**В.В. Белозеров, Т.Б. Долаков,
С.Н. Олейников, А.В. Периков**

**СИНЕРГЕТИКА БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ**

Монография

Москва
2017

УДК 614.84:621.313

ББК 32.97 + 39.808

С38

Рецензенты:

Топольский Н.Г. — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, почетный профессор Академии ГПС МЧС России;

Лукьянов А.Д. — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов» Донского государственного технического университета

Синергетика безопасности жизнедеятельности в жилом секторе: С38 монография / В.В. Белозеров, Т.Б. Долаков, С.Н. Олейников, А.В. Периков. — М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. — 186 с.

ISBN 978-5-91327-488-5

DOI 10.17513/np.283

В данной монографии представлен анализ существующих средств и систем обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в жилом секторе. На основе результатов анализа осуществлен синтез тиражируемой автономной автоматизированной системы диагностики и подавления пожарно-энергетического вреда, позволяющей предотвратить пожары, взрывы и опасные отказы бытовых приборов и инженерных систем в жилом секторе.

Книга предназначена для научно-педагогических работников, проектировщиков и разработчиков инженерных систем жилых зданий, инженерно-технических работников надзорных организаций и управляющих компаний.

Книга будет полезна студентам, аспирантам и докторантам вузов и НИИ, занимающихся автоматизацией и информационными технологиями.

ISBN 978-5-91327-488-5

© Белозеров В.В., Долаков Т.Б.,
Олейников С.Н., Периков А.В., 2017
© ИД «Академия Естествознания»
© АНО «Академия Естествознания»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
Раздел I. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	7
Глава 1. ЗАКОН БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ В СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПОЖАРОВ.....	7
1.1. Постановка задачи.....	8
1.2. Способы и результаты решения.....	10
Глава 2. НОВОЕ УРАВНЕНИЕ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ	36
2.1. Необходимость изменения методов и средств противопожарной обороны	36
2.2. Постановка задачи и синтез нового уравнения	37
2.3. Результаты решения нового уравнения на Юге России	40
2.4. Прогнозирование совершенствования противопожарной обороны	49
Глава 3. МЕТОД РЕТРОПРОГНОЗА ПОЖАРОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТ НИХ.....	53
3.1. Существующие методики расчета эффективности инноваций	53
3.2. Метод расчета сокращения потерь от пожаров при внедрении инноваций	57
3.2.1. Методика расчета эффективности инноваций в пожарной профилактике	58
3.2.2. Методика расчета «виртуального сокращения пожаров и потерь от них».....	65
3.2.3. Реинвестиционная модель	72
3.2.4. Расчет эффективности создания 1-й очереди МСО ПБ.....	73
3.2.5. Оптимизация и эффективность 2-й очереди МСО ПБ	74
3.2.6. Оптимизация и эффективность 3-й очереди МСО ПБ	86
Раздел II. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПОЖАРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВРЕДА В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ.....	97
Глава 4. ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК-ИЗВЕЩАТЕЛЬ ПОЖАРНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВРЕДА И ПОЖАРА	97
4.1. Существующие методы и пожарные извещатели	97
4.1.1. Дымовые пожарные извещатели.....	97
4.1.2. Тепловые пожарные извещатели	98
4.1.3. Пламенные пожарные извещатели.....	99
4.1.4. Газовые пожарные извещатели	100
4.2. Мультидатчики и сравнительный анализ их эффективности	100
4.3. Аспирационные системы	106
4.4. Электросчетчик-извещатель	107

4.4.1. Прототипы	107
4.4.2. Способ определения ПЭВ по потребляемой электроэнергии и ОФП	110
Глава 5. ЭЛЕКТРО-ГАЗО-СЧЕТЧИК-ИЗВЕЩАТЕЛЬ ПОЖАРНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВРЕДА.....	118
5.1. Учет потребления газа и обнаружение его утечки	119
5.2. Пожарно-энергетический вред и электро-газо-счетчик-извещатель.....	121
Раздел III. СПЕЦИФИКА, ОПТИМИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЖИЛЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ.....	123
Глава 6. АНАЛИЗ ПОЖАРОВ И ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ	123
6.1. Анализ инженерных систем высотных зданий	127
6.2. Оптимизация контроля и управления инженерными системами.....	131
6.2.1. Баллонные азотные системы	133
6.2.2. Малогабаритные мембранные азотные установки (ММАУ).....	133
6.3. Блок подавления пожарно-электрического вреда	136
6.3.1. Расчет необходимой емкости косинусных конденсаторов и подбор конденсаторной установки.....	138
6.3.2. Автоматизация блока компенсации реактивной мощности.....	140
6.4. Подавление опасных факторов пожара в высотных зданиях.....	143
6.5. Алгоритм подавления ПЭВ и ОФП в ЭСП для высотных зданий.....	145
Глава 7. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПРОБЛЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПАНИЙ	149
7.1. Проблемы ЖКХ.....	149
7.2. Модель локальной автоматизированной микросистемы диагностики и защиты	151
Раздел IV. СИНЕРГЕТИКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКОЙ И ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТОЙ ЖИЛЬЯ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ	153
Глава 8. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛА И СИНТЕЗ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛОГО СЕКТОРА.....	153
8.1. Существующее положение ДПФ в Краснодарском крае	154
8.2. Системный анализ и синтез самоорганизующейся системы	158
8.2.1. Электро-газо-счетчик-извещатель	161
8.2.2. Терромагнитные сепараторы воздуха (ТМСВ)	164
8.2.3. Состав ЭГСП ПЭВ и ОФПВ.....	167
8.2.4. Устройство и работа газового счетчика с электромагнитным клапаном	170
8.2.5. Описание работы ЭГСП ПЭВ и ОФПВ	173
8.3. Модель внедрения ЭГСП ПЭВ и ОФПВ	174
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	176

ПРЕДИСЛОВИЕ

В монографии проведен анализ существующих методов и средств проектирования, строительства и функционирования инженерных систем жилых зданий, которые обеспечивают жизнедеятельность населения, в т.ч. их безопасность.

Показано, что «насыщение быта» электроприборами, разработка и бурное внедрение новейших информационно-коммуникационных технологий, а также тенденции «глобальной компьютеризации», требуют и дают возможность решения вопросов надежности и безопасности потребления энергоресурсов на принципиально новом уровне.

Рассмотрены вопросы взаимосвязи качества и количества потребляемых энергоресурсов с безопасностью (пожарной, электрической, газовой), для чего введено понятие пожарно-энергетического вреда, и разработаны методы и средства его определения и подавления, на основе которых синтезированы модели самоорганизующихся систем обеспечения диагностики и предотвращения пожаров от бытовых электроприборов и взрывов от утечек бытового газа.

В разделе I приведены результаты разработки метода пространственно-временного статистического анализа пожаров и аварий, который позволяет, во-первых, «вскрыть недостатки систем» обеспечения пожарной безопасности жизнедеятельности населения, а во-вторых, является инструментом «ретропрогноза» пожаров и социально-экономических потерь от них, при «виртуальном внедрении инноваций» в области методов, средств и систем противопожарной защиты.

В разделе II систематизированы методы и средства обнаружения опасностей и, с помощью нового понятия «пожарно-энергетического вреда» синтезирована технология и устройство его диагностики и управления им на объектах промышленности и в жилом секторе.

В разделе III, предложенные в предыдущих главах методы и средства, распространены на высотные жилые здания, строительство которых в последнее время преобладает.

В разделе IV, представленные в предыдущих главах методы и средства, распространены на объекты жилого сектора (индивидуальные дома и многоквартирные здания) в сельских районах, которые, как показывает статистика, являются в настоящее время наименее защищенными.

В написании монографии принимали участие:

Раздел I (главы 1–3) Белозеров Валерий Владимирович – профессор кафедры АПП Донского государственного технического университета, доктор технических наук, доцент, профессор Российской академии естествознания, академик Всемирной академии наук комплексной безопасности.

Раздел II (главы 4, 5) Олейников Сергей Николаевич – заместитель начальника факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии государственной противопожарной службы МЧС России, кандидат технических наук.

Раздел III (главы 6, 7) Периков Артем Валерьевич – адъюнкт Академии государственной противопожарной службы МЧС России.

Раздел IV (глава 8) Долаков Тимур Бекович – начальник отдела Главного управления МЧС России по Краснодарскому краю.

Раздел I

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Глава 1. ЗАКОН БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ В СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПОЖАРОВ

Практика изучения случайных явлений показывает, что хотя результаты отдельных наблюдений, даже проведенных в одинаковых условиях, могут сильно отличаться, в то же время средние результаты для достаточно большого числа наблюдений устойчивы и слабо зависят от результатов отдельных наблюдений. Теоретическим обоснованием этого замечательного свойства случайных событий является закон больших чисел.

Простейшая форма закона больших чисел, и исторически первая теорема о них — теорема Бернулли, утверждающая, что если вероятность события одинакова во всех испытаниях, то с увеличением числа испытаний частота события стремится к вероятности события и перестает быть случайной [1]:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\left|\frac{\mu_n}{n} - p\right| < \varepsilon\right) = 1,$$

где μ_n — число успехов в n испытаниях Бернулли; p — вероятность успеха в отдельном испытании; $\varepsilon > 0$ — любое.

В основе качественных и количественных утверждений закона больших чисел лежит неравенство Чебышева. Оно определяет верхнюю границу вероятности того, что отклонение значения случайной величины от ее математического ожидания больше некоторого заданного числа $\varepsilon > 0$:

$$P(|\xi - M\xi| \geq \varepsilon) \leq \frac{D\xi}{\varepsilon^2},$$

где $M\xi$ и $D\xi$ — математическое ожидание и дисперсия случайной величины ξ .

Неравенство Чебышева дает оценку вероятности события для случайной величины, распределение которой неизвестно, известны лишь ее математическое ожидание и дисперсия. Однако это утверждение верно

и в более общей ситуации, а именно, предположение о существовании дисперсии не является необходимым, т.е. имеет место так называемый закон больших чисел в форме Хинчина [1]:

$$\frac{\xi_1 + \dots + \xi_n}{n} \xrightarrow{P} a \quad (n \rightarrow \infty).$$

где $\xi_1, \dots, \xi_n$ — последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин, у которых существует математическое ожидание, равное a .

1.1. Постановка задачи

Системный анализ оперативно-тактической деятельности (ОТД) противопожарной службы сдерживался [2, 3] отсутствием возможности проведения детального временного анализа решения оперативно-тактических задач (ОТЗ), что обусловлено усечёнными данными в карточках учета пожаров автоматизированной системы обработки данных о пожарах (АСОД ПОЖАРЫ).

Дело в том, что при формировании базы данных АСОД ПОЖАРЫ, доступны для анализа четыре «независимых» показателя времён выполнения ОТЗ и два «суммарных» показателя [4]:

T_c — время сообщения о пожаре (мин, код выборки #128), которое вычисляется как разность между астрономическими временами сообщения (коды выборки #68, #69) и обнаружения (коды выборки #66, #67) пожара;

$T_{сл}$ — время следования на пожар (мин, код выборки #129), которое вычисляется как разность между астрономическими временами прибытия к месту пожара (коды выборки #70, #71) и сообщения о нём (коды выборки #68, #69);

T_l — время локализации пожара (мин., код выборки #130), которое вычисляется как разность между астрономическими временами прибытия к месту пожара (коды выборки #70, #71) и его локализации (коды выборки #72, #73);

$T_{лик}$ — время ликвидации пожара (мин., код выборки #131), которое вычисляется как разность между астрономическими временами ликвидации пожара (коды выборки #74, #75) и его локализации (коды выборки #72, #73),

и два «суммарных» показателя:

$T_t = (T_l + T_{лик})$ — время тушения пожара (мин., код выборки #132), которое вычисляется как разность между астрономическими временами ликвидации пожара (коды выборки #74, #75) и прибытия на него (коды выборки #70, #71);

$T_{\text{сг}} = (T_{\text{с}} + T_{\text{пр}})$ – время свободного горения (мин., код выборки #133), которое вычисляется как разность между астрономическими временами обнаружения пожара (коды выборки #66, #67) и прибытия на него (коды выборки #70, #71), в то время как общее количество решаемых ОТЗ (рис. 1.1) – более десяти [5, 6]:

$t_{\text{офп}}$ – время обнаружения опасных факторов пожара (мин – длительность процесса загорания до срабатывания пожарного извещателя (тоб) и включения оповещения ($t_{\text{ср}}$), или обнаружения дыма/огня населением и т.д.);

$t_{\text{сс}}$ – время сообщения о пожаре (мин – длительность процесса сообщения о пожаре в ПЧ средствами связи и сигнализации, посылным и т.д.);

$t_{\text{рд}}$ – время решения оперативной задачи диспетчером (мин – длительность процесса идентификации объекта пожара, определения выслаемых сил и средств по расписанию выездов, формирования и передача приказа на выезд в ПЧ);

$t_{\text{сб}}$ – время сбора и высылки боевого расчёта по тревоге (мин – длительность процесса сбора боевых расчетов и выезда пожарных автомобилей);

$t_{\text{сл}}$ – время следования к месту пожара (мин – длительность процесса движения пожарных автомобилей к объекту пожара);

$t_{\text{р}}$ – время разведки (мин – длительность процесса обнаружения очага пожара и пострадавших);

$t_{\text{бр}}$ – время боевого развертывания (мин – длительность процесса спасения пострадавших, организации боевых участков, постановки на водоисточники и развертывания пожарно-технического вооружения);

$t_{\text{л}}$ – время локализации пожара (мин – длительность процесса ограничения распространения огня огнетушащими составами, включая защиту окружающих помещений и объектов);

$t_{\text{лик}}$ – время ликвидации пожара (мин – длительность процесса подавления горения и обработки места пожара на предмет недопущения повторного воспламенения);

$t_{\text{св}}$ – время свертывания (мин – длительность процесса свертывания пожарно-технического вооружения);

$t_{\text{вр}}$ – время восстановления ресурсов (мин – длительность процесса восстановления огнетушащих составов в пожарных автомобилях);

$t_{\text{воз}}$ – время возвращения с места пожара (мин – длительность процесса движения пожарных автомобилей к ПЧ и постановка их в боевой расчет).

Рис. 1.1. Псевдографическая структура оперативно-тактических задач

Для нахождения корреляции между указанными временами выполнения ОТЗ и социально-экономическими потерями от пожаров было сделано допущение, что все потери от пожара сосредоточены в интервале времени его свободного развития, т.е. с момента возникновения и до локализации пожара (рис. 1.1). Это допущение обосновывалось следующими очевидными функциональными оперативно-тактическими моделями [5, 6]:

– *если реализован оптимальный оперативный план пожаротушения* (организация необходимого числа боевых участков, применение соответствующих пожарной опасности объекта ОТС и подача их с требуемой интенсивностью в течение необходимого времени), *то локализация пожара наступает сразу после введения огнетушащего состава (ОТС);*

– *если выполнение предыдущих ОТЗ по разведке, спасению населения и боевому развёртыванию оптимально, то увеличение материального ущерба и гибель людей прекращаются при локализации пожара*, т.е. ущерб определяется только уже «горящими» ценностями, а развитие пожара (увеличение потерь) прекращается.

1.2. Способы и результаты решения

Используя принцип «черного ящика», и, подавая на вход АСОД «ПОЖАРЫ» скоррелированные условия выборки (пожары, ущерб, гибель и т.д.) по временам выполнения ОТЗ, представленным в геометрической прогрессии, были получены данные и построены гистограммы (рис. 1.2) времён выполнения ОТЗ на Юге России в 1995–2006 гг. (Ростовская область, Краснодарский и Ставропольский края). При этом данные о пожарах с «нулевыми» временами и с временами более 1533 минут, были «собраны и вынесены на бесконечность» и учитывались при расчетах, как пожары, на которые ПЧ не привлекались.

Обработка гистограмм (рис. 1.2) на ЭВМ по методу выравнивания средних показала, что все огибающие, имеющие экстремумы, с достаточной точностью описываются трансцендентными функциями вида [7, 8]:

$$y = a \cdot t^b \cdot \exp(-c \cdot t), \quad (1.1)$$

где b/c – максимум функции; $(b + \sqrt{b})/c$ – «правая» точка перегиба; $(b - \sqrt{b})/c$ – «левая» точка перегиба, которые при интегрировании дают гамма-распределения (распределения Эрланга) пожаров, ущерба, гибели, площадей и т.д. по временам выполнения ОТЗ [8, 9]:

$$y = \frac{\left(\frac{t}{c}\right)^{b-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c}\right)}{c \cdot [(b-1)!]}; \quad (1.2)$$

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{t}{c}\right) \cdot \left[\sum_{i=0}^{b-1} \frac{(t/c)^i}{i!}\right]. \quad (1.3)$$

На основании указанной выше теоремы Хинчина (на массиве данных по 154735 пожарам), была найдена взаимосвязь математических ожиданий всех «новых времён» ОТЗ с математическими ожиданиями времён, фиксируемых в карточках учета пожаров: T_c , $T_{пр}$, $T_{лок}$, $T_{лик}$ ($T_{туш}$, $T_{сб}$), для чего была составлена система уравнений (1.4), описывающая их взаимосвязи, для решения которой были использованы ещё три показателя карточки учета пожаров и нормативы сбора боевых расчетов на ПА разных типов [4, 6, 10]:

$$V_c = \frac{60 \cdot R_c}{(T_{пр} - t_{сб} - t_{рд})},$$

где R – расстояние до объекта пожара (км, код выборки #33), по которому определяется средняя скорость следования ПА.

S_y , S_{Π} – уничтоженные (кв. м, код выборки #48) и поврежденные (кв. м, код выборки #49) пожаром площади, существенно «удлиняющие» расстояние до очага пожара на крупных и рассредоточенных промышленных и сельскохозяйственных объектах.

$T_{сб}$ – норматив времени сбора и выезда по тревоге отделения и караула (на ПА разных типов – ЗИЛ, ГАЗ, КАМАЗ), как средняя величина их «отличных оценок» ($T_{сб} = (30 + 34 + 90 + 94)/4 = 1,033$).

Рис. 1.2. Гистограммы времён выполнения оперативно-тактических задач (начало)

Рис. 1.2. Гистограммы времён выполнения оперативно-тактических задач (продолжение)

Рис. 1.2. Гистограммы времён выполнения оперативно-тактических задач (окончание)

$$\left\{ \begin{aligned} t_{ид} &= T_C + t_{рд}; \\ t_{пр} &= T_C + T_{пр} + t_p - t_{ид}; \\ t_{сб} &= T_{пр} - t_{сл} - t_{рд}; \\ t_{сл} &= T_C + T_{пр} - t_{ид} - t_{сб}; \\ t_p &= t_{пр} - T_{пр} + t_{рд}; \\ t_{свр} &= T_C + T_{пр} + t_p + t_{бр}; \\ t_{бр} &= T_{ЛОК} - t_l - t_p; \\ t_{туш} &= T_{ЛИК} + t_l; \\ t_l &= T_{ЛИК} - t_p - t_{бр}; \\ t_{лик} &= T_{ЛИК}. \end{aligned} \right. \tag{1.4}$$

При этом, в связи с разной «скоростью автоматизации» работ диспетчеров ЦУСС в городах и ПЧ в сельских районных центрах (оснащения АРМ и т.д.), влияющих на время привлечения сил и средств, использовано

предельно возможное сокращение времени решения диспетчером задачи за время сбора по тревоге [6], т.е. $T_{\text{сб}} = (t_{\text{рд}} + t_{\text{сб}} = t_{\text{сб}})$. Тогда минимальное время следования боевого расчета на пожар определится по формуле:

$$T_{\text{сл}} = \frac{\left(R_{\text{с}} + \frac{\sqrt{S_{\text{в}}} + \sqrt{S_{\text{п}}}}{1000} \right) \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{сб}})}{R_{\text{с}}}. \quad (1.5)$$

Таким образом, система (1.4) может быть решена методом подстановки с соответствующими заменами переменных, в связи с чем, для определения «новых времён» начальной стадии пожара, выберем из неё 1-ю систему из 2-х уравнений:

$$\begin{cases} t_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} + t_{\text{р}} - t_{\text{рд}}; \\ t_{\text{пр}} = t_{\text{сб}} + t_{\text{сл}} + t_{\text{р}}; \\ \frac{t_{\text{рд}} + t_{\text{сб}}}{t_{\text{сл}}} = k = \frac{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}}{t_{\text{сл}}}. \end{cases} \quad (1.6)$$

Разделим все уравнения на $t_{\text{сл}}$, введём новую переменную и, учитывая, что, преобразуем систему (1.6) следующим образом:

$$\begin{cases} t_{\text{рд}} = kt_{\text{сл}} - t_{\text{сб}}; \\ \frac{t_{\text{пр}}k}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}} = \frac{T_{\text{пр}}k}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}} + \frac{t_{\text{р}}k}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}} - \frac{k^2 t_{\text{сл}}}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}} + \frac{kt_{\text{сб}}}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}}; \\ \frac{t_{\text{пр}}k}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}} = \frac{t_{\text{сб}}k}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}} + 1 + \frac{t_{\text{р}}k}{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}}. \end{cases} \quad (1.7)$$

Подставим правую часть 2-го уравнения вместо левой части 1-го уравнения и, приводя подобные, получим квадратное уравнение,

$$k^2 - \frac{T_{\text{пр}}}{t_{\text{сл}}}k + \frac{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}}{t_{\text{сл}}} = 0, \quad (1.8)$$

корни которого вычисляются по формуле:

$$\begin{aligned} k &= \frac{T_{\text{пр}}}{2t_{\text{сл}}} \pm \sqrt{\left(\frac{T_{\text{пр}}}{2t_{\text{сл}}} \right)^2 - \frac{T_{\text{пр}} - t_{\text{сл}}}{t_{\text{сл}}}} = \frac{T_{\text{пр}}}{2t_{\text{сл}}} \pm \sqrt{\frac{T_{\text{пр}}^2 - 4T_{\text{пр}}t_{\text{сл}} + 4t_{\text{сл}}^2}{4t_{\text{сл}}^2}} = \\ &= \frac{T_{\text{пр}} \pm \sqrt{T_{\text{пр}}^2 - 4T_{\text{пр}}t_{\text{сл}} + 4t_{\text{сл}}^2}}{2t_{\text{сл}}}. \end{aligned} \quad (1.9)$$

Подставляя в формулу (1.9) вместо $t_{\text{сл}}$ минимальное время следования $T_{\text{сл}}$ из уравнения (1.5), и учитывая, что время следования — $t_{\text{сл}}$, как правило, больше суммы времён сбора и решения диспетчером задачи $t_{\text{рд}} + t_{\text{сб}} = kt_{\text{сл}}$, т.е. k лежит в интервале $0,1 < k < 1$ и второй корень уравнения (с вычитанием корня из дискриминанта) не имеет смысла, получим следующие формулы для вычисления k и математического ожидания времени следования к месту пожара:

$$k = \frac{R_{\text{с}} T_{\text{пр}} + R_{\text{с}} \sqrt{T_{\text{пр}}^2 - 4T_{\text{пр}} \frac{\left(R_{\text{с}} + \frac{\sqrt{S_{\text{г}}} + \sqrt{S_{\text{п}}}}{1000}\right) \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{сб}})}{R_{\text{с}}} + 4 \left(\frac{\left(R_{\text{с}} + \frac{\sqrt{S_{\text{г}}} + \sqrt{S_{\text{п}}}}{1000}\right) \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{сб}})}{R_{\text{с}}}\right)^2}}{2 \left(R_{\text{с}} + \frac{\sqrt{S_{\text{г}}} + \sqrt{S_{\text{п}}}}{1000}\right) \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{сб}})}; \quad (1.10)$$

$$t_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{пр}}}{k + 1}. \quad (1.11)$$

Разделив все уравнения системы (1.6) на $t_{\text{рд}}$, и проведя аналогичные (1.7) преобразования с заменой переменных $\frac{t_{\text{сб}} + t_{\text{сл}}}{t_{\text{рд}}} = \ell = \frac{T_{\text{пр}} - t_{\text{рд}}}{t_{\text{рд}}}$, получим уравнение,

$$\ell^2 - \frac{T_{\text{пр}}}{t_{\text{рд}}} \ell + \frac{T_{\text{пр}} - t_{\text{рд}}}{t_{\text{рд}}} = 0, \quad (1.12)$$

корни которого вычисляются по аналогичной формуле:

$$\ell = \frac{T_{\text{пр}}}{2t_{\text{рд}}} \pm \sqrt{\left(\frac{T_{\text{пр}}}{2t_{\text{рд}}}\right)^2 - \frac{T_{\text{пр}} - t_{\text{рд}}}{t_{\text{рд}}}} = \frac{T_{\text{пр}} \pm \sqrt{T_{\text{пр}}^2 - 4T_{\text{пр}}t_{\text{рд}} + 4t_{\text{рд}}^2}}{2t_{\text{рд}}}, \quad (1.13)$$

но вместо $t_{\text{рд}}$ подставляется его граничное выражение $t_{\text{рд}} = t_{\text{сл}} - T_{\text{сб}}$, в котором, в отличие от аналогичного уравнения (9), подставляется математическое ожидание времени следования из уравнения (1.11), в результате чего получаем следующие формулы для вычисления ℓ и математических

ожиданий времён решения диспетчером задачи ($t_{рд}$), сбора по тревоге ($t_{сб}$) и идентификации объекта пожара ($t_{ид}$):

$$\ell = \frac{T_{пп} + \sqrt{T_{пп}^2 - 4T_{пп} \left(\frac{T_{пп}}{k+1} - T_{сб} \right) + 4 \left(\frac{T_{пп}}{k+1} - T_{сб} \right)^2}}{2 \left(\frac{T_{пп}}{k+1} - T_{сб} \right)}; \quad (1.14)$$

$$t_{рд} = \frac{T_{пп}}{\ell + 1}; \quad (1.15)$$

$$t_{сб} = T_{пп} \left(1 - \frac{1}{\ell + 1} - \frac{1}{k + 1} \right); \quad (1.16)$$

$$t_{ид} = T_c + \frac{T_{пп}}{\ell + 1}. \quad (1.17)$$

Для определения «новых времён» заключительной стадии пожара, составим 2-ю систему из 2-х уравнений:

$$\begin{cases} t_{свр} = T_c + T_{пп} + t_p + t_{бр}; \\ t_{свр} = T_c + T_{пп} + T_{лок} - t_{л}. \end{cases} \quad (1.18)$$

Разделив все уравнения системы (1.18) на $t_{л}$, и проведя аналогичные (1.7) преобразования с заменой переменных $\frac{t_p + t_{бр}}{t_{л}} = m = \frac{T_{лок} - t_{л}}{t_{л}}$, получим уравнение,

$$m^2 - m \frac{T_{лок}}{t_{л}} + \frac{T_{лок} - t_{л}}{t_{л}} = 0, \quad (1.19)$$

корни которого вычисляются по формуле:

$$\begin{aligned} & \frac{T_{лок} \pm \sqrt{(T_{лок} - 2t_{л})^2}}{2t_{л}}; \\ m &= \frac{T_{лок}}{2t_{л}} \pm \sqrt{\left(\frac{T_{лок}}{2t_{л}} \right)^2 - \frac{T_{лок} - t_{л}}{t_{л}}}. \end{aligned} \quad (1.20)$$

Один из корней, учитывая принятые выше допущения при $t_{л} \rightarrow 0$ не определён, а второй равен единице

$$m = \frac{T_{лок} - T_{лок} + 2t_{л}}{2t_{л}} = 1,$$

откуда

$$t_{\text{л}} = \frac{T_{\text{ЛОК}}}{m+1} = \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2}. \quad (1.21)$$

