспериментального образца приведен на рис. 3. Робот имеет следующие данные вес корпуса  $m_1 = 0,02$  кг, вес крыльев  $m_2 = 0,017$  кг, длина крыла  $l=0,35$  м.



Рис. 3. Общий вид прототипа.

Был проведен ряд экспериментов, в ходе которых определена зависимость тягового усилия от частоты вращения (рис. 4).

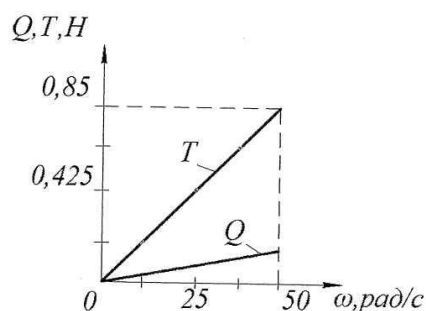


Рис. 4. Зависимость силы тяги и подъемной силы от частоты вращения кривошипа.

**Заключение.** Выполнено математическое моделирование полета робота. Предложена функциональная схема бортовой системы управления. Спроектирован и изготовлен прототип летающего

робота, оснащенный оппозитными машущими крыльями. Приведена методика определения приведенных сил тяги и подъемной силы.

#### Библиографический список

- Александр Р. Биомеханика / Р. Александр – М.: «Мир», 1970. – 341 с.  
 Бранков Г. Основы биомеханики ML. – М.: «Мир», 1981. – 254 с.  
 Робот-стрекоза // URL: <http://subscribe.ru>  
 Робот - птица // URL: <http://erihotel.com>  
 Робот-насекомое совершил свой первый управляемый полет // URL: <http://www.rzaki.ru>

#### References

- Aleksander R. Biomechanika / R. Aleksander – M.: «Mir», 1970. – 341 s.  
 Brankov G. Osnovy biomehaniki ML. – M.: «Mir», 1981. – 254 s.  
 Robot-strekoza // URL: <http://subscribe.ru>  
 Robot - ptica // URL: <http://erihotel.com>  
 Robot-nasekomoe sovershil svoj pervyj upravljajemyj polet // URL: <http://www.rzaki.ru>

**Тихонравов М.К.** Полет птиц и машины с машущими крыльями / М.К. Тихонравов. - М.: «Обorongиз», 1949. – 448 с.

**Орнитоптер Park Hawk** // URL: <http://novostey.com>

**Биомеханическая птица Avitron** // URL: <http://notebooktable.kiev.ua>

**DelFly Micro** // URL: <http://someinterestmgfacts.net>

**Tihonravov M.K.** Polet ptic i mashiny s mashushhimi kryl'jami / M.K. Tihonravov. - M.: «Oborongiz», 1949. – 448 s.

**Ornitopter Park Hawk** // URL: <http://novostey.com>  
**Biomehanicheskaja ptica Avitron** // URL: <http://notebooktable.kiev.ua>

**DelFly Micro sajт someinterestingfacts** // URL: <http://someinterestmgfacts.net>

## ROBOT-INSCOPE FOR ENVIRONMENTAL MONITORING

*The basic concepts of mobile robotic systems. Presents a mathematical model and a functional diagram of the onboard control system. Conducted a series of experiments in which the dependence of traction force from the rotational speed.*

**Keywords:** mobile robotic, inscope, Board control system, lifting force.

**Поляков Роман Юрьевич,**

[polyakov\\_gps@mail.ru](mailto:polyakov_gps@mail.ru)

Россия, Воронеж

**Polyakov Roman Yurievich,**

Russia, Voronezh

**Ефимов Сергей Венедитович,**

доцент, к.т.н.,

Воронежский институт ГПС МЧС России

[sergey160@mail.ru](mailto:sergey160@mail.ru)

**Efimov Sergey Venehjarvi,**

associate Professor, Ph. D.,

Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh

**Яцун Сергей Федорович,**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

Юго-Западный государственный университет

[teormeh@inbox.ru](mailto:teormeh@inbox.ru),

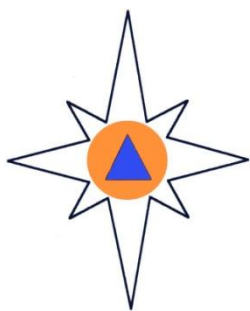
Россия, г. Курск

**Yatsun Sergey Fedorovich,**

doctor of technical Sciences, Professor,

head of chair South-West state University

Russia, Kursk



## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС РОССИИ: ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 378

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ

*В.И. Иванов, И.А. Легкова, С.А. Никитина, А.А. Покровский*

*Рассмотрены отличительные особенности электронных учебных изданий от печатных, и их преимущества при использовании в учебном процессе. Приведены особенности разработки электронных учебных пособий по дисциплине «Механика». Рассмотрены основные аспекты его создания как с точки зрения программирования, так структуры и содержания. Обоснована актуальность применения электронных учебных пособий при подготовке и самостоятельной работе обучающихся. Представлены результаты исследований по использованию обучающимися электронных учебников и пособий при самостоятельной подготовке.*

**Ключевые слова:** электронное издание, пособие, учебник.

**Введение.** В условиях современного общества развитие компьютерных технологий является неотъемлемой частью становления новой системы образования, направленной на вхождение в мировое информационно-образовательное пространство. Данный процесс сопровождается значительными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса, связанными с применением новых технологий, методов, форм и средств обучения. Одним из таких новых средств обучения является разработка и использование электронных учебных изданий [1].

Использование электронных средств обучения позволяет трансформировать традиционный учебный процесс в познавательную деятельность обучающихся по приобретению в первую очередь, конечно же, знаний и умений по изучаемому предмету, а также таких, как поиск, отбор, анализ, организация и представление информации, использование полученной информации для решения конкретных жизненных задач.

**Особенности использования и создания электронных учебных изданий.** Основное отличие электронных учебников от традиционных учебных изданий заключается в обязательном наличии интерактивного взаимодействия между обучаемым и компьютером, который играет роль, схожую с ролью консультанта, помогающего организовать обучение. Электронный учебник формирует информационно-образовательную среду, которая

реализует целостный процесс обучения от цели до результата, помогает обучающимся легче и производительнее овладеть ее содержанием.

Электронные учебные издания содержат в себе текстовую (аудио) часть, графику (статические схемы, чертежи, таблицы и рисунки), анимацию, натурные видеозаписи, а также интерактивный блок [2]. В отличие от традиционных учебных изданий имеют ряд преимуществ: возможность динамического отображения материала (при помощи видеороликов, или анимации), что позволяет визуализировать сложные схемы, процессы и явления макро- и микромира, заглянуть внутрь уникального оборудования; компактность и мобильность электронных средств обучения; удобство и быстрота поиска желаемой информации; возможность объективного контроля и оценки уровня знаний и навыков пользователя в изучаемой области, реализованная посредством встроенной системы тестирования.

Для создания электронных учебников используются различные программы, такие как: Sunrav Office, HTML-редакторы, Adobe Acrobat и др. Применение данных программ позволяет компилировать электронные издания в форматы «EXE», «СНМ», «HTML», «RTF» и др. Формат «EXE» компилируется на основе HTML и позволяет создавать книги с самым разнообразным контентом, но ограничен использованием в устройствах на базе операционной системы Windows. Формат «СНМ» также ограничен использованием в устрой-



ствах на базе операционной системы Windows либо при наличии специального программного обеспечения. HTML (Hyper Text Markup Language, язык разметки гипертекста) - наиболее распространённый формат, который подходит для отображения любого текста, графики, видео, анимации и др., и неограничен в использовании на каких либо устройствах, так как является языком «Всемирной паутины». Открывая любую Web-страницу, мы открываем документ, написанный на HTML. Все Web-документы отформатированы с помощью языка HTML, и все гиперссылки, которые позволяют перемещаться со страницы на страницу, также созданы средствами языка HTML. Язык HTML имеет следующие особенности: форматирование текстовой части осуществляется с помощью команд, задающих стиль шрифта, заголовков и кадров; наличие возможности включения гиперссылок на мультимедийные файлы, Web-документы; с помощью команд языка можно создавать таблицы и форматировать текст вручную; средствами языка графические изображения можно разместить в самом HTML-документе, а изображения могут служить гиперссылками. Для просмотра документов, написанных на языке HTML используются специальные программы, называемые браузерами, которые присутствуют на любом мультимедийном устройстве

(смартфон, планшет, ноутбук и др.).

**Пример разработки электронного учебного издания по дисциплине «Механика».** Для использования в учебном процессе разработано электронное учебное пособие по дисциплине «Механика», а для его создания был выбран язык HTML, который позволил включить в пособие текстовую часть (теоретический материал, задачи и др.), графическую часть (схемы, таблицы, рисунки и др.), анимацию, видеоматериал и систему тестирования (рис. 1). Данное учебное пособие разработано как для локального доступа, так и для дистанционного. Локальная версия создана для работы на автономных устройствах и в локальной компьютерной сети. Дистанционная версия предполагает работу посредством глобальной информационной сети Интернет. Важной частью электронного пособия является наличие возможности контроля и самоконтроля при обучении. Автоматизированное самотестирование дает объективную оценку учебных достижений обучающихся. Система тестирования имеет банк вопросов и базу данных для регистрации результатов тестирования и возможностью их дальнейшего просмотра и анализа. При прохождении тестирования номера вопросов теста генерируются случайным образом, поэтому вероятность повторения одних и тех же вопросов не велика.



Рис. 1. Электронное учебное пособие по дисциплине «Механика»

Большое преимущество такого учебного пособия – масштабируемость, гибкость структуры. Каждый из разделов и каждая тема в них может быть оперативно скорректирована и дополнена новой актуальной информацией. Над каждой темой могут удаленно работать в соавторстве несколько преподавателей, общаясь посредством Интернет. Необходимо отметить, что такие электронные учебные издания являются обучающими программными системами комплексного назначения, предоставляющие обучаемому теоретический ма-

териал, обеспечивающие тренировочную учебную деятельность и контроль уровня знаний, а также информационно-поисковую деятельность, математическое моделирование с компьютерной визуализацией и сервисные функции при условии осуществления интерактивной обратной связи.

**Оценка эффективности использования электронных учебных изданий.** Применение электронных учебников в учебном процессе играет немаловажную роль и с целью определения актуальности создания электронных изданий и мас-

штабности использования их в учебном процессе нами были проведены исследования (рис. 2 и 3). Анализ исследований показал, что большая часть обучающихся (73%) используют при самостоятельной работе электронные учебно-методические пособия и учебники (рис. 1). При этом процент обучающихся, использующих электронные издания, возрастает с каждым курсом. Большинство обучающихся отмечают, что им больше нравится элек-

тронный вариант учебной литературы (рис. 2), отмечая их наглядность, мобильность, доступность, широкие возможности и удобный поиск информации. Исследования проводились среди курсантов и студентов первого, второго и третьего года обучения по специальности 20.05.01 – Пожарная безопасность и направлению подготовки 20.03.01 – «Техносферная безопасность» Ивановской пожарно-спасательной академии.

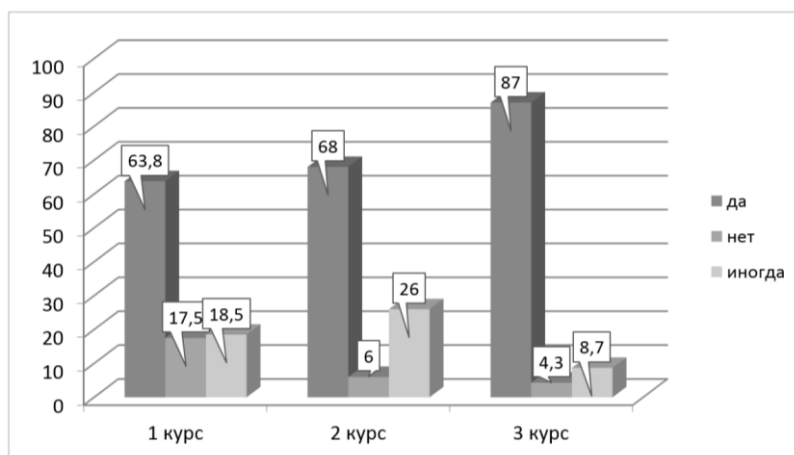


Рис. 2. Использование электронных учебно-методических пособий и учебников

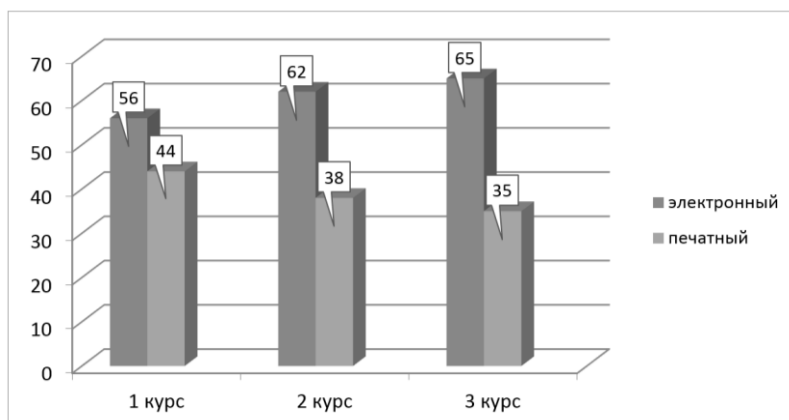


Рис. 3. Предпочитаемый вид пособий и учебников

**Выводы.** Использование электронных учебных изданий позволяет значительно повысить заинтересованность к предмету, уровень ориентирования по теме и степень усвоения материала. Электронные средства обучения являются перспек-

тивным направлением развития образования, способствуют повышению эффективности обучения, а также являются незаменимым инструментом при самостоятельной подготовке обучающегося.