Тогда имеем следующие формулы для вычисления математических ожиданий времён тушения ($t_{\text{туш}}$) и свободного развития пожара ($t_{\text{свр}}$), а также суммы времён разведки ($t_{\text{р}}$) и боевого развертывания ($t_{\text{бр}}$):

$$t_{\text{туш}} = T_{\text{ЛИК}} + t_{\text{л}} = T_{\text{ЛИК}} + \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2}; \quad (1.22)$$

$$t_{\text{свр}} = T_{\text{С}} + T_{\text{ПР}} + T_{\text{ЛОК}} - t_{\text{л}} = T_{\text{С}} + T_{\text{ПР}} + \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2}; \quad (1.23)$$

$$t_{\text{р}} + t_{\text{бр}} = \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2}. \quad (1.24)$$

Для решения уравнения (2.24), разделим все его члены на $t_{\text{бр}}$ и введем новую переменную $\frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{бр}}} = q$, в результате чего получим

$$\frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{бр}}} + 1 = \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2t_{\text{бр}}} \rightarrow t_{\text{бр}} = \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2(q+1)}. \quad (1.25)$$

Для нахождения q воспользуемся нормативами по боевому развертыванию от пожарного автомобиля (с постановкой на водоисточник и прокладкой двух линий: учебная башня и мишень) $T_{\text{БР}} = 3,4$ мин [10, 11], значение которого, подставим в уравнение (1.25):

$$q = \frac{T_{\text{ЛОК}}}{6,8} - 1. \quad (1.26)$$

Тогда математические ожидания времён разведки ($t_{\text{р}}$) и прибытия ($t_{\text{пр}}$) определяются по формулам:

$$t_{\text{р}} = \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2} - \frac{T_{\text{ЛОК}}}{2(q+1)} = \frac{T_{\text{ЛОК}}q}{2(q+1)}; \quad (1.27)$$

$$t_{\text{пр}} = T_{\text{ПР}} + t_{\text{р}} - t_{\text{рл}} = T_{\text{ПР}} + \frac{T_{\text{ЛОК}}q}{2 \cdot (q+1)} - \frac{T_{\text{ПР}}}{\ell+1} = \frac{T_{\text{ПР}}\ell}{\ell+1} + \frac{T_{\text{ЛОК}}q}{2 \cdot (q+1)}. \quad (1.28)$$

Учитывая свойство аддитивности функций распределений Эрланга (1.9), можно более точно, чем получено ранее [3, 5, 6, 12], определить «суммарные времена», состоящие из нескольких «новых времён»

выполнения ОТЗ, описываемых функциями распределения Эрланга (12,1.3) нулевого порядка ($t_i \rightarrow t_{рд}, t_{сб}, t_{сл}, t_{р}, t_{бр}, t_{л}, t_{лик} = T_{лик}$):

$$b = 1; \quad c = t_i; \quad P = 1 - \exp(-t/t_i). \quad (1.29)$$

В этом случае функции вероятности распределений Эрланга «суммарных новых времён» определяются следующим образом:

идентификация – распределение Эрланга 1-го порядка ($t_{ид} = T_{с} + t_{рд}$):

$$b = 2; \quad c = t_{ид}/2; \quad P = 1 - (1 + 2t/t_{ид}) \cdot \exp(-2t/t_{ид}); \quad (1.30)$$

прибытие – распределение Эрланга 2-го порядка ($t_{пр} = t_{сб} + t_{сл} + t_{р}$):

$$b = 3; \quad c = t_{пр}/3;$$

$$P = 1 - \left(1 + 3t/t_{пр} + 9t^2/2t_{пр}^2\right) \cdot \exp(-3t/t_{пр}); \quad (1.31)$$

тушение – распределение Эрланга 2-го порядка ($t_{туш} = T_{лик} + t_{л}$):

$$b = 3; \quad c = t_{туш}/3;$$

$$P = 1 - \left(1 + 3t/t_{туш} + 9t^2/2t_{туш}^2\right) \cdot \exp(-3t/t_{туш}); \quad (1.32)$$

свободное развитие – распределение Эрланга 5-го порядка ($t_{свр} = t_{ид} + t_{пр} + t_{бр}$):

$$b = 6; \quad c = t_{свр}/6;$$

$$P = 1 - \left(1 + 6t/t_{свр} + 18t^2/t_{свр}^2 + 36t^3/t_{свр}^3 + \right. \\ \left. + 54t^4/t_{свр}^4 + 194t^5/3t_{свр}^5\right) \cdot \exp(-6t/t_{свр}). \quad (1.33)$$

Полученные формулы апробированы при статистическом анализе пожаров с помощью АСОД «ПОЖАРЫ» в Ростовской области, в Краснодарском и Ставропольском краях [5, 6, 13], и в табл. 1.1 приведен пример реализации предлагаемого подхода (новые данные выделены курсивом) на суммарной статистике пожаров указанных регионов Юга России.

Таблица 1.1

Статистика пожаров на Юге России (1995–2006 гг.) в разрезе ОТЗ

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Всего пожаров					
	кол-во	травмы	гибель	ущерб	унич- тож.	по- врежд.
1	2	3	4	5	6	7
СООБЩЕНИЕ	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	26611	1180	1356	277851,8	54925	209603
3–9	46651	2222	2769	422119,0	153508	470026
9–21	32583	1481	2452	331005,6	224449	474004
21–45	9274	459	932	157973,4	109879	194706
45–93	2602	221	296	26956,3	49428	66033
93–189	982	133	124	9294,3	9517	22177
189–381	359	65	59	2946,0	1797	8098
381–765	169	24	24	1742,8	642	1838
765–1533	49	3	7	632,3	264	666
> 1533	35455	9058	4409	207952,6	98277	220134
без ГПС	22,91 %	61,01 %	35,48 %	14,46 %	13,99 %	13,20 %
t_s (минуты) (значение)	<u>11,4</u> 890	<u>16,1</u> 61	<u>15,5</u> 81	<u>12,2</u> 9808,4	<u>17,4</u> 6847	<u>15,1</u> 14273
t_m (мода) (медиана)	<u>5,7</u> 9,6	<u>8,0</u> 13,5	<u>7,8</u> 13,0	<u>6,1</u> 10,3	<u>8,7</u> 14,6	<u>7,6</u> 12,7
$t(b)$	1,0E + 00	1,0E + 00	1,0E + 00	1,0E + 00	1,0E + 00	1,0E + 00
exp	0,0875	0,0622	0,0644	0,0818	0,0576	0,0661
t_L (левая точка перегиба или среднее)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	22,9	32,1	31,1	24,4	34,7	30,2

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
<i>диспетчеризация</i>	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	62222	2952	3817	612602,6	233670	627030
3–9	44994	1942	2956	481545,2	235181	572005
9–21	13167	480	978	163782,6	125631	255022
21–45	779	21	72	12627,7	21450	31658
45–93	2	0	0	65,7	484	400
93–189	0	0	0	0,0	0	0
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	33571	9451	4604	167850,4	86269	181170,0
без ГПС	21,70 %	63,66 %	37,05 %	11,67 %	12,28 %	10,87 %
t_s (минуты) (значение)	<u>4,2</u> 413	<u>3,8</u> 17	<u>4,5</u> 28	<u>4,6</u> 4565,4	<u>6,3</u> 2712	<u>5,5</u> 5970
t_m (мода) (медиана)	<u>0,0</u> 1,3	<u>0,0</u> 1,1	<u>0,0</u> 1,3	<u>0,0</u> 1,4	<u>0,0</u> 1,9	<u>0,0</u> 1,6
$t(b)$	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00
exp	0,2402	0,2640	0,2231	0,2193	0,1589	0,1827
t_L (левая точка перегиба или среднее)	4,2	3,8	4,5	4,6	6,3	5,5
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
идентификация	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	6857	216	296	62213,2	16438	50699
3–9	31394	1114	1527	295867,0	90637	264835
9–21	51209	2282	3150	519720,9	213066	559368
21–45	27300	1831	2555	316053,9	219547	473955
45–93	2509	340	483	36438,5	62655	96559
93–189	10	5	8	228,0	2064	1735
189–381	0	0	0	0,0	1	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	35455	9058	4409	207952,6	98277	220134,0
без ГПС	22,91%	61,01%	35,48%	14,46%	13,99%	13,20%
t_s (минуты) (значение)	<u>15,6</u> 1044	<u>19,9</u> 62	<u>20,0</u> 87	<u>16,8</u> 11451,2	<u>23,7</u> 7583	<u>20,6</u> 16066
t_m (мода) (медиана)	<u>7,8</u> 13,1	<u>9,9</u> 16,7	<u>10,0</u> 16,8	<u>8,4</u> 14,1	<u>11,8</u> 19,9	<u>10,3</u> 17,3
$t(b)$	1,1E-03	5,1E-04	5,0E-04	8,5E-04	3,0E-04	4,6E-04
exp	0,1282	0,1007	0,1000	0,1192	0,0845	0,0971
t_L (левая точка перегиба или среднее)	4,6	5,8	5,9	4,9	6,9	6,0
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	26,6	33,9	34,2	28,6	40,4	35,2

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
ПРИБЫТИЕ	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	11375	566	626	149707,7	35957	104080
3–9	59841	2980	3682	529734,3	164671	582418
9–21	36465	1427	2480	398956,5	237774	492848
21–45	11462	362	851	164625,0	139574	243084
45–93	1779	53	163	23757,6	34986	56878
93–189	120	2	10	2415,8	2581	4176
189–381	38	1	6	273,8	315	217
381–765	40	1	3	562,4	76	716
765–1533	44	3	3	590,7	483	1698
> 1533	33571	9451	4604	167850,4	86269	181170
без ГПС	21,70 %	63,66 %	37,05 %	11,67 %	12,28 %	10,87 %
t_s (минуты) (значение)	<u>10,4</u> 821	<u>9,5</u> 33	<u>11,2</u> 57	<u>11,4</u> 9433	<u>15,7</u> 6319	<u>13,7</u> 13246
t_m (мода) (медиана)	<u>5,2</u> 8,7	<u>4,7</u> 7,9	<u>5,6</u> 9,4	<u>5,7</u> 9,6	<u>7,9</u> 13,2	<u>6,8</u> 11,5
$n(b)$	3,7E-02	4,5E-02	3,2E-02	3,1E-02	1,6E-02	2,1E-02
exp	0,1924	0,2115	0,1787	0,1757	0,1273	0,1464
t_L (левая точка перегиба или среднее)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	10,4	9,5	11,2	11,4	15,7	13,7

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
РАДИУС ВЫЕЗДА	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–2	41839	3687	2632	340080,3	100156	333650
2–6	57414	5101	4359	458948,0	177764	504881
6–14	18991	1562	1639	226206,1	103282	241258
14–30	17361	1495	1810	183459,6	161232	294126
30–62	7036	581	888	96135,4	111687	162858
62–126	775	78	112	10962,4	19761	28534
126–254	10	1	3	35,2	152	52
254–510	18	1	0	75,0	0	1702
510–1022	8	0	0	2,0	32	4
> 1022	11283	2340	985	122570,3	28620	100220
без ГПС	7,29 %	15,76 %	7,93 %	8,52 %	4,07 %	6,01 %
R_s $\frac{\text{(км)}}{\text{(значение)}}$	<u>8,7</u> 1006	<u>10,6</u> 86	<u>13,2</u> 99	<u>12,6</u> 10825	<u>20,5</u> 8211	<u>16,1</u> 14570
R_m $\frac{\text{(мода)}}{\text{(медиана)}}$	<u>4,4</u> 6,0	<u>5,3</u> 5,9	<u>6,6</u> 7,4	<u>6,3</u> 7,1	<u>10,2</u> 11,4	<u>8,0</u> 9,0
t	5,2E-02	3,6E-02	2,3E-02	2,5E-02	9,6E-03	1,5E-02
exp	0,2287	0,1891	0,1515	0,1586	0,0978	0,1243
R_L (левая точка перегиба)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R_R (правая точка перегиба)	8,7	10,6	13,2	12,6	20,5	16,1
V_s (км/ч) =	38,5					

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
сбор	<i>154735</i>	<i>14846</i>	<i>12428</i>	<i>1438474,2</i>	<i>702686</i>	<i>1667285</i>
<i>0–3</i>	<i>119084</i>	<i>5333</i>	<i>7645</i>	<i>1239576,7</i>	<i>574494</i>	<i>1418590</i>
<i>3–9</i>	<i>2080</i>	<i>62</i>	<i>179</i>	<i>31028,5</i>	<i>41729</i>	<i>67385</i>
<i>9–21</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>18,5</i>	<i>194</i>	<i>139</i>
<i>21–45</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>45–93</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>93–189</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>189–381</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>381–765</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>765–1533</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>> 1533</i>	<i>33571</i>	<i>9451</i>	<i>4604</i>	<i>167850,4</i>	<i>86269</i>	<i>181170,0</i>
<i>без ГПС</i>	<i>21,70%</i>	<i>63,66%</i>	<i>37,05%</i>	<i>11,67%</i>	<i>12,28%</i>	<i>10,87%</i>
t_s (минуты) (значение)	<u><i>0,7</i></u> <i>241</i>	<u><i>0,7</i></u> <i>11</i>	<u><i>0,8</i></u> <i>16</i>	<u><i>0,8</i></u> <i>2547,4</i>	<u><i>1,1</i></u> <i>1289</i>	<u><i>1,0</i></u> <i>3041</i>
t_m (мода) (медиана)	<u><i>0,0</i></u> <i>0,2</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>0,2</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>0,2</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>0,2</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>0,3</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>0,3</i>
$\pi(b)$	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>
exp	<i>1,3549</i>	<i>1,4893</i>	<i>1,2584</i>	<i>1,2373</i>	<i>0,8960</i>	<i>1,0305</i>
t_L (левая точка перегиба или среднее)	<i>0,7</i>	<i>0,7</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>	<i>1,1</i>	<i>1,0</i>
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
следование	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	53144	2535	3247	520640,7	195637	528143
3–9	46583	2056	3011	488694,5	224708	559907
9–21	19308	740	1383	229574,0	153499	329333
21–45	2108	63	181	31247,3	40566	66682
45–93	21	0	3	467,1	2003	2047
93–189	0	0	0	0,1	4	2
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	33571	9451	4604	167850,4	86269	181170
без ГПС	21,70%	63,66%	37,05%	11,67%	12,28%	10,87%
t_s (минуты) (значение)	<u>5,2</u> 471	<u>4,7</u> 20	<u>5,6</u> 32	<u>5,7</u> 5232,4	<u>7,9</u> 3162	<u>6,8</u> 6911
t_m (мода) (медиана)	<u>0,0</u> 1,6	<u>0,0</u> 1,4	<u>0,0</u> 1,7	<u>0,0</u> 1,7	<u>0,0</u> 2,4	<u>0,0</u> 2,1
$t(b)$	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00
exp	0,1924	0,2115	0,1787	0,1757	0,1273	0,1464
t_L (левая точка перегиба или среднее)	5,2	4,7	5,6	5,7	7,9	6,8
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
разведка	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	57671	4841	3847	283746,6	98516	341463
3–9	43699	569	2835	389088,5	151717	463151
9–21	13910	7	858	371788,0	181312	433417
21–45	954	0	54	180473,7	133439	202477
45–93	4	0	0	26024,4	40306	27291
93–189	0	0	0	432,4	2521	401
189–381	0	0	0	0,1	9	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	38497	9429	4834	186920,4	94865	199086
без ГПС	24,88%	63,51%	38,90%	12,99%	13,50%	11,94%
t_s (минуты) (значение)	<u>4,6</u> 408	<u>5,4</u> 12	<u>5,2</u> 26	<u>8,8</u> 8655,8	<u>11,2</u> 5716	<u>8,8</u> 9923
t_m (мода) (медиана)	<u>0,0</u> 1,4	<u>0,0</u> 1,6	<u>0,0</u> 1,6	<u>0,0</u> 2,6	<u>0,0</u> 3,4	<u>0,0</u> 2,6
$n(b)$	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00
exp	0,2158	0,1859	0,1906	0,1138	0,0895	0,1140
t_L (левая точка перегиба или среднее)	4,6	5,4	5,2	8,8	11,2	8,8
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
б. развертывание	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	65057	1696	3504	712379,9	432406	791248
3–9	41258	1965	2904	439107,6	160805	533037
9–21	9550	1365	1086	96619,5	14509	137409
21–45	372	371	99	3442,6	101	6491
45–93	1	19	1	4,1	0	13
93–189	0	0	0	0,0	0	0
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	38497	9429	4834	186920,4	94865	199086
без ГПС	24,88 %	63,51 %	38,90 %	12,99 %	13,50 %	11,94 %
t_s (минуты) (значение)	<u>3,4</u> 369	<u>3,9</u> 28	<u>3,8</u> 28	<u>6,4</u> 3923,1	<u>8,2</u> 1591	<u>6,4</u> 4812
t_m (мода) (медиана)	<u>0,0</u> 1,0	<u>0,0</u> 1,2	<u>0,0</u> 1,2	<u>0,0</u> 1,9	<u>0,0</u> 2,5	<u>0,0</u> 1,9
$t(b)$	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00
exp	0,2941	0,2534	0,2598	0,1551	0,1219	0,1554
t_L (левая точка перегиба или среднее)	3,4	3,9	3,8	6,4	8,2	6,4
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
<i>прибытие</i>	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	6796	819	412	17574,4	3270	17967
3–9	49722	3314	3127	217347,7	50207	230396
9–21	53067	1258	3558	607584,7	212630	689848
21–45	6629	25	495	382319,7	275801	488242
45–93	24	0	2	26691,3	65011	41663
93–189	0	0	0	36,0	902	83
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	38497	9429	4834	186920,4	94865	199086
без ГПС	24,88 %	63,51 %	38,90 %	12,99 %	13,50 %	11,94 %
t_s (минуты) (значение)	<u>10,9</u> 728	<u>11,0</u> 25	<u>12,0</u> 49	<u>15,6</u> 12464,5	<u>20,6</u> 8277	<u>17,0</u> 15290
t_m (мода) (медиана)	<u>6,9</u> 9,2	<u>4,5</u> 6,0	<u>7,1</u> 9,5	<u>12,1</u> 16,2	<u>17,3</u> 23,1	<u>12,8</u> 17,1
$\eta(b)$	2,1E-02	2,0E-02	1,6E-02	7,1E-03	3,1E-03	5,5E-03
exp	0,2762	0,2716	0,2510	0,1922	0,1457	0,1769
t_L (левая точка перегиба или среднее)	2,1	2,2	2,3	3,0	4,0	3,3
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	12,4	12,6	13,6	17,8	23,4	19,3

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
локализация	<i>154735</i>	<i>14846</i>	<i>12428</i>	<i>1438474,2</i>	<i>702686</i>	<i>1667285</i>
<i>0–3</i>	<i>36222</i>	<i>1490</i>	<i>2134</i>	<i>223758,7</i>	<i>87173</i>	<i>262845</i>
<i>3–9</i>	<i>42099</i>	<i>1863</i>	<i>2637</i>	<i>334655,7</i>	<i>138632</i>	<i>392947</i>
<i>9–21</i>	<i>29403</i>	<i>1494</i>	<i>2068</i>	<i>377894,1</i>	<i>176353</i>	<i>443351</i>
<i>21–45</i>	<i>8085</i>	<i>526</i>	<i>701</i>	<i>250036,8</i>	<i>146055</i>	<i>292896</i>
<i>45–93</i>	<i>428</i>	<i>43</i>	<i>54</i>	<i>62418,5</i>	<i>54601</i>	<i>72917</i>
<i>93–189</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>2785,0</i>	<i>4972</i>	<i>3238</i>
<i>189–381</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>5,1</i>	<i>35</i>	<i>6</i>
<i>381–765</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>765–1533</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>> 1533</i>	<i>38497</i>	<i>9429</i>	<i>4834</i>	<i>186920,4</i>	<i>94865</i>	<i>199086</i>
<i>без ГПС</i>	<i>24,88 %</i>	<i>63,51 %</i>	<i>38,90 %</i>	<i>12,99 %</i>	<i>13,50 %</i>	<i>11,94 %</i>
t_s (минуты) (значение)	<u><i>8,0</i></u> <i>606</i>	<u><i>8,9</i></u> <i>32</i>	<u><i>8,8</i></u> <i>43</i>	<u><i>13,2</i></u> <i>10749,7</i>	<u><i>16,2</i></u> <i>6406</i>	<u><i>13,2</i></u> <i>12595</i>
t_m (мода) (медиана)	<u><i>0,0</i></u> <i>2,4</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>2,7</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>2,6</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>4,0</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>4,9</i>	<u><i>0,0</i></u> <i>4,0</i>
$t(b)$	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>	<i>1,0E+00</i>
exp	<i>0,1252</i>	<i>0,1121</i>	<i>0,1143</i>	<i>0,0759</i>	<i>0,0619</i>	<i>0,0760</i>
t_L (левая точка перегиба или среднее)	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>	<i>9,0</i>

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
ЛОКАЛИЗАЦИЯ	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	16741	889	897	123557,1	26714	79289
3–9	33597	1558	1851	202197,6	62522	216728
9–21	36718	1574	2533	293838,2	141654	398548
21–45	19312	882	1474	287325,4	152470	393522
45–93	7147	360	620	199933,1	138761	238070
93–189	2161	106	176	123642,3	67380	114894
189–381	416	20	36	18829,0	13779	23337
381–765	80	10	1	1761,9	3954	2534
765–1533	66	18	6	469,1	587	1277
> 1533	38497	9429	4834	186920,4	94865	199086
без ГПС	24,88 %	63,51 %	38,90 %	12,99 %	13,50 %	11,94 %
t_s (минуты) (значение)	<u>16,1</u> 1218	<u>18,7</u> 66	<u>18,2</u> 90	<u>30,5</u> 24869,0	<u>38,8</u> 15367	<u>30,4</u> 29130
t_m (мода) (медиана)	<u>8,0</u> 13,5	<u>9,3</u> 15,7	<u>9,1</u> 15,3	<u>15,2</u> 25,6	<u>19,4</u> 32,5	<u>15,2</u> 25,5
$t(b)$	1,5E-02	1,1E-02	1,2E-02	4,3E-03	2,7E-03	4,3E-03
exp	0,1245	0,1072	0,1100	0,0657	0,0516	0,0658
t_L (левая точка перегиба или среднее)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	16,1	18,7	18,2	30,5	38,8	30,4

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
ЛИКВИДАЦИЯ	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	9726	575	507	39336,6	3139	22749
3–9	19449	964	1108	100619,5	23289	78180
9–21	28929	1291	1838	215341,1	79527	219705
21–45	25541	1092	1634	240934,6	125973	318245
45–93	17690	744	1245	246167,8	143987	336116
93–189	9295	319	869	254014,4	143390	308752
189–381	2634	116	289	96857,8	78278	137673
381–765	406	26	49	43318,7	13836	43836
765–1533	82	4	2	6122,7	938	5002
> 1533	40983	9715	4887	195761,1	90329	197027
без ГПС	26,49 %	65,44 %	39,32 %	13,61 %	12,85 %	11,82 %
t_s (минуты) (значение)	<u>31,4</u> 2330	<u>29,4</u> 98	<u>38,3</u> 188	<u>68,6</u> 55592	<u>74,9</u> 29919	<u>70,5</u> 67641
t_m (мода) (медиана)	<u>15,7</u> 26,4	<u>14,7</u> 24,7	<u>19,1</u> 32,1	<u>34,3</u> 57,5	<u>37,5</u> 62,9	<u>35,3</u> 59,2
$t(b)$	4,1E-03	4,6E-03	2,7E-03	8,5E-04	7,1E-04	8,0E-04
exp	0,0637	0,0680	0,0523	0,0292	0,0267	0,0284
t_L (левая точка перегиба или среднее)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	31,4	29,4	38,3	68,6	74,9	70,5

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
тушение	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	11	1	0	6,4	2	7
3–9	608	30	21	428,4	134	462
9–21	8502	416	330	8763,1	2841	9515
21–45	42805	2046	2075	91314,6	31905	100651
45–93	55251	2535	3945	432724,5	173990	490629
93–189	9020	387	1205	599612,7	307799	713829
189–381	41	2	18	117911,5	89884	151921
381–765	0	0	0	792,7	1266	1186
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	38497	9429	4834	186920,4	94865	199086
без ГПС	24,88 %	63,51 %	38,90 %	12,99 %	13,50 %	11,94 %
t_s (минуты) (значение)	<u>39,4</u> 3039	<u>38,7</u> 139	<u>47,3</u> 236	<u>83,8</u> 67564,4	<u>94,3</u> 36820	<u>85,7</u> 81040
t_m (мода) (медиана)	<u>26,3</u> 33,1	<u>25,8</u> 32,5	<u>31,6</u> 39,7	<u>55,9</u> 70,3	<u>62,9</u> 79,1	<u>57,2</u> 71,9
$t(b)$	6,5E-05	6,9E-05	3,8E-05	6,8E-06	4,8E-06	6,3E-06
exp	0,0507	0,0516	0,0422	0,0239	0,0212	0,0233
t_L (левая точка перегиба или среднее)	11,6	11,3	13,9	24,5	27,6	25,1
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	67,3	66,1	80,8	143,1	160,9	146,4

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
СВ. ГОРЕНИЕ	154735	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	1324	113	55	8775,3	3242	9088
3–9	23182	1122	1172	237467,2	38458	185753
9–21	57790	2674	3562	499081,0	178678	567908
21–45	28368	1208	2106	370985,6	230137	437183
45–93	8189	306	735	114843,2	114960	211663
93–189	1567	79	168	18818,4	44775	47864
189–381	316	20	42	2975,6	3442	8730
381–765	99	3	7	1023,6	474	2065
765–1533	48	2	12	667,6	363	1278
> 1533	33852	9319	4569	183836,7	88157	195753
без ГПС	21,88 %	62,77 %	36,76 %	12,78 %	12,55 %	11,74 %
t_s (минуты) (значение)	<u>18,2</u> 1433	<u>17,5</u> 63	<u>21,9</u> 112	<u>20,0</u> 16399	<u>30,7</u> 12294	<u>24,9</u> 23910
t_m (мода) (медиана)	<u>12,1</u> 15,2	<u>11,7</u> 14,7	<u>14,6</u> 18,4	<u>13,4</u> 16,8	<u>20,4</u> 25,7	<u>16,6</u> 20,9
$t(b)$	4,5E-03	5,0E-03	2,6E-03	3,4E-03	9,4E-04	1,7E-03
exp	0,1651	0,1710	0,1372	0,1497	0,0978	0,1204
t_L (левая точка перегиба или среднее)	3,5	3,4	4,3	3,9	6,0	4,9
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	20,7	20,0	24,9	22,8	34,9	28,3

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
<i>свободное развитие</i>	154731	14846	12428	1438474,2	702686	1667285
0–3	1	0	0	11,9	1	7
3–9	1283	29	36	3904,1	427	2485
9–21	28980	846	1104	135127,8	21637	102037
21–45	76949	3462	4857	731104,5	229969	743753
45–93	13642	1183	1847	379095,0	333941	603894
93–189	23	8	15	5394,2	28542	19355
189–381	0	0	0	0,1	13	1
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	33852	9319	4569	183836,7	88157	195753
без ГПС	21,9%	62,8%	36,8%	12,8%	12,5%	11,7%
t_s (минуты) (значение)	<u>29,86</u> 1865	<u>34,85</u> 98	<u>35,81</u> 144	<u>38,83</u> 24726,6	<u>52,46</u> 16016	<u>43,99</u> 32573
t_m (мода) (медиана)	<u>24,9</u> 28,2	<u>29,0</u> 32,9	<u>29,8</u> 33,8	<u>32,4</u> 36,7	<u>43,7</u> 49,6	<u>36,7</u> 41,6
$t(b)$	6,6E-05	2,6E-05	2,2E-05	1,4E-05	2,2E-06	6,4E-06
exp	0,2009	0,1721	0,1675	0,1545	0,1144	0,1364
t_L (левая точка перегиба или среднее)	13,76	16,06	16,50	17,89	24,17	20,27
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	36,01	42,03	43,19	46,83	63,27	53,06

Глава 2. НОВОЕ УРАВНЕНИЕ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ

2.1. Необходимость изменения методов и средств противопожарной обороны

Необходимость выработки более эффективных способов и схем предотвращения и тушения пожаров заключается в том, что современные технологии идут по пути интенсификации параметров технологических процессов (давления, температур, концентраций, скоростей и пр.) и прогноз отказов и аварий на объектах имеет тенденцию к их возрастанию по следующим причинам [14–17]:

- из-за увеличения единичной мощности и сложности агрегатов;
- из-за ужесточения технологических режимов (приближение темпов процессов и эксплуатационных параметров рабочих сред к предельно допустимым, т.е. аварийно-пожаро-взрыво-опасным);
- из-за нестабильности качества (дисперсий) наработки на отказ) заменяемых в процессе эксплуатации узлов и деталей, обусловленной несовершенством теории надежности и методов квалиметрии;
- из-за повышения требований к реакции “человека-оператора” техпроцесса на штатные и нештатные ситуации, возможности которого объективно (сенсорная депривация, десинхронозы и т.п.) и субъективно (биоритмологическая коррекция, психологическая подготовка индивида) — ограничены.

Количественное наращивание сил и средств пожарной охраны в соответствии с указанной тенденцией, т.е. экстенсивный способ развития гарнизонов в XXI веке неприемлем, во-первых, из-за «затратной природы» самой государственной противопожарной службы (ГПС), т.к. она сама ничего не производит и предназначена для сокращения потерь общественного производства и бытия, а, следовательно, не может быть больше этих самых «потерь», во-вторых, из-за дефицита трудовых и материально-технических ресурсов в обществе и, в-третьих, из-за усложнения координации и управления ими при нарастающем количестве [18].

Необходимы качественные изменения в ее взаимодействии с объектами и субъектами, т.е. интенсификация деятельности ГПС, во-первых, за счет повышения оснащенности личного состава средствами вычислительной техники и связи не менее чем до уровня оснащенности

пожарно-техническим вооружением, во-вторых, за счет «интеллектуального вооружения» личного состава новейшими информационными технологиями, устраняющими рутинную работу и потери рабочего времени, а также снижающими трудоемкость процессов взаимодействия с объектами и субъектами, в-третьих, за счет обучения населения правилам пожарной безопасности и поведения на пожаре, в-четвертых, за счет оптимизации методов и средств противопожарной защиты объектов и населения [13, 18–20].

2.2. Постановка задачи и синтез нового уравнения

Статистический анализ пожаров [13, 18], моделирование оперативно-тактической деятельности ГПО [12, 21–23] и исследование процессов, обуславливающих время развития пожаров [24, 25] и формирование потерь от них [14–18], позволили модифицировать традиционный алгоритм [26] решения оперативно-тактических задач (ОТЗ):

$$t_n = \sum_{i=1}^5 k_i t_i + t_m \prod_{m=1}^2 k_m + \sum_{j=1}^4 k_j t_j; \quad (2.1)$$

$$\sum k_i t_i = k_o t_o + k_{cp} t_{cp} + k_{cc} t_{cc} + k_{рд} t_{рд} + k_{сб} t_{сб}; \quad (2.2)$$

$$t_m \prod k_m = t_{сл} k_{м} k_{сд}; \quad (2.3)$$

$$\sum k_j t_j = k_p t_p + k_{бр} t_{бр} + k_{л} t_{л} + k_{лик} t_{лик}, \quad (2.4)$$

где t_n — время пожара; k_p, k_j, k_m — коэффициенты качества решения и выполнения ОТЗ; t_o — время обнаружения опасных факторов пожара (длительность процесса загорания до срабатывания пожарного извещателя); t_{cp} — время верификации обнаружения и включения оповещения (или обнаружения дыма/огня населением и т.д.); t_{cc} — время сообщения о пожаре (длительность процесса сообщения о пожаре в ПЧ средствами связи и сигнализации, посыльным и т.д.); $t_{рд}$ — время решения диспетчером задачи высылки (длительность процесса идентификации объекта пожара, определения выслаемых сил и средств по расписанию выездов, формирования и передача приказа на выезд в ПЧ); $t_{сб}$ — время сбора боевого расчёта по тревоге (длительность процесса сбора боевых расчетов и выезда пожарных автомобилей); $t_{сл}$ — время следования к месту пожара (длительность процесса движения пожарных автомобилей к объекту пожара); t_p — время разведки (длительность процесса обнаружения очага пожара и пострадавших); $t_{бр}$ — время боевого развертывания (длительность процесса спасения пострадавших, организации боевых участков,

развертывания пожарно-технического вооружения, постановки на водосточники и т.д.); $t_{\text{л}}$ — время локализации пожара (длительность процесса ограничения распространения огня огнетушащими составами, включая защиту окружающих помещений и объектов); $t_{\text{лик}}$ — время ликвидации пожара (длительность процесса подавления горения и обработки места пожара на предмет недопущения повторного воспламенения).

Анализ процессов формирования потерь от пожаров показал, что уменьшение временных компонент ($t_{i,j,m} \rightarrow 0$), т.е. увеличение скорости решения и выполнения ОТЗ сокращает ущерб, а снижение качества ($k_{i,j,m} \rightarrow \infty$) — увеличивает потери от пожаров. Таким образом, налицо неопределенности типа $\lim (t_{i,j,m} \cdot k_{i,j,m}) = 0 \cdot \infty$ в определении компонентов алгоритма, преобразование которых и раскрытие по правилам Лопиталя показало, что существуют достаточная корреляция скорости и качества решения (выполнения) ОТЗ, функциональный анализ которых позволил определить указанные пределы и физический смысл коэффициентов качества.

Так сумма времён обнаружения ($t_{\text{об}}$) и сообщения ($t_{\text{ср}} + t_{\text{сб}}$) о пожаре в настоящее время не может быть менее 2,8 мин [25, 27], что ограничено физическими принципами обнаружения (инерционностью ОФП, извещателей и т.д.), при этом коэффициенты качества имеют обратную зависимость от вероятностей (надежности срабатывания пожарного извещателя) достоверного обнаружения и сообщения о пожаре:

$$k_{\text{об}} = 1/P_{\text{об}} \ (1 < k_{\text{об}} < \infty); \quad k_{\text{ср}} = 1/P_{\text{ср}} \ (1 < k_{\text{ср}} < \infty);$$

$$k_{\text{сб}} = 1/P_{\text{сб}} \ (1 < k_{\text{сб}} < \infty). \quad (2.5)$$

Время решения мобилизационной задачи ($t_{\text{рд}}$) и сбора боевого расчета по тревоге ($t_{\text{сб}}$) не может быть менее 45 секунд [28], при этом коэффициенты качества имеют ту же обратную зависимость от вероятностей правильного решения диспетчером задачи высылки сил и средств и готовности к выезду выбранного боевого расчета:

$$k_{\text{рд}} = 1/P_{\text{рд}} \ (1 < k_{\text{рд}} < \infty) \quad \text{и} \quad k_{\text{сб}} = 1/P_{\text{сб}} \ (1 < k_{\text{сб}} < \infty). \quad (2.6)$$

Время следования ($t_{\text{сд}}$) к месту пожара, определяемое коэффициентами (качества) выбранного маршрута ($k_{\text{м}}$) и (скорости) движения ($k_{\text{сд}}$) пожарного автомобиля, как показали исследования [21–24], не может уменьшиться более чем в 3 раза (90 км/ч / 30 км/ч, где 30 км/ч — средняя скорость движения пожарного автомобиля в существующей системе управления движением) при среднем времени прибытия к месту пожара — 14,3 мин [29]. При этом коэффициент качества маршрута обратно пропорционален вероятности проезда по кратчайшему пути к месту

пожара, а коэффициент скорости движения зависит от отношения вероятности достижения конструктивной скорости при движении, к «невероятности» дорожно-транспортного происшествия с пожарным автомобилем:

$$k_m = 1/P_m (1 < k_m < \infty) \quad \text{и} \quad k_{cd} = P_{cd}/(1 - P_{дтп}) (1 < k_{cd} < \infty). \quad (2.7)$$

Суммарное время разведки (t_p) и боевого развертывания ($t_{бр}$) не может быть менее 3,4 мин., что является рекордным на соревнованиях по пожарно-прикладному спорту, где «качество разведки максимально» ($k_p = 1/P_p = 1$), коэффициент которой определяет достоверность объекта и очага пожара (учебно-тренировочная пожарная башня), а также максимально качество боевого развертывания ($k_{бр} = 1/P_{бр} = 1$), определяющееся вероятностью соответствия оперативно-тактических возможностей пожарного автомобиля и его личного состава выполнению данной ОТЗ [28].

Минимум времени тушения достигается мгновенной ($t_l \rightarrow 0$) или длительной ($t_{лик} \rightarrow \infty$) подачей огнетушащих составов (ОТС) необходимой интенсивности, соответствующих классу и рангу пожара. При этом коэффициенты качества локализации ($k_l = 1/P_{отс} \cdot P_{ил}$), и ликвидации пожара ($k_{лик} = 1/P_{отс} \cdot P_{илик}$) обратно пропорциональны произведению вероятностей соответствия ОТС и интенсивности – требуемым, т.е. «качество максимально» (коэффициенты равны 1) при «безошибочности» оперативного плана пожаротушения и действий личного состава во главе с руководителем тушения пожара (РТП).

Процесс восстановления израсходованных ресурсов и постановки сил и средств в боевой расчет является завершающей ОТЗ, которая, как показывает моделирование, может рассчитываться по усеченному обратному алгоритму [23], при этом время восстановления ($t_{св} + t_{вр} + t_{сл} + t_{пбр}$) не может быть менее времени боевого развертывания ($t_{св}$ – «время свертывания»), если даже допустить, что реализована автоматизированная система пассивной локации для определения текущих координат пожарных автомобилей, которая при начале движения боевого расчета с места пожара, после сбора пожарно-технического вооружения автоматически включает его в «динамический боевой расчет» и, при необходимости может привлечь к боевым действиям с маршрута возвращения в пожарную часть, без восстановления израсходованных ресурсов [29–31].

При других («стояночных») системах учета пожарной техники [32] время восстановления ресурсов и возвращения в ПЧ опишется

по тем же формулам (2.2)–(2.4), но с другими временами и коэффициентами:

$$\sum k_{\ell} t_{\ell} = k_{\text{св}} t_{\text{св}} + k_{\text{вр}} t_{\text{вр}} + t_{\text{сл}} k_{\text{м}} k_{\text{сд}} + k_{\text{пбр}} t_{\text{пбр}}, \quad (2.8)$$

где $t_{\text{св}}$ – время свертывания пожарно-технического вооружения; $t_{\text{вр}}$ – время восстановления израсходованных ресурсов; $t_{\text{пбр}}$ – время постановки в боевой расчет.

Коэффициент качества свертывания и восстановления ресурсов одинаковы ($k_{\text{св,вр}} = 1/(1 - P_{\text{ис}})$) и обратно пропорциональны вероятности «неиспользования» пожарно-технического вооружения, ОТС и личного состава пожарного автомобиля в боевых действиях, а время и коэффициент качества постановки в боевой расчет не могут быть меньше параметров сбора по тревоге ($k_{\text{пбр}} \cdot t_{\text{пбр}} > t_{\text{сб}}/P_{\text{сб}}$).

Синтез прямого и обратного алгоритмов позволил получить [4, 18] новое уравнение оперативно-тактической деятельности (ОТД), времена и вероятности в котором описываются соответствующими распределениями Эрланга [12, 18]:

$$t_{\text{ОТД}} = \sum_{i=1}^5 \frac{t_i}{P_i} + 2 \cdot \frac{t_{\text{м}} \cdot P_{\text{сд}}}{P_{\text{м}} (1 - P_{\text{ДТП}})} + \sum_{j,k=1}^5 \frac{t_j}{P_j \cdot P_k} + \sum_{\ell=1}^2 \frac{t_{\ell}}{1 - P_{\ell}}; \quad (2.9)$$

$$y = \frac{\left(\frac{t}{c}\right)^{b-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c}\right)}{c \cdot [(b-1)!]}; \quad (2.10)$$

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{t}{c}\right) \cdot \left[\sum_{i=0}^{b-1} \frac{(t/c)^i}{i!}\right]. \quad (2.11)$$

2.3. Результаты решения нового уравнения на Юге России

Многочисленные исследования продолжительности начальной стадии пожара показали [24, 25, 27], что более 70 % пожаров обнаруживаются после общей вспышки в помещении (объекте), т.е. через 10–15 минут после загорания.

Это обусловлено тем, что пожарная сигнализация, как правило, отсутствует (не срабатывает или выключена из-за ложных срабатываний) на подавляющем количестве объектов, что и подтверждается гистограммами «новых» времён: свободного развития (рис. 2.1), идентификации (рис. 2.2) и прибытия (рис. 2.3), разность средних значений которых и составляет 11,8 мин.

Рис. 2.1. Гистограммы потерь по времени свободного развития пожаров

Сравнивая вычисленные «новые» времена выполнения ОТЗ (рис. 2.1 и 2.2) и соответствующие «старые» — легко объяснить «недостатки», «скрытые» в данных карточек учета пожаров, из которых сформированы базы данных в АСОД «ПОЖАРЫ» [4].

На гистограммах отчетливо видно, что наибольшее количество пожаров и ущерб от них на Юге России, сосредоточены за пределами оперативного-тактических возможностей гарнизонов:

- ГПС не выезжала (время прибытия > 1533 минут) на каждый 4-й пожар (рис. 2.1 – 38497 или 24,88 % пожаров произошли без ГПС);
- в указанных пожарах погиб каждый 3-й (рис. 2.1 – 4834 или 38,90 % погибших без ГПС) и были травмированы 2 из 3-х (рис. 2.1 – 9429 или 63,51 % травмированных без ГПС) пострадавших от пожаров жителей Юга России;
- в них уничтожен каждый 7-й (рис. 2.1 – 94865 или 13,50 % без ГПС) и поврежден каждый 9-й (рис. 2.1 – 199086 или 11,94 % без ГПС) квадратный метр площади строений, а прямой ущерб составил – 186,92 млн руб. или 12,99 % всех материальных потерь.

Среднее время сообщения о пожаре составляет 11,4 мин, в то время как фактическое получение информации об объекте пожара «заканчивается»

только после решения диспетчером задачи идентификации и передачи в ПЧ приказа на выезд, что составляет 13,4 мин (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Гистограммы и распределения Эрланга времени идентификации

Рис. 2.3. Гистограммы и распределения Эрланга времени прибытия

Среднее время прибытия равняется 10,4 мин, в то время как фактическое «прибытие» к очагу пожара «заканчивается» только после разведки и боевого развертывания, что составляет 11,9 мин (рис. 2.3).

Существенным при этом является тот факт, что вычисленное среднее время следования на пожар составляет всего 6,0 мин (см. гл. 1), в отличие от «старого» времени прибытия в 10,4 мин, в котором «спрятаны» времена диспетчерской задачи и сбора боевого расчета по тревоге.

Следовательно можно ввести понятие «*интервалов оперативной* (тактической) *деятельности*» гарнизона ГПС (ИОД), как временных интервалов в окрестностях моды (максимума) функций плотности вероятности количества пожаров, ограниченный её точками перегиба, то есть значениями времен t_{Li} и t_{Ri} , при которых $d^2 y_i / dt_i^2 = 0$ [6].

Тогда, интегрируя функции плотности вероятности соответствующих параметров (пожаров, ущерба, гибели) в указанных интервалах получаем количественную оценку фактической оперативно-тактической деятельности любого ГПО. Первообразные функции при этом получаются в виде [5, 6]:

$$\Delta_i = \left(1 - \exp\left(-\frac{t_{Ri}}{t_{Si}}\right) \cdot \left[\sum_{i=0}^{b-1} \frac{(t_{Ri}/t_{Si})^i}{i!} \right] \right) - \left(1 - \exp\left(-\frac{t_{Li}}{t_{Si}}\right) \cdot \left[\sum_{i=0}^{b-1} \frac{(t_{Li}/t_{Si})^i}{i!} \right] \right), \quad (2.12)$$

где t_{Si} — математические ожидания « i »-го параметра (ущерба, гибели и т.д.); t_{Li} , t_{Ri} — значения времен ОТ функций плотности вероятности количества пожаров; Δ_i — изменение искомого « i »-го параметра в ИОДе.

Сравнивая фактические параметры любого ГПО с его моделью, построенной в результате решения уравнений ОТД для данного ГПО, в т.ч. при «виртуальном» внедрении оперативно-профилактических мероприятий, можно оценить количественно, т.е. через изменение ущерба, гибели, травм, уничтоженных и поврежденных площадей, техники и т.д. — эффективность, «достоинства и недостатки» организации пожарной безопасности жизнедеятельности (неоптимальность размещения, недоукомплектованность пожарно-техническим вооружением и личным составом, недостаточность средств пожарной сигнализации и связи и т.п.).

Иными словами, изменения соответствующих параметров (пожаров, ущерба, гибели и т.д.) в ИОДах могут служить характеристиками оперативно-тактической деятельности каждого ГПО, при этом каждый параметр может быть проанализирован на предмет связи оперативно-тактической деятельности ГПО с его стратегической задачей — профилактикой пожаров (по корреляции, причин и времени развития,

числа пожаров и нарушений ППБ, мест возникновения и ущерба, гибели и времени воздействия ОФП и т.п.).

Дифференциация времён выполнения ОТЗ и новое уравнение ОТД (2.9), позволяют проанализировать всю структуру оперативно-тактической деятельности ГПС и найти коэффициенты качества выполнения каждой ОТЗ в любом гарнизоне ГПС по граничным условиям.

Благодаря новой методологии «виртуального внедрения» организационно-технических мероприятий [18], изменяющих коэффициенты качества и времена выполнения любой ОТЗ, появилась возможность оценить их эффективность по сокращению социально-экономических потерь, как на начальной стадии пожаров, используя функцию распределения времени свободного развития пожара, так и на заключительной стадии – по функциям распределения времени тушения пожара.

В соответствии с результатами вычислений (см. табл. 1.1), уравнение ОТД (2.9) решается следующим образом.

Коэффициенты качества и соответствующие вероятности начальной стадии пожаров определим по формулам:

$$\sum_{i=1}^5 t_i k_i = \frac{t_{об}}{P_{об}} + \frac{t_{сп}}{P_{сп}} + \frac{t_{сс}}{P_{сс}} + \frac{t_{рд}}{P_{рд}} + \frac{t_{сб}}{P_{сб}}. \quad (2.13)$$

В качестве времён, коэффициентов качества и соответствующих вероятностей обнаружения пожаров «идеальной модели» используем результаты статистического анализа надёжности АПС [33, 34], из которого следует:

$P_{об}$ — определяется, как вероятность безотказной работы «усредненного» пожарного извещателя, которая равна 0,99176;

$P_{сп}$ — определяется, как произведение вероятностей достоверного срабатывания (отсутствие ложного срабатывания) «усредненного» пожарного извещателя, его безотказной работы, а также схемы верификации (отсеивание ложного срабатывания) и передачи сигнала тревоги «усредненного» приемно-контрольного прибора, которое равно 0,89688;

$P_{сс}$ — определяется, как вероятность безотказной работы «усредненного» приемно-контрольного прибора, которая равна 0,96175;

$t_{об}$ — определяется, как время срабатывания «усредненного» пожарного извещателя, которое равно 2,8 мин;

$t_{сп}$ — определяется, как время работы схемы верификации «усредненного» приемно-контрольного прибора, которое равно 0,2 мин;

$t_{сс}$ — определяется, как время передачи сигнала тревоги в ПЧ «усредненным» приемно-контрольным прибором, которое равно 0,1 мин.

Подставляя указанные результаты в уравнение (2.13), имеем

$$\sum_{i=1}^5 t_i k_i = \frac{P_{cp} P_{cc} t_{об} + P_{об} P_{cc} t_{cp} + P_{об} P_{cp} t_{cc}}{P_{об} P_{cp} P_{cc}} + \frac{t_{рд}}{P_{рд}} + \frac{t_{сб}}{P_{сб}} = t_{АПС} + (t_{рд} + t_{сб}). \quad (2.14)$$

Учитывая граничные условия, т.е. $(t_{рд} + t_{сб}) = 1,033$ мин и $P_{рд} = P_{сб} = 1$, получим

$$t_{АПС} + (t_{рд} + t_{сб}) = 3,1502 + 1,0333 = \mathbf{4,1835}, \quad (2.15)$$

после чего (через отношения с T_C) можно определить «текущий коэффициент качества» и вероятность сообщения о пожаре на Юге России

$$k_C = T_C / 4,1835 = \mathbf{2,733} \quad \text{и} \quad P_C = 4,1835 / T_C = \mathbf{0,366}. \quad (2.16)$$

Коэффициенты качества и соответствующие вероятности прибытия боевых расчетов на пожар определяются из выражения:

$$t_m \cdot \prod k_m = t_{cl} k_m k_{cl} = \frac{t_{cl} \cdot P_{cl}}{P_m (1 - P_{ДТП})}, \quad (2.17)$$

где P_{cl} — определяется, как вероятность достижения конструктивно-возможной скорости движения ПА, и вычисляется очевидным соотношением средней скорости «усредненного ПА» к его паспортной, т.е. $38,5/70,0 = \mathbf{0,5506}$.

Для расчета вероятности ДТП используем модифицированную интенсивность ДТП для боевого расчета ПА [35] — $\lambda_{ДТП} = 1,63 \cdot 10^{-6}$ ДТП/км и, зная средний радиус выезда на пожары по Югу России, получим

$$P_{ДТП} = 1 - \exp(-1,63 \cdot 10^{-6} \text{ ДТП/км} \cdot 10,7 \text{ км}) = \mathbf{0,00001744}. \quad (2.18)$$

Коэффициент качества маршрута, т.е. вероятность проезда ПА по кратчайшему пути к месту пожара, можно представить как соответствующие отношения «средненормативного» [26, 28] и среднего радиусов выезда:

$$k_m = \frac{R_C}{R_H} = \frac{2 \cdot 10,7}{3 + 5} = 2,68672 \quad \text{и} \quad P_m = 4,1835 / T_C = 0,3722. \quad (2.19)$$

Тогда «текущий коэффициент качества» и вероятность прибытия на пожар можно вычислять через соответствующие отношения «средненормативного» времени прибытия ($t_H = 60 R_H / V_H$) и среднего времени прибытия, которые для Юга России составляют:

$$k_{\Pi} = T_{\Pi} \cdot V_H / 60 R_H = 10,4 \cdot 70 / 60 \cdot (3 + 5) = \mathbf{1,51667}$$

и

$$P_{\Pi} = 1 / k_{\Pi} = \mathbf{0,65934}. \quad (2.20)$$

Коэффициенты качества и соответствующие вероятности заключительной стадии пожаров определим по формулам:

$$\sum k_j t_j = k_p t_p + k_{бр} t_{бр} + k_{л} t_{л} + k_{лик} t_{лик} = \frac{t_p}{P_c \cdot P_{ч}} + \frac{t_{бр}}{P_c \cdot P_{ч}} + \frac{t_{л}}{P_c \cdot P_{ил}} + \frac{t_{лик}}{P_c \cdot P_{илик}}. \quad (2.21)$$

Для получения интегрального коэффициента качества и вероятности «локализации» пожаров, разгруппируем уравнение (2.21) на два:

$$k_{л} T_{л} = \frac{t_p}{P_c \cdot P_{ч}} + \frac{t_{бр}}{P_c \cdot P_{ч}} + \frac{t_{л}}{P_c \cdot P_{ил}} \quad \text{и} \quad k_{лик} t_{лик} = \frac{t_{лик}}{P_c \cdot P_{илик}}. \quad (2.22)$$

«Интегральный» коэффициент качества ($k_{л}$) локализации пожара, определяется из отношения времени локализации $T_{л}$ к нормативу времени пожарно-прикладного спорта по боевому развертыванию от пожарного автомобиля (с постановкой на водоисточник и прокладкой двух линий: учебная башня и мишень) $T_{м} = 3,4$ мин [28], и составит для Юга России:

$$k_{л} = T_{л} / T_{м} = 4,7259. \quad (2.23)$$

Для вычисления P_c воспользуемся данными в карточках учета пожаров, характеризующими изменение ранга пожаров, т.е. фиксирующими дополнительное привлечение сил и средств, что отражает код выборки #82/ > 2, при котором для тушения пожара привлекаются более 2-х ПА [4]. Тогда отношение числа таких пожаров к их общему количеству определит вероятность «недостаточности» высланных сил и средств, а вычитание полученного результата из единицы даст вероятность соответствия сил и средств (P_c), которая для Юга России (15,15 %) составит:

$$P_c = 1 - 0,1515 = 0,8485. \quad (2.24)$$

Для вычисления вероятности высылки численности личного состава ($P_{ч}$), достаточной для выполнения ОТЗ, воспользуемся данными в карточках учета пожаров, характеризующими участников пожаров #80/ = 1, т.е. фиксирующими, что пожар потушен силами и средствами ПЧ, без привлечения других [4]. Тогда отношение числа таких пожаров к их общему количеству и определит искомую вероятность, которая для Юга России составит:

$$P_{ч} = 0,6294. \quad (2.25)$$

Подставляя полученные значения и соответствующие «новые времена» в первое уравнение (2.22), получим вероятность локализации пожара интенсивностью подачи ОТС участниками пожаротушения ($P_{\text{и}}$):

$$4,7259 \cdot 16,1 = \frac{7,7}{0,8485 \cdot 0,6294} + \frac{4,9}{0,8485 \cdot 0,6294} + \frac{5,7}{0,8485 \cdot P_{\text{и}}} \quad (2.26)$$

откуда $P_{\text{и}} = 0,1283$, а коэффициенты качества и вероятности в уравнении (2.22) равны:

$$k_{\text{р}} t_{\text{р}} + k_{\text{бр}} t_{\text{бр}} + k_{\text{л}} t_{\text{л}} = 1,8725 t_{\text{р}} + 1,8725 t_{\text{бр}} + 9,1859 t_{\text{л}} \quad (2.27)$$

Очевидно, что вероятности соответствия ($P_{\text{с}}$) и интенсивности ($P_{\text{и}}$) определяют и качество ликвидации пожаров, поэтому, подставляя их значения во второе уравнение (2.22), получим:

$$k_{\text{лик}} t_{\text{лик}} = \frac{t_{\text{лик}}}{0,8485 \cdot 0,1283} = 9,1859 t_{\text{лик}} \quad (2.28)$$

Вероятность соответствия ($P_{\text{с}}$) практически равна вероятности правильного решения диспетчером задачи привлечения сил и средств ($P_{\text{рд}}$), а коэффициент качества ($k_{\text{сб}}$) и вероятность сбора по тревоге ($P_{\text{сб}}$) определится соответствующими отношениями среднего времени сбора ($t_{\text{сб}}$) к «усредненному по типам ПА» нормативу ($T_{\text{сб}} = 1,0333$):

$$k_{\text{рд}} t_{\text{рд}} = \frac{t_{\text{рд}}}{0,8485} = 1,1786 t_{\text{рд}} \quad (2.29)$$

$$k_{\text{сб}} = t_{\text{сб}} / T_{\text{сб}} = 3,1 / 1,0333 = 2,9532 \quad (2.30)$$

В соответствии с уравнением (2.8) и граничными условиями, параметры ОТЗ по возвращению боевых расчетов в ПЧ получим в следующем виде:

$$4,7259 t_{\text{бр}} / (1 - 0,5340) = t_{\text{св}} - \text{время «свертывания ПТВ»}, \quad (2.31)$$

$$1,5168 t_{\text{сб}} / (1 - 0,3386) = t_{\text{пор}} - \text{время постановки в боевой расчет}. \quad (2.32)$$

Вероятность «неиспользования» ПТВ можно оценить как отношение к числу пожаров, на которые ГПС выезжала, количества пожаров, потушенных ресурсами автоцистерн (код выборки #87/ = 8) без постановки на водоисточник [4], что для Юга России составляет 3,79 %:

$$(1 - P_{\text{ис}}) = 0,0379 \rightarrow P_{\text{ис}} = 0,9621. \quad (2.33)$$

Тогда коэффициент качества и время восстановления ресурсов можно рассчитать по времени забора воды «усредненной по типам ПА автоцистерной» $(6,5 + 7,0 + 18,0)/3$:

$$k_{вр} t_{вр} = 10,5/(1 - P_{ис}) \text{ при } k_v = 26,395. \quad (2.34)$$

Подставляя в формулу (2.9) полученные времена, коэффициенты качества и вероятности, имеем новое уравнение ОТД для Юга России:

$$\begin{aligned} t_{ОТД} (\text{мин}) = & 2,7333 \cdot \left(\frac{t_{об}}{0,99176} + \frac{t_{ср}}{0,89688} + \frac{t_{сс}}{0,96175} \right) + \\ & + 1,5168 \cdot \left(\frac{t_{рд}}{0,8485} + \frac{t_{сб}}{0,3386} + \frac{0,5506 t_{сл}}{0,3722 \cdot (1 - 17,44 \cdot 10^{-5} \cdot R_c)} \right) + \\ & + 4,7259 \cdot \left(\frac{t_p}{0,5340} + \frac{t_{бр}}{0,5340} + \frac{t_l}{0,1089} \right) + 9,1859 t_{лик} + \frac{4,7259 t_{бр}}{1 - 0,5340} + \\ & + 277,2 + 1,5168 \cdot \left(\frac{0,5506 t_{сл}}{0,3722 \cdot (1 - 17,44 \cdot 10^{-5} \cdot R_c)} + \frac{t_{сб}}{1 - 0,3386} \right). \end{aligned} \quad (2.35)$$

По полученному уравнению ОТД удобно проводить функциональный анализ [18], в т.ч. с учетом аналитической связи со «старыми временами ОТЗ»:

$$T_c = 2,7333 \cdot \left(\frac{t_{об}}{0,99176} + \frac{t_{ср}}{0,89688} + \frac{t_{сс}}{0,96175} \right); \quad (2.36)$$

$$T_{\Pi} = 1,5168 \cdot \left(\frac{t_{рд}}{0,8485} + \frac{t_{сб}}{0,3386} + \frac{0,5506 t_{сл}}{0,3722(1 - 17,44 \cdot 10^{-5} \cdot R_c)} \right); \quad (2.37)$$

$$T_l = 4,7259 \cdot \left(\frac{t_p}{0,5340} + \frac{t_{бр}}{0,5340} + \frac{t_l}{0,1089} \right); \quad (2.38)$$

$$T_{лик} = 9,1859 t_{лик}. \quad (2.39)$$

Так коэффициент качества при T_c свидетельствует о том, что только в 36,59 % случаев $(1/2,7333)$ в обнаружении и сообщении о пожарах, на которые привлекалась ГПС, использовались пожарные извещатели и средства связи. При этом вероятности обнаружения (0,99176), срабатывания (0,89688) и сообщения (0,96175) характеризуют низкий уровень надежности имеющихся установок АПС. Если «добавить»

к оставшимся 63,41 % пожарам 22,91 %, на которые ГПС не выезжала, то получающийся показатель 86,32 % свидетельствует о чрезвычайно низком уровне (13,68 %) применения технических средств обнаружения и сообщения о пожаре, что подтверждается статистикой пожаров на объектах, оборудованных АПС и АУП, составляющих по Югу России 0,76 %.