#### Библиографический список

1. *Инновационные технологии при обучении графическим дисциплинам* / Легкова И.А. [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Иваново, 2014. – С. 300 – 301.
2. *ГОСТ Р 7.0.83-2013 СИБИД*. Электронные

#### References

1. *Innovatsionnyie tehnologii pri obuchenii graficheskim distsiplinam* / Legkova I.A., Zarubin V.P., Kiselev V.V., Ivanov V.E. // Pozharnaya i avariynaya bezopasnost: materialyi IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Ivanovo, 2014. – S. 300 – 301.

издания. Основные виды и выходные сведения.

3. *Изучаем HTML, XHTML и CSS*. – СПб.: Питер, 2012. – 656 с.

4. *Реализация информационных и профессионально-ориентированных образовательных технологий в учебном процессе* / Покровский А.А., Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. // Материалы VII Международной научно-методической конференции «Современные проблемы профессионального образования». Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – С. 44 – 49.

2. *GOST R 7.0.83-2013 SIBID*. Elektronnyie izdaniya. Osnovnyie vidy i vyihodnyie svedeniya.

3. *Izuchaem HTML, XHTML i CSS*. – SPb.: Piter, 2012. – 656 s.

4. *Realizatsiya informatsionnyih i professionalno-orientirovannyih obrazovatelnyih tehnologiy v uchebnom protsesse* / Pokrovskiy A.A., Kiselev V.V., Toporov A.V., Puchkov P.V. // Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Sovremennyye problemy professionalnogo obrazovaniya». Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2015. – S. 44 – 49.

## FEATURES OF THE ELECTRONIC TEXTBOOKS USE

*The distinctive features of electronic textbooks comparing the printed textbooks are considered. The advantages of the electronic textbooks used in the learning process described. The results of students self-training by using of electronic textbooks are shown.*

*Keywords: electronic publishing, manuals, textbooks.*

**Иванов Виталий Евгеньевич,**

*старший преподаватель, к.т.н.,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;*

*Россия, г. Иваново*

*e-mail: vitaliyivanov@yandex.ru.*

**Ivanov Vitaly E,**

*Senior teacher, candidate of engineering sciences;*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia;*

*Russia, Ivanovo.*

**Легкова Ирина Анатольевна,**

*доцент, к.т.н.,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;*

*Россия, г. Иваново*

*e-mail: legkovai@mail.ru.*

**Legkova Irina A.,**

*Assistant professor, assistant professor, candidate of engineering sciences,*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo.*

**Никитина Светлана Александровна,**

*доцент, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

*Россия, г. Иваново.*

**Nikitina Svetlana A,**

*Assistant professor, assistant professor, candidate of engineering sciences*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia;*

*Russia, Ivanovo.*

**Покровский Аркадий Алексеевич,**

*доцент, к.т.н.,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.*

*Россия, г. Иваново.*

**Pokrovskiy Arkadiy A,**

*Assistant professor, candidate of engineering sciences*

*Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, ., .*

*Russia, Ivanovo.*

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОДБОРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТИНГЕНТА ОБУЧАЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ТИПА

*Л.В. Квасова*

*Анализируются такие критерии формирования контингента обучаемых, как соответствие аттестационным требованиям, ресурсные возможности образовательной среды, направления подготовки в соответствии с профессиональными затруднениями или пробелом / устареванием знаний и предлагается алгоритм действий с учетом имеющихся ограничений.*

**Ключевые слова:** *оптимизация, рационализация, алгоритм деятельности.*

Эффективное функционирование любой обучающей системы определяется рациональным подбором и распределением контингента обучаемых. Основой формирования контингента и распределения его между направлениями подготовки является выявление соответствия знаний, умений, навыков персонала аттестационным требованиям по каждой профессиональной группе. Для этих целей используется профессиональное тестирование. Научно обоснованная система тестирования опирается на автоматизацию и оптимизацию процесса формирования тестовых аттестационных заданий. Для образовательной системы повышения квалификации управление отбором обучаемых и грамотным распределением по направлениям подготовки является системообразующим и базовым элементом. Началом рационального управления является момент, когда по информации, полученной в ходе автоматизированного тестирования, определяется общая потребность в повышении квалификации и с учетом ресурсных ограничений оптимальное распределение контингента в рамках соответствующих профессиональным группам направлений подготовки. Наряду с распределением по направлениям осуществляется распределение по временным периодам учебного года.

Другим компонентом, связанным с совершенствованием организационной структуры, является альтернативный характер учебных программ по каждому направлению [1].

Источником информации при решении этой задачи являются результаты тестовой оценки соответствия уровня подготовки персонала аттестационным требованиям. Для повышения достоверности этой информации целесообразна автоматизация профессионального тестирования на основе новых информационных технологий в обучении. Автоматизация профессионального тестирования является и складывается из следующих процедур автоматизации: формирования профессиональных тестов, проведения профессионального экзамена, оценки результатов тестирования.

Именно первая процедура относится к оценке содержательной части образовательного процесса. Рассмотрим ряд алгоритмических схем, позволяющих использовать компьютерные технологии для создания профессиональных тестов разного уровня. Исходной информацией для их реализации являются:

- инвариантные задачи деятельности персонала фирмы;
- задачи деятельности, связанные с профессиональной специализацией;
- базовые элементы знаний, ориентированные на динамику инновационных технологий.

Система автоматизированного формирования построена путем интеграции информационного обеспечения и управляющих программ. Информационное обеспечение структурировано в виде следующей совокупности файлов: инвариантная часть формулировок профессиональных заданий (ИФЗ); объекты деятельности (ОД); ситуации (С); условия (У); элементы укрупненного алгоритма деятельности специалиста в форме заданий (ЭДЗ); элементы укрупненного алгоритма деятельности персонала в форме ответов (ЭДО); элементы фундаментальной подготовки персонала (ЭФП) в форме заданий и ответов; элементы подготовки персонала по инновационным технологиям (ЭИП) в форме заданий и ответов.

Инвариантная часть формулировок имеет ряд разновидностей:

- выберите (обоснуйте) следующие элементы ОД;
- выберите (обоснуйте) наиболее эффективный для данного ОД элемент укрупненного алгоритма деятельности из заданных нескольких вариантов.

Элементы укрупненного алгоритма деятельности персонала фундаментальной и инновационной подготовки представляются в трех формах по уровням сформированности на репродуктивном (Р) уровне, эвристическом (Э) уровне, творческом (Т) уровне.

Управляющая программа поддерживает сценарии диалога с разработчиком профессиональных тестов и обеспечивает автоматическую сборку по определенным схемам элементов информационного обеспечения, расчеты, оценки, документирование. Сценарии диалога и соответствующие им алгоритмические схемы ориентированы на две формы профессионального тестирования: систему квалификационных заданий (КЗ); систему профессиональных тестов (ПТ). Отличие между этими формами определяется рядом характеристик.

Для квалификационных заданий характерны единая цель инвариантной формулировки задания и

локальных вопросов, режим разделения времени между выдачей задания, его выполнением и оценкой и коллективное принятие решения экспертами по оценке выполненного КЗ.

Для профессиональных тестов необходимы такие составляющие как разнородность элементов, составляющих профессиональный тест, режим реального времени выдачи задания, его выполнения и оценки, автоматическое принятие решения.

В соответствии с приведенными характеристиками реализованы алгоритмические схемы сборки элементов информационного обеспечения при автоматизированном формировании КЗ и ПТ.

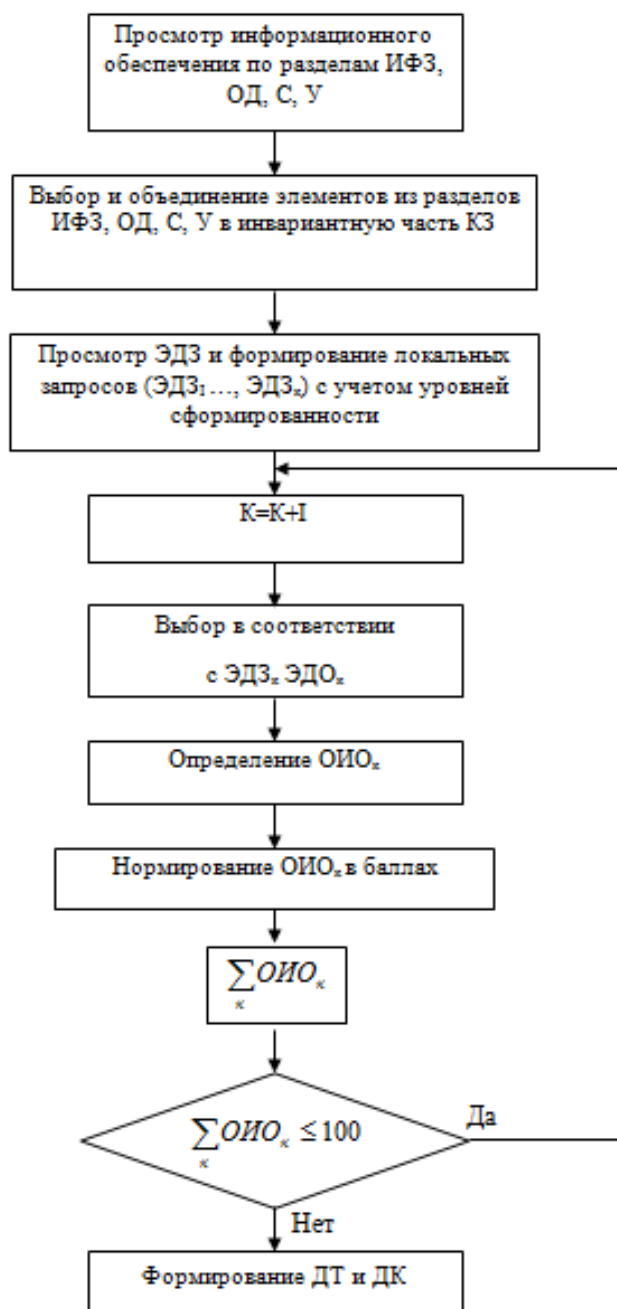


Рис. 1. Структурная схема алгоритма формирования квалификационного задания

При формировании КЗ, исходя из инвариантной формулировки задания, разработчик применительно к определенному им ОД и ситуации (условию) подбирает локальные вопросы из блока ЭДЗ, учитывая некоторое соотношение вопросов КЗ по уровням сформированности репродуктивный – 50%, эвристический – 25%, творческий – 25%. Эта часть КЗ выдается тестируемому (документ тестируемого ДТ). Автоматически формируется из блока ЭДО эталонный ответ, который предъявляется разработчику для оценки информационного объема (ОИО) каждого элемента в зависимости от его структуры и ориентации на определенный уровень сформированности по специальному сценарию. В результате составляется документ для последующей балльной оценки (до 100 баллов) ответа выпускника (документ комиссии - ДК). Алгоритмическая схема сборки и документирования показана на рис. 3.1 [2].

Профессиональный тест представляет собой набор некоторого числа элементарных тестов (ЭТ) в безальтернативной или альтернативной форме:

$$ПТ = (ЭТ_1, ЭТ_2, \dots, ЭТ_N).$$

Элементарный тест в безальтернативной форме – это конкретный вопрос, сформированный либо из элементов укрупненного алгоритма деятельности, либо из элементов фундаментальной (инновационной) подготовки и имеющий однозначный ответ, правильность которого проверяется в автоматическом режиме (АРП) по соответствующему ответу в информационном обеспечении. Алгоритмическая схема сборки и проверки имеет следующий вид [144]:

$$ЭТ = ИФЗ \rightarrow ОД (С, У) \rightarrow ЭДЗ (ЭФЗП, ЭИПЗ) \rightarrow АРП.$$

Элементарные тесты в альтернативной форме имеют несколько разновидностей, связанных с возможностью выявления эффективных связей между объектом деятельности, ситуациями, условиями и элементами укрупненного алгоритма деятельности. Представим соответствующие схемы для управляющих программ [144]:

#### Библиографический список

1. *Квасова Л.В., Константинова В.В.* Рационализация организационной структуры внутрифирменной системы повышения квалификации / Л.В. Квасова, В.В. Константинова // Управление в социальных и экономических системах: Межвуз. сб. науч. тр.- Воронеж: ВГТУ, 2006.

$$\begin{aligned} ЭТ = ИФЗ \rightarrow ОД &\rightarrow \begin{cases} ЭДО_1 \\ \vdots \\ ЭДО_k \end{cases} \rightarrow АРП; \\ ЭТ = ИФЗ \rightarrow ЭДЗ &\rightarrow \begin{cases} ОД_1 \\ \vdots \\ ОД_k \end{cases} \rightarrow АРП; \\ ЭТ = ИФЗ \rightarrow С(У) &\rightarrow \begin{cases} ЭДО_1 \\ \vdots \\ ЭДО_k \end{cases} \rightarrow АРП; \\ ЭТ = ИФЗ \rightarrow ЭДЗ &\rightarrow \begin{cases} С_1(У_1) \\ \vdots \\ С_k(У_k) \end{cases} \rightarrow АРП. \end{aligned}$$

Автоматизированное формирование профессионального теста из элементарных тестов требует решения следующих задач [144]:

оценка среднего времени выполнения ЭТ –  $T_h (h = \overline{I, N})$  по значению информационного объекта;

оценка значимости теста по комплексу показателей;

оптимальный набор ЭТ по заданным условиям и полученным оценкам.