Коэффициент качества при $T_{\text{п}}$ свидетельствует о том, что время реакции гарнизонов ГПС, т.е. прибытия к месту пожара, только в 65,93 % случаев (1/1,5168) соответствует среднему радиусу выезда ($R_c = 10,7$ км), который в свою очередь более чем в 2 раза превышает нормативный. При этом вероятность достижения ПА своей конструктивной скорости (0,5506) говорит о неудовлетворительном состоянии дорожно-транспортной инфраструктуры, а вместе с вероятностью ДТП ($1,866 \cdot 10^{-4}$) свидетельствуют о том, что уровень системы управления дорожным движением (0,999813) более чем в 500 раз ниже установленной ГОСТ 12.1.004 безопасности населения (0,999999). Низкая вероятность оптимальной маршрутизации (0,3722), т.е. привлечения сил и средств по кратчайшим маршрутам, характеризует неадекватность оперативных планов и неоптимальную дислокацию ПЧ, а вместе с невысокой вероятностью правильного решения задачи диспетчером (0,8485) — низкий уровень автоматизации при решении ОТЗ.

Коэффициент качества при $T_{\text{л}}$ свидетельствует о том, что время локализации, т.е. разведки, боевого развертывания и локализации пожара, только в 21,16 % случаев (1/4,7259) соответствует нормативам. Практически равновероятные значения при временах разведки и боевого развертывания (0,5340) свидетельствуют об отсутствии необходимого информационного обеспечения боевых расчетов о каждом 2-м объекте пожара, а низкая вероятность локализации (0,1089) характеризует тот факт, что только на 1-м из 10 пожаров привлеченные силы и средства (численность, тип и интенсивность подачи ОТС) соответствуют классу и рангу пожара.

Коэффициент качества при $T_{\text{лик}}$ свидетельствует о том, что время ликвидации, только в 10,89 % случаев (1/9,1859) соответствует оптимальному, т.е. только на каждом 9-м пожаре привлеченные силы и средства (численность, тип и интенсивность подачи ОТС) соответствовали классу и рангу пожара и потушили его в соответствии с нормативами.

2.4. Прогнозирование совершенствования противопожарной обороны

Одним из принципов проверки правильности любых гипотез и теорий является установление их «предсказательной силы», т.е. свойства предсказуемости с их помощью событий, новых качественных и количественных параметров исследуемых процессов [1].

С помощью полученного уравнения оперативно-тактической деятельности, моделей оперативно-тактических задач и их граничных решений, оказалось возможным прогнозировать пути совершенствования противопожарной обороны административно-территориальных единиц (АТЕ):

Прогноз 1. Детальный анализ 1-го и 3-го членов уравнения оперативно-тактической деятельности (2.9) по граничным условиям показал, что самым эффективным направлением совершенствования ОТД является путь создания автоматизированных средств и систем радиообнаружения пожаров и пожарной техники с пассивной локацией радиообъектов [29]. А при учете результатов анализа 2-го и 4-го членов того же уравнения [23], определяется оптимальная архитектура такой системы, как совокупность централизованной (на уровне района) подсистемы радиообнаружения пожаров и пожарной техники [30], при этом «районная пожарная каланча» (рукавная башня ПЧ) получает «вторую жизнь» в виде здания-мачты (50 или 100 м высоты), несущей в себе аппаратуру радиообнаружения и лазерного зондирования, на балконах которой располагаются УКВ антенны, а на крыше — лидар (рис. 2.4).

Прогноз 2. Анализ 2-го и 4-го члена уравнения оперативно-тактической деятельности показал, что наличие геоинформационной системы контроля за районом (наличие поэтажных планировок на каждый объект в электронной базе данных ЦУСС) дает возможность перейти от «рангового метода» привлечения сил и средств к «безранговому» — автоматизированному расчету оперативного плана пожаротушения на каждый объект, где возник пожар, за время сбора боевого расчета по тревоге [36], т.е. в реальном масштабе времени, и сделать его оптимальным, включая привлечение боевых расчетов (прогноз 1) с маршрута возвращения.

Прогноз 3. Такая же глубокая взаимосвязь была обнаружена при анализе 2-го члена уравнения ОТД, когда при моделировании оптимальной системы управления движением пожарной техники (рис. 2.5) «красная волна» [23, 30], появилась необходимость в средствах оперативного контроля координат пожарных автомобилей (см. прогноз 1), а сокращение маршрутов следования и времени их движения к месту пожара (и возвращения в пожарную часть), позволили синтезировать оптимальные алгоритмы расчета оперативных планов пожаротушения (см. прогноз 2).

Прогноз 4. Совместный анализ 3-го и 4-го членов уравнения ОТД позволил сформулировать требования к оптимальному импульсному и газовому пожарно-техническому вооружению (стационарным, мобильным и носимым установкам), а также к техническим средствам («скорой пожарной помощи», «азотной мотопомпы» и «пожарного вертолета») доставки огнетушащих составов (рис. 2.6), оснащённых «бесконечными

источниками огнетушащего состава» (БИОТС), использующими метод термомагнитной сепарации воздуха [37, 38] на кислород (парамагнетик) и азот (с остальными атмосферными газами — диамагнетиками).

Рис. 2.4. Здание-мачта

Рис. 2.5. Иллюстрация модели «Красная волна»

Рис. 2.6. ПТВ с БИОТС

Прогноз 5. Имитационное моделирование на ЭВМ «возможных пожаров» по новому уравнению ОТД на любых объектах с помощью геоинформационной модели их пожарной опасности, позволит по социальным и экономическим оценкам «виртуальных последствий», выбирать оптимальное решение по противопожарной защите каждого объекта и «замкнуть» наконец профилактическую и оперативно-тактическую деятельность пожарной охраны в «жизненном цикле» объектов [18, 27, 36, 39].

Глава 3. МЕТОД РЕТРОПРОГНОЗА ПОЖАРОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТ НИХ

3.1. Существующие методики расчета эффективности инноваций

В соответствии с «Типовой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений» простейший расчет экономической эффективности от реализации любого проекта, в т.ч. и инвестиционного, может быть осуществлён следующим образом [40]:

$$\Theta_r = D - E_n \cdot K, \quad (3.1)$$

где Θ_r — годовая экономическая эффективность; D — ежегодный прирост дохода сверх простого возврата средств в результате реализации проекта; E_n — норматив экономической эффективности капитальных вложений; K — капитальные вложения, необходимые для реализации проекта.

При этом коэффициент экономической эффективности инвестиций рассчитывается по формуле:

$$E = D/K, \quad (3.2)$$

а период возврата инвестиций — как его обратная величина:

$$T_v = 1/E = K/D. \quad (3.3)$$

В зарубежной практике, как правило, критерием для определения величины экономической эффективности инвестиций, вложенных в основной капитал, является такой показатель, как норма чистой прибыли, определяемая по формуле:

$$H_{\text{чп}} = ((\Pi_{\text{ч}} - I) \cdot 100) / I, \quad (3.4)$$

где $H_{\text{чп}}$ — норма чистой прибыли; $\Pi_{\text{ч}}$ — величина полученной чистой прибыли от вложения инвестиций; I — величина инвестиций.

Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования (вторая редакция от 21.06.1999 года № ВК477), утвержденные Госстроем России, Министерством экономики РФ, Минфином РФ и Госкомпромом России, по мнению многих специалистов, перегружены математическими вычислениями, которые «заслоняют» экономическую сущность оценки эффективности проекта. Пользоваться такой методикой в практических расчетах весьма затруднительно из-за достаточно сложных математических

вычислений, которые к тому же не дают достоверных результатов. Сами авторы отмечают, что при расчете внутренней нормы доходности (ВНД) по предложенной ими методике следует соблюдать известную осторожность, т.к., во-первых, этот показатель не всегда может быть рассчитан даже с применением новейшей вычислительной техники, во-вторых, уравнение по определению ВНД может иметь больше одного решения, и в-третьих, если все же удастся получить какой-нибудь результат по этому уравнению и он будет отличаться от результатов, полученных другими методами, то руководствоваться необходимо результатами, полученными другими методами расчета эффективности проектов инвестиций. При этом область применения указанной методики ограничена рамками оценки эффективности только для отдельных проектов и не может быть использована для оценки эффективности работы отрасли, объединения, компании или любого другого объединения предприятий [41].

Особенности расчета экономической эффективности инноваций в области пожарной безопасности, а точнее пожарно-профилактических мероприятий (ППМ) заключаются в том, что под ППМ понимается комплекс организационно-технических мер (организационных мероприятий и технических средств), направленных или на исключение возможности возникновения пожара (снижения вероятности пожара по ГОСТ 12.1.004), или/и на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара (ОФП) и ограничение материального ущерба от него. В связи с этим расчет годового экономического эффекта ППМ проводится обычно по методике, разработанной ВНИИПО [42]:

$$\Theta = [(P_1 - P_2 - Z_T) - E_H \cdot K] \cdot A_2, \quad (3.5)$$

где P_1 — годовые потери от пожаров при существующей системе, руб.; P_2 — годовые потери от пожаров после внедрения ППМ, руб.; Z_T — текущие затраты, руб.; K — единовременные (капитальные) затраты на внедрение ППМ, руб.; $E_H \leq 1/t$ — нормативный коэффициент окупаемости затрат; t — время охвата ППМ, лет; A_2 — объем внедрения ППМ, ед. (единицей может быть здание, мероприятие, объект, система и т.д.), в которой потери от пожаров рассчитываются по формуле:

$$P_i = (P_{пр} + P_{кос}) \cdot P_{п} + P_{г} \cdot P_{г} + P_{т} \cdot P_{т} \quad (3.6)$$

где $P_{пр}$ — прямой материальный ущерб от пожаров в течение года, руб.; $P_{кос}$ — косвенные потери от пожаров в течение года, руб.; $P_{г}$ — потери от гибели населения на пожарах в течение года, руб.; $P_{т}$ — потери от травм

населения на пожарах в течение года, руб.; P_{Π} – вероятность возникновения пожара; P_T – вероятность травмирования населения на пожаре; P_{Γ} – вероятность гибели населения на пожаре.

Указанная инструкция, ссылаясь на параметры (но, не применяя их!) основных пожарных стандартов (ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.044), допускает использовать вместо вероятностей – частотность событий из статистических данных о пожарах по всей России (числа пожаров и ущерба по типам объектов и местам возникновения, травматизму и гибели населения по возрасту и социальному положению и т.д.), которые, во-первых, малодоступны, а во-вторых, получаемые таким образом «средне-российские вероятности», приводимые в Приложениях к Инструкции, не могут корректно использоваться в регионах, т.к. существенно отличаются от «региональных, городских и сельских частотностей», где закон больших чисел «перестает работать». И вероятности пожаров и потерь от них начинают все больше зависеть от фактических условий окружающей среды, включая сезонные изменения, и структуру техносферы в конкретной административно-территориальной единице (АТЕ): в населенном пункте, в районе и в городе.

При этом методика оценки косвенных потерь от пожаров практически не реализуема, т.к. предлагает [42]: *«В величину косвенных потерь ... включать:*

- капитальные затраты на восстановление основных фондов;
- заработную плату за время простоя;
- оплату демонтажных работ и разборку строительных конструкций;
- потери части условно-постоянных накладных расходов;
- потери от недополучения прибыли из-за недовыпуска продукции;
- потеря из-за недоставки продукции;
- потеря предприятия с учетом сопряженности работы производств.»

Совершенно очевидно, что ни один объект, и ни одна экспертная или страховая организация, не смогут вычислить такой ущерб, т.к. даже при стабильном выпуске продукции невозможно определить по предлагаемой схеме объем косвенных потерь от несостоявшегося пожара!

Второй подход изложен в виде методического пособия [43], в котором помимо тех же сложностей расчетов, в т.ч. прямого и косвенного ущерба от пожаров, практически невозможно рассчитать зоны равных давлений в помещениях при прогнозировании развития пожара и ущерба от него, а при реальном пожаре – невозможно их измерить.

Третий поход появился, в связи с выходом в 2008 году 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и он «заслуживает» особой критики.

В соответствии со ст. 6 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: «...пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если ... пожарный риск не превышает допустимых значений...» (с той же ошибкой размерности, что и в ГОСТ 12.1.004!) от «...одной миллионной в год...» для индивида (ст. 79),...до «...одной десяти тысячной в год...» — допустимый пожарный риск для опасных производств (ст., ст. 93,95).

Использованные термины имеют следующие определения [44]:

«Пожарный риск — мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей»;

«Допустимый пожарный риск — пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий»;

Даже самая грубая оценка социально-экономических потерь от пожаров по ГОСТ 12.1.004 (безопасность населения не ниже 0,999999) устанавливает для 140-миллионного населения России уровень гибели и травм на пожарах не более 140 человек ежегодно, в то время как **на протяжении последних 20 лет этот уровень более чем в 200 раз выше** [45]!

Очевидно поэтому, при разработке «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», МЧС РФ «решило избавиться» от постоянного невыполнения требований ГОСТ 12.1.004, введя указанные выше «**пожарные риски**», научной теории которых пока не существует. А в приведенных выше трактовках, сводится на нет возможность их однозначной количественной оценки, для управления пожарной безопасностью.

Отечественный стандарт с вероятностной оценкой пожаров был введен в действие 40 лет назад, за которые проведены четыре его редакции, и естественно, за это время накопилось достаточное количество и новых методов, и замечаний к нему, т.е. наступила очередная стадия переосмысления проблемы. И, если мы хотим объективно оценивать пожарную опасность и снизить количество пожаров и социальные потери от них, то МЧС РФ надо не «выдумывать» новые понятия и вводить их Федеральными Законами, «**понижая планку опасности**» от 100 до 10000 раз (!), как это произошло со 123-ФЗ, если в соответствии с теорией вероятности понятие риска понимать, как функцию риска, которая равна интенсивности события — λ при экспоненциальном распределении [46].

3.2. Метод расчета сокращения потерь от пожаров при внедрении инноваций

Если изменения социально-экономических потерь (Π_i) в уравнении (3.6) осуществлять через разность интегралов соответствующих функций плотности вероятности (ущерба, гибели и т.д.) в ИОДе (2.12), при изменении числа и последствий пожаров по времени их свободного развития «в прошлом», вызванных внедрением инноваций, то получим метод ретропрогноза оценки их эффективности, который *характеризуется изменением соответствующих времён* (рис. 1.1):

$(t_{об} + t_{сп} + t_{сс})$ – матожидание времени обнаружения и сообщения о пожаре;

$t_{рд}$ – матожидание времени решения диспетчером задачи привлечения сил и средств на пожар;

$t_{сл}$ – матожидание времени следования боевого расчета на пожар;

$t_{р}$ – матожидание времени разведки объекта пожара;

$t_{бр}$ – матожидание времени боевого развертывания, для тушения пожара.

При этом, вместо методики оценки косвенных потерь от пожаров по Инструкции ВНИИПО [42], будем использовать коэффициент их связи с прямым материальным ущербом равный 5,72, который получен в результате исследований [50] и рекомендован Минобрнауки РФ к использованию для обучающихся по направлению «Строительство» [51].

Таким образом, используя формулу связи косвенных потерь с прямым материальным ущербом через коэффициент 5,72, а также усреднённые данные «стоимости» потерь от гибели и травматизма людей на пожарах из таблицы Приложения 16 Инструкции ВНИИПО [42], получим вместо формулы потерь (3.6), следующее уравнение [48]:

$$\begin{aligned} \Pi_i = Y_M \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Ru}} \frac{\left(\frac{t}{c_y}\right)^{b_y-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_y}\right)}{c_y \cdot [(b_y-1)!]} dt + 5,72 Y_M \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Ru}} \frac{\left(\frac{t}{c_y}\right)^{b_y-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_y}\right)}{c_y \cdot [(b_y-1)!]} dt + \\ + k_s \cdot S_\Gamma \cdot \Gamma \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Ru}} \frac{\left(\frac{t}{c_\Gamma}\right)^{b_\Gamma-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_\Gamma}\right)}{c_\Gamma \cdot [(b_\Gamma-1)!]} dt + k_s \cdot S_T \cdot T \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Ru}} \frac{\left(\frac{t}{c_T}\right)^{b_T-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_T}\right)}{c_T \cdot [(b_T-1)!]} dt, \end{aligned} \quad (3.7)$$

где Y_M – прямой материальный ущерб от пожаров в течение года, руб.; Γ – число погибших от пожаров в течение года, чел.; k_s – курс доллара

США; $S_r = (23789 + 19510 + 28500)/3/0,95$ – средняя стоимость гибели человека на пожаре, долл США; T – число травмированных от пожаров в течение года, чел.; $S_r = (9095 + 5995 + 321)/3/0,95$ – средняя стоимость травмирования человека на пожаре, долл США.

Из указанного уравнения (3.7) следует, что интегральные изменения социально-экономических параметров (ущерба, гибели, травм, уничтоженных и поврежденных площадей) в ИОДах могут служить характеристиками экономической эффективности инноваций, которые вызывают эти изменения. При этом каждый параметр может быть проанализирован на предмет связи оперативно-тактической деятельности ГПО с его стратегической задачей – профилактикой пожаров (по корреляции причин и времени развития, числа пожаров и нарушений ППБ, мест возникновения и ущерба, гибели населения и времени воздействия ОФП и т.п.).

3.2.1. Методика расчета эффективности инноваций в пожарной профилактике

В отличие от инноваций в области оперативно-тактической деятельности, описываемых уравнениями ОТД, которые не влияют на количество пожаров, уравнение пожарной профилактики (ПП) описывает сокращение количества пожаров и потерь от них, при интенсификации деятельности по предупреждению пожаров, противопожарной пропаганде и обучению применению средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) и навыкам поведения на пожаре [48, 52–54]:

$$P = P_n + P_n \cdot \exp(-\lambda t), \quad (3.8)$$

где P – вероятность пожаров; P_n – вероятность пожаров по не профилактируемым причинам; P_n – вероятность пожаров по профилактируемым причинам; t – время ретропрогноза (ч); λ – интенсивность пожарной профилактики.

В результате обработки зарубежных данных, включая результаты эксперимента в штате Нью-Джерси [55, 56], и результатов отечественных исследований [18, 27, 50–54], было доказано, что предотвращение пожаров зависит от интенсивности пожарной профилактики λ , которая при внедрении предлагаемых инноваций составляет $5,7 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ ($0,5 \text{ год}^{-1}$), а при коррелированной выборке данных о пожарах создает «фазовое пространство совместных решений» (табл. 3.1) уравнений ОТД и уравнений ПП [48].

Таблица 3.1
Коррелированная выборка причин, ОТД и последствий пожаров

Причины гибели и травм	Сла-сено	Трав-мы	Гибель	Ущерб	Унич-тоже-но	По-вреж-дено	Сла-сено	Трав-мы	Гибель	Ущерб	Унич-тоже-но	По-вреж-дено
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Продукты горения	1792	1831	7118	37009,0	20598	61573	73	251	654	2054,0	1629	3328
Высокая темпе-ратура	754	3277	2079	37355,6	15615	29519	61	996	297	13549,7	3508	4852
Недостаток кис-лорода	199	646	403	5382,8	3481	7534	18	77	33	615,1	983	705
Обрушение кон-струкций	8	47	35	2444,2	1477	1511	0	12	5	1581,4	20	1405
Обострение бо-лезней	54	319	184	1380,0	317	2114	2	28	26	333,1	0	135
Скрытые формы болезней	17	538	23	428,3	109	657	3	65	3	2,7	0	0
Психологические факторы	269	929	19	2091,9	410	2610	37	261	4	569,3	30	614
Падение с высоты	145	72	11	242,7	346	489	40	31	2	132,7	518	323
Электрический ток	2	68	22	28,9	32	62	3	34	4	1,0	0	1

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Прочие	456	4308	367	19647,5	8626	14052	146	1399	37	3269,5	1094	1591
до прибытия ГПС	865	375	9646	48293,6	42355	87916	71	36	753	3091,4	3696	3749
без ГПС	4624	9600	5715	440929,5	351012	620685	1592	3072	651	115301,8	70701	165969
ВСЕГО	15110	14846	12428	1438474,2	702686	1667285	2750	3967	1131	305425,7	136447	391403
после прибытия ГПС	9621	4871	2782	949251,0	309320	958685	1088	859	378	187032,4	62051	221685
процент до прибытия и без ГПС	8,2 %	7,1 %	77,6 %	30,7 %	6,0 %	37,2 %	60,4 %	783 %	66,6 %	38,8 %	54,5 %	43,4 %
процент после прибытия ГПС	91,8 %	92,9 %	22,4 %	66,0 %	44,0 %	57,5 %	39,6 %	21,7 %	33,4 %	61,2 %	45,5 %	56,6 %
Выполнение оперативных задач (мин, км)	Всего пожаров						Профилактируемые ГПС пожары на объектах надзора					
	кол-во	трав-мы	гибель	ущерб	унич-тоже-но	по-вреж-дено	кол-во	трав-мы	гибель	ущерб	унич-тоже-но	по-вреж-дено
	154735	14846	12428	[438474,2	702686	1667285	25376	3967	1131	305425,6	136447	391403
свободное горение	1324	113	55	8775,3	3242	9088	303	25	8	2857,4	1581	1727
0–3	23182	1122	1172	237467,2	38458	185753	4174	131	76	35824,3	7459	43152
3–9												

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9–21	57790	2674	3562	499081,0	178678	567908	8906	280	198	107275,8	32144	125534
21–45	28368	1208	2106	370985,6	230137	437183	3953	109	117	88222,8	47001	102399
45–93	8189	306	735	114843,2	114960	211663	1161	51	46	33102,2	25614	58454
93–189	1567	79	168	18818,4	44775	47864	258	13	18	3152,6	5994	18127
189–381	316	20	42	2975,6	3442	8730	56	5	2	525,2	1197	3407
381–765	99	3	7	1023,6	474	2065	15	1	1	324,6	36	1130
765–1533	48	2	12	667,6	363	1278	10	0	0	250,1	102	504
> 1533	33852	9319	4569	183836,7	88157	195753	6540	3352	665	33890,7	15319	36969
без ГПС	21,884	62,77%	36,76%	12,78 %	12,55%	11,74 %	25,77%	М,50%	58,80%	11,10 %	11,23%	9,45 %
t_i (мин) =	18,2	17,5	21,9	20,0	30,7	24,9	17,6	19,3	22,2	21,9	30,5	28,9
t_m =	12,1	11,7	14,6	13,4	20,4	16,6	11,8	12,9	14,8	14,6	20,3	19,3
t	6,7E-04	7,4604	3,8604	5,0E-04	1,4E<04	2,6E-04	7,3604	5,6E-04	3,6E-04	3,88-04	1,4E-04	1,7E-04
exp	0,1101	0,1140	0,0915	0,0998	0,0652	0,0603	0,1133	0,1036	0,0899	0,0915	0,0656	0,0692
t_l =	5,3	5,1	6,4	5,9	9,0	7,3	5,2	5,7	6,5	6,4	6,9	6,5
t_r =	31,0	29,9	37,3	34,2	52,4	42,5	30,1	33,0	38,0	37,3	52,0	49,4

Продолжение табл. 3.1

Причины гибели и травмы	Спасено	Травмы	Гибель	Ущерб	Уничтожено	Повреждено	Спасено	Травмы	Гибель	Ущерб	Уничтожено	Повреждено
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Продукты горения	19	166	128	631,2	238	905	5	49	49	1056,3	1921	2019
Высокая температура	18	572	160	2780,9	939	2096	18	173	92	5744,8	307	1518
Недостаток кислорода	4	36	3	111,6	0	1	2	13	0	518,4	56	241
Обрушение конструкций	0	3	5	156,2	0	900	2	0	2	10,0	0	0
Обострение болезней	0	33	16	4,3	0	37	3	11	7	42,4	0	66
Скрытые формы болезней	1	67	2	3,8	0	31	1	5	1	0,6	0	0
Психологические факторы	4	133	0	429,5	0	629	1	38	1	452,4	0	97
Падение с высоты	1	9	0	10,5	0	610	1	4	3	164,1	0	24
Электрический ток	0	4	0	0,0	0	0	1	11	1	11,5	0	1

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Прочие	53	943	43	2811,5	925	280	18	269	10	1824,8	20	636
до прибытия ГПС	6	17	194	1236,1	241	1252	3	9	92	1896,8	1539	1793
без ГПС	303	1815	263	59857,1	37819	77035	77	464	93	70320,0	48931	72636
ВСЕГО	657	2314	432	191671,9	76050	204914	164	666	199	317442,4	91475	187336
после прибытия ГПС	349	482	239	130578,8	37991	126628	84	193	107	245225,6	41005	112907
процент до прибытия и без ГПС	47,0%	79,2%	44,8%	31,9%	50,0%	38,2%	48,8%	71,0%	46,2%	22,7%	55,2%	39,7%
процент после прибытия ГПС	53,0%	20,8%	55,2%	68,1%	50,0%	61,8%	51,2%	29,0%	53,8%	77,3%	44,8%	60,3%
Выполнение оперативнотактических задач (мин, км)	Непрофилактируемые ГПС пожары на объектах надзора		гибель	ущерб	уничтожено	повреждено	Пожары на объектах напора вообще непрофилактируемые			ущерб	уничтожено	повреждено
	кол-во	травмы					кол-во	травмы	гибель			
свободное горение	13405	2314	432	191671,9	76050	204914	8893	666	199	317442,4	91475	187336,0
0–3	176	18	5	1468,0	48	1437	101	14	1	2350,3	1068	1277
3–9	2153	85	39	51045,5	2809	18130	1294	42	25	73930,6	3189	22604

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9–21	4469	151	92	57537,0	20117	50848	2599	108	39	97682,9	13713	43487
21–45	1952	62	26	32503,6	15961	49691	1260	26	25	76917,4	39131	45668
45–93	555	16	8	10629,8	10827	34599	442	10	7	14768,4	9949	33000
93–189	138	8	4	1260,9	9704	8490	99	3	0	4074,2	8790	3847
189–381	26	4	1	312,4	142	2877	22	0	0	496,7	76	31
381–765	8	0	0	203,9	38	600	3	0	0	45,1	0	8
765–1533	3	0	2	0,0	9	3	2	0	0	15,4	0	19
> 1533	3925	1970	255	36711,0	16395	38239	3071	463	102	47161,4	15559	37395
без ГПС	29,28%	85,13%	58,03%	19,15%	21,56%	18,66%	34,53%	69,52%	51,26%	14,86%	17,01%	19,96%
t_s (мин) =	17,3	17,9	25,3	16,5	35,9	31,1	18,4	117	16,1	17,4	32,4	24,9
t_m =	11,5	12,0	16,8	11,0	23,9	20,7	12,3	9,8	10,7	11,6	21,6	16,6
t	7,7E44	6,9E-04	2,5E-04	9,06-04	8,6E-05	1,3E-04	6,4E-04	1,3&03	9,7E-04	7,6E-04	1,2E44	2,6E-04
exp	0,1195	0,1115	0,0791	0,1215	0,0557	0,0644	0,1087	0,1362	0,1246	8,1152	0,0617	0,0803
t_l	5,1	5,3	7,4	4,8	10,5	9,1	5,4	4,3	4,7	5,1	9,5	7,3
t_r	29,6	30,6	43,1	28,1	61,3	53,0	31,4	25,1	27,4	29,6	55,4	42JS

3.2.2. Методика расчета «виртуального сокращения пожаров и потерь от них»

Ниже приведен расчет экономической эффективности «виртуального внедрения» инноваций из макросистемы обеспечения пожарной безопасности (МСО ПБ) административно-территориальных единиц (АТЕ) на Юге России методом ретропрогноза.

Рис. 3.1. Функциональная структура подсистем МСО ПБ и их связей между собой и с макроподсистемами АТЕ

Допустим, что в порядке государственно-правового эксперимента, изменяющего на Юге России во время его проведения необходимые законы, нормы и правила, в 1995 году на территории Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского краёв, началось создание макросистемы обеспечения пожарной безопасности (МСО ПБ – рис. 3.1). При этом, в отличие от мировой и отечественной практики, в «стартовой» структуре макросистемы, или как это принято в терминологии АСУ – «в АСУ 1-й очереди» – реализуем только пожарно-профилактические задачи.

3.2.2.1. Синтез инновационной структуры 1-й очереди

Синтез инновационной структуры 1-й очереди начинается с макроподсистемы «Профилактика» и макроподсистемы «Ресурсы».

Как следует из функциональной структуры МСО ПБ (рис. 3.1), напрямую с макроподсистемой АТЕ «Профилактика» взаимодействуют три подсистемы МСО ПБ:

- **подсистема профилактики** (государственный пожарный надзор), построенная на модели «Инспектор ГПН» [52];

- **объектовая подсистема** (добровольные пожарные формирования), построенная на модели «ДПФ» [53];

- **подсистема обучения и противопожарной пропаганды** (консультационно-учебные центры), построенная на модели «КУЦ» [51, 54],

а с макроподсистемой «Ресурсы», в которую входит **система адаптивного пожарно-энергетического налогообложения** (САПЭН), взаимодействуют две подсистемы МСО ПБ [48]:

- **подсистема ресурсы противопожарной службы**, в части обеспечения модели «Инспектор ГПН» и модели «КУЦ»;

- **объектовая подсистема**, в части обеспечения модели «ДПФ» и обеспечения населения (каждого жителя АТЕ) средством индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД).

3.2.2.2. Расчет затрат на создание инновационной структуры 1-й очереди

Расчет затрат на создание инновационной структуры 1-й очереди осуществлялся в соответствии с указанными выше моделями. Его результаты представлены в таблице (табл. 3.2), и реализуют следующие функциональные и организационно-технические инновационные решения [48, 57]:

- в каждом населенном пункте в соответствии с «модифицированным» 100-ФЗ организуются ДПФ, члены которых уполномочены администрацией АТЕ, в соответствии с «модифицированным» 69-ФЗ «О пожарной безопасности», оснащать и обучать население применению СИЗОД и поведению при пожаре, а также проводить контрольные обследования жилья и хозяйствующих объектов (независимо от формы собственности и ведомственной принадлежности, за исключением тех, на которых есть ведомственная/объектовая ПЧ или ПЧ МЧС РФ), с выдачей предупреждений и предписаний, обязательных для их исполнения физическими и юридическими лицами, копии которых в тот же день направляются в орган ГПН АТЕ, на территории которого находится объект, для чего каждое

ДПФ оснащается «ноутбуком» с Интернет-модемом и сотовым телефоном (средние единовременные затраты 15,0 тыс. руб., текущие — 3,0 тыс. руб. в год), а численность ДПФ устанавливается в зависимости от числа жителей и количества зданий в населённом пункте (среднее значение 3 человека), при этом члены ДПФ, независимо от места их основной работы, обеспечиваются денежно-вещевым довольствием из бюджета АТЕ (средние текущие затраты: начальник — 100,0 тыс. руб. в год, член ДПФ — 20,0 тыс. руб. в год);

— на каждом промышленном объекте, где нет ведомственной/объектовой ПЧ, организуются ДПФ, уполномоченные проводить контрольные обследования этих объектов, с выдачей предупреждений и предписаний, обязательных для их исполнения физическими и юридическими лицами, копии которых в тот же день направляются в орган ГПН АТЕ (район города, город, поселок городского типа, район-центр), где расположен объект, а численность, оснащение и обеспечение ДПФ из бюджета АТЕ аналогичны;

— всё население АТЕ, включая детей, оснащается СИЗОД — индивидуальными средствами защиты (универсальный фильтрующий малогабаритный самоспасатель «Шанс»: единовременные затраты 1800,0 руб., текущие затраты 360,0 руб. — замена раз в пять лет или после пожара);

— каждый инспектор ГПН в АТЕ оснащается «ноутбуком» с Интернет-модемом и сотовым телефоном (средние единовременные затраты 15,0 тыс. руб., текущие — 3,0 тыс. руб. в год), а также транспортным средством в зависимости от района надзора (сельский: внедорожник «ТаГАЗ/Татер» — единовременные затраты 430,0 тыс. руб., текущие — 70,0 тыс. руб. в год; городской: легковой ТаГАЗ/Vega — единовременные затраты 350,0 тыс. руб., текущие — 50,0 тыс. руб. в год);

— Консультационно-учебный центр (КУЦ) создается в каждой районной (городской) инспекции ГПН, путем перевода в него сотрудников отделения (сектора, группы) пропаганды, с оснащением необходимыми площадями и оргтехникой (средние единовременные затраты 250,0 тыс. руб., текущие — 50,0 тыс. руб. в год) и введением дополнительной штатной единицы начальника КУЦ (среднее денежно-вещевое довольствие — 250,0 тыс. руб. в год).

Таким образом, для реализации предлагаемых инноваций потребуется **25,355 млрд. руб. единовременных затрат и 5,499 млрд. руб. текущих затрат ежегодно.**

Таблица 3.2

Единовременные и текущие затраты 1-й очереди

Единовременные затраты	Ед. измер.	Стоимость ед. (тыс. руб.)	1-я очередь		Текущие затраты	Ед. измер.	Стоимость ед. (тыс. руб.)	1-я очередь	
			Кол-во	Сумма (млн. руб.)				Кол-во	Сумма (млн. руб.)
1. Приобретение СИЗОД	«Шанс»	1,8	12264373	22075,9	4. Обслуживание СИЗОД	«Шанс»	0,36	19311	7,0
2. Оснащение ИГПН, в т.ч.:	отдел.		206	496,3	5. Обеспечение ИГПН, в т.ч.:	отдел.		206	122,3
– сельских АТЕ					сельских	денеж.-вещ.	224,0	107	24,0
	ноутбук	10,0	642	6,4		ноутбук	1,2	642	0,8
	сотовый	3,0				сотовый	1,5		
	модем	1,2				модем	0,42		
	автомоб.	430,0	642	276,1		автомоб.	70,0	642	44,9
– городских АТЕ					городских	денеж.-вещ.	224,0	99	22,2
	ноутбук	10,0	594	5,9		ноутбук	1,2	594	0,7
	сотовый	3,0				сотовый	1,5		
	модем	1,2				модем	0,42		
	автомоб.	350,0	594	207,9		автомоб.	50,0	594	29,7
3. Оснащение ДПФ, в т.ч.:	формир.		248485	2783,0	6. Обеспечение ДПФ, в т.ч.:	формир.		248485	5745,0
– населенных пунктов					населенных пунктов	денеж.-вещ.	100,0		
							20,0	4737	94,7
	ноутбук	10,0	4737	47,4		ноутбук	1,2	4737	5,7
	сотовый	3,0				сотовый	1,3		
	модем	1,2	4737	5,7		модем	0,42	4737	2,0
– объектов					объектов	денеж.-вещ.	20,0	243748	4875,0
	ноутбук	10,0	243748	2437,5		ноутбук	1,2	243748	292,5
	сотовый	3,0				сотовый	1,5		
	модем	1,2	243748	292,5		модем	0,42	243748	102,4
Итого			25355,2					5499,7	

Примечание. Оснащение ДПФ и ГПН сотовыми телефонами осуществляется во 2-й очереди.

3.2.2.3. Численный расчет сокращения пожаров и потерь в 1-й очереди

Для синхронизации работы моделей ГПН и ДПФ (квартальных обследований ДПФ и 3-летних обследований ГПН населенных пунктов), ограничим 3-мя годами срок «внедрения» 1-й очереди, т.е. 1995–1997 гг.

Коррелированная выборка пожаров по профилируемым и не профилируемым причинам на Юге России в 1995–1997 гг. представит собой следующий массив:

число пожаров – 42931;

число травмированных – 3907 чел.;

число погибших – 2872 чел.;

прямой материальный ущерб – 124450,9 тыс. руб.;

уничтоженные пожарами площади – 200122 кв. м;

поврежденные пожарами площади – 308192 кв. м;

с соответствующим распределением последствий от них (гибели, травм, ущерба и т.д.) по времени свободного горения (табл. 3.1).

С помощью уравнения модели «Профилактика» (3.8) можно представить сокращение количества пожаров и потерь от них следующими рядами:

$$\text{пожары} \rightarrow P = 0,0808 + 0,9192 \cdot \exp(-t/2) \text{ при } t = 1, \dots, n \text{ (года);} \quad (3.9)$$

$$\text{гибель} \rightarrow P = 0,0249 + 0,9751 \cdot \exp(-t/2) \text{ при } t = 1, \dots, n \text{ (года);} \quad (3.10)$$

$$\text{травмы} \rightarrow P = 0,0592 + 0,9418 \cdot \exp(-t/2) \text{ при } t = 1, \dots, n \text{ (года);} \quad (3.11)$$

$$\text{ущерб} \rightarrow P = 0,3055 + 0,6945 \cdot \exp(-t/2) \text{ при } t = 1, \dots, n \text{ (года);} \quad (3.12)$$

$$\text{уничт. пл.} \rightarrow P = 0,2367 + 0,7633 \cdot \exp(-t/2) \text{ при } t = 1, \dots, n \text{ (года);} \quad (3.13)$$

$$\text{повреж. пл.} \rightarrow P = 0,2523 + 0,7476 \cdot \exp(-t/2) \text{ при } t = 1, \dots, n \text{ (года).} \quad (3.14)$$

Подставляя значения $t = 1, 2$ и 3 в формулы (3.9)–(3.14), и, умножая полученные вероятности на ежегодные данные о пожарах, имеем:

сокращение числа пожаров за 3 года $\rightarrow$ на 23620 = $14187 \cdot (1 - 0,6383) + 15319 \cdot (1 - 0,4189) + 13425 \cdot (1 - 0,2859)$;

сокращение гибели населения за 3 года $\rightarrow$ на 1695 чел. = $913 \cdot (1 - 0,6154) + 1015 \cdot (1 - 0,3821) + 944 \cdot (1 - 0,2406)$ или на **1 281,16 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение травм населения за 3 года $\rightarrow$ на 2279 чел. = $1080 \cdot (1 - 0,6298) + 1376 \cdot (1 - 0,4053) + 1451 \cdot (1 - 0,2691)$ или на **369,64 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение прямого ущерба за 3 года → на **54,781 млн. руб.** = $26,2772 \cdot (1 - 0,7267) + 53,3843 \cdot (1 - 0,5610) + 44,7894 \cdot (1 - 0,4605)$;

сохранение уничтоженных площадей за 3 года → на **93166 кв. м** = $52622 \cdot (1 - 0,6997) + 91461 \cdot (1 - 0,5175) + 56039 \cdot (1 - 0,4070)$ или на **2 468,8 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сохранение поврежденных площадей за 3 года → на **140733 кв. м** = $82334 \cdot (1 - 0,7058) + 135727 \cdot (1 - 0,5273) + 90131 \cdot (1 - 0,4191)$ или на **1 196,2 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение косвенного ущерба за 3 года → на **21277,98 млн. руб.** $(54,781 + 2468,8 + 1196,2) \cdot 5,72$.

При оснащении всех жителей СИЗОД, т.е. при использовании населением своих противогазов везде — при их деятельности и на объектах (школы, больницы, предприятия и т.д.), и дома, ликвидируются социальные потери (гибель/травмы) в оставшихся пожарах, которые обусловлены:

продуктами горения — 69,12/16,27 %;

недостатком кислорода — 3,57/5,22 %;

обострением болезней — 1,55/2,21 %;

скрытыми формами болезней — 0,21/3,76 %;

психологическими факторами — 0,28/7,58 %,

поэтому, в «оставшихся» 19311 пожарах, происшедших «в массиве» 1407360 индивидуальных домов, 3381000 квартир в многоэтажных домах и на 243748 хозяйствующих объектов с населением 12264373 чел., где было травмировано 1628 человек и погибло 1177 человека, имеем (табл. 3.3):

— **сокращение погибших на 833 чел.**, или на **629,777 млн. руб.** в стоимостном выражении;

— **сокращение травмированных на 493 чел.**, или на **79,918 млн. руб.** в стоимостном выражении.

Ретропрогноз пожаров и потерь от них по окончании «внедрения 1-й очереди» представлен генерацией распределений Эрланга по времени свободного горения в сравнении с существующими данными (табл. 3.3).

Таким образом, суммарное сокращение потерь за 3 года составит

$$32,118 \text{ млрд. руб.} = (54,781 + 2468,8 + 1196,2) \cdot 6,72 + \\ + 1281,16 + 369,64 + 629,777 + 79,918).$$

Таблица 3.3

Ретропрогноз распределений времени свободного горения пожаров
и потерь от них до и после внедрения 1-й очереди МСО ПБ

Выполнение оперативно- такти- ческих задач (мин, км)	Пожары по окончании внедрения 1-й очереди						Пожары без внедрения 1-й очереди					
	кол- во	трав- мы	ги- бель	ущерб	унич- тоже- но	по- вреж- дено	кол- во	трав- мы	ги- бель	ущерб	унич- тоже- но	по- вреж- дено
сво- бодное горение	19311	1136	344	69670,0	106956	167459	42931	3907	2872	124450,9	200122	308192
0—3	160	8	2	372,0	278	838	356	26	15	697,2	671	1426
3—9	3007	88	35	7867,6	4230	18737	6615	279	301	13878,5	8036	33738
9—21	7266	197	98	24615,7	27772	57107	16030	640	813	44093,8	52127	103771
21—45	3214	82	50	17166,2	27551	32602	7143	270	415	30962,0	53949	60389
45—93	883	17	15	52103	16285	18204	1967	59	130	9327,8	29368	34830
93—189	197	8	7	2464,0	10001	6784	437	24	54	42523	19491	12470
189—381	39	1	2	2393	339	278	90	5	15	451,2	738	577
381—765	8	0	0	61,9	74	47	19	1	2	92,1	118	82
765—1533	2	0	0	2,2	25	258	5	0	2	33	44	490
> 1533	4534	738	136	11670,8	20400	32604	10269	2603	1125	20692,9	35580	60419
без ГПС	23,48%	64,98%	39,51%	16,75%	19,07%	19,47%	23,92%	66,62%	39,17%	16,63%	17,78%	19,60%
t_s (мин)	17,3	17,1	21,4	22,7	12,7	25,0	17,4	17,2	21,9	22,5	33,3	25,4
t_m =	11,6	11,4	14,3	15,1	8,5	16,7	11,6	11,4	14,6	15,0	22,2	16,9
t	7,7E-04	8,06-04	4,1E-04	3,4E-04	2,06-03	2,5E-04	7,6E04	7,9E-04	3,8E-04	3,5E-04	1,1E-04	2,4E-04
exp	0,1153	0,1170	0,0934	0,0883	0,1575	0,0799	0,1147	0,1165	0,0915	0,0888	0,0601	0,0788
t_l =	5,1	5,0	6,3	6,6	3,7	7,3	5,1	5,0	6,4	6,6	9,7	7,4
t_r =	29,6	29,2	36,6	38,7	21,7	42,8	29,8	29,3	37,3	38,5	56,8	43,3

3.2.3. Реинвестиционная модель

Адаптивный пожарно-энергетический налог Системы в САПЭН, который в данном случае играет роль инвестиций на создание и функционирование МСО ПБ, вычислим отдельно для физических и юридических лиц по формуле [58]:

$$\text{АПЭН} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot V_i \cdot P_i}{K_{\text{АТЕ}}}, \quad (3.15)$$

где T_i – тариф i -го энергоресурса; V_i – объем i -го энергоресурса; P_i – вероятность пожара по i -му энергоресурсу; $K_{\text{АТЕ}}$ – коэффициент адаптивности налогообложения в АТЕ.

3.2.3.1. АПЭН с физических лиц

В связи с разной структурой потребления и стоимостью энергоресурсов (уголь, газ и т.д.) для города и села, АПЭН для физических лиц рассчитывался по численности сельского и городского населения, согласно данным последней переписи населения (Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского краёв) – 7248660 (городское) и 5015713 (сельское).

Для ужесточения оценок, использованы следующие тарифы года переписи населения (2002):

электроэнергия – 1,25 руб. за кВт/ч для городского населения и 1,06 руб. за кВт/ч для сельского;

газ – 1,453 руб. за куб. м;

уголь – 305 руб. за тонну;

бензин (дизтопливо, керосин и т.д.) – 19 руб. за литр.

Тогда, подставляя в формулу АПЭН (3.15) среднегодовые вероятности пожаров от приборов и предметов быта (электроприборов – 0,2049, газовых приборов – 0,0200, приборов с ГЖ – 0,0492 и печей – 0,0494), указанные тарифы и среднегодовой потребление энергоресурсов на семью (3 чел. в среднем) городскую (электроэнергия – 1200 кВт/ч, газ – 600 куб. м, ГЖ – 12 л) и сельскую (электроэнергия – 1200 кВт/ч, газ – 600 куб. м, уголь – 2 тонны,

ГЖ – 240 л), *получим среднегодовое значение налога с физических лиц* (при $K_{ATE} = 1$):

$$\text{АПЭН} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot V_i \cdot P_i}{K_{ATE}} = (1,25 \cdot 1200 \cdot 0,2049 + 1,453 \cdot 600 \cdot 0,02 + 305 \cdot 2 \cdot 0,0494 + 19 \cdot 240 \cdot 0,0492) \cdot 5015713/3 + (1,25 \cdot 1200 \cdot 0,2049 + 1,453 \cdot 600 \cdot 0,02 + 19 \cdot 12 \times 0,0492) \cdot 7248660/3 = 812,0 + 890,7 = 1702,7 \text{ млн. руб.,}$$

что составит примерно **50 руб. в месяц на семью** (дом/квартиру).

3.2.3.2. АПЭН с юридических лиц

В связи с тем, что основной потребитель угля на Юге России (2,4 млн. тонн в год по средневзвешенной цене 658,7 руб. за тонну) это Ростовская область, и половина из ежегодного объема потребляемого газа (8,3 млрд. куб. м. по цене 1388,4 руб. за тысячу куб. м.) приходится на Ростовскую область, Краснодарский и Ставропольский края, считаем, что эти затраты распределены между всеми юридическими лицами (243748) рассматриваемых регионов, как и 2,92498 ГВт/ч. электроэнергии (по 3,36 руб. за кВт/ч.) с 877493 тоннами жидкого топлива (бензин, мазут и др. по средней цене 20,0 тыс. руб. за тонну).

Тогда, подставляя в формулу АПЭН (25) те же среднегодовые вероятности пожаров, получим среднегодовое значение налога с юридических лиц (при $K_{ATE} = 1$):

$$\text{АПЭН} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot V_i \cdot P_i}{K_{ATE}} = (3,36 \cdot 2924980000 \cdot 0,2049 + 1388,4 \cdot 4150000 \cdot 0,02 + 658,7 \cdot 2400000 \cdot 0,0494 + 20000 \cdot 877493 \cdot 0,0492) = 4573,3 \text{ млн.руб.}$$

3.2.4. Расчет эффективности создания 1-й очереди МСО ПБ

Найдем среднегодовое сокращение социально-экономических потерь от пожаров, просуммировав и разделив на 3 полученные данные моделей ИГПН, ДПФ и СИЗОД:

$$32,112 \text{ млрд. руб.} / 3 \text{ года} = 10,704 \text{ млрд. руб. в год.}$$

Решая уравнение экономической эффективности (3.5) относительно E_H (при $\Theta = 0$), найдем коэффициент и время окупаемости затрат:

$$E_{\text{МАУПБ-1}} = (10\,703,9 + 4573,3 + 1702,7 - 5499,7) / 25355,2 = 0,4528\$$$

$$T = 1/E_{\text{МАУПБ-1}} = 2,2 \text{ года.}$$

Так как полученный коэффициент окупаемости затрат больше нормативного для АСУ ($0,4528 > 0,35$), то создание «стартовой структуры» МСО ПБ только профилактического направления считается эффективным.

Полученные результаты феноменологически можно интерпретировать следующим образом:

Если бы в 1995 году на Юге России были начаты работы по внедрению «стартовой» структуры, или, как это принято в АСУ, 1-й очереди МСО ПБ, интенсифицирующей профилактическую деятельность, то к 1998 году удалось бы предотвратить 23620 пожаров, чем сохранить жизнь 2528 и здоровье 2771 жителю Юга России, сократить прямые и косвенные потери от пожаров на общую сумму в 32,1 млрд. руб., спасти от уничтожения 93163 кв. м и от повреждения 140733 кв. м жилых и производственных площадей, обеспечивая текущие затраты на функционирование МСО ПБ в размере 5,5 млрд. руб. в год, за счет сокращения ежегодных потерь от пожаров и АПЭН в размере 18,828 млрд. руб. (6276,0 млрд. руб. в год), окупив за три года 25,4 млрд. руб. единовременных затрат.

Однако, вероятность гибели и травм, снизившись в 2,5 раза, составила бы при этом $7,62 \cdot 10^{-5}$, что в 76 раз превышает допустимый уровень безопасности населения при пожаре (0,999999). Следовательно, в следующих 2-й и 3-й очередях МСО ПБ, необходимо оптимизировать предложенную реинвестиционную модель и решить задачи, повышающие безопасность людей на пожарах.

3.2.5. Оптимизация и эффективность 2-й очереди МСО ПБ

Для определенности, оценим дополнительные (проектные) затраты ($З_{\Pi}$), за которые можно подготовить внедрение задач 2-й очереди МСО ПБ, при условии, что коэффициент окупаемости 1-й очереди останется не менее нормативного (0,35). Тогда, решая уравнение эффективности относительно $З_{\Pi}$ (при $\Theta = 0$), найдем их численное значение:

$$З_{\Pi} = (10703,9 + 6276,0 - 5874,2) - 0,35 \cdot 25369,4 = 2190,87 \text{ млн. руб.} \quad (3.16)$$

Полученные результаты феноменологически можно интерпретировать следующим образом: внедрение 1-й очереди МСО ПБ останется

эффективным и окупится за те же 3 года, если на подготовку 2-й очереди в течение этого времени потратить 2,2 млрд. руб.

Оптимальным направлением расходования указанных дополнительных ресурсов является подготовка внедрения следующих моделей, реализующих процессы самоорганизации.

3.2.5.1. Подготовка интеграции автоматизированной системы предотвращения и обнаружения происшествий (АСПОП) и автоматизированной макросистемы квалитрии электроприборов (АСКЭ)

Включение во 2-ю очередь МСО ПБ «интеллектуализации» бытовых электроприборов (ЭП) позволит не только «сэкономить» около 9,6 млрд. руб. единовременных затрат и 1,9 млрд. руб. текущих – на создание и функционирование системы автоматической пожарной сигнализации (табл. 3.4), но и *предотвратить часть «не профилактируемых пожаров»* [48], причиной которых являются, так называемые «катастрофические отказы» электроприборов (пробой, отказ элементов защиты и т.д.).

Таблица 3.4
Затраты на пожарную сигнализацию и СИЗОД

Наименование затрат	Ед. измерения	Количество	Сумма (млн. руб.)
Единовременные затраты:			32085,664
– приобретение АПИ	шт.	10929120	5792,434
– установка АПИ	комплект	10929120/2 = 5464560	1158,487
– приобретение РС	шт.	1474980	2212,470
– установка РС	шт.	1474980	442,494
– приобретение СИЗОД	шт.	13223400	22479,780
Текущие затраты:			2879,456
– обл. АПИ	комплект	5464560	1390,184
– обл. РС	комплект	1474980	530,993
– обл. СИЗОД	комплект	13223400	878,535

Кроме того, и это-главное, АСКЭ контролирует «истечение пожаробезопасных ресурсов» эксплуатации ЭП, информация о которых,

возникает при интеграции АСПОП с АСКЭ. Это позволит, *благодаря самоорганизации*, т.е. полномочиям, передаваемым ДПФ, вовремя останавливать эксплуатацию таких приборов [48, 57].

Существенным при этом, с точки зрения построения МСО ПБ, является то, что модель «интеллектуализации ЭП» создает необходимые и достаточные условия для реализации «радиоизвещателей техносферной безопасности и её навигации» (РИТОН), если интегрирует в ЭП (помимо автономного пожарного извещателя) датчики охранной сигнализации и обнаружения утечки газа [59].