Для оценки значимости предлагаются следующие составляющие:

- значимость для базисной составляющей (ЗБС);

- значимость для инновационных технологий (ЗИТ);

- значимость для организационно-управленческой деятельности (ЗОУ);

- значимость для выявления творческого компонента деятельности (ЗТ);

- значимость фундаментальной подготовки для адаптации специалиста в рыночных условиях (ЗФП).

Оценки значимости формируются на основе экспертного метода, использованного при определении значимости элементов содержания обучения в [20].

#### References

1. *Kvasova L.V., Konstantinova V.V.* Ratsionalizatsiya organizatsionnoy strukturyi vnutfirmennoy sistemyi povysheniya kvalifikatsii / L.V. Kvasova, V.V. Konstantinova // Upravlenie v sotsialnyh i ekonomicheskikh sistemah: Mezhvuz. sb. nauch. tr.- Voronezh: VGTU, 2006.

2. **Квасова Л.В., Константинова В.В., Фролов В.Н.** Анализ и пути повышения эффективности внутрифирменной системы повышения квалификации / Л.В. Квасова, В.В. Константинова, В.Н. Фролов // Информационные технологии: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж, 2005.

2. **Kvasova L.V., Konstantinova V.V., Frolov V.N.** Analiz i puti povyisheniya effektivnosti vnutfirmennoy sistemyi povyisheniya kvalifikatsii / L.V. Kvasova, V.V. Konstantinova, V.N. Frolov // Informatsionnyie tehnologii: Materialyi Vseros. nauch.-prakt. konf. Voronezh, 2005.

## **MANAGING THE PROCESS OF RATIONAL SELECTION AND DISTRIBUTION OF THE STUDENTS CONTINGENT IN THE MODERN EDUCATIONAL SYSTEM**

*The article deals with criteria for the relevance of the trainees contingent requirements, resource features and possibilities of educational establishment, training areas in accordance with professional difficulties or obsolescence of knowledge. An action algorithm is proposed taking into account existing constraints.*

**Key words:** *optimization, rationalization, the algorithm of activity.*

**Квасова Людмила Валентиновна,**

*д.т.н., профессор,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, Воронеж*

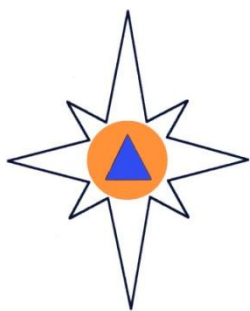
**Kvasova L.V.**

*D.Sc. In engineering, Prof.,*

*Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Voronezh*





## ИЗБРАННЫЕ ДОКЛАДЫ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

УДК: 614.841

### ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ДЕТЕРМИНИРУЮЩИХ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОЖАРНЫЕ РИСКИ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ РЕГИОНОВ РОССИИ, НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОДХОДА

*С.Н. Тростянский, А.М. Гаврилов*

*На основе анализа панельных данных по регионам России моделями со случайным эффектом, получены количественные зависимости интегральных пожарных рисков: риска для человека за год столкнуться с пожаром в жилом секторе и риска человека погибнуть за год в результате пожара в жилом секторе, от набора региональных социально-экономических факторов, а также от региональных показателей времени оперативного реагирования ГПС МЧС на пожары.*

**Ключевые слова:** интегральные пожарные риски, экономический подход, социально-экономические факторы.

**Введение.** Для выработки долгосрочной стратегии управления пожарными рисками в регионах Российской Федерации, с целью их минимизации, актуально проведение эмпирического исследования влияния на интегральные пожарные риски региональных социально-экономических факторов и региональных показателей времени оперативного реагирования ГПС МЧС на пожары, на основе эконометрического анализа доступных статистических данных. Представляет интерес сравнение результатов факторной зависимости интегральных пожарных рисков, полученных на основе эконометрического анализа, с результатами зависимости интегральных пожарных рисков от экономических факторов, полученными на основе теории рационального правонарушителя [1].

Результаты комплексного исследования пожарных рисков в России, представленные в работе [2], показывают, что основная доля пожаров и человеческих жертв от пожаров приходится на здания жилого сектора. При этом, большая часть таких пожаров произошла по вине "человеческого", то есть "социального фактора".

Обозначим интегральный пожарный риск, связанный с вероятностью столкновения человека с пожаром в жилом секторе за единицу времени, как  $R_{1z}$  [3]. Интегральный риск  $R_{2z}$  связан с вероятностью для человека погибнуть во время пожара в

жилом секторе [3]. Интегральный пожарный риск  $R_{3z}$  связан с вероятностью для человека погибнуть от пожара в жилом секторе за единицу времени [3]. Для пожарных рисков имеет место соотношение [3]:  $R_{3z} = R_{1z}R_{2z}$ .

Связь между риском  $R_{1z}$  и вероятностью возникновения пожара  $p_z$  за год в домохозяйствах жилого сектора региона можно определить соотношением

$$R_{1z} = p_z 10^3 \frac{N_z}{N} \quad (1)$$

где  $N_z$  - количество домохозяйств в регионе;  $N$  - численность населения региона.

На основании того, что определяющую роль в возникновении пожаров в жилом секторе имеет "человеческий фактор", в частности, неосторожное обращение с огнем, другие виды действия или бездействия, приводящие к возникновению пожаров в жилом секторе, для вероятности  $p_z$  возникновения пожара за год в домохозяйствах жилого сектора региона можно записать соотношение:

$$\begin{aligned} p_z &= p_{z0} + p_{zp} = p_{z0} + k_z C_z = \\ &= p_{z0} + k_z K_p / K_0 \end{aligned} \quad (2)$$

где  $p_z$  - вероятность возникновения пожаров в домохозяйствах региона за год;  $p_{z0}$  - составляю-

щая вероятности  $p_z$  не связанная напрямую с человеческим фактором;  $p_{zp}$  - составляющая вероятности  $p_z$  связанная с нарушениями членами домохозяйств в области пожарной безопасности своих домохозяйств, то есть с совершением действий или бездействий со стороны индивидов, способствующих возможности возникновения пожара в домохозяйствах;  $k_z$  - региональный коэффициент пропорциональности между вероятностью  $p_{zp}$  и множителем  $C_z = K_p / K_0$ , определяющим соотношение количества  $K_p$  домохозяйств, с нарушениями в области пожарной безопасности, к общему количеству  $K_0$  домохозяйств в жилом секторе региона.

Так как  $p_{zp}$  - вероятность возникновения пожаров, обусловленных человеческим фактором, среди домохозяйств региона за год, связана с нарушениями со стороны членов домохозяйств в области пожарной безопасности, то такие нарушения можно рассматривать как разновидности правонарушений или преступлений в области общественной безопасности. В то же время, для анализа вероятности правонарушений и преступлений актуально применение теории рационального правонарушителя Беккера [4].

В данной ситуации, рациональность правонарушителя пожарной безопасности в жилом секторе означает, что правонарушение происходит только в том случае, если ожидаемая дополнительная полезность  $V_z$  от его совершения превышает возможные в случае пожара суммарные убытки от пожара в домохозяйстве  $U_{sz}$ . То есть выполняется соотношение:

$$(1 - p_z)V_z > p_z U_{sz} \quad (3)$$

При этом считается, что потенциальный правонарушитель на основе своего либо чужого опыта может оценивать вероятность возникновения пожара  $p_z$  за год в домохозяйствах региона.

При оценке вероятности нарушений в области пожарной безопасности своего жилья, на основе гипотезы рационального правонарушителя, учитывается, что последний, в качестве ожидаемой дополнительной полезности  $V_z$  может рассматривать: экономии на расходах по обеспечению пожарной безопасности домохозяйства, экономический эквивалент удовлетворения от алкоголя или других провоцирующих пожарную опасность привычек, а в качестве суммарных убытков  $U_{sz}$  при возникновении пожара в домохозяйстве:

$$U_{sz} = U_z + E_z R_{2z} / 10^2 \quad (4)$$

где  $U_z$  - прямые материальные убытки от пожара в домохозяйстве;  $R_{2z}$  - риск связанный с вероятностью гибели человека при пожаре в жилом секторе [3];  $E_z$  - экономический эквивалент человеческой жизни в жилом секторе [5].

**Результаты, полученные на основе панельных данных.** Для определения влияния социально-экономических факторов на уровень пожар-

ных рисков в жилом секторе в регионах России проведем анализ панельных данных на основе моделей со случайным эффектом [6]. Модели со случайным эффектом описываются уравнением  $y_{it} = \beta x_{it} + u_i + c + \varepsilon_{it}$ , где  $y_{it}$  - объясняемая переменная;  $x_{it}$  - объясняющая переменная;  $u_i$  - являются случайными инвариантными по времени для каждой экономической единицы,  $\varepsilon_{it}$  - ошибка модели, а  $c$  - константа. В моделях со случайным эффектом предполагается что индивидуальные отличия носят случайный характер. Для расчета моделей со случайными эффектами следует использовать обобщенный метод наименьших квадратов (GLS), который реализован в пакете plm программы R.

Информационную базу для анализа составили панельные данные по 82 регионам РФ (исключен 1 регион, не имеющий полного набора данных) за 2006 – 2012 гг.. Информация по пожарной статистике и показателям времени оперативного реагирования на пожары была получена из данных регистрируемых Государственной противопожарной службой МЧС России, а социальные и экономические показатели для регионов и показатели инфляции были взяты из публикаций Росстата.

Полагая, что риск  $R_{1z}$  столкновения человека за год с пожаром в жилом секторе и риск  $R_{3z}$  гибели человека за год при пожаре в жилом секторе, являются линейными функциями от различных факторов, и агрегируя по населению региона, построим линейную модель со случайным эффектом для описания пожарных рисков, в зависимости от набора независимых переменных:

$$R_{1zit} = a_1 R_{2zit} + a_2 U_{zit} + a_3 D_{it} + a_4 J_{it} + a_5 A_{it} + a_6 Z_{it} + a_7 G_{it} + a_8 S_{it} + a_9 T_{it} + a_{10} t_{it} + C_1 \quad (5)$$

$$R_{3zit} = b_1 U_{zit} + b_2 D_{it} + b_3 J_{it} + b_4 A_{it} + b_5 Z_{it} + b_6 G_{it} + b_7 S_{it} + b_8 T_{it} + b_9 t_{it} + C_2 \quad (6)$$

где нижние индексы  $i$  и  $t$  обозначают регион и год соответственно; зависимая переменная в уравнении (5)  $R_{1zit}$  - риск столкновения человека за год с пожаром в жилом секторе; зависимая переменная в уравнении (6)  $R_{3zit}$  - риск гибели человека за год при пожаре в жилом секторе; независимая переменная в уравнении (5)  $R_{2zit}$  - риск гибели человека во время пожара в жилом секторе; независимые переменные в (5) и (6):  $U_{zit}$  - средний материальный ущерб от одного пожара в жилом секторе в тысячах рублей, с учетом инфляции относительно 2006 года, принимая за исходный - средний материальный ущерб от одного пожара в жилом секторе в 2006 году;  $D_{it}$  - средние денежные доходы населения в тысячах рублей, с учетом инфляции относительно 2006 года, принимая за исходные – средние денеж-

ные доходы в тысячах рублей в 2006 году;  $J_{it}$  - коэффициент Джини в регионах (мера неравенства в доходах);  $A_{it}$  - число больных с впервые в жизни установленным диагнозом психотического расстройства, связанного с употреблением алкоголя и синдрома зависимости от алкоголя, взятых под диспансерное наблюдение психоневрологическими и наркологическими учреждениями на  $10^5$  человек населения региона (этот показатель может характеризовать уровень злоупотребления алкоголем среди населения соответствующего региона);  $Z_{it}$  - процент ветхого и аварийного жилья в регионе;  $G_{it}$  - процент городского населения в регионе;  $S_{it}$  - процент студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования в населении региона;  $T_{it}$  - средняя температура января в градусах Цельсия в регионе;  $t_{it}$  - среднее время по региону (в минутах) прибытия на пожар первых пожарных подразделений;  $C_j$  - постоянная, включающая неучтенные факторы.