3.2.5.2. Расчет сокращения потерь при функционировании модели инспектора государственного пожарного надзора (ИГПН) с моделью добровольных пожарных формирований (ДПФ) и средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) во 2-й очереди МСО ПБ

Аналогично ограничим время 2-й очереди 3-мя годами ($t = 4, 5, 6$) и подставим значения t в уравнения модели «Профилактика»:

пожары $\rightarrow P = 0,0808 + 0,9192 \cdot \exp(-t/2)$ при $t = 1, \dots, n$ (года); (3.17)

гибель $\rightarrow P = 0,0249 + 0,9751 \cdot \exp(-t/2)$ при $t = 1, \dots, n$ (года); (3.18)

травмы $\rightarrow P = 0,0592 + 0,9418 \cdot \exp(-t/2)$ при $t = 1, \dots, n$ (года); (3.19)

ущерб $\rightarrow P = 0,3055 + 0,6945 \cdot \exp(-t/2)$ при $t = 1, \dots, n$ (года); (3.20)

уничт.пл. $\rightarrow P = 0,2367 + 0,7633 \cdot \exp(-t/2)$ при $t = 1, \dots, n$ (года); (3.21)

повреж.пл. $\rightarrow P = 0,2523 + 0,7476 \cdot \exp(-t/2)$ при $t = 1, \dots, n$ (года). (3.22)

Тогда, умножая полученные вероятности на ежегодные данные потери с вычитанием полученных результатов из них, имеем:

сокращение числа пожаров за 3 года $\rightarrow$ на 33869 = $14871 \cdot (1 - 0,2052) + 13336 \cdot (1 - 0,1565) + 12361 \cdot (1 - 0,1265)$;

сокращение гибели населения за 3 года $\rightarrow$ на 2865 чел. = $882 \cdot (1 - 0,1548) + 993 \cdot (1 - 0,1028) + 1073 \cdot (1 - 0,0712)$ или на **2 165,65 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение травм населения за 3 года $\rightarrow$ на 3664 чел. = $1446 \cdot (1 - 0,1865) + 1327 \cdot (1 - 0,1364) + 1283 \cdot (1 - 0,1060)$ или на **594,30 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение прямого ущерба за 3 года → на 129,074 млн. руб. = $62,441 \cdot (1 - 0,3995) + 68,3876 \cdot (1 - 0,3625) + 71,2429 \cdot (1 - 0,3401)$;

сохранение уничтоженных площадей за 3 года → на 132083 кв. м = $80765 \cdot (1 - 0,3400) + 60394 \cdot (1 - 0,2993) + 49254 \cdot (1 - 0,2747)$ или на **3 500,20 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сохранение поврежденных площадей за 3 года → на 250553 кв. м = $132672 \cdot (1 - 0,3535) + 127277 \cdot (1 - 0,3136) + 106758 \cdot (1 - 0,2895)$ или на **2 129,70 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение косвенного ущерба за 3 года → на 32 941,32 млн. руб. $(128,106 + 3500,20 + 2129,70) \cdot 5,72$ [286, 347].

Таким образом, суммарное сокращение потерь составило бы **41 460,2 млн. руб.** = $(128,106 + 3500,20 + 2129,70) \cdot 6,72 + 594,30 + 2165,65$ или в среднем на 13,82 млрд. руб. в год.

3.2.5.3. Расчет сокращения потерь при виртуальном внедрении моделей интегрированной АСКЭ-АСПОП

Промоделируем изменение потерь в «оставшихся пожарах» при внедрении 2-й очереди МСО ПБ, в которую добавлены модели СИЗОД и АСКЭ-АСПОП, т.е. реализуя тем самым:

- предотвращение пожаров от электро- и газовых приборов с помощью их «интеллектуализации»;

- раннее обнаружение загораний интегрированной АСКЭ-АСПОП, с помощью двух модемов в ноутбуке ДПФ: радиомодема (для связи с «интеллектуальными ЭП» в населенном пункте-радиомодем КБ Марс РМД400-2: единовременные затраты 1200,0 руб., текущие – 200 руб. в год) и интернет-модема (для связи через Интернет с диспетчером ПЧ, горгаза и т.д. – USB-модем «Билайн»: единовременные затраты 1190 руб., текущие – «Пакет 20» 420 руб. в год);

- предотвращение СИЗОД гибели и травм населения от продуктов горения при ночных пожарах и в пожарах по не профилируемым причинам.

Синтезируем распределения Эрланга из «остатка пожаров» (табл. 3.5) по времени их идентификации (табл. 3.6), а затем по времени свободного развития «остатка» пожаров» (табл. 3.7), после чего (с учетом применения СИЗОД) получим результат «внедрения интеллектуализации» (АСКЭ-АСПОП и СИЗОД), принимая во внимание, что все необнаруженные пожары (время > 1533 мин) будут «обнаружены», а пожары от электро- и газовых приборов «не произойдут» (табл. 3.8).

Таблица 3.5

Распределения потерь
по интервалам времени свободного развития «остатка пожаров»

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	уничтожено	повреждено
свободное развитие	6699	392	83	72997,6	58330	116154
0–3	48	3	0	447,6	62	573
3–9	1015	29	8	12428,0	3262	13140
9–21	2516	67	22	28214,1	14681	40642
21–45	1220	29	13	15604,2	21270	30404
45–93	371	7	5	5564,3	9547	13858
93–189	70	1	1	1159,7	3842	3309
189–381	15	0	0	159,6	190	1319
381–765	5	0	0	26,5	67	127
765–1533	3	0	0	36,8	57	54
> 1533	1434	256	34	9356,8	5352	12729
без ГПС	21,41 %	65,31 %	40,67 %	12,82 %	9,18 %	10,96 %
t_s (минуты) (значение)	<u>18,5</u> 351	<u>16,6</u> 11	<u>21,4</u> 4	<u>19,4</u> 6635,3	<u>30,9</u> 6768	<u>25,4</u> 11423
t_m (мода) (медиана)	<u>15,4</u> 28,2	<u>13,8</u> 32,9	<u>17,8</u> 33,8	<u>16,2</u> 36,7	<u>25,8</u> 49,6	<u>21,1</u> 41,6
$t(b)$	1,2E-02	3,1E-03	2,3E-03	8,0E-04	2,4E-04	5,6E-04
exp	0,4758	0,3820	0,3641	0,3045	0,2485	0,2874
t_L (левая точка перегиба или среднее)	5,81	7,24	7,59	9,08	11,12	9,62
t_R (правая точ- ка перегиба или эксцесс)	15,21	18,94	19,88	23,76	29,12	25,18

Таблица 3.6

Распределения потерь по интервалам времени идентификации
«остатка пожаров» при «интеллектуализации ЭП»

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	уничто- жено	повреж- дено
идентификация	5131	331	68	52321,5	42193	83143
0–3	434	16	4	3988	1810	4495
3–9	1737	78	17	16608	9001	20965
9–21	2188	139	29	22555	17251	35454
21–45	741	87	17	8712	12263	20151
45–93	31	11	2	457	1848	2068
93–189	0	0	0	1	19	10
189–381	0	0	0	0	0	0
381–765	0	0	0	0	0	0
765–1533	0	0	0	0	0	0
> 1533	0	0	0	0	0	0
без ГПС	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
t_s (минуты) (значение)	<u>11,2</u> 11	<u>14,5</u> 1	<u>14,1</u> 0	<u>11,7</u> 158,1	<u>15,4</u> 162	<u>13,8</u> 297
t_m (мода) (медиана)	<u>5,6</u> 10,5	<u>7,3</u> 14,4	<u>7,1</u> 13,9	<u>5,9</u> 11,1	<u>7,7</u> 15,4	<u>6,9</u> 13,6
$t(b)$	2,9E-03	1,3E-03	1,4E-03	2,5E-03	1,1E-03	1,5E-03
exp	0,1793	0,1379	0,1418	0,1706	0,1296	0,1448
t_L (левая точка перегиба или среднее)	3,3	4,2	4,1	3,4	4,5	4,0
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	19,0	24,8	24,1	20,0	26,4	23,6

Таблица 3.7

Распределения потерь по интервалам времени свободного развития
«остатка пожаров» при «интеллектуализации ЭП»

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	унич- тожено	повреж- дено
свободное развитие	5131	331	68	52321,5	42193	83143
0–3	9	0	0	6,4	2	7
3–9	876	24	4	1350,7	405	1625
9–21	3543	195	38	20390,7	9518	28126
21–45	703	110	26	28722,9	26973	48927
45–93	1	1	0	1850,3	5285	4456
93–189	0	0	0	0,4	11	2
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	0	0	0	0,0	0	0
без ГПС	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
t_s (минуты) (значение)	<u>12,61</u> 342	<u>15,71</u> 13	<u>16,48</u> 3	<u>19,71</u> 3487,0	<u>24,14</u> 3117	<u>20,87</u> 5390
t_m (мода) (медиана)	<u>10,5</u> 28,2	<u>13,1</u> 32,9	<u>13,7</u> 33,8	<u>16,4</u> 36,7	<u>20,1</u> 49,6	<u>17,4</u> 41,6
$t(b)$	1,2E-02	3,1E-03	2,3E-03	8,0E-04	2,4E-04	5,6E-04
exp	0,4758	0,3820	0,3641	0,3045	0,2485	0,2874
t_L (левая точка перегиба или среднее)	5,81	7,24	7,59	9,08	11,12	9,62
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	15,21	18,94	19,88	23,76	29,12	25,18

Таблица 3.8

Распределения потерь по интервалам времени свободного развития «остатка пожаров» при «интеллектуализации ЭП» и применении СИЗОД

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	унич- тожено	повреж- дено
свободное развитие	5131	160	35	33444,5	24403	48805
0–3	9	0	0	4,1	1	4
3–9	876	12	2	863,4	234	954
9–21	3543	94	20	13034,0	5505	16510
21–45	703	53	14	18360,0	15600	28720
45–93	1	1	0	1182,7	3056	2615
93–189	0	0	0	0,2	6	1
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	0	0	0	0,0	0	0
без ГПС	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
t_s (минуты) (значение)	<u>9,3</u> 342	<u>10,4</u> 13	<u>11,4</u> 3	<u>16,0</u> 3487,0	<u>18,2</u> 3117	<u>15,9</u> 5390
t_m (мода) (медиана)	<u>7,7</u> 28,2	<u>8,6</u> 32,9	<u>9,5</u> 33,8	<u>13,4</u> 36,7	<u>15,2</u> 49,6	<u>13,3</u> 41,6
$t(b)$	7,3E-02	3,8E-02	2,2E-02	2,7E-03	1,3E-03	2,8E-03
exp	0,7762	0,6946	0,6329	0,4491	0,3947	0,4515
t_L (левая точка пере- гиба или среднее)	3,56	3,98	4,37	6,15	7,00	6,12
t_R (правая точка пере- гиба или эксцессе)	9,32	10,42	11,43	16,11	18,33	16,03

Сокращение социально-экономических потерь (АСКЭ-АСПОП синхронно с моделью СИЗОД) найдем интегрированием указанных распределений Эрланга по времени свободного развития (табл. 3.7, 3.8) в ИОДах, которые изменяются синхронно с сокращением времён обнаружения АСПОП пожаров:

$$\text{травмы} - k_s \cdot S_T \cdot T \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Rn}} \frac{\left(\frac{t}{c_T}\right)^{b_T-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_T}\right)}{c_T \cdot [(b_T-1)!]} dt; \quad (3.23)$$

$$\text{гибель} - k_s \cdot S_\Gamma \cdot \Gamma \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Rn}} \frac{\left(\frac{t}{c_\Gamma}\right)^{b_\Gamma-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_\Gamma}\right)}{c_\Gamma \cdot [(b_\Gamma-1)!]} dt; \quad (3.24)$$

$$\text{ущерб} - Y_M \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Rn}} \frac{\left(\frac{t}{c_Y}\right)^{b_Y-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_Y}\right)}{c_Y \cdot [(b_Y-1)!]} dt; \quad (3.25)$$

$$\text{уничтоженные площади} - Y_{y\Pi} \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Rn}} \frac{\left(\frac{t}{c_{y\Pi}}\right)^{b_{y\Pi}-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_{y\Pi}}\right)}{c_{y\Pi} \cdot [(b_{y\Pi}-1)!]} dt; \quad (3.26)$$

$$\text{поврежденные площади} - Y_{\Pi\Pi} \cdot \int_{t_{Ln}}^{t_{Rn}} \frac{\left(\frac{t}{c_{\Pi\Pi}}\right)^{b_{\Pi\Pi}-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c_{\Pi\Pi}}\right)}{c_{\Pi\Pi} \cdot [(b_{\Pi\Pi}-1)!]} dt, \quad (3.27)$$

что в численном и стоимостном выражении составит:

— **сокращение погибших на 33 чел.**, что составит **25,11 млн. руб.** в стоимостном выражении;

— **сокращение травмированных на 171 чел.**, что составит **27,92 млн. руб.** в стоимостном выражении;

- *сокращение материального ущерба на 18,88 млн. рублей;*
- *сокращение уничтоженных площадей на 17805 кв. м, что составит 471,44 млн. руб. в стоимостном выражении;*
- *сокращение поврежденных площадей на 34352 кв. м, что составит 291,19 млн. руб. в стоимостном выражении;*
- *сокращение косвенного ущерба на 4470,17 млн. руб. [(18,88 + 471,44 + + 291,19)·5,72].*

Таким образом суммарное сокращение потерь составило бы 5 304,7 млн. руб. или в среднем на 1,768 млрд. руб. в год.

3.2.5.4. Расчет затрат при виртуальном внедрении 2-й очереди МСО ПБ и её эффективности

Скорректируем затраты на внедрение 2-й очереди МСО ПБ следующим образом (табл. 3.9).

а) Считаем, что за время внедрения 1-й очереди (с Указа Президента РФ о проведении ГПЭ), предприятия-изготовители ЭП начнут выпускать и поставлять населению «интеллектуализированные ЭП» и по более низкой цене, за счет восстановления льгот ФЗ-69 по НДС и налогу на прибыль пожарно-технической продукции, поэтому добавим к единовременным затратам создания АСКЭ-АСПОП только приобретение модемов.

б) Исключим из текущих затрат расходы, связанные с заменой/восстановлением фильтров СИЗОД, если суммарный срок внедрения 1-й и 2-й очереди МСО ПБ не превысит 10 лет.

в) Добавим к текущим затратам расходы на укомплектование ДПФ всех населенных пунктов ещё одним членом, чтобы обеспечить эффективность «внедрения» моделей ИГПН с ДПФ, СИЗОД и АСКЭ-АСПОП (с помощью интенсификации установки в каждом доме/квартире «интеллектуальных ЭП»).

г) Для упрощения расчетов оставим без изменения ($K_{\text{АТЕ}} = 1$) адаптивный пожарно-энергетический налог в размере 6276,0 млн. руб. в год, а среднегодовое сокращение потерь от пожаров составит 15 588,316 млн. руб. (1,768 + 13,82 млрд. руб.).

д) Решая уравнение (3.5) относительно E_n (при $\Theta = 0$), найдем коэффициент и время окупаемости затрат:

$$E_{\text{МАУПБ-2}} = (15588,316 + 6276,0 - 6439,6)/2225,8 = 53,492;$$

$$T = 1/E_{\text{МАУПБ}} = 0,019 \text{ года.}$$

Таблица 3.9

Модель затрат 2-й очереди МСО ПБ

Единовременные затраты	Ед. измер.	Стоимость ед. (тыс. руб.)	2-я очередь		Текущие затраты	Ед. измер.	Стоимость ед. тыс. руб.)	2-я очередь	
			Кол-во	Сумма (млн. руб.)				Кол-во	Сумма (млн. руб.)
1. Приобретение СИЗОД	«Шанс»	1,8			4. Обслуживание СИЗОД	«Шанс»	0,36	6699	2,4
2. Оснащение ИГПН, в т.ч.:	отдел.		206	1483,2	5. Обеспечение ИГПН, в т.ч.:	отдел.		206	122,8
— сельских АТЕ					сельских	денеж.-вещ.	224,0	107	24,0
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	642	0,8
	сотовый	3,0				сотовый	1,5		
	модем	1,2	642	770,4		модем	0,42	642	0,3
	автомоб.	430,0				автомоб.	70,0	642	44,9
— городских АТЕ					городских	денеж.-вещ.	224,0	99	22,2
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	594	0,7
	сотовый	3,0				сотовый	1,5		
	модем	1,2	594	712,8		модем	0,42	594	0,2
	автомоб.	350,0				автомоб.	50,0	594	29,7
3. Оснащение ДПФ, в т.ч.:	формир.		248485	742,6	6. Обеспечение ДПФ, в т.ч.:	формир.		248485	6314,4
— населенных пунктов					населенных пунктов	денеж.-вещ.	100,0	4737	473,7
							20,0	9474	189,5
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	4737	5,7
	сотовый	3,0				сотовый	1,5	4737	7,1
	модем	2,4	4737	11,4		модем	0,62	4737	2,9
— объектов					объектов	денеж.-вещ.	20,0	243748	4875,0
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	243748	292,5
	сотовый	3,0	243748	731,2		сотовый	1,5	243748	365,6
	модем	1,2				модем	0,42	243748	102,4
Итого				2225,8					6439,6

Так как полученный коэффициент окупаемости почти на 2 порядка больше нормативного для АСУ ($53,492 > 0,35$), то создание 2-й очереди МСО ПБ считается высокоэффективным, что позволяет определить размер возможных дополнительных ежегодных затрат, которые можно направить на дальнейшую самоорганизацию деятельности в области пожарной безопасности.

е) Решая уравнение (3.5) относительно $З_{\Pi}$ (при $\Theta = 0$), найдем их численное значение:

$$З_{\Pi} = (15588,316 + 6276,0 - 6439,6) - 0,35 \cdot 2225,8 = 15\,924,842 \text{ млн. руб.}$$

Полученные результаты феноменологически можно интерпретировать следующим образом: внедрение 2-й очереди МСО ПБ останется эффективным и окупится за те же 3 года, если на сумму 15,925 млрд. руб. ежегодно *осуществить следующие инновационно-инвестиционные шаги, интенсифицирующие процессы самоорганизации.*

ж) Для ускорения оснащения каждой семьи комплектом вновь созданных «интеллектуальных ЭП» (холодильник, электросчетчик, телевизор) следует **потратить из средств САПЭН по 15,925 млрд. руб. ежегодно** (по 3895 руб. на семью) в течение **3-х лет на поставку в каждую семью комплекта «интеллектуальных ЭП»**, с подпиской о погашении в течение 2-й и 3-й очереди МСО ПБ (9-ти лет) 50 % их стоимости (~10,0 тыс. руб.), т.е. по 100 руб. в месяц на семью.

Во-первых, это создаст устойчивый спрос, а, следовательно, и мощный импульс к производству отечественных бытовых «интеллектуальных ЭП» с не конкурируемым качеством, т.к. за рубежом (кроме стран СНГ) отсутствуют нормативно-методическая база (ГОСТ 12.1.004) и соответствующие наработки для выпуска подобной продукции.

Во-вторых, эффективность применения «интеллектуальных ЭП», т.е. резкое повышение безопасности жизнедеятельности населения в результате оснащения ими, позволит, при оптимальной противопожарной пропаганде в СМИ и разумной лицензионной и кооперационной деятельности с ведущими зарубежными электротехническими и радиоэлектронными компаниями «захватить» и зарубежный рынок бытовых ЭП.

В-третьих, оптимальное государственное регулирование указанного процесса, не только в сфере государственного пожарного надзора и таможенного контроля за импортом ЭП, не отвечающих ГОСТ 12.1.004, но и по «стимулированию» выпуска «интеллектуальных ЭП» приборостроительными предприятиями оборонно-космического комплекса, позволит реализовать диверсификацию указанных предприятий на новом качественном уровне, резко повышающим их устойчивость с помощью «гражданской продукции», с гарантированными ФЗ-69 и ФЗ-94 объемами реализации в регионах России.

Тем не менее, несмотря на столь высокую эффективность 2-й очереди МСО ПБ, вероятность гибели и травм, снизившись ещё в 6 раз, составит $1,2 \cdot 10^{-5}$, что в 12 раз превышает допустимый уровень безопасности населения при пожаре (0,999999). Следовательно, в следующей 3-й очереди МСО ПБ, необходимо дополнить и оптимизировать задачи 2-й очереди следующими синергетическими моделями, повышающими безопасность людей.

3.2.6. Оптимизация и эффективность 3-й очереди МСО ПБ

В качестве оптимизации выполнения ОТЗ, добавим в 3-ю очередь МСО ПБ реализацию модели «азотной мотопомпы» (АМП) для ДПФ в населенных пунктах (на базе мотопомпы «Гейзер-1200»), в которой вместо водяной помпы устанавливается термомагнитный сепаратор воздуха с компрессором (ориентировочной стоимостью 0,5 млн. руб. и текущими затратами 60,0 тыс. руб. в год) и соответствующим пожарно-техническим вооружением, что позволит с помощью ДПФ вооруженных АМП, резко сократить время прибытия к месту пожара в сельских населенных пунктах и осуществлять тушение пожара сепарированным из воздуха азотом до прибытия боевого расчета ПЧ [60, 61].

С помощью «интеллектуальных» ЭП установленных «повсеместно», обнаруживаются пожары в населенных пунктах (мода функции распределения времени обнаружения/идентификации таких пожаров уменьшается до 2,8 минут), на которые ПЧ не выезжали вообще (21,88%), или из-за своей удаленности (16,29% при $R > 14$ км) боевые расчеты прибывали поздно и дотушивали «завалы» (21,85% при $T_{пр} > 1,5$ ч).

При вооружении ДПФ АМП среднее время свободного развития пожара уменьшается до среднестатистического – 6,4 мин, за счет сокращения времени прибытия ДПФ к месту пожара. Поэтому по аналогии со 2-й очередью, вначале рассчитаем сокращение пожаров и потерь от них при функционировании «профилактических» моделей (ИГПН, ДПФ, СИЗОД и АСКЭ-АСПОП), а затем на «остатках пожаров и потерь» синтезируем распределения Эрланга.

3.2.6.1. Расчет сокращения потерь при функционировании модели ИГПН с ДПФ и СИЗОД в 3-й очереди МСО ПБ

Для определенности установим время «внедрения» 2-й очереди в 6 лет ($t = 7, 8, 9, 10, 11, 12$), чтобы можно было сравнить по-этапные и итоговые данные моделей. Тогда, подставляя значения t в формулы (3.17)–(3.22), и, умножая полученные вероятности на ежегодные данные потерь с вычитанием полученных результатов из них, имеем:

сокращение числа пожаров за 6 лет → на **64676** = $12298 \cdot (1 - 0,1085) + 12267 \cdot (1 - 0,0976) + 11326 \cdot (1 - 0,0910) + 11430 \cdot (1 - 0,0870) + 11866 \cdot (1 - 0,0845) + 12049 \cdot (1 - 0,0831)$;

сокращение гибели населения за 6 лет → на **6544 чел.** = $1102 \cdot (1 - 0,0520) + 1179 \cdot (1 - 0,0404) + 1083 \cdot (1 - 0,0334) + 1070 \cdot (1 - 0,0291) + 1118 \cdot (1 - 0,0265) + 1056 \cdot (1 - 0,0249)$ или на **2 165,65 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение травм населения за 6 лет → на **6533 чел.** = $1125 \cdot (1 - 0,0876) + 1169 \cdot (1 - 0,0764) + 1039 \cdot (1 - 0,0696) + 1270 \cdot (1 - 0,0655) + 1035 \cdot (1 - 0,0630) + 1245 \cdot (1 - 0,0615)$ или на **594,30 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение прямого ущерба за 6 лет → на **765,648 млн. руб.** = $83,573 \cdot (1 - 0,3265) + 117,952 \cdot (1 - 0,3182) + 140,566 \cdot (1 - 0,3132) + 201165,5 \cdot (1 - 0,3102) + 291213,0 \cdot (1 - 0,3084) + 277482,3 \cdot (1 - 0,3072)$;

сохранение уничтоженных площадей за 6 лет → на **235236 кв. м** = $63025 \cdot (1 - 0,2597) + 49250 \cdot (1 - 0,2507) + 46507 \cdot (1 - 0,2452) + 48074 \cdot (1 - 0,2418) + 42570 \cdot (1 - 0,2398) + 62725 \cdot (1 - 0,2386)$ или на **6 233,76 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сохранение поврежденных площадей за 6 лет → на **733745 кв. м** = $155953 \cdot (1 - 0,2748) + 141099 \cdot (1 - 0,2660) + 139873 \cdot (1 - 0,2606) + 133961 \cdot (1 - 0,2573) + 191651 \cdot (1 - 0,2553) + 229849 \cdot (1 - 0,2541)$ или на **6 236,82 млн. руб.** в стоимостном выражении;

сокращение косвенного ущерба за 6 лет → на **75 711,224 млн. руб.** $(765,648 + 6233,76 + 6236,82) \cdot 5,72$.

Таким образом, суммарное сокращение потерь составило бы **94 953,0 млн. руб.** = $(765,648 + 6233,76 + 6236,82) \cdot 6,72 + 594,30 + 2165,65$ или в среднем на **15,826 млрд. руб.** в год.

3.2.6.2. Расчет сокращения потерь при виртуальном внедрении моделей АСКЭ-АСПОП с АМП ДПФ в 3-й очереди МСО ПБ

Промоделируем изменение потерь в «оставшихся пожарах» при внедрении 3-й очереди МСО ПБ, в которой функционируют модели АСКЭ-АСПОП с СИЗОД и АМП ДПФ, т.е. реализуя тем самым:

- предотвращение пожаров от электро- и газовых приборов с помощью их «интеллектуализации»;
- раннее обнаружение загораний интегрированной АСКЭ-АСПОП;
- предотвращение СИЗОД гибели и травм населения от продуктов горения при ночных и не профилактируемых ИГПН и ДПФ пожарах;
- раннее прибытие и тушение пожаров АМП ДПФ в населенных пунктах до прибытия боевого расчета ПЧ.

Синтезируем распределения Эрланга по времени свободного развития и радиусам выезда «оставшихся» пожаров (табл. 3.10, 3.11), а затем по временам их идентификации (табл. 3.12), прибытия (табл. 3.13) и времени свободного развития (табл. 3.14), после внедрения «интеллектуализации» и пожаротушения.

Таблица 3.10

Распределения пожаров и потерь
по времени св. развития «остатка пожаров»

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	унич- тожено	повреж- дено
свободное развитие	6560	350	64	346303,5	76915	258642
0–3	0	0	0	37,4	2	20
3–9	51	10	2	7835,6	654	4570
9–21	1191	85	23	118285,7	15381	79087
21–45	3315	48	16	166620,8	43589	137576
45–93	632	1	0	10733,3	8540	12528
93–189	1	0	0	2,2	18	5
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	1369	207	22	42788,6	8730	24854
без ГПС	20,9 %	59,1 %	35,0 %	12,4 %	11,4 %	9,6 %
t_s (минуты) (значение)	<u>24,01</u> 346	<u>15,71</u> 12	<u>16,48</u> 4	<u>19,71</u> 31644,8	<u>24,14</u> 8710	<u>20,87</u> 25821
t_m (мода) (медиана)	<u>20,0</u> 28,7	<u>13,1</u> 36,1	<u>13,7</u> 33,9	<u>16,4</u> 36,8	<u>20,1</u> 47,0	<u>17,4</u> 41,2
$t(b)$	2,4E-04	3,1E-03	2,3E-03	8,0E-04	2,4E-04	5,6E-04
exp	0,2499	0,3820	0,3641	0,3045	0,2485	0,2874
t_L (левая точка перегиба или среднее)	11,06	7,24	7,59	9,08	11,12	9,62
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	28,95	18,94	19,88	23,76	29,12	25,18

Таблица 3.11

Распределения потерь по радиусам выезда «остатка пожаров»

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	уничтожено	повреждено
радиус выезда	6560	350	64	346303,5	76915	258642
0–2	1593	79	12	78335,5	10526	48928
2–6	2444	121	23	109466,9	21446	77399
6–14	871	42	9	56310,6	12062	39108
14–30	785	38	10	43796,8	16948	48622
30–62	300	14	5	23415,6	10894	20838
62–126	29	2	1	2254,7	1266	4410
126–254	1	0	0	4,0	6	4
254–510	1	0	0	5,1	0	452
510–1022	0	0	0	0,0	0	0
> 1022	536	54	5	32714,3	3765	18881
без ГПС	8,16 %	15,45 %	7,81 %	9,45 %	4,90 %	7,30 %
R_s $\frac{\text{(км)}}{\text{(значение)}}$	<u>6,0</u> 271	<u>6,0</u> 22	<u>7,7</u> 4	<u>7,1</u> 20303,8	<u>11,0</u> 5064	<u>9,4</u> 14623
R_m $\frac{\text{(мода)}}{\text{(медиана)}}$	<u>3,0</u> 7,6	<u>3,0</u> 9,2	<u>3,8</u> 11,5	<u>3,6</u> 10,6	<u>5,5</u> 15,5	<u>4,7</u> 13,5
t	1,2E-02	1,2E-02	5,8E-03	7,4E-03	2,0E-03	3,3E-03
exp	0,2215	0,2229	0,1724	0,1875	0,1212	0,1429
$R_L =$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$R_R =$	9,0	9,0	11,6	10,7	16,5	14,0

Таблица 3.12

Распределения потерь по интервалам времени идентификации
«остатка пожаров» с АСКЭ-АСПОП, СИЗОД и АМП

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	уничтожено	повреждено
идентификация	4903	83	15	75896,2	8558	40490
0–3	273	3	1	3988,4	249	1476
3–9	1262	14	3	18757,8	1355	7639
9–21	2098	31	6	32241,6	3100	15844
21–45	1157	28	5	18862,4	3037	12989
45–93	113	6	1	2034,6	795	2501
93–189	1	0	0	11,2	22	41
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	0	0	0	0,0	0	0,0
без ГПС	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
t_s (минуты) (значение)	<u>6,81</u> 353	<u>8,86</u> 9	<u>8,38</u> 1	<u>7,00</u> 6097,9	<u>9,30</u> 958	<u>8,35</u> 3968
t_m (мода) (медиана)	<u>3,4</u> 5,2	<u>4,4</u> 7,2	<u>4,2</u> 6,9	<u>3,5</u> 5,6	<u>4,7</u> 7,7	<u>4,2</u> 6,8
$t(b)$	1,3E-02	5,8E-03	6,8E-03	1,2E-02	5,0E-03	6,9E-03
exp	0,4404	0,3386	0,3580	0,4284	0,3224	0,3593
t_L (левая точка перегиба или среднее)	1,3	1,7	1,6	1,4	1,8	1,6
t_R (правая точка перегиба или эксцесс)	7,8	10,1	9,5	8,0	10,6	9,5

Таблица 3.13

Распределения потерь по интервалам времени прибытия
«остатка пожаров» с АСКЭ-АСПОП, СИЗОД и АМП

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожары	травмы	гибель	ущерб	унич- тожено	повреж- дено
прибытие	4903	83	15	75896,2	8558,1	40490
0–3	301	13	1	970,6	65	502
3–9	2151	51	7	12305,3	930	6420
9–21	2196	19	7	36056,6	3451	19092
21–45	255	0	1	24590,2	3543	13357
45–93	1	0	0	1970,0	566	1118
93–189	0	0	0	3,5	4	2
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	0	0	0	0,0	0	0
без ГПС	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
t_s (минуты) (значение)	<u>9,4</u> 245	<u>7,0</u> 3	<u>9,5</u> 1	<u>15,7</u> 6853,1	<u>18,7</u> 961	<u>15,9</u> 3777
t_m (мода) (медиана)	<u>6,3</u> 9,5	<u>4,6</u> 3,7	<u>6,3</u> 9,4	<u>10,5</u> 20,2	<u>12,4</u> 29,6	<u>10,6</u> 22,7
$t(b)$	3,2E-02	8,0E-02	3,2E-02	6,9E-03	4,2E-03	6,7E-03
exp	0,3177	0,4308	0,3171	0,1906	0,1607	0,1888
t_L (левая точка пере- гиба или среднее)	1,8	1,4	1,8	3,1	3,6	3,1
t_R (правая точка пере- гиба или эксцесс)	10,7	7,9	10,8	17,9	21,2	18,1

Таблица 3.14

Распределения потерь по интервалам времени свободного развития
«остатка пожаров» с АСКЭ-АСПОП, СИЗОД и АМП

Выполнение ОТЗ (мин, км)	Социально-экономические потери					
	пожа- ры	травмы	гибель	ущерб	уничто- жено	повреж- дено
свободное развитие	4903	83	15	75896,2	8558	40490
0–3	0	0	0	9,3	0	3
3–9	48	6	1	1959,3	82	792
9–21	1125	49	8	29578,2	1931	13697
21–45	3131	28	6	41664,8	5471	23827
45–93	597	0	0	2683,9	1072	2170
93–189	1	0	0	0,6	2	1
189–381	0	0	0	0,0	0	0
381–765	0	0	0	0,0	0	0
765–1533	0	0	0	0,0	0	0
> 1533	0	0	0	0,0	0	0
без ГПС	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
t_s (минуты) (значение)	<u>12,2</u> 317	<u>15,2</u> 8	<u>15,4</u> 1	<u>16,5</u> 8580,5	<u>18,1</u> 1244	<u>16,9</u> 4960
t_m (мода) (медиана)	<u>10,1</u> 28,7	<u>12,6</u> 36,1	<u>12,8</u> 33,9	<u>13,8</u> 36,8	<u>15,1</u> 47,0	<u>14,1</u> 41,2
$t(b)$	1,4E-02	3,8E-03	3,5E-03	2,3E-03	1,3E-03	2,0E-03
exp	0,5915	0,4748	0,4672	0,4357	0,3980	0,4257
t_L (левая точка перегиба или среднее)	4,67	5,82	5,92	6,34	6,94	6,49
t_R (правая точка пере- гиба или эксцесс)	12,23	15,24	15,49	16,61	18,18	17,00

Сокращение социально-экономических потерь (АСКЭ-АСПОП синхронно с моделями СИЗОД и АМП ДПФ) найдем интегрированием указанных распределений Эрланга по времени свободного развития ИОДах, т.е. по формулам (3.23)–(3.27), которые изменяются синхронно с уменьшением времён обнаружения и развития пожаров.

Результаты интегрирования по указанным формулам (3.23)–(3.27) составят:

- **сокращение погибших на 37 чел.**, что составит **28,2 млн. руб.** в стоимостном выражении,
- **сокращение травмированных на 216 чел.**, что составит **35,3 млн. руб.** в стоимостном выражении,
- **сокращение материального ущерба на 173,0 млн. руб.**,
- **сокращение уничтоженных площадей на 24042 кв. м**, что составит **1283,3 млн. руб.** в стоимостном выражении,
- **сокращение поврежденных площадей на 75086 кв. м**, что составит **1199,4 млн. руб.** в стоимостном выражении,
- **сокращение косвенного ущерба на 15190,65 млн. руб.** ($173,0 + 1283,3 + 1199,4 \cdot 5,72$). Таким образом суммарное сокращение потерь составит **17 909,8 млн. руб.** или в среднем на **2,985 млрд. руб. в год.**

3.2.6.3. Расчет затрат при виртуальном внедрении 3-й очереди МСО ПБ и её эффективности

Скорректируем затраты на внедрение 3-й очереди МСО ПБ следующим образом (табл. 3.15).

а) Добавим к единовременным затратам расходы на укомплектование ДПФ всех населенных пунктов «азотными мотопомпами» (АМП) для тушения пожаров и спасания пострадавших до прибытия боевых расчетов.

б) В текущие затраты на обслуживание АМП добавим расходы, связанные с тушением пожаров до прибытия ПЧ, как произведение числа пожаров с применением АМП, на которые умножаются затраты, связанные с развертыванием АМП, работой в течении времени, до прибытия боевого расчета (~10 л бензина, 1 час), и свертывания пожарно-технического вооружения (ПТВ) (ориентировочно 500 руб. на пожар).

в) Для упрощения расчетов оставим без изменения ($K_{\text{АТЕ}} = 1$) адаптивный пожарно-энергетический налог в размере 6276,0 млн. руб. в год, а суммарное среднегодовое сокращение потерь от пожаров составит 18,81 млрд. руб. ($2,985 + 15,826$ млрд. руб.).

г) Решая уравнение (1) относительно E_n (при $\Theta = 0$), найдем коэффициент и время окупаемости затрат:

$$E_{\text{МАУПБ-3}} = (18811,0 + 6276,0 - 6725,6) / 2372,2 = 8,525;$$

$$T = 1/E_{\text{МАУПБ}} = 0,117 \text{ года.}$$

Таблица 3.15

Модель затрат 3-й очереди МСО ПБ

Единовременные затраты	Ед. измер.	Стоимость ед. (тыс. руб.)	3-я очередь		Текущие затраты	Ед. измер.	Стоимость ед. (тыс. руб.)	3-я очередь	
			Кол-во	Сумма (млн. руб.)				Кол-во	Сумма (млн. руб.)
1. Приобретение СИЗОД	«Шанс»	1,8			4. Обслуживание СИЗОД	«Шанс»	0,36	6560	2,4
2. Оснащение ИГПН, в т.ч.:	отдел.		206	3,7	5. Обеспечение ИГПН, в т.ч.:	отдел.		206	124,6
– сельских АТЕ					сельских	денеж.-вещ.	224,0	107	24,0
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	642	0,8
	сотовый	3,0	642	1,9		сотовый	1,5	642	1,0
	модем	1,2				модем	0,42	642	0,3
	автомоб.	430,0				автомоб.	70,0	642	44,9
– городских АТЕ					городских	денеж.-вещ.	224,0	99	22,2
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	594	0,7
	сотовый	3,0	594	1,8		сотовый	1,5	594	0,9
	модем	1,2				модем	0,42	594	0,2
	автомоб.	350,0				автомоб.	50,0	594	29,7
3. Оснащение ДПФ, в т.ч.:	формир.		248485	2368,5	6. Обеспечение ДПФ, в т.ч.:	формир.		248485	6598,6
– населенных пунктов					населенных пунктов	денеж.-вещ.	100,0	4737	473,7
							20,0	9474	189,5
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	4737	5,7
	сотовый	3,0				сотовый	1,5	4737	7,1
	модем	2,4				модем	0,62	4737	2,9
	АМП	500,0	4737	2368,5		АМП	60,0	4737	284,2
– объектов					объектов	денеж.-вещ.	20,0	243748	4875,0
	ноутбук	10,0				ноутбук	1,2	243748	292,5
	сотовый	3,0				сотовый	1,5	243748	365,6
	модем	1,2				модем	0,42	243748	102,4
Итого			2372,2					6725,6	

Так как полученный коэффициент окупаемости почти на порядок больше нормативного для АСУ ($8,525 > 0,35$), то создание 3-й очереди МСО ПБ считается высокоэффективным, что позволяет определить размер возможных дополнительных ежегодных затрат, которые можно направить на дальнейшую интенсификацию самоорганизации деятельности в области пожарной безопасности.

Решая уравнение (3.5) относительно Z_{Π} (при $\Theta = 0$), найдем их численное значение:

$$Z_{\Pi} = (15588,316 + 6276,0 - 6725,6) - 0,35 \cdot 2372,2 = 19\,363,119 \text{ млн. руб.}$$

Полученные результаты феноменологически можно интерпретировать следующим образом: внедрение 3-й очереди МСО ПБ останется эффективным и окупится за 6 лет, если на сумму 19,363 млрд. руб. ежегодно *осуществить инновационно-инвестиционные мероприятия* (вынужденная организация), *интенсифицирующие процессы самоорганизации*.

д) Для оснащения каждой семьи Юга России комплектами вновь созданных «интеллектуальных ЭП» (холодильник, электросчетчик, телевизор) необходимо потратить из средств САПЭН 98,115 млрд. руб., из которых 47,775 млрд. руб. обеспечивается во 2-й очереди и 50,34 млрд. руб. остается на 3-ю очередь. Однако реинвестиционная модель (погашение населением 50 % стоимости приобретения новых «интеллектуальных ЭП» в течение 9-ти лет — по 100 руб. в месяц с каждой семьи) позволит уже в течение 2-й очереди получить дополнительно 14,717 млрд. руб., чем сократить «остаток» до 35,623 млрд. руб., который в течение 2-х лет 3-й очереди будет полностью погашен, и в оставшиеся 4-года дополнительно к 19,363 млрд. руб. добавятся по 4,9 млрд. руб. ежегодно.

е) Принимая во внимание, что стоимость организации и функционирования одного рабочего места по обслуживанию систем противопожарной защиты (сигнализации, связи, СИЗОД, азотных мотопомп и т.д.) составляет в среднем 200,0 тыс. руб. в год, то, развернув эти работы на областных и краевых предприятиях (например, в «Спецавтоматике», в ВДПО и т.д.), *Юг России мог бы получить четверть миллиона дополнительных рабочих мест:*

9465 — за счет текущих затрат по обслуживанию АМП и СИЗОД;

244444 — за счет единовременных затрат на производство «азотных мотопомп» и самоспасателей типа «ШАНС».

Наиболее оптимальным при этом, является возрождение и расширение внебюджетных радиоучастков при ГУВД краев и областей Юга

России до уровня мощных предприятий по специальной технике на паритетных условиях с отрядами технической службы Южного Регионального Центра МЧС РФ, т.к. в этом случае возникает необходимая и достаточная научно-производственная и технологическая база, для создания объединенной (МВД-МЧС и др. служб жизнеобеспечения) системы связи, на основе которой и возможно построение геоинформационной макросистемы управления техносферной безопасностью (ГИМСУ ТБ), состоящих из [48]:

- программно-технических средств геоинформационной макросистемы синергетического управления пожарной безопасностью АТЕ;
- программно-технических средств геоинформационной макросистемы синергетического управления безопасностью дорожного движения АТЕ;
- программно-технических средств геоинформационной макросистемы синергетического управления вневедомственной охраной АТЕ;
- программно-технических средств геоинформационной макросистемы синергетического управления газоаварийной службой АТЕ;
- программно-технических средств геоинформационной макросистемы синергетического управления тепло-энергоснабжением АТЕ;
- программно-технических средств геоинформационной макросистемы синергетического управления жилищно-коммунальным хозяйством и других СЖ АТЕ.

Именно на это и целесообразно потратить «оставшиеся» 97,1 млрд. руб., включая создание объединенной ГИС Юга России, т.к. расчеты показали, что вероятность гибели и травм, снизившись за 6 лет в 9 раз, составит $1,34 \cdot 10^{-6}$, что в 1,35 раза, но все ещё превышает допустимый уровень безопасности населения при пожаре (0,999999). То есть, *без внедрения остальных моделей, требующих ГИС, а, следовательно, и взаимодействия всех СЖ и Администраций АТЕ, невозможно достичь нормативного уровня безопасности людей при пожарах.*

Раздел II

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПОЖАРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВРЕДА В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ

Глава 4. ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК-ИЗВЕЩАТЕЛЬ ПОЖАРНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВРЕДА И ПОЖАРА

4.1. Существующие методы и пожарные извещатели

В некоторых странах (США, Германия, Польша) в последнее время получили распространение автономные пожарные извещатели (далее — АПИ), выдающие при обнаружении признаков пожара, прерывистый сигнал тревоги с уровнем звукового давления 85–90 дБ на расстоянии 1 м от извещателя. Статистика при этом свидетельствует, что применение АПИ позволяет сократить число погибших при пожарах в жилом секторе на 45 % [51].

Известно много способов и устройств обнаружения загораний, реализующие эти способы [33, 52]:

- дымовые — ионизационные и оптические;
- тепловые — пороговые и аналоговые;
- пламенные — оптико-электронные, использующие ультрафиолетовое или инфракрасное излучение пламени;
- газовые — на продукты горения, включая селективные линейные пожарные извещатели.

4.1.1. Дымовые пожарные извещатели

Дымовые пожарные извещатели наиболее чувствительны и делятся на два основных класса: ионизационные и фотоэлектрические.

Принцип действия ионизационных извещателей основан на регистрации изменений ионизационного тока, возникающих в результате воздействия на него продуктов горения. При этом ионизационные извещатели делятся на радиоизотопные и электроиндукционные.

4.1.1.1. Радиоизотопный извещатель

Радиоизотопный извещатель — это дымовой пожарный извещатель, который срабатывает вследствие воздействия продуктов горения на ионизационный ток внутренней рабочей камеры извещателя. Принцип

действия радиоизотопного извещателя основан на ионизации воздуха камеры при облучении его радиоактивным веществом. При введении в такую камеру противоположно заряженных электродов возникает ионизационный ток. Заряженные частички «прилипают» к более тяжелым частичкам дыма, снижая свою подвижность — ионизационный ток уменьшается и его уменьшение до определенного значения воспринимается как сигнал «тревога». Такой извещатель эффективен при регистрации дыма любой природы, в т.ч. «черных» видов дыма, характеризующихся высоким уровнем поглощения света [62].

Рис. 4.1. Дымовые извещатели

Однако наряду с описанными выше достоинствами радиоизотопные извещатели имеют существенный недостаток, о котором не следует забывать. Речь идет об использовании в конструкции извещателей источника радиоактивного излучения. В связи с этим возникают проблемы соблюдения мер безопасности при эксплуатации, хранении и транспортировке, а также утилизации извещателей после окончания срока эксплуатации.

4.1.1.2. Фотоэлектрический извещатель

Фотоэлектрический извещатель определяет наличие дыма, путем обнаружения поглощения оптического излучения в специальной камере, где расположена пара «светодиод-фотоэлемент». Двухпроводная схема подключения к панели через адресную линию. Диагностика нормальной работы электронной схемы и чувствительности датчика автоматически производится после подключения питания, а также каждые 24 часа непрерывной работы [33].

4.1.2. Тепловые пожарные извещатели

Тепловые пожарные извещатели наиболее распространены и делятся также на два класса: пороговые и аналоговые (рис. 4.2).

Рис. 4.2. Тепловые пожарные извещатели

Первый электрический пожарный извещатель был тепловым. Одними из первых создателей тепловых извещателей были Фрэнсис Роббинс Аптон и Фернандо Диббл, которые получили патент США (№ 436961) 23 сентября 1890 года. В конструкции были электрические батареи, колокольный купол, магнит в разомкнутой цепи, и термостатическое устройство, которое обнаруживало аномальное количество тепла, после чего контур между батареей и магнитом замыкался, и молоточек ударял по колокольному куполу, предупреждая находящихся в помещении [33].

В современных пороговых тепловых извещателях используют сплавы Вуда или магнитоуправляемые герконы, а в аналоговых — различные датчики температуры (термисторы и т.д.).

4.1.3. Пламенные пожарные извещатели

Пламенные или оптические пожарные извещатели применяются в основном на промышленных объектах и реагируют на электромагнитное излучение пламени или тлеющего очага — ультрафиолетовой или инфракрасной области излучения.

Извещатели пламени (рис. 4.3) применяются, как правило, для защиты зон, где необходима высокая эффективность обнаружения, поскольку обнаружение происходит в начальной фазе загорания, когда температура в помещении ещё далека от значений, при которых срабатывают тепловые пожарные извещатели. Извещатели пламени обеспечивают возможность защиты зон со значительным теплообменом и открытых площадок, где невозможно применение тепловых

Рис. 4.3. Извещатель пламени

Рис. 4.4. Газовый извещатель

и дымовых извещателей, а также для контроля перегретых поверхностей агрегатов при авариях, например, под обшивкой агрегата, контроля наличия твердых фрагментов перегретого топлива на транспорте и т.д. [33].

4.1.4. Газовые пожарные извещатели

Газовые пожарные извещатели — реагируют на газы, выделяющиеся при тлении или горении материалов. Газовые извещатели (рис. 4.4) могут реагировать на оксид углерода (углекислый или угарный газ) и/или углеводородные соединения [62].

4.2. Мультидатчики и сравнительный анализ их эффективности

Наиболее эффективными пожарными извещателями считаются комбинированные датчики, сочетающие в себе фотоэлектрические, тепловые и газовые чувствительные элементы. Подобные типы мультидатчиков применяются уже длительное время, используя очень простую систему принятия решения «или-или», когда сигнал подается, в случае срабатывания фотоэлектрического, теплового или газового датчиков [61, 62].

Рис. 4.5. Комбинированный извещатель

Совершенствование технологии дало возможность внедрить в пожарные извещатели микропроцессоры, что определило применение интеллекта к сигналам, производимым в камерах чувствительности. Экономный по затратам мультидатчик (рис. 4.5), имеющий в своем составе все чувствительные элементы, стал сейчас реальностью — такие приборы можно с успехом использовать там, где наиболее подходит ионизационный пожарный извещатель [63].

В Европе, для испытаний и классификации детекторов пожара по категориям в зависимости от их характеристик, проявленных в управляемых условиях, разработаны тестовые очаги пожаров (рис. 4.6), которые предназначены имитировать различные виды пожаров.

Рис. 4.6. Европейские тестовые пожары:

TF1 — горение древесины; TF2 — тление древесины; TF3 — тление хлопка; TF4 — горение пенополиуретана; TF5 — горение гептана; TF6 — горение спирта

Для того чтобы дымовой извещатель был сертифицирован по европейским нормам, он должен вписываться в нормативы, определенные для испытаний категорий TF2, TF3, TF4 и TF5. Как видно из рис. 4.6, фотоэлектрический извещатель лучше всего подходит для категории TF2, в то время как ионизационный — для испытаний по категориям TF4 и TF5. Пожары категорий TF4, и TF5 вызывают образование меньшего количества вредных частиц, но одновременно значительного объема тепла, поэтому включение теплочувствительного элемента вместе с фотоэлектрической камерой, настроенных на требуемые алгоритмы, дает возможность получить извещатель, аналогичный по своим характеристикам — ионизационному при пожарах категорий TF4 и TF5, но превосходящий последний при категории TF2, поскольку он является фотоэлектрическим. Общие характеристики комбинированного фото-теплового извещателя лучше, чем просто ионизационного или просто фотоэлектрического, что подтверждено его показателями в испытаниях

по пожарам других категорий (TF1 и TF6), которые не включены в европейские стандарты на детекторы дыма. Комбинированный фото-тепловой извещатель способен пройти оба этих пожарных испытания и остается оценить его устойчивость к ложным срабатываниям [61].

Известно [33, 62], что лучшим оружием противодействия подаче ложных сигналов является применение задержки по времени срабатывания, так как феномен всех ложных сигналов кроется в их временном характере. Пожары с пламенем в своем развитии значительно более быстры, как и создаваемые ими угрозы для жизни, по сравнению с тлеющими пожарами; именно пламя создает высокую температуру. Следовательно, у комбинированного фото-теплового извещателя алгоритмы определения пожара должны иметь существенную задержку по времени в ситуациях, когда не наблюдается сколько-нибудь значительного изменения температуры. Явление ложного сигнала, воздействующее на датчик дыма, никакого тепла не генерирует, вот почему до того как были разработаны извещатели с мультидатчиками, тепловые извещатели были единственной альтернативой дымовым там, где наблюдались проблемы с ложными сигналами. Создание режима задержки по времени в фотоэлектрических извещателях — единственная возможность для их использования в тех местах, где их альтернативой мог бы стать — ионизационный. Таким образом, фото-тепловые извещатели могут с успехом заменить ионизационные в более сложных средах.

Тем не менее, чем больше сенсоров содержит извещатель, тем лучше его способность обнаружения пожара. Любые алгоритмы, реализованные в пожарном извещателе, должны постоянно обеспечивать компромисс между обнаружением пожара и подачей ложного сигнала. Чем больше сенсоров в датчике, тем больше шанс иметь 100 % обнаружений пожара со 100 %-ным исключением ложных тревог.

Считается [62], что определение типа газа является альтернативной технологией для пожарных извещателей. Известны технические решения и электрохимические датчики CO, недавно с успехом, вышедшие на мировой рынок. Их изготовители заявляют о превосходстве этого класса извещателей по параметру ложных тревог. Однако как одно сенсорные устройства они не могут отвечать всем критериям обнаружения пожара: выигрыш в подавлении ложных тревог оборачивается проигрышем в эффективности обнаружения пожара. Пожарные испытания показали, что наиболее приемлемыми для обнаружения газами являются CO и CO₂. К сожалению, как видно из рис. 4.7, ни при каком тестовом пожаре по европейским нормам (EN54) не выделяется достаточное количество газов CO или CO₂ для гарантированного выявления пожара только одним газовым датчиком [61].

Рис. 4.7. TF1 – горение древесины; TF2 – тление древесины; TF3 – тление хлопка; TF4 – горение пенополиуретана; TF5 – горение гептана; TF6 – горение спирта

Для эффективной работы газового датчика максимально возможные уровни газа в нормальных условиях должны быть значительно меньше, чем при обнаружении пожароопасной ситуации. Это не выполняется для показанных уровней газа, поэтому каждый датчик придется настроить на существенно больший порог, что приведет к тому, что датчик не отреагирует на тестовые пожары, а если его установить на достаточно низком уровне для прохождения испытания, может случиться так, что датчик станет реагировать на окружающий воздух и подавать ложные сигналы.

Исследовательская лаборатория ВМФ США провела ряд пожарных испытаний [61–63], часть которых преследовала цель установить концентрацию веществ при ложных сигналах, другая часть – при подаче сигнала о пожаре. Конечно, иногда различие между ложным и настоящим сигналами было всего лишь делом уровня и времени; например, подгорающий в тостере хлеб обычно будет классифицирован как ложный сигнал, если только он не оставлен в тостере и не загорелся. Используя данные исследований ВМФ, можно разбить на категории способность комбинированных датчиков проводить различие между настоящим пожаром и ложным сигналом при наличии в своем составе по одному датчику: газовому, фотоэлектрическому и тепловому.

Так на рисунке (рис. 4.8) показаны испытания с помеховым воздействием – горячим душем, которые показывают хорошую защиту комбинированного алгоритма.

Рис. 4.8. Испытание: помеховое воздействие горячим душем

Ниже (рис. 4.9) показан небольшой пожар с горящим гептаном, тест который очень труден для фотоэлектрического датчика, т.к. его пламя не производит существенных изменений ни температуры, ни CO_2 . Однако совмещение фотоэлектрического выхода и выхода CO_2 оказывается достаточным для превышения их комбинацией порога, т.е. для идентификации пожара.

Рис. 4.9. Испытание: горение гептана

Результаты пожарных испытаний лаборатории ВМФ США (рис. 4.10–4.12) свидетельствуют о том, что комбинированные датчики имеют значительные преимущества.

Рис. 4.10. Вероятность определения жестких помех (%)
(пескоструйная обработка, приготовление пищи, сварка, курение, душевые)

Рис. 4.11. Вероятность раннего определения пожара (%)
(широкий диапазон от тления до открытого пламени)

Рис. 4.12. Общая эффективность работы извещателей. В диаграмме допускается равнозначность воздействия пожара и помехового воздействия

4.3. Аспирационные системы

Тем не менее, все перечисленные способы и извещатели обладают большой инерционностью, т.е. обнаруживают опасный фактор пожара, когда «тот дойдет» до чувствительного элемента. А в связи с тем, что извещатели, как правило устанавливаются на потолках, то «приход к ним» дыма, газа или температуры составляет от нескольких до десятков минут [33, 63]. Поэтому для раннего обнаружения опасных факторов пожара был разработан аспирационный способ и система его реализующая, обычно называемые «проточными» (рис. 4.13).

Рис. 4.13. Структурная схема аспирационной системы

Сущность этого способа заключается в том [63], что используются те же датчики, но устанавливаются они в трубопроводе и через них «прокачивается» воздух защищаемого помещения. Иными словами, если возникают опасные факторы пожара, то они «втягиваются в датчик» и обнаруживаются на порядок быстрее.