С применением пакета `plm` программы R, получены результаты идентификации параметров моделей для уравнений (5) и (6) на основе регрессионного анализа панельных данных. Для пожарных рисков  $R_{1zit}$  и  $R_{3zit}$  получены коэффициенты их линейной зависимости от набора независимых переменных. Кроме значений коэффициентов, рассчитаны также значения их стандартных ошибок и уровней доверия.

Адекватность моделей для уравнений (5) и (6) подтверждается высокими значениями статистики Вальда: 499,33 и 492,89. Согласно расчетам, индивидуальные эффекты, учтенные в данных моделях, формируют более 85% вариации зависимых переменных.

Значение экономического эквивалента человеческой жизни  $E_z$  для жилого сектора в России можно оценить представив уравнение (5) в виде:

$$R_{1zit} = a_2(a_1 R_{2zit} / a_2 + U_{zit}) + a_3 D_{it} + a_4 J_{it} + a_5 A_{it} + a_6 Z_{it} + a_7 G_{it} + a_8 S_{it} + a_9 T_{it} + a_{10} t_{it} + C_1 \quad (7)$$

С учетом соотношения (4), уравнение (5) можно также записать в виде:

$$R_{1zit} = a_2(E_z R_{2zit} / 10^2 + U_{zit}) + a_3 D_{it} + a_4 J_{it} + a_5 A_{it} + a_6 Z_{it} + a_7 G_{it} + a_8 S_{it} + a_9 T_{it} + a_{10} t_{it} + C_1. \quad (8)$$

Из сравнения (7) и (8) следует, что значение экономического эквивалента человеческой жизни  $E_z$  для жилого сектора в России определяется по формуле:

$$E_z = 10^2 \cdot a_1 / a_2 \quad (9)$$

С учетом значений и размерностей коэффициентов  $a_2$  и  $a_3$  имеем:

$E_z = 9195$  [тыс. руб./жертва], с учетом инфляции относительно 2006 года.

Полученная оценка экономического эквивалента человеческой жизни в жилом секторе в России близко согласуется со значением этого показателя, рассчитанного для России по методике оценки экономического эквивалента стоимости жизни человека, основанной на том, что экономический эквивалент жизни среднестатистического человека равен отношению среднедушевого располагаемого денежного годового дохода к средней вероятности смерти в течение года [5]. Из расчетов работы [5], это значение для России в 2009 году составляло 12472 тыс. руб., что соответствовало 9038 тыс. руб., с учетом официальной инфляции относительно 2006 года. Такое согласование величины  $E_z$ , полученного из модели (1), со значением экономического эквивалента человеческой жизни, полученного по методике [5], подтверждает корректность модели (1) в применении к оценке риска столкновения человека за год с пожаром в жилом секторе регионов Российской Федерации и согласуется с моделью рационального правонарушителя.

Результаты регрессионного анализа для  $R_{1z}$  корректно согласуются с представленной выше моделью рационального правонарушителя. Действительно, согласно модели рационального правонарушителя, на основе результатов работы [1] из соотношений (1) и (4), следует соотношение:

$$\frac{dR_{1z}}{d \ln(U_{szit})} < 0 \quad (10)$$

где  $U_{szit}$  - медианное значение по всем домохозяйствам региона величины суммарных убытков от пожаров. Из соотношения (10) следует обратная зависимость  $R_{1z}$  от факторов, определяющих величину возможных убытков членов домохозяйств при пожаре: средних значений  $U_z$  и  $R_{2z}$ , а также от величины  $D$  - средних денежных доходов населения, с учетом инфляции, величина которых должна положительно коррелировать с величиной среднего значения материального ущерба  $U_z$  от одного пожара в жилом секторе. Именно такая отрицательная зависимость  $R_{1z}$  от факторов:  $R_{2z}$ ,  $U_z$ ,  $D$  получена на основе регрессионного анализа панельных данных с 2006 по 2012 годы по регионам РФ ( $a_1 < 0$ ;  $a_2 < 0$ ;  $a_3 < 0$ ). Положительная зависимость  $R_{1z}$  от коэффициента Джини  $J_{it}$  ( $a_4 > 0$ ), также корректно согласуется с моделью рационального правонарушителя. Действительно, на основе выкладок работы [1], показано, что интегральный риск  $R_{1z}$  изменяется при изменении индекса Джини  $J$ , в соответствии с соотношением:

$$dR_{1z} / dJ > 0, \text{ при} \quad (11)$$

$$(1 - p_z) V_{z\mu} < p_z U_{sz\mu},$$

где  $p_z$  - вероятность возникновения пожаров в год в жилом секторе;  $V_{z\mu}$  - медианное значение по всем домохозяйствам региона величины дополнительной полезности от совершения правонарушений, связанных с нарушением пожарной безопасности;  $U_{sz\mu}$  - медианное значение по всем домохозяйствам региона величины суммарных убытков от пожаров. Так как, согласно (4), в суммарные убытки от пожаров  $U_{sz}$  входит слагаемое  $E_z R_{2z} / 10^2$ , связанное с возможными жертвами во время пожаров в домохозяйствах, то учитывая большое значение величины  $E_z R_{2z}$ , для жилого сектора, условие (11) выполняется. Это соответствует, полученной при анализе панельных данных, положительной зависимости интегрального риска  $R_{1z}$  от  $J$  - коэффициента Джини в регионах.

**Анализ возможностей среднесрочного прогнозирования пожарных рисков.** Рассмотрим возможности эконометрического подхода, с применением моделей со случайным эффектом, для среднесрочного прогнозирования влияния детерминирующих факторов на интегральные пожарные риски в регионах России. Информационную базу для исследования таких среднесрочных прогностических моделей составили панельные данные по 82 регионам РФ (исключен 1 регион, не имеющий полного набора данных) за 2006 – 2010 гг. и аналогичные данные за 2006 – 2012 гг.. Информация по пожарной статистике и показателям времени оперативного реагирования на пожары была получена из данных регистрируемых Государственной противопожарной службой МЧС России, а социальные и экономические показатели для регионов и показатели инфляции были взяты из публикаций Росстата.

При прогнозировании интегральных пожарных рисков для регионов России, целесообразно включить в модели со случайным эффектом только те независимые переменные, определяющие детерминирующие пожары факторы, которые сами независимы от пожарных рисков и которые возможно корректно оценить или задать для прогнозируемого года и региона, поэтому целесообразно не включать в набор объясняющих переменных факторы  $R_{2z}$  и  $U_z$ . С учетом этого построим следующие модели для прогнозирования интегральных рисков на  $m$  лет:

$$\begin{aligned} R_{1zi(t+m)} = & c_1 D_{i(t+m)} + c_2 J_{i(t+m)} + \\ & + c_3 A_{i(t+m)} + c_4 Z_{i(t+m)} + c_5 G_{i(t+m)} + \\ & + c_6 S_{i(t+m)} + \\ & + c_7 T_{i(t+m)} + c_8 t_{i(t+m)} + C_3 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} R_{3zi(t+m)} = & d_1 D_{i(t+m)} + d_2 J_{i(t+m)} + \\ & + d_3 A_{i(t+m)} + d_4 Z_{i(t+m)} + \\ & + d_5 G_{i(t+m)} + d_6 S_{i(t+m)} + \\ & + d_7 T_{i(t+m)} + d_8 t_{i(t+m)} + C_4 \end{aligned} \quad (13)$$

В уравнениях (12) и (13) коэффициенты  $c_i$  и  $d_i$  находятся на основе ретроспективных панельных данных, с применением пакета `plm` программы R, а за значения факторов принимаются оцениваемые значения этих факторов на прогнозируемый год.

Об адекватности моделей по панельным данным 2006 – 2010 гг. и 2006 – 2012 гг. для уравнений (12) и (13) свидетельствуют высокие значения статистики Ваальда. Выражения  $\text{corr}(u_i, X) = 0$  отражают состоятельность оценок моделей.

Проанализируем на устойчивость коэффициенты независимых переменных с высокими уровнями доверия, для этого рассчитаем относительное изменение коэффициентов, полученных из панельных данных за период 2006 – 2010 гг. и 2006 – 2012

гг., по формуле:  $\delta k_i = \frac{|k_i^{2012} - k_i^{2010}|}{k_i^{2012}} \cdot 100\%$ . На-

ходим при этом следующие значения: для прогнозирования  $R_{1z}$ :  $\delta c_1 = 21,9\%$ ;  $\delta c_3 = 28,6\%$ ;  $\delta c_5 = 5,6\%$ ; для прогнозирования  $R_{3z}$ :  $\delta d_1 = 17,4\%$ ;  $\delta d_3 = 27,8\%$ ;  $\delta d_5 = 7,0\%$ ;  $\delta d_8 = 27,7\%$ . При этом относительные ошибки в

оценке самих коэффициентов  $\Delta k_i = \frac{1}{z} 100\%$ , со-

ставляют для соответствующих значимых коэффициентов по данным за период 2006 – 2010 гг.:  $\Delta c_1 = 15,7\%$ ;  $\Delta c_3 = 20,8\%$ ;  $\Delta d_1 = 17,6\%$ ;  $\Delta d_3 = 14,6\%$ ;  $\Delta d_5 = 25,0\%$ ;  $\Delta d_8 = 21,0\%$ , что примерно согласуется с оценками, полученными для  $\delta k_i$ . Для панельных данных за период 2006 – 2012 гг. относительные ошибки  $\Delta k_i$  уменьшаются:  $\Delta c_1 = 9,2\%$ ;  $\Delta c_2 = 14,4\%$ ;  $\Delta c_3 = 9,6\%$ ;  $\Delta c_5 = 19,5\%$ ;  $\Delta d_1 = 10,8\%$ ;  $\Delta d_2 = 26,8\%$ ;  $\Delta d_3 = 9,8\%$ ;  $\Delta d_5 = 23,6\%$ ;  $\Delta d_8 = 15,5\%$ .

Таким образом, максимальные относительные ошибки:  $\delta k_i$  и  $\Delta k_i$  коэффициентов моделей для среднесрочного прогнозирования  $R_{1z}$  не превышают 29% и для среднесрочного прогнозирования  $R_{3z}$  не превышают 28%.

Сравнение экспериментальных значений  $R_{1ze}$  и  $R_{3ze}$ , полученных из пожарной статистики для жилого сектора Российской Федерации в целом

за 2012 год и значений  $R_{1zm}$  и  $R_{3zm}$ , полученных из расчетов по моделям для уравнений (12) и (13) показало, что при этом модули относительной ошибки моделей составляют:

$$\Delta R_{1z} = \frac{|R_{1ze2012} - R_{1zm2012}|}{R_{1ze2012}} \cdot 100\% = 12,6\% ;$$

$$\Delta R_{3z} = \frac{|R_{3ze2012} - R_{3zm2012}|}{R_{3ze2012}} \cdot 100\% = 2,8\% ;$$

при этом относительное изменение с 2010 по 2012 год величин интегральных рисков:

$$\delta R_{1z} = \frac{|R_{1ze2012} - R_{1ze2010}|}{R_{1ze2012}} \cdot 100\% = 13,6\% ;$$

$$\delta R_{3z} = \frac{|R_{3ze2012} - R_{3ze2010}|}{R_{3ze2012}} \cdot 100\% = 13\% .$$

Таким образом, из анализа относительных ошибок коэффициентов среднесрочных прогностических моделей и относительных ошибок результатов среднесрочных прогностических моделей для интегральных пожарных рисков в жилом секторе

$R_{1z}$  и  $R_{3z}$  следует, что величина ошибок прогноза позволяет дать значимую информацию в случае резкого изменения экономических условий и связанного с этим существенного изменения интегральных пожарных рисков  $R_{1z}$  и  $R_{3z}$ .

**Заключение.** Результаты анализа панельных данных по регионам России на основе моделей со случайным эффектом, позволяют представить количественные зависимости  $R_{1z}$  и  $R_{3z}$  как линейные функции от набора соответствующих региональных показателей. Полученные результаты корректно согласуются с результатами применения к пожарным рискам модели рационального правонарушителя. Анализ возможностей использования моделей со случайным эффектом для среднесрочного прогнозирования интегральных пожарных рисков показывает, что величина ошибок прогноза позволяет дать значимую информацию в случае резкого изменения экономических условий и связанного с этим существенного изменения интегральных пожарных рисков  $R_{1z}$  и  $R_{3z}$ .

#### Библиографический список

1. **Тростянский С.Н., Зенин Ю.Н.** Применение модели рационального правонарушителя к оценке вероятности возникновения пожаров в жилом секторе // Вестник Воронежского института МВД России / С.Н. Тростянский, Ю.Н. Зенин. – №3.–2014. – С.58 - 65.
2. **Основы теории пожарных рисков и ее приложение: монография** / Н.Н. Брушлинский [и др.]. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.
3. **Пожарные риски.** Выпуск 1. Основные понятия / Н.Н. Брушлинский [и др.]. – М.: Национальная академия наук пожарной безопасности, 2004. – 47 с.
4. **Becker G.** Crime and Punishment: An Economic Approach / **G. Becker** // Journal of Political Economy. – 76. – 1968. – P. 169 – 217.
5. **Востоков В.Ю., Минаева Я.В., Чяснавичус Ю.К.** К вопросу определения экономического эквивалента стоимости жизни среднестатистического человека / В.Ю. Востоков, Я.В. Минаева, Ю.К. Чяснавичус // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. - 2011. - №1. - С.38 - 42.
6. **Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А.** Эконометрика. Начальный курс: учеб.-6-е издание переаб. и доп. / Я.Р. Магнус, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий – М.: Дело, 2004. – 576 с.

#### References

1. Trostjanskij S.N., Zenin Ju.N. Primenenie modeli racional'nogo pravonarushitelja k ocenke verojatnosti vznikovenija pozharov v zhilom sektore / S.N. Trostjanskij, Ju.N. Zenin // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. – №3.–2014. – S.58 - 65.
2. Osnovyi teorii pozharnyh riskov i ee prilozhenie: monografiya / N.N. Brushlinskiy [i dr.]. – M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2012. – 192 s.
3. **Pozharnyie riski.** Vyipusk 1. Osnovnyie ponyatiya / N.N. Brushlinskiy [i dr.]. – M.: Natsionalnaya akademiya nauk pozharnoy bezopasnosti, 2004. – 47 s.
4. **Becker G.** Crime and Punishment: An Economic Approach / **G. Becker** // Journal of Political Economy. – 76. – 1968. – P. 169 – 217.
5. **Vostokov V.Yu., Minaeva Ya.V., Chyasnavichus Yu.K.** K voprosu opredeleniya ekonomicheskogo ekvivalenta stoimosti zhizni srednestatisticheskogo cheloveka / V.Yu. Vostokov, Ya.V. Minaeva, Yu.K. Chyasnavichus // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta gps mchs Rossii. - 2011. - №1. - S.38 - 42.
6. **Magnus Ya.R., Katyishev P.K., Peresetskiy A.A.** Ekonometrika. Nachalnyiy kurs: ucheb.-6-e izdanie pereab. i dop / Ya.R. Magnus, P.K. Katyishev, A.A. Peresetskiy. – M.: Delo, 2004. – 576 s.

**STUDY FACTORS DETERMINING INTEGRAL  
FIRE RISK IN THE RESIDENTIAL SECTOR REGIONS OF RUSSIA,  
ON THE BASIS ECONOMIC APPROACH**

*A quantitative dependence of integrated fire hazards was obtained based on the analysis of a random effect model over the panel data for various regions of Russia: risk for a man to meet a fire in the residential sector per year and risk for a man to perish as a result of the fire in the residential sector per year based on the values of of social-economic regional factors as well as regional performance of operative response time to fire emergency calls of the State Firefighting Service of EMERCOM of Russia.*

**Keywords:** *enternalnye fire risks, an economic approach, socio-economic factors.*

**Тростянский Сергей Николаевич,**

*д.т.н., проф.,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России;*

*e-mail: trostyansky2012@yandex.ru,*

*Россия, г. Воронеж.*

**Trotyanskij Sergey Nikolaevich,**

*Professor, Doctor of Technical Sciences, Docent*

*Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia*

*Russia, Voronezh*

**Гаврилов Александр Михайлович,**

*ВРИД начальника,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, Воронеж.*

**Gavrilov Aleksandr Mikhailovich,**

*Acting director*

*Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia*

*Russia, Voronezh*

## ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

**В.И. Кудряш, М. Лутовац, С.А. Соколов, В.И. Федянин, Ю.Н. Шалимов**

*В работе рассмотрены основные аспекты применения водорода в системах традиционной и альтернативной энергетики. Показано, что кроме известных способов применения водорода в известных энергетических устройствах, развиваются новые направления и технологии применения водорода. Так, например, в предлагаемой работе представлены результаты некоторых экспериментальных исследований в области хранения водорода в виде гидридных соединений с металлами.*

**Ключевые слова:** электрохимические системы, аккумулятор водорода, перенапряжение выделения водорода, пора, плотность тока, электродный потенциал, флотация, тепломассоперенос.

Главной задачей альтернативной энергетики следует считать использование возобновляемых источников (энергии или топлива) для получения тепловой или электрической энергии. В зависимости от вида возобновляемого источника энергии все энергоустановки можно разделить на следующие виды: ветросиловые установки, гелио электрические станции, биогазовые реакторы газогенераторы, гидростанции с различным способом аккумуляции энергии воды и т.д. Подробный обзорный анализ по перспективному использованию альтернативных источников в различных регионах России приведен нами в литературе [1].

Успешному и быстрому внедрению водородной энергетики как альтернативной противодействуют два основных немаловажных фактора, а именно: практически полное отсутствие свободного водорода в природе и проблемы, возникающие при его хранении и транспортировке.

Для решения первой задачи была разработана технология пиролизического разложения природного метана на свободный водород и ацетилен. Эта технология позволяет получать водород в промышленных масштабах.

Вторая задача представляется более сложной и ее решение пока не может быть однозначно определено и потребует времени для дополнительных экспериментов.

Использование сжатого (сжатого) водорода для энергоустановок большой мощности мало оправдано, в связи с высокими энергозатратами на транспортировку и дорогостоящую пускорегулирующую аппаратуру. С другой стороны, по вопросу хранения водорода, поступает явно искаженная информация, противоречивая по смыслу. Водород, с его уникальной подвижностью и высокой теплоемкостью, нашел повсеместное использование на электростанциях России. За весь период эксплуатации его для охлаждения обмоток электро-

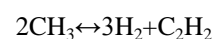
генераторов с 1926 года по настоящее время не было зафиксировано ни одного взрыва.

Хранение водорода в сжиженном состоянии энергозатратно. Кроме того, стоимость криостатов и их эксплуатация экономически не всегда оправдана.

В настоящее время успешное развитие водородной энергетики сдерживается тремя основными факторами:

1. отсутствием дешёвой технологии получения водорода в виде топлива;
2. высокие затратность и сложность технологий его безопасного хранения;
3. отсутствием надёжного и энергетически выгодного способа прямого преобразования энергии свободного водорода в электрическую.

При решении первой проблемы в настоящее время используют известную технологию пиролизического разложения метана:



Получаемый в ходе процесса ацетилен используется в виде коммерческого продукта, а водород, находящийся в свободном состоянии закачивают в баллоны для хранения или переводят в жидко-фазное состояние для хранения в криостате.

Криостатический способ хранения на современном уровне развития криогенной техники энергетически весьма затратен. Но, тем не менее, для использования в ракетных технологиях, вполне оправдан.

Известно, что в конце 80-х гг. XX века в СССР при непосредственном участии академика В.А. Легасова был построен самолёт ТУ-155, работающий на сжиженном водороде. Технологическая цепочка для систем такого типа приведена на рис. 1.

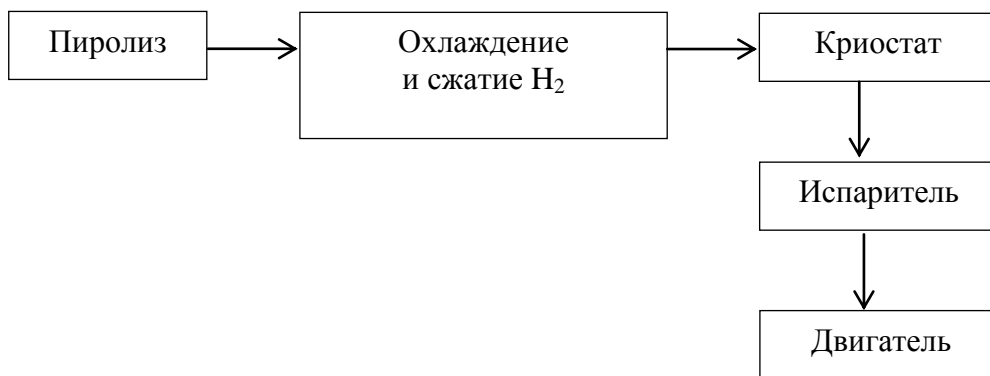


Рис. 1. Цепочка эволюции водорода в авиационном двигателе.

Анализ такой схемы показывает, что операция сжатия водорода и его охлаждение необходимы лишь для перевода водорода в жидкую фазу. В конечном итоге в приёмную камеру двигателя водород должен поступить в газообразном состоянии. Таким образом, в рассмотренной технологической цепи присутствуют операции физически противоположного действия. Безусловно, этот факт отрицательно сказывается на экономической эффективности процесса.

Следует отметить, что в последнее время всё большее внимание исследователи уделяют гидриднему способу хранения водорода, как наиболее безопасному и энергетически выгодному.

Формирование гидридов классическими методами (путём закачки водорода в порошкообразные металлы) достаточно энергозатратно и технологии такого типа сложны и требуют применения дорогостоящего оборудования.

Наиболее перспективным на наш взгляд является электрохимический метод формирования гидридов.

Известно, что взаимодействие металлов с водородом на катоде возможно лишь при протекании на электроде двух параллельных процессов, а именно: восстановление металла из водного раствора, и восстановления иона водорода. Вероятность протекания процесса образования гидрида возможной структуры  $Me_nH_n$  с различной степенью стехиометрии, обусловлено не только положением в Периодической системе, но и наличием дефектов в структуре восстанавливаемого металла. В соответствии с положением элемента в Периодической системе наибольшую вероятность к взаимодействию проявляют элементы IIIВ, IVВ, VІВ и VІІВ подгрупп. Особую склонность к взаимодействию проявляют элементы платиновой группы, а так же специфически восстанавливаемые на катоде элементы – хром и никель.

Атомный номер		23		Ванадий		V		Символ	
T° кипения		3450 °C		50,942		Атомная масса			
T° плавления		1900 °C		6,1 g/cm <sup>3</sup>		Плотность			
		[Ar] 3d3 4s2		Электронная формула					

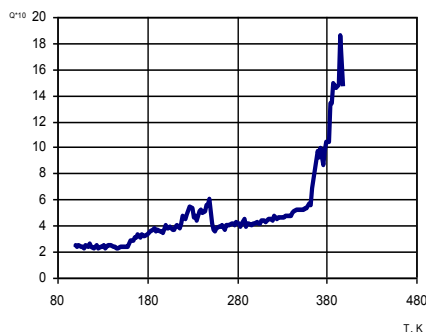
Рис. 2. Металлы, склонные к образованию гидридов.

На рис. 2 представлены электронные структуры элементов, образующих активные соединения с водородом [2,3]. Более насыщенный фон характе-

рен для элементов подгрупп VІІВ и VІІІВ (палладий, платина и др.), относящихся к классу благородных металлов [4]. Однако их использование для



аккумуляции водорода экономически нецелесообразно, поскольку высокая стоимость таких устройств не позволяет конструировать аккумуляторы массового производства. С другой стороны, металлы побочных подгрупп IVB и VB могут быть использованы для этих целей и при электронной конфигурации  $4s^23d^2$  и  $4s^23d^3$  позволяют получить гидриды соответствующих металлов Ti и V. Эти гидриды способны образовывать устойчивые соединения с водородом, термическое разложение которых возможно при температурах в пределах 150-200°C. Однако, электрохимическое получение их гидридов при катодном восстановлении иона гидроксония  $H_3O^+$  представляет определённые трудности, связанные с наличием оксидной плёнки на поверхности металлов в растворах электролитов. Мы исходим из предположения, что наиболее оптимальным методом аккумуляции водорода



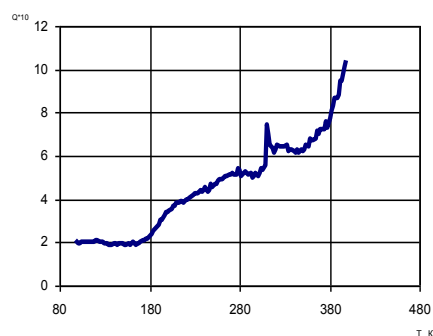
**Рис. 3.** Температурная зависимость внутреннего трения алюминия, подвергнутого наводороживанию электрохимическим способом в течение 450 минут при катодной плотности тока  $5 \text{ А/дм}^2$ .

Анализ кривых показывает, что фон внутреннего трения резко возрастает при увеличении плотности тока. Однако, чёткой зависимости частоты пика внутреннего трения не наблюдается. По-видимому, это обусловлено тем, что энергии образующихся связей алюминий-водород рассредоточены во всём интервале температур, определяющих диффузионные процессы взаимодействия водорода с металлом. Использование метода внутреннего трения позволит наиболее полно оценить энергию связи метал-водород в гидридных соединениях.

Зависимость внутреннего трения от температуры  $Q^{-1} = f(T)$  для металлов даёт представление о тонкой структуре. Исследование образца осуществляется в режиме изгибных колебаний при соблюдении условий отсутствия остаточных деформаций. Геометрические размеры образца определяются режимами электроосаждения и природой металла покрытий.

Исследуемый образец консольно закреплён в термокамере, образуя с неподвижным электродом электрическую ёмкость. Полученная, таким образом, ёмкость включена в контур выключаемого

является химический способ восстановления иона гидроксония из водных растворов электролитов. Анализируя положение элементов в Периодической системе, необходимо констатировать и тот факт, что некоторые переходные металлы, например Cr, Fe, Co, Ni, полученные методом гальваностегии, могут легко взаимодействовать с водородом при их катодном восстановлении. В более ранних работах [5] было установлено, что такая возможность повышенного содержания водорода в структуре металла объясняется увеличением концентрации дефектов структуры в единице объёма. Нами была изучена возможность электролитического наводороживания алюминиевых образцов с целью определения возможности взаимодействия алюминия с водородом при электрохимическом восстановлении водорода на рисунках 3 и 4.



**Рис. 4.** Температурная зависимость внутреннего трения алюминия, подвергнутого наводороживанию электрохимическим способом в течение 510 минут при катодной плотности тока  $80 \text{ А/дм}^2$ .

генератора, собранного на ламповом триоде по схеме индуктивной трёхточки. Образец возбуждается электрически низкочастотным генератором ГЗ-34. Совершая колебания, плёнка (исследуемый образец) осуществляет модуляцию в/ч генератора по частоте. В качестве приёмника используется девиометр-измеритель частотной модуляции типа СЗ-2. С выхода девиометра сигнал с амплитудой, пропорциональной отклонению изгибного электрода от положения равновесия, поступает на вход дискриминатора IV. При отключении н/ч генератора свободные колебания электрода плёнки затухают, дискриминатор выделяет импульсы на пересчётное устройство в интервалах амплитуд, заданных двумя уровнями.

Визуальное наблюдение и контроль за настройкой электродной системы на резонансную частоту осуществляется с помощью осциллографа.

Измерения частоты колебаний производится электронным частотомером ЧЗ-34.

Количественной оценкой внутреннего трения служит декремент затухания изгибных колебаний:

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{1}{\pi n} \ln \frac{a_n}{a_{n+1}} \quad (1)$$

где  $\delta$  - логарифмический декремент затухания,  $n$  - число колебаний между двумя уровнями амплитуд от  $a_n$  до  $a_{n+1}$ .

Измерения внутреннего трения должны проводиться в амплитудно-независимой области деформаций. Для принятых геометрических размеров плёнки - образца  $l = 10$  мм,  $h = 20 \cdot 10^{-3}$  мм (толщина образца) определяли прогиб с помощью оптического микроскопа. Значения  $\delta$ , наблюдаемые в процессе колебаний электрода, составляют 0,1 мм.

Относительную деформацию можно определить по формуле:

$$\varepsilon = \frac{3}{2} \delta \frac{h}{l^2} \quad (2)$$

Подставляя исходные значения в формулу, найдём, что  $\varepsilon = 3 \cdot 10^{-5}$ , это значит, что относительная деформация лежит в амплитудно-независимой области внутреннего трения для чистого металлургического хрома.

Для определения влияния относительной деформации образцов на внутреннее трение электролитического хрома изучалась амплитудная зависимость при изменении  $\varepsilon$  в диапазоне  $10^{-4} - 10^{-6}$ . Внутреннее трение оценивалось по кривой рассеяния энергии вблизи резонансной частоты образца при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и глубине вакуума  $10^{-4}$  тор:

$$Q = \frac{\Delta f}{\sqrt{3} f_{рез}} \quad (3)$$

Характер изменения кривых  $Q^{-1} = f(\varepsilon)$  для электрохимического хрома (сырой и отожжённый образцы) позволяет считать, что измерения производятся в области, мало зависящей от амплитуды.

Поскольку температурная зависимость внутреннего трения определялась в широком интервале температур ( $-200 \div +900^{\circ}\text{C}$ ), то термокамера имеет ряд конструктивных особенностей, позволяющих решить эту задачу. Основные элементы датчика и термокамеры приведены на рисунке 5 (а), (б).

Образец (1) датчика, представляющий собой плёнку из электролитически осаждённого металла, отделённого от основы, армируется при помощи сырой керамической массы.

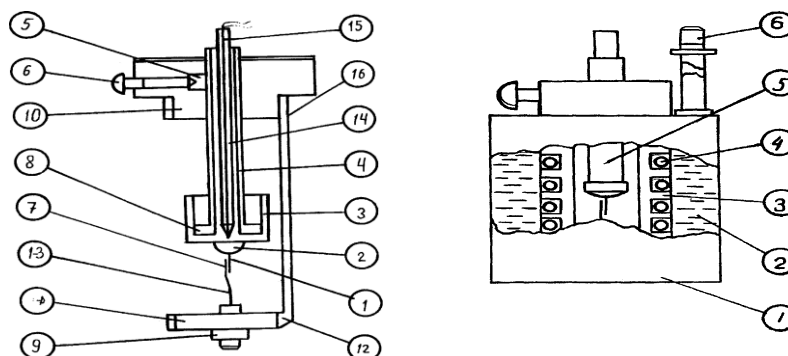


Рис. 5. Элементы установки внутреннего трения: термодатчик (а), термокамера (б)

Керамическая масса удерживается специальными армирующими штырями (12) на держателе (3), который с помощью резьбового соединения сопряжён с тонкостенной трубкой (4). В трубку (4) помещена термопара (14), «горячий» спай которой (15) находится в контакте с основанием образца. Несущая конструкция состоит из верхнего (10) и нижнего (11) колец и соединительного стержня (16).

Все токонесущие части соединяются с корпусом датчика через изолирующие втулки (8), (13). Неподвижный электрод (7) крепится в изоляционной втулке нижнего кольца с помощью гайки (9). Фиксация положения неподвижного электрода осуществляется с помощью винта (6) и гайки (5).

На рисунке 5 (б) представлена конструкция термокамеры, позволяющей определять внутреннее

трение и модуль упругости металлических плёнок в интервале температур от  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $+900^{\circ}\text{C}$ . Цилиндрическая камера (1) изготовлена из стали Х18Н9Т и представляет собой полый тонкостенный цилиндр. Внутри камеры монтируется каркас печи (3) с нагревательными элементами (4). Датчик для измерения внутреннего трения (5) находится в камере печи.

Вся конструкция термокамеры крепится к верхней крышке вакуум-камеры установки с помощью штуцера (6), через который одновременно производится заливка жидкого азота (2).

С точки зрения безопасности хранения водорода может подойти метод гидридного хранения водорода.

Особую привлекательность, как компоненты для получения водородного топлива, представляет

собой гидрид алюминия, структура которого представлена на рис.6.

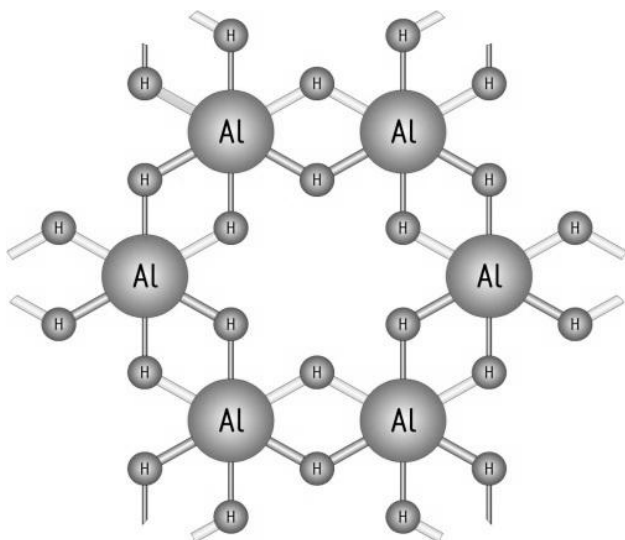


Рис.6. Структура гидрида алюминия

Часть его структуры называют неорганическим бензолом. В настоящее время в России построен завод для промышленного производства гидрида алюминия. По своим электрическим свойствам относится к полупроводникам с большим значением барьера запрещенной зоны.

Нами предлагается иная концепция технологического процесса, а именно: электрохимическое формирование гидридов на алюминиевой фольге по дефектам структуры. Главным преимуществом предлагаемого технологического процесса являются его простота и возможность многократного использования фольги как аккумулятора водорода.

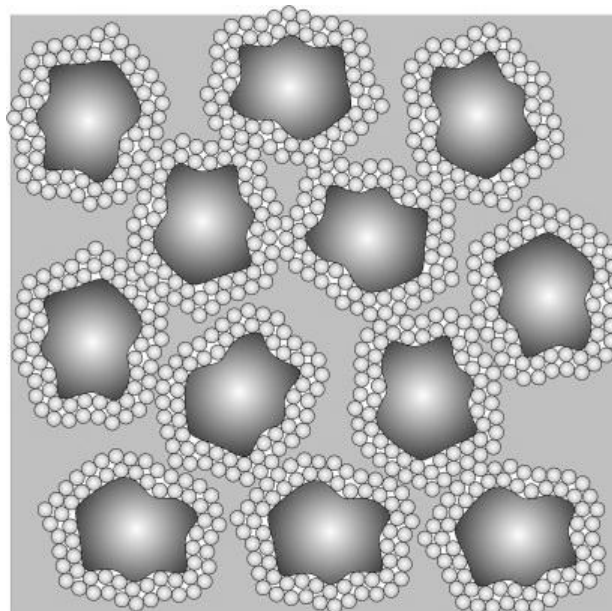
В качестве исходного материала фольги был использован сплав Al-B с концентрацией бора 1-3 весовых процента.

В результате такого технологического приема были решены две главные задачи: повышена механическая прочность фольги и увеличено число дефектов структуры в единице объема. Кроме того, заметно уменьшилось значение потенциального барьера на границе металл-раствор электролита.

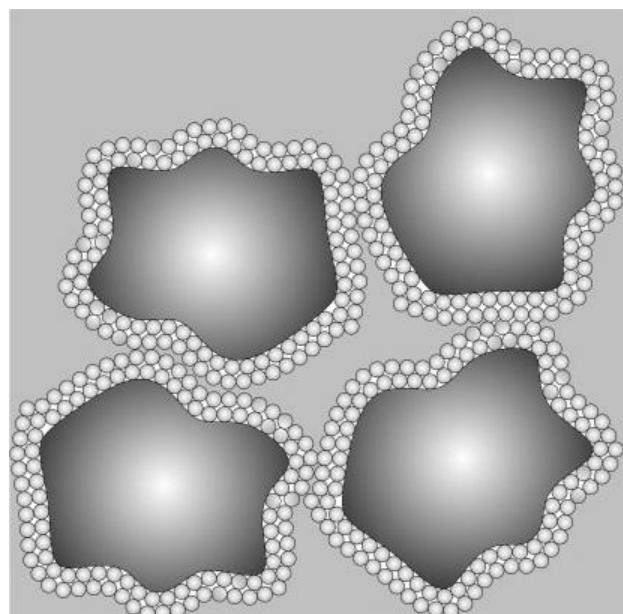
В настоящее время в институте теплофизики РАН осуществляется целый ряд интересных работ по исследованию свойств гидрида алюминия, а также по разработке технологий, связанных с изменением характера проводимости, полученных систем [6].

Известный факт, связанный с перспективами использования порошковой металлургии - неоднозначность результатов эксперимента от степени "старения" порошка. Особенно это относится к металлам с высокой степенью пассивации.

С другой стороны, физико-химические свойства материалов порошковой металлургии в сильной степени определяются размерами (степенью дисперсности) компонентов. На Рис. 7 гипотетически представлена возможность реализации структур из порошков с различными размерами исходных частиц.



а)



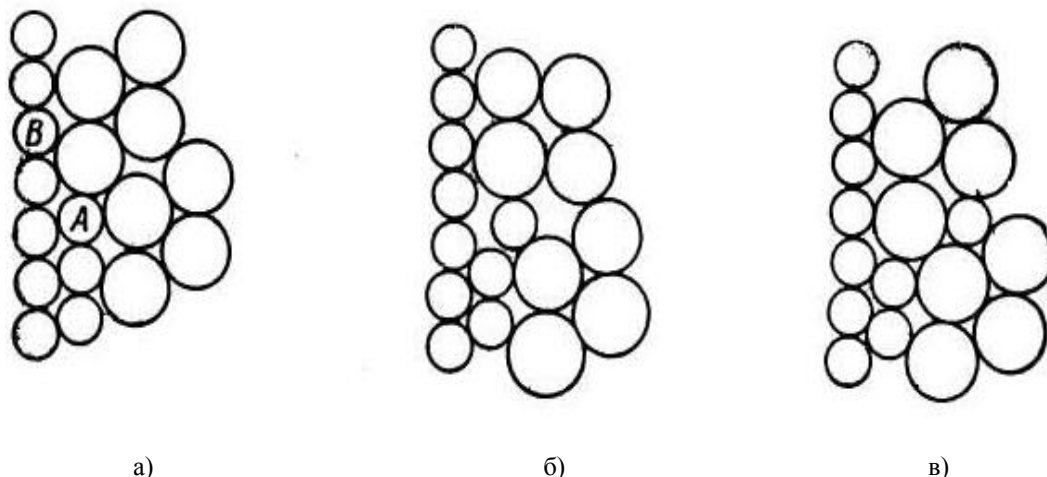
б)

Рис. 7. Влияние размера частиц на физико-химические свойства образующейся системы.

Наличие оксидного слоя (боэмита) на поверхности металла исключает непосредственный контакт свободных атомов металла с водным раствором электролита. Сравнивая общую картину заполнения объемов частицами различного размера (Рис. 7а, и 7б) можно установить, что процент содержания оксида при уменьшении размера частиц

увеличивается. Следовательно, при уменьшении размера частиц ширина запрещенной зоны возрастает.

Непосредственное взаимодействие алюминия с водой маловероятно, поэтому, скорее всего, взаимодействие металла можно представить в виде моделей, изображенных на рисунке 8.



**Рис. 8.** Положение катиона: а) на активном поверхностном центре А в решетке; б) в переходном состоянии при растворении или осаждении; в) в потенциальной яме между молекулами растворителя. Катионы, расположенные в более плотно упакованных местах поверхности В, находятся в более глубоких потенциальных ямах

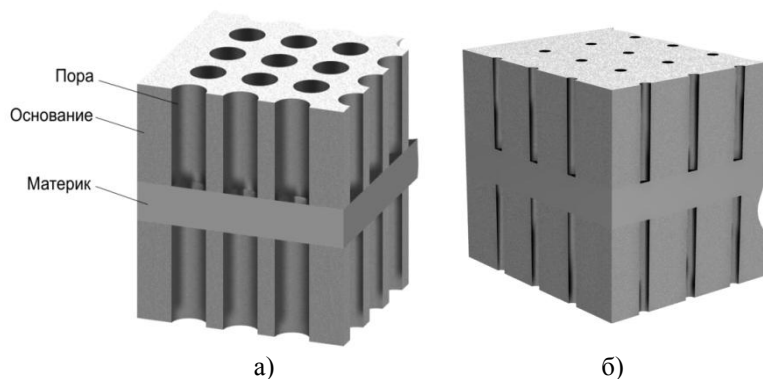
На рисунке 8 (а) изображен катион решетки, расположенный в положении А на ее поверхности. Плотной упаковки со всех сторон здесь нет. На рисунке 8 (в) изображен катион, находящийся в потенциальной яме в промежутке между молекулами растворителя, ближайшей к поверхности раздела металл - растворитель. На рисунке 8 (б) катион показан в переходном состоянии в процессе растворения или осаждения на энергетическом барьере между потенциальными ямами в решетке и в растворителе. Вершина барьера представляется с катионом, расположенным со стороны решетки на плоскости, проведенной через центры молекул воды в первом слое, то есть не совсем в треугольном промежутке.

Можно ожидать, что катионы в плотноупакованных местах типа В на рисунке 8 должны анодно растворяться по весьма сходному механизму, однако

со значительно меньшей скоростью, ибо в этом случае имеется значительно более высокий энергетический барьер: катион В выходит из более глубокой потенциальной ямы.

Специфика анодного процесса обработки металлов, склонных к пассивации, заключается в том, что в определенном диапазоне значений плотности тока, становится вероятным формирование пористых структур.

Разработанная нами математическая модель образования пористой структуры [7] позволила подтвердить особый характер анодной обработки алюминиевой фольги и объяснить процесс формирования пор при определённой плотности анодного тока. На рис. 9 представлены модели идеализированных пористых структур.



**Рис. 9.** Морфология электродных структур водородных аккумуляторов: а) большие токи и малое время работы, б) малые токи и большое время работы.

В последнее время появились интересные работы в Германии, связанные с использованием алюминия в качестве элемента, активно взаимодействующего с водородом [8].

Многообразие модификаций кластерных структур атомов алюминия позволяет в достаточно

широком интервале получать гидриды с изменением соотношения металл-водород.

На рис. 10 приведен структуры гидридов алюминия для различных кластеров атомов алюминия.

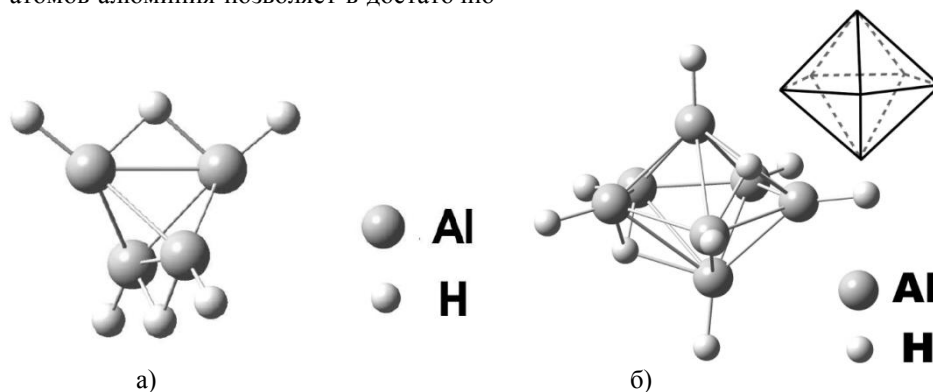


Рис. 10. Структуры гидридов алюминия для различных кластеров; а)  $Al_3H_6$ , б)  $Al_6H_9$ .

При выборе того или иного варианта модификации необходимо проведение дополнительного исследования по термохимической устойчивости компонентов.

В практике технологии водородной энергетики прямое преобразование водорода в электроэнергию осуществляется с помощью топливных

элементов. Однако, сложность изготовления электродов ТЭ, а также не полное использование горючего (водорода) предполагает использование альтернативных вариантов применения водорода.

На рис. 11 представлен один из таких вариантов.

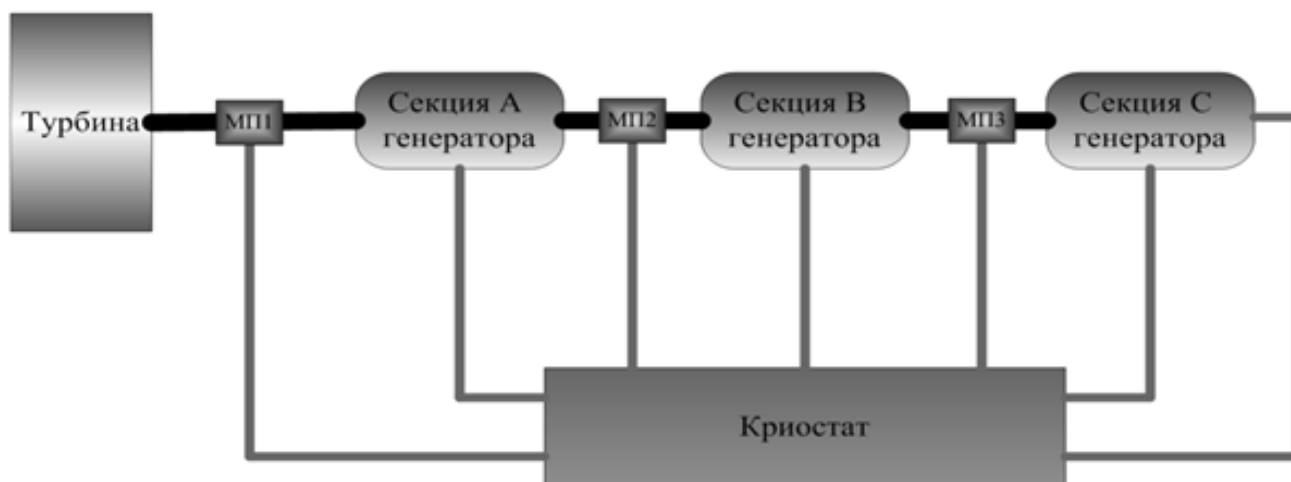


Рис. 11. Блок водородо-воздушной турбины с секционированным электрогенератором. (МП 1, 2, 3 – система магнитной подвески)

Криостатная система обеспечивает работу магнитных подвесок в режиме сверхпроводимости, кроме того, она предназначена для гелиевого охлаждения обмоток, что позволяет значительно снизить электрические потери и улучшить теплообмен, повышая эффективность использования.

Основной особенностью работы водородных турбин являются аномально высокие скорости вращения колеса турбины (порядка  $20 \cdot 10^3$  об/мин). Поэтому в конструкции предусмотрено вертикальное расположение рабочего вала турбины и приво-

димых во вращение секций генератора. В этом случае исключено влияние прогиба вала и возникающие вследствие этого биения. Кроме того, упрощается конструкция систем ориентации рабочего вала в опорах и упрощается процесс запуска системы за счет создания газовой охлаждающей подушки под пяткой вала. На рис. 12 приведен общий вид водородного энерго-комплекса, включающего в себя систему пиролиза метана для получения газообразного водорода, системы криостатов жидкого азота и гелия, а также энергетических систем, включаю-

щих циркуляционные насосы, деаэрационную установку и другое вспомогательное оборудование. На выходе такого комплекса в качестве выхлопных

газов возможно только наличие паров воды и свободного азота.



Рис. 12. Общий вид Комплекса водородной энергетики.

**Библиографический список**

**References**

1. Шалимов Ю.Н., Койфман О.И. Водород в системах традиционной и альтернативной энергетики / Ю.Н. Шалимов, О.И. Койфман // Альтернативная энергетика и экология. - 2013. - №5. - С.10-44.
2. Реми Г. Курс неорганической химии / Г. Реми. - М.: «Издательство иностранной литературы», 1963. Том 2. - 920 с.
3. Реми Г. Курс неорганической химии / Г. Реми. - М.: Издательство «Мир», 1966. Том 2. - 836 с.
4. Херд Д. Введение в химию гидридов / Д. Херд - М.: «Издательство иностранной литературы», 1955. - 238 с.
5. Фаличева А.И. Исследование процесса хромирования из электролитов, содержащих соединения хрома (III) и хрома (IV): дисс. на соискание учёной степени доктора химических наук. - Воронеж. 1970.
6. Фортгов В.Е. Физика высоких плотностей энергии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 712 с.
7. Шалимов Ю.Н. Влияние тепловых и электрических полей на электрохимические процессы при импульсном электролизе: дисс. на соискание учёной степени доктора технических наук. - Воронеж. 2006.
8. Jorn Cordes. Neue Nanomaterialien zur Wasserstoffspeicherung: Eine neue Klasse von Aluminiumhydriden. Dissertation zur Erlangung des akademischen GradesDoktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.). - Konstanz. 2009.

1. Shalimov Ju.N., Kojfman O.I. Vodorod v sistemah tradicionnoj i al'ternativnoj jenergetiki / Ju.N. Shalimov, O.I. Kojfman // Al'ternativnaja jenergetika i jekologija. - 2013. - №5. - S.10-44.
2. Remi G. Kurs neorganicheskoj himii. - M.: «Izdatel'stvo inostrannoje literatury», 1963. Tom 2. - 920 s.
3. Remi G. Kurs neorganicheskoj himii. - M.: Izdatel'stvo «Mir», 1966. Tom 2. - 836 s.
4. Herd D. Vvedenie v himiju gidridov. - M.: «Izdatel'stvo inostrannoje literatury», 1955. - 238 s.
5. Falicheva A.I. Issledovanie processa hromirovanija iz jelektrolitov, sodержashhij soedinenija hroma (III) i hroma (IV): diss. na soiskanie uchjonoj stepeni doktora himicheskijh nauk. - Voronezh. 1970.
6. Fortov V.E. Fizika vysokijh plotnostej jenerгии. – M.: FIZMATLIT, 2012. – 712 s.
7. Shalimov Ju.N. Vlijanie teplovyh i jelektricheskijh polej na jelektrohimicheskie processy pri impul'snom jelektrolize: diss. na soiskanie uchjonoj stepeni doktora tehnikeskijh nauk. - Voronezh. 2006.
8. Jorn Cordes. Neue Nanomaterialien zur Wasserstoffspeicherung: Eine neue Klasse von Aluminiumhydriden. Dissertation zur Erlangung des akademischen GradesDoktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.). - Konstanz. 2009.

## HYDROGEN TECHNOLOGIES IN ALTERNATIVE ENERGY

*Main aspects of hydrogen application and alternative energy systems are considered in this publication/ It is shown here that along with common ways of application of hydrogen in energy devices, there are some new ways and technologies of hydrogen usage. For example, in this publication we present the results of several experiments of hydrogen storage in forms of metal hydrides.*

**Keywords:** *electrochemical system, battery hydrogen, overvoltage release of hydrogen, current density, electrode potential.*

**Кудряш В.И.,**

*к.ф.-м.н., доцент,  
Воронежский институт МВД России,  
Россия, г. Воронеж,*

**Kudrjash V. I.,**

*candidate of Phys.-M. D., associate Professor,  
Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.  
Russia, Voronezh*

**Лутовац М.,**

*академик,  
Республика Сербия, г. Белград*

**Lutovac M.,**

*academician,  
The Republic of Serbia, Belgrade*

**Соколов С.А.,**

*к.т.н., директор ООО «ДИОДОСВЕТ»,  
Россия, г. Воронеж*

**Sokolov S. A.**

*Ph. D., Director of «DIODOSVET»,  
Russia, Voronezh*

**Федянин В.И.,**

*д.т.н., профессор,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж*

**Fedyanin V. I.,**

*Ph. D., Professor,  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,  
Russia, Voronezh*

**Шалимов Ю.Н.,**

*д.т.н., профессор,  
научный руководитель НПП «ЛУЧ»,  
Россия, г. Воронеж*

**Shalimov Yu. N.,**

*Ph. D., Professor,  
scientific supervisor of NPP «LUCH»,  
Russia, Voronezh*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛОГО ФОНДА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

*А.И. Закинчак*

*Рассматриваются вопросы как организационного, так и технологического характера, которые могут повысить уровень защищенности региональной системы от различных угроз техногенного или природного характера. Проводится анализ действующих в Ивановской области как федеральных, так и местных программ, которые бы способствовали улучшению состояния защищенности региона. Рассмотрены ключевые проблемы в этой сфере.*

**Ключевые слова:** *регион, системы безопасности, ущерб, жилой фонд, коммунальные сети и системы.*

Обеспечение безопасности на региональном уровне достигается проведением единой государственной политики как системы мер экономического, политического, организационного и иного характера, адекватных угрозам жизненно важным интересам личности, общества и государства [1-2]. Согласно этому утверждению, безопасность можно обеспечить двумя путями:

- устранением источников опасности, самой возможности каких-либо стихийных бедствий, аварий, потрясений и катаклизмов;
- повышением защищенности от опасностей, способностью надежно противостоять им.

Наиболее актуальными в настоящее время являются вопросы безопасности жилого фонда, т.к. безопасность является важнейшей потребностью человека, а безопасность собственного жилья особенно. Актуальность этой задачи повышает текущее состояние жилого фонда в стране, ухудшающееся с каждым годом.

В этом смысле, на первый план выходит проблема разработки мероприятий по совершенствованию управления безопасностью жилого фонда. Для достижения этой цели, на наш взгляд, необходимо решить следующие задачи:

- определить наиболее актуальные проблемы безопасности жилого фонда;
- изучить частные проблемы систем безопасности жилого фонда;
- разработать и предложить к реализации перспективные направления совершенствования системы управления безопасностью жилого фонда на региональном уровне.

Сегодня технологический прогресс обеспечивает не только эффективность и комфорт в различных сферах деятельности человека, но и предоставляет возможности для обеспечения высочайшего уровня безопасности. Разработки последних лет в сфере микропроцессоров и бытовой электроники, позволяют использовать ставшие привычными бытовые приборы в качестве центров получения, обработки и распространения информации, чему способствует активное развитие коммуникационных сетей и беспроводных технологий передачи данных.

В настоящее время практически в каждом доме используется набор бытовой и компьютерной техники, оснащенной современными микропроцессорами, позволяющими производить анализ данных и передачу информации, нередко активно эксплуатируются системы беспроводной передачи данных. Таким образом, задача по передаче информации о состоянии объектов жилого фонда может быть решена за счет использования уже существующих современных систем передачи данных. Образцы современных систем безопасности уже давно эксплуатируют несколько каналов передачи данных о состоянии системы.

Процент современных объектов жилого фонда в настоящее время достаточно низок в Ивановском регионе, и это так же является существенной проблемой для обеспечения безопасности. Для того, чтобы модернизировать весь комплекс и повсеместно установить отдельные системы безопасности требуются большие деньги, которых нет не у собственников, не у органов власти. В этом смысле, было бы целесообразным использовать существующие системы, обладающие необходимым набором средств коммуникации и датчиков, а также внедрение в процесс производства современных бытовых приборов повседневного пользования дополнительные системы, состоящие из датчиков, которые могут определить потенциальные угрозы (датчики дыма, температуры, влажности и т.д.). В этой связи, выходом из сложившейся ситуации, была бы разработка специализированного программного обеспечения, которое бы смогло задействовать эти возможности систем для обеспечения безопасности с минимумом затрат, связанных с модернизацией и установкой специализированного оборудования. Кроме того, целесообразно интегрировать отдельные, уже существующие системы обеспечения безопасности, в общую систему обеспечения безопасности на региональном уровне.

Вышеперечисленные предложения можно реализовать двумя способами:

- на законодательном уровне закрепив в виде единых рекомендаций по поэтапному созданию систем безопасности на объектах жилого фонда и организовав контроль за выполнением рекомендаций со стороны собственников органами государственной власти;



- простимулировав потенциальных собственников объектов и управляющие компании в форме налоговых скидок и льгот, при условии выполнения предлагаемых рекомендаций.

Проанализировав существующие подходы к построению подобных систем, данные рекомендации по степени обязательности реализации можно было бы разделить на три уровня: обязательный, рекомендуемый и желательный.

В первый блок систем «обязательный» должны входить только те системы, без которых безопасное проживание в доме не представляется возможным: системы противопожарной и аварийной сигнализации, дымоудаления и т. п. К рекомендуемым относится тот минимальный набор средств, который помог бы жильцам сохранять в безопасности свое общее имущество и обеспечивать собственную безопасность на придомовой территории и в подъездах дома. К таким средствам относятся всевозможные средства охранной сигнализации, ограничения и контроля доступа и видеонаблюдения. К желательным можно отнести средства, необходимые для комфортного проживания в доме (оборудование пульта дежурного по подъезду или мониторинга управляющей компании, средства контроля состояния инженерных систем и т. п.). Введение подобных рекомендаций позволило бы:

- разработать единую техническую концепцию к оснащению объектов, который позволил бы создать

ядро системы обеспечения безопасности объектов жилого фонда на региональном уровне;

- определить основные требования, предъявляемые к подобного рода системам со стороны технического и программного обеспечения, а также классифицировать существующие системы по степени интегрируемости;

- снизить затраты на реализацию комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Для жилищного фонда Ивановской области актуальным является вопрос безопасности, так как существует проблема с ветхим и аварийным жильем, которая не позволяет обеспечить новый уровень качества жизни населения города Иванова. Сокращение объемов жилищного строительства в городе Иванове, отсутствие реальных источников финансирования в необходимых размерах для проведения капитальных и текущих ремонтов жилья привели к увеличению темпов ветшания жилищного фонда. Непригодный для проживания и подлежащий сносу аварийный жилищный фонд города Иванова создает угрозу безопасного и благоприятного проживания граждан, а также ухудшает внешний облик территории города Иванова. Все это требует разработки мер по управлению безопасностью жилищного фонда.

#### Библиографический список

1. *Тенденции и особенности развития сложных социально-экономических систем: региональный аспект* / Г.Н. Закинчак Г.Н. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. - 2015. - № 1 (23). - С. 43-46.

2. *Концептуальный подход к анализу процесса реформирования структуры регионального хозяйства* / Г.Н. Закинчак Г.Н. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. - 2014. - № 4 (22). - С. 31-33.

#### References

1. *Tendencii i osobennosti razvitiya slozhnyh social'no-jekonomicheskikh sistem: regional'nyj aspekt* / G.N. Zakinchak G.N. [i dr.] // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Jekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. - 2015. - № 1 (23). - S. 43-46.

2. *Konceptual'nyj podhod k analizu processa reformirovanija struktury regional'nogo hozjajstva* / G.N. Zakinchak G.N. [i dr.] // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija: Jekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. - 2014. - № 4 (22). - S. 31-33.

## IMPROVING THE SYSTEM SECURITY SECURITY OF HOUSING AT THE REGIONAL LEVEL

*Considers issues of both organizational and technological nature, which can increase the level of protection of the regional system against various threats of technogenic or natural character. Analyzes operating in the Ivanovo region Federal and local programs that will contribute to the improvement of security in the region. Considers the key issues in this area.*

**Keywords:** region, system safety, damage to, housing stock, com-tional networks and systems.

**Закинчак Андрей Игоревич,**

доцент, к.э.н.

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Россия, г. Иваново.

**Zakinchak Andrei Igorevich,**

associate Professor, Ph. D.

Ivanovo Fire and Rescue Service Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia,  
Russia, Ivanovo.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статьи представляются в редакцию в электронном (на компакт-диске или по электронной почте) и отпечатанном (1 экземпляр) виде. Отпечатанный экземпляр должен быть подписан всеми авторами; также на первой странице отпечатанного экземпляра просим указывать раздел, в котором должна быть опубликована статья (перечень разделов можно посмотреть на сайте журнала). Файл с электронным вариантом должен быть назван по фамилиям авторов статьи.

К статье необходимо приложить рецензию (заверенную печатью) специалиста в данной области исследования с указанием научной степени, звания, места работы и должности рецензента.

2. Рукопись объемом не менее 2-х страниц формата А4, отпечатанных в текстовом редакторе MS Word шрифтом Times New Roman высотой 10 пт. через один интервал. Поля: верхнее и нижнее — 2,5 см, правое и левое — 2 см. Текст рукописи располагают в одну колонку; опция «разрыв раздела» может использоваться исключительно для создания альбомных страниц.

3. Обязательным элементом статьи является индекс УДК (указывается на первой странице).

4. На первой странице приводятся сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы (организация и подразделение), занимаемая должность, ученая степень, ученое звание, телефон и e-mail каждого из соавторов.

5. Важными элементами статьи являются аннотация и ключевые слова. Аннотация (не менее 600 знаков с пробелами) должна в сжатой форме, но достаточно полно отражать содержание статьи, не повторяя при этом ее название. Аннотация может кратко повторять структуру статьи: указывается задача исследования, ее актуальность, описываются полученные результаты и сделанные выводы.

В список ключевых слов необходимо включить все понятия, значимые для выражения содержания статьи и для ее поиска.

6. На последнем листе приводятся сведения об авторах, аннотация и ключевые слова на английском языке.

7. Изложение материала должно быть ясным, логически выстроенным. Логические элементы статьи должны быть выделены заголовками: *Введение* (~0,5 страницы), *Выводы* (~0,5 страницы), *другие элементы* – пункты и, возможно, подпункты (например: «Теоретическое обоснование построения анизотропных поверхностей стоимости», «Алгоритм построения анизотропных поверхностей накопленной стоимости», «Анализ характера разрушения опытных образцов», «Расчет прочности тела фундамента»).

8. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Избегайте тонких линий в графиках. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Название иллюстраций дается под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Если рисунок в тексте один, номер не ставится.

Подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см.

Слово «Таблица» с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Единственная в статье таблица не нумеруется.

9. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Все употребляемые авторами обозначения (за исключением общеизвестных констант типа  $e$ ,  $h$ ,  $c$  и т. п.) и аббревиатуры должны быть пояснены при их первом упоминании в тексте.

10. Все формулы должны быть набраны в редакторе формул *MathType* шрифтом высотой 10 пт. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Латинские обозначения набираются курсивом, названия функций ( $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\exp$ ) и греческие буквы — обычным (прямым) шрифтом. Формулы нумеруют в круглых скобках — (2).

11. Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. Библиографический список приводится после текста статьи в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 в алфавитном порядке или по порядку упоминания источников в тексте. Собственные работы авторов должны быть представлены в списке наравне с работами других ученых, внесших вклад в исследование данной темы. Одна позиция в списке должна содержать только один источник, не допускается объединение в одной ссылке нескольких источников. При цитировании зарубежных изданий, не переведившихся на русский язык, ссылка приводится на языке оригинала; категорически не допускается оформление ссылки в виде самостоятельно сделанного перевода.

12. Автор несет ответственность за научное содержание статьи и гарантирует оригинальность представляемого материала.

Высылая рукопись, автор гарантирует, что:

- он не публиковал (кроме публикации статьи в виде препринта) и не будет публиковать статью в объеме более 25 % в других печатных или электронных изданиях;
- статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями;
- статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами.

Высылая рукопись, автор соглашается с тем, что редакция журнала имеет право:

- предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования;
- производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи.

Автор также соглашается с тем, что рукописи статей авторам не возвращаются и вознаграждение (гонорар) за опубликованные статьи не выплачивается.

13. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

14. Редакция поддерживает связь с авторами преимущественно через электронную почту — будьте внимательны, указывая адрес для переписки.

## **Материалы**

**предоставляются по адресу:**

Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231, к. 1214

ФГБОУ ВПО Воронежский институт ГПС МЧС России,

Редакция журнала «Вестник Воронежского института ГПС МЧС России»,

---

тел.: (473) 242-12-63; e-mail: vestnik\_vi\_gps@mail.ru