4.4. Электросчетчик-извещатель

Хорошо известно [51, 64], что низкое качество потребляемой электроприборами электроэнергии уменьшает их технический ресурс и создает условия для возникновения в них пожароопасных отказов, т.е. увеличивает вероятность пожаров по электротехническим причинам. Следовательно, введение «интеллекта» и комбинированных «проточных» датчиков в электросчетчики, помимо мониторинга и возможности регулирования оплаты в соответствии с качеством электроэнергии, позволит обеспечить раннее обнаружение пожара в помещениях, где такой электросчетчик установлен, а также включить оповещение о пожаре и передать вызов в ближайшую пожарную часть, при наличии радиоканала.

Таким образом, комплексирование автономного пожарного извещателя с электросчетчиком (далее – ЭС), который может регистрировать «не качественность» электроэнергии, и **изменение по этой причине** вероятности пожара от электроприборов, т.е. **пожарно-электрического вреда**, помимо мониторинга и возможности регулирования оплаты в соответствии с качеством электроэнергии, позволит обеспечить обнаружение пожара в помещении (например, в квартире), где такой электросчетчик установлен, и включить звуковое оповещение о пожаре [65].

Для реализации такого электросчетчика – автономного пожарного извещателя (далее – ЭСАПИ) необходимо:

- выбрать способ обнаружения пожара и тип извещателя;
- выбрать способ контроля качества электроэнергии и тип электросчетчика;
- оптимизировать структуру электронного блока обработки сигналов;
- скомпоновать ЭС и АПИ в ЭСАПИ.

4.4.1. Прототипы

Как показали исследования [62–66], наиболее эффективным в этом случае станет сочетание датчика монооксида углерода, фотоэлектрического и теплового – с аспирационным способом.

В качестве способа регистрации качества получаемой и используемой электроэнергии для промышленных предприятий (3-фазный ЭС), может быть использован отечественный прибор LPW-305 (рис. 4.14) или стационарный анализатор количества и качества электрической энергии Circutor серии CVM, которые обеспечат не только измерение всех ПКЭ, обусловленные ГОСТ 13109-97, но также и дополнительных параметров (ГОСТ Р 51317.4.30–2008 (МЭК 61000-4-30:2008) и ГОСТ Р 51317.4.7–2008

(МЭК 61000-4-7:2002)), необходимых для вычисления и визуализации доли качественной электроэнергии:

- размах изменения напряжения;
- установившееся отклонение напряжения;
- доза фликера;
- коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент не симметрии напряжений по нулевой последовательности;
- коэффициент не симметрии напряжений по обратной последовательности;
- длительность провала напряжения;

Рис. 4.14. Блок схема подключения LPW-305

- отклонение частоты;
- коэффициент временного перенапряжения;
- импульсное напряжение, которая и должна оплачиваться потребителем, а также доли «некачественной электроэнергии», за которую следует штрафовать производителей и поставщиков электроэнергии, т.к. она увеличивает пожарно-энергетический вред, вызывая преждевременные отказы электроприборов, в т.ч. пожароопасные.

В квартирах и частных домах (однофазный ЭС), т.е. при потребляемой мощности до 4 кВт, может быть использован недорогой (около 1000 руб.) отечественный прибор МТ4011 (рис. 4.15) или другие аналогичные [67].

Рис. 4.15. Показатели качества электроэнергии

Диапазон измерений МТ4011 — от 2 до 3680 Вт.

Измеритель имеет 3 режима отображения информации:

1. Время (в формате 24 ч), день недели, мощность электроэнергии в Вт (W) и частота Гц (Hz).

2. Текущее напряжение в вольтах (V), ток в амперах (A) и общее время потребления электроэнергии (H — в часах).

3. Общее количество потребленной электроэнергии (KWh — киловатт-час) и стоимость потребленной электроэнергии.

Устройство может измерять стоимость электроэнергии по двум тарифам (стандартному и специальному).

Рис. 4.16. Измеритель МТ4011

Однако из-за простоты в «выделении некачественной электроэнергии», был использован «статистический способ» определения потребляемой мощности, в котором при измерении и оцифровке кривой переменного напряжения сети, осуществляется выделение отклонений от установленных ГОСТ 13109-97 значений, которые запоминаются, и по истечении любого интервала времени (час, сутки, неделя, месяц) по определенным алгоритмам определяются [68]:

$$W = W_{\text{д}} + W_{\text{нд}}, \quad (4.1)$$

где W — общее количество электроэнергии, отпущенной потребителю за время T ; $W_{\text{д}}$ — количество израсходованной электроэнергии при допустимых отклонениях; $W_{\text{нд}}$ — количество израсходованной электроэнергии при недопустимых отклонениях.

4.4.2. Способ определения ПЭВ по потребляемой электроэнергии и ОФП

Предлагаемый способ запатентован и заключается в том, что с помощью электросчетчика-извещателя, синхронно измеряют и оцифровывают сетевое напряжение, и потребляемый ток в реальном масштабе времени, с вычислением стандартных параметров качества электроэнергии, по которым вычисляется и отдельно визуализируется потребленная электроэнергия с допустимым качеством и — недопустимым, значения которых умножаются на соответствующие константы вероятности пожаров по электротехническим причинам, и в результате суммирования указанных результатов определяется и визуализируется пожарно-электрический вред, который подлежит налогообложению [65].

Раннее обнаружение опасных факторов пожара осуществляется с помощью прокачивания воздуха защищаемых помещений через аспирационную систему с электросчетчиком-извещателем (рис. 4.17), в котором,

для достоверного обнаружения опасных факторов пожара в помещениях, где размещена аспирационная система, установлены, по меньшей мере, три разных датчика, синхронно реализующих три разных способа регистрации ОФП — тепловой, дымовой и монооксида углерода, по коррелированным значениям которых с учетом вычисленного пожарно-электрического вреда, происходит идентификация ложных сигналов или пожара, о чем выдается прерывистый звук тревоги, который может быть передан в ближайшую пожарную часть по радиоканалу (рис. 4.18), при этом данные о потребленной электроэнергии с допустимым и недопустимым качеством по тому же радиоканалу могут быть переданы в органы энергонadzора и энергосбытовые организации [69].

Рис. 4.17. Схема аспирации с ЭСИ

Достоверность и эффективность раннего обнаружения пожара с помощью ЭСИ заключается в том, что ещё до появления дыма и пламени ЭСИ «обнаруживает пожароопасный режим» электроприборов, и можно, «не дожидаясь» сигналов от датчиков ОФП, отключить электроэнергию, если пожароопасный режим достигнет — «пожароугрожаемого».

Дело в том, что общепринятое моделирование температурного режима развития пожара с минимальной погрешностью (рис. 4.19) осуществляется по уравнению «стандартного пожара» [70]:

$$T = 345 \cdot \lg(8t + 1), \quad (4.2)$$

где T — температура, °C; t — время, мин.

Производная от указанного уравнения (4.2) является гиперболической функцией асимптотически приближающейся к оси « t », т.е. к нулевому значению скорости (производной T):

$$T' = 150 / (8t + 1) - \text{производная температуры, град/мин.} \quad (4.3)$$

Рис. 4.18. Блок-схема электросчетчика-извещателя

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что существующие в настоящее время «пороговые извещатели» (тепловые, газовые и т.д.) имеют большие погрешности потому, что на начальной стадии загорания отсутствуют экстремумы, и таблица (табл. 4.1) нормированных значений опасных факторов пожара (ОФП), а также графики функций их основных компонент (рис. 4.20–4.22) подтверждают это.

Именно поэтому существующие системы пожарной сигнализации имеют многочисленные ложные срабатывания, т.к. любым узлом датчиков обнаружения концентраций газообразных продуктов термодеструкции в воздухе, окислителей, восстановителей, дыма и температуры, невозможно идентифицировать возникновение пожара на начальной стадии, из-за отсутствия максимумов на ней [71].

Рис. 4.19. Графики температуры очага «стандартного пожара»

Рис. 4.20. График зависимости среднеобъемной концентрации монооксида углерода

С точки зрения применения аспирационной системы, ситуация остается такой же, даже при измерении скорости изменения концентрации монооксида углерода или дыма в аспирационной системе, т.к. скорость потока в трубопроводе, определяется характеристиками вентилятора, а также диаметрами и количеством «точек всасывания», число которых редко составляет менее десятка, в связи с тем, что трубопровод, как правило, «охватывает» несколько защищаемых помещений, поэтому

концентрация газовых компонентов пожара в одном из них, «разбавляется» в трубопроводе до прихода в измерительную камеру в несколько раз. Этот же вывод справедлив и для частиц дыма, т.к. задымленность и скорость её нарастания осуществляется путем регистрации рассеяния оптического излучения частицами дыма, о чем свидетельствует метод определения коэффициента дымообразования в ГОСТ 12.1.044 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов» и принципы работы дымовых пожарных извещателей [45, 63].

Таблица 4.1
Нормированные значения опасных факторов пожара

№ п/п	Опасный фактор пожара	Предельное значение
1	Оксид углерода (угарный газ) – CO	1,16 г/м ³ (0,1 % объема)
2	Двуокись углерода (углекислый газ) – CO ₂	0,00011 г/м ³
3	Хлористый водород	0,000023 г/м ³
4	Температура	70°C
5	Интенсивность теплового излучения	1,4 кВт/м ²
6	Концентрация кислорода	15 %
7	Предельная видимость в дыму	20 м

Источники. 1–4, 6 – ГОСТ 12.1.004–91; 5 – ГОСТ 12.3.047-98; 7 – Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие. – М: Академия ГПС МВД РФ, 2000.

Рис. 4.21. График зависимости среднеобъемной концентрации кислорода

Рис. 4.22. График зависимости среднеобъемной оптической плотности дыма.

Примечание: приведены примеры прогнозирования динамики ОФП с использованием интегральной математической модели пожара, которую реализует программа INTMODEL, разработанная на кафедре ИТиГ Академии ГПС МЧС России, в которой, для численного решения системы дифференциальных уравнений использован метод Рунге-Кутты-Фельберга 4–5 порядка точности с переменным шагом

Таким образом, с точки зрения раннего обнаружения пожара ЭСИ имеет не конкурируемое качество в сравнении с любыми извещателями.

Иными словами, речь идет о новом понятии (характеристике) — пожарно-электрическом вреде, который призван заменить качественный (дискретный и латентный) подход в диагностике и мониторинге разных состояний контролируемого объекта — на количественный (аналитический и временной), позволяющий осуществлять непрерывный контроль за расходом пожаробезопасного ресурса электроприборов, чтобы вовремя прекратить их эксплуатацию (в т. ч. для осуществления планового ремонта, продлевающего этот ресурс), пока очередной пожароопасный отказ не привёл к возникновению пожара в них, что является предельным значением («максимумом») функции ПЭВ.

В общем случае пожарно-электрический вред определяется, как сумма величин «качественной» и «некачественной» электроэнергии, потребленной и преобразованной пользователем в своих электроприборах и линейно-кабельных сооружениях, умноженной на

соответствующие вероятности пожара от них, т.е. ПЭВ пропорционален потреблённой электроэнергии и имеет размерность кВт/ч, [58]:

$$\text{ПЭВ} = P_{\text{д}} \cdot W_{\text{д}} + P_{\text{нд}} \cdot W_{\text{нд}}, \quad (4.4)$$

где ПЭВ – пожарно-электрический вред за время T ; $P_{\text{д}}$ – вероятность пожара по электротехническим причинам при допустимых отклонениях параметров электроэнергии; $P_{\text{нд}}$ – вероятность пожара по электротехническим причинам при недопустимых отклонениях параметров электроэнергии.

Указанные вероятности должен получать и обновлять энергонадзор (корректировка констант во время проверок ЭСАПИ) ежегодно, используя данные МЧС России по статистике пожаров на аналогичных объектах по электротехническим причинам. Это обусловлено тем, что указанные вероятности имеют нелинейный характер, т.к. интенсивности пожароопасных отказов описываются модифицированным уравнением Аррениуса-Эйринга (4) и системой неравенств (5) Семенова, Зельдовича и Франк-Каменецкого [72]:

$$\lambda = A(P, V, N, F) \frac{kT}{h} \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \cdot \exp[f(H)], \quad (4.5)$$

где λ – текущая интенсивность отказа элемента, 1/ч; $A = k_i \cdot \lambda_o$ – произведение безразмерных коэффициентов, зависящих от давления, влажности, вибраций и т.д.) на интенсивность отказов при хранении (λ_o), 1/ч; k – постоянная Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$; T – температура элемента, °К; h – постоянная Планка, $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$; E_a – эффективная энергия активации отказа, Дж; $f(H)$ – функция нетермической (энергетической) нагрузки.

$$\begin{cases} Ze = \sqrt{2\lambda_{\text{в}} \frac{RT_{\text{п}}^2}{E_a} \cdot H \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_{\text{п}}}\right)}; \\ Se = \frac{Q \cdot V}{S \cdot \alpha} \cdot \frac{E_a}{RT_{\text{по}}^2} \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_{\text{по}}}\right); \\ F_{\kappa} = \frac{Q \cdot r^2}{\lambda_o} \cdot \frac{E_a}{RT_o^2} \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_o}\right), \end{cases} \quad (4.6)$$

где Ze – критерий Зельдовича (критическая плотность теплового потока); λ – коэффициент теплопроводности газовой фазы; R – газовая постоянная; $T_{\text{п}}$ – температура печи; E_a – энергия активации пиролиза образца; H – тепловой эффект реакции в газовой фазе; K – предэкспонент;

Se – критерий Семенова ($Se = 0,368$); Q – теплота, подведенная к образцу; V – текущий объём образца; S – текущая площадь поверхности образца; a – текущий коэффициент теплоотдачи образца; $T_{по}$ – температура поверхности образца; F_k – критерий Франк-Каменецкого ($F_k = 2,00$); r – линейный размер образца; λ_0 – коэффициент теплопроводности образца; T_0 – температура образца.

Поэтому их определение возможно только при использовании баз данных статистики пожаров МЧС России в каждом конкретном регионе, а также программы её обработки методом анализа временных рядов [48, 73], а реализовать это в жилом секторе можно только с помощью электросчетчика-извещателя при взаимодействии энергонадзора и госпожнадзора [57].

Учет сезонных и территориальных особенностей при возникновении пожаров и социально-экономических потерь от них может осуществляться с помощью поправочного коэффициента, вычисляемого, как отношение суммарных потерь в течение сезона (ущерба, гибели, травм и т.д., в т.ч. в денежном выражении) от пожаров по электротехническим причинам на аналогичных объектах в административно-территориальной единице (АТЕ), где расположен объект, к общему числу таких объектов в данном АТЕ [58].

Глава 5. ЭЛЕКТРО-ГАЗО-СЧЕТЧИК-ИЗВЕЩАТЕЛЬ
ПОЖАРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВРЕДА

В последнее годы в России участились случаи взрывов природного газа в жилых домах. Так по данным ОАО «Росгазификация», ежегодно в жилом секторе происходят порядка 230 различных инцидентов, связанных с использованием газа. При этом, число взрывов и ущерб от них возрастает (рис. 5.1), а «Ростехнадзор» возлагает вину за произошедшее на человеческий фактор, разделяя последствия на следующие категории – повреждение и обрушение зданий (уничтожение жилого фонда), гибель и травмы людей, материальный ущерб, психологическое воздействие на население, загрязнение окружающей среды [74].

Рис. 5.1. Графики числа взрывов газа, травм, погибших и ущерба в жилом секторе России

Эпицентры взрывов в подавляющем большинстве случаев находились внутри квартир. При этом около 80 % пострадавших отравились оксидом углерода, а 20 % – в результате взрывов газовой смеси и пожаров. В связи с этим возникла идея дополнить ЭСИ датчиком утечки бытового газа, а для предотвращения его взрыва установить на газопроводе счетчик потребления газа с электромагнитным клапаном, отключающим подачу газа в этом случае по сигналу датчика утечки [75].

5.1. Учет потребления газа и обнаружение его утечки

Наиболее подходящим для этого случая является газовый счетчик Гранд-SPI (рис. 5.2) с электромагнитным клапаном перекрытия газопровода, который предназначен для коммерческого учёта количества потребляемого природного газа индивидуальными потребителями, и состоит [76]:

- из преобразователя расхода газа — струйный генератор и пьезоэлемент;
- встроенный датчик температуры;
- встроенный датчик давления для исполнений ТР и ТРz;
- аналого-цифровой блок;
- вычислительный блок;
- интерфейсный блок;
- элементы питания;
- корпус счетчика с присоединительными патрубками;
- GSM/GPRS модем (в зависимости от исполнения);
- запорный клапан (в зависимости от исполнения).

Рис. 5.2. Газовый счётчик Гранд-SPI

Обмен данными газового счетчика и управление электромагнитным запорным клапаном с внешними устройствами (рис. 5.3–5.5), с ЭСИ в частности, может осуществляться посредством встроенного GSM-модема или проводами с технологического разъема [76].

Рис. 5.3. Схема подключения с ПК

Рис. 5.4. Схема подключения внешнего датчика утечки бытового газа

Рис. 5.5. Схема подключения импульсного выхода данных

Однако, из выше приведенной статистики ОАО «Росгазификация» и ряда пожарно-технических экспертиз следует, что некоторые взрывы и пожары в жилом секторе возникали из-за утечки из внешних газопроводов, путем натекания в квартиры первых этажей и его взрыва/загорания, от искрообразования в электроустановочных изделиях [77].

Поэтому целесообразно дополнительно установить в ЭСИ датчик утечки бытового газа, чтобы обнаружить подобную утечку и предотвратить взрыв, путем отключения электроэнергии в квартире [75].

5.2. Пожарно-энергетический вред и электро-газо-счетчик-извещатель

В этом случае комплексирование газового счетчика с ЭСИ превращает его в электро-газо-счетчик-извещатель (ЭГСИ) опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) от утечки бытового газа, с возможностью определения уже пожарно-энергетического вреда по формуле [58]:

$$ПЭВ = k_{Дж} \cdot (P_{Д} \cdot W_{Д} + P_{НД} \cdot W_{НД}) + q_{Г} \cdot P_{Г} \cdot W_{Г}, \quad (5.1)$$

где ПЭВ – пожарно-энергетический вред за время t ; $P_{Г}$ – вероятность пожара от газовых приборов; $k_{Дж}$ – коэффициент перевода киловатт/час в Джоули (3,6 мДж); $q_{Г}$ – теплотворная способность газа (35 мДж/м³) – стандартные обозначения те же, что в формуле (4.4).

Однако такая модификация потребовала введения микроконтроллера и других принципиальных изменений (рис. 5.6).

Рис. 5.6. Реализация ЭГСИ на микроконтроллере с GSM-радиомодемом

Применение микроконтроллера и модулей ввода-вывода позволяет повысить достоверность диагностики ОФПВ, путем периодического отключения/подключения с помощью электромагнитного клапана трубопровода аспирационной системы от ЭГСИ, для регистрации и записи в память значения температуры, окиси углерода, задымленности и концентрации бытового газа в помещении, где установлен ЭГСИ (как правило, это прихожая), с целью сравнения и идентификации, как возникающих изменений в остальных защищаемых помещениях, так и момента

«исчезновения ОФПВ», после отключения газа и электроэнергии, для предотвращения взрыва и пожара.

Применение GSM-радиомодема позволит реализовать обмен данными о потреблении электроэнергии и газа с соответствующими снабжающими организациями/управляющими компаниями, а также следующие типы тревожных сигналов и алгоритмы их функционирования:

- звуковые и светодиодные мигающие сигналы оповещения по видам ОФПВ в месте расположения ЭГСИ (утечка бытового газа, пожароопасный диапазон потребления электроэнергии, отключение электроэнергии, загорание, эвакуация), которые можно отключить кнопкой «сброс оповещения», если кто-то из лиц, находящихся в защищаемых помещениях смог принять меры по ликвидации ОФПВ, при этом SMS-сообщение владельцу защищаемых помещений и управляющей компании будет отправлено в обязательном порядке;

- звуковые и светодиодные мигающие сигналы оповещения по видам ОФПВ в месте расположения ЭГСИ и передачу SMS-сообщения через GSM-радиомодем с сохранением квитанции его доставки в памяти, при отсутствии через установленный интервал времени «сброса оповещения» (отсутствия лиц в защищаемых помещениях или недостаточностью принятых мер после первого «сброса»), при утечке бытового газа — в газоаварийную службу, в управляющую компанию и владельцу, при пожароугрожаемом диапазоне потребления/отключения электроэнергии — в энергонadzор, в энергосбытовую организацию, в управляющую компанию и владельцу, при пожаре (загорание плюс эвакуация) — в пожарную охрану, в управляющую компанию и владельцу.

Предлагаемый метод и ЭГСИ позволяют в кратчайшие сроки реализовать его внедрение с помощью реинвестиционной модели системы адаптивного пожарно-энергетического налогообложения физических и юридических лиц не только в жилом секторе, но и на всех объектах промышленности, торговли, здравоохранения, образования, науки и культуры [58, 66].

Раздел III

СПЕЦИФИКА, ОПТИМИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЖИЛЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

Глава 6. АНАЛИЗ ПОЖАРОВ И ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

Статистика пожаров в Воронежской области за последние 20 лет свидетельствует о том, что в зданиях жилого сектора происходит 42,1 % пожаров, в которых погибает 69,4 % и получает травмы 38,2 % всех пострадавших. Прямой материальный ущерб составляет 38, %, уничтожается 33,6 % и повреждается 35,9 % площадей.

Уравнения трендов (рис. 6.1) свидетельствуют о том, что при снижении количества пожаров, травм и уничтоженных площадей, материальный ущерб, гибель населения и поврежденные площади — нарастают.

Рис. 6.1. Статистика пожаров в Воронежской области

Сравнительный анализ статистики пожаров в 1–2-этажных жилых зданиях (рис. 6.2) и в высотных (рис. 6.3) дает основание сделать следующие выводы.

Рис. 6.2. Статистика пожаров в 1–2-этажных жилых зданиях

Во-первых, снижение числа пожаров в 1–2-этажных зданиях (рис. 6.2) практически совпадает с общими тенденциями «выгорания жилого сектора» региона (рис. 6.1), в то время как в высотных зданиях наблюдается рост числа пожаров за 5 последних лет (рис. 6.3).

Во-вторых, «флуктуации на порядок» материального ущерба в высотных домах и рост поврежденных площадей свидетельствует не только о «бурном росте» высотного строительства, но и о повышенной пожарной опасности высоток.

Требует детального анализа решение задач тушения пожаров в жилых высотных зданиях, т.к. располагаясь в крупных городах региона, пожары в них имеют оперативно-тактические характеристики хуже (рис. 6.4), чем по всему жилому сектору (рис. 6.5). Так, например, прямой ущерб и повреждения площадей от пожаров без привлечения ГПС в высотках составляет 15,63 и 13,78 % соответственно, против 10,79 и 10,27 % во всем жилом секторе.

Рис. 6.3. Статистика пожаров в жилых зданиях в 10 и более этажей

Рис. 6.4. Гистограммы оперативно-тактических задач в высотках

Рис. 6.5. Гистограммы оперативно-тактических задач в жилье

Принятие в 2002 году 184—ФЗ «О техническом регулировании», а затем и соответствующих технических регламентов во исполнение указанного закона, кардинально изменило подход к применению государственных стандартов, строительных норм и правил при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, машин и оборудования, при производстве продукции и материалов.

Увеличение степеней свободы в выборе проектировщиков, подрядчиков, и компаний, управляющих эксплуатацией зданий и инженерными системами в них (водоснабжения и канализации, электрических и газовых сетей, теплоснабжения и др.), а также быстрый рост малых и средних предприятий в этой области, породили ряд научных, технических, экономических и организационно—правовых проблем, которые требуют своего разрешения.

Оставляя за рамками настоящего рассмотрения варианты централизации и децентрализации энерго—тепло—водо—снабжения и водоотведения зданий и сооружений, которые могут снять многие существующие проблемы, но требуют огромных материальных затрат на научно—технические работы (исследования, конструирование, изготовление, испытания) и строительство (проектирование, строительство, монтаж и наладка), рассмотрим возможность оптимизации инженерных систем multifunctional комплексов (МФК) и высотных зданий, строительство которых особенно интенсивно осуществляется в XXI веке, в том числе в городах—миллиониках России [78].

6.1. Анализ инженерных систем высотных зданий

В 2016 году Минстрой РФ утвердил СП 253.1325800.2016 «Инженерные системы высотных зданий», которые включают в себя следующие системы — вентиляции, отопления, горячего и холодного водоснабжения, канализации и дренажа, воздухоподготовки, очистки и увлажнения, холодоснабжения, кондиционирования и климат-контроля, контроля загазованности, гарантированного и бесперебойного электроснабжения, электrorаспределения, освещения (комнатные, коридорные, фасадные и аварийные), охранно—пожарной сигнализации, противопожарной защиты и пожаротушения, учета и контроля расходования ресурсов, управления паркингом, транспортирования, часофикации, охранного видеонаблюдения, контроля и управления доступом, телекоммуникаций.

Очевидно потому, что высотные здания, в соответствии с п. 7 ч. 1 и п. 1—3, ч. 7 ст. 4 384—ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в результате идентификации относятся к повышенному уровню ответственности, многие компании начали заниматься автоматизацией инженерных систем именно таких зданий.

Так в Екатеринбурге для МФК «Высоцкий» (рис. 6.6), в 2011 году компанией ООО «Аватри наука и технология» была разработана «Интегрированная система управления зданием (АСУД ИО) на базе Siemens Cerberus Pro и Siemens MM8000, которые реализуют алгоритмы взаимодействия между системами инженерного обеспечения здания (управление отоплением, вентиляцией, кондиционированием воздуха, водоснабжением, внутреннего и наружного освещения, пожарной сигнализации и пожарной автоматики), по разработкам Департамента Siemens Building Technologies [79, 80]

Аналогичные проблемы решаются с 2005 года в проекте многофункционального жилого комплекса (МФЖК) в одном из районов Москвы (рис. 6.7). Максимальная верхняя отметка МФЖК превышает 182 м. МФЖК включает подземную автостоянку на 967 автомашин, стилобат, три 52-этажные башни (южную, западную и восточную) с 2 нижними этажами в составе стилобата. Общая площадь жилой части башен составляет более 165 тыс. кв. м. В жилых башнях запроектировано 1372 квартиры [80].

В современном жилищном строительстве, даже типовые проекты 25-этажных жилых зданий практически попадают под действие СП 253.1325800.2016 (например, если высота этажа принята не 2,8, а 3,3 м от пола до потолка, то высота 25-этажного здания будет превышать 75 м, и, следовательно, данное здание необходимо разделить на два отсека).

Рис. 6.6. Внешний вид МФК «Высоцкий» (а) и планировка 34–35 этажа в нём (б)

Рис. 6.7. Многофункциональный жилой комплекс в районе г. Москвы

Создатели рассматриваемых высотных жилых комплексов, исходя из собственного опыта проектирования подобных объектов, предлагают увеличить высоту пожарного отсека до 80 м или вместо разработки специальных технических условий, ввести в нормативы возможность этого увеличения при соответствующем обосновании в проекте, который в обязательном порядке проходит государственную экспертизу [79, 80].

Однако, как показывают исследования, есть и другие пути решения проблем жизнеобеспечения в высотных зданиях [51, 81–83].

Согласно статистическим данным [84, 85], в т.ч. и ВНИИ противопожарной обороны МЧС России, ежегодно около 70 % пожаров происходит в жилом секторе страны:

- в 1–2-этажных зданиях — до 125 тыс. пожаров и до 10 тыс. погибших;
- в 3–5-этажных зданиях — около 20 тыс. пожаров и около 2 тыс. погибших;
- в 6–9-этажных зданиях — около 16 тыс. пожаров и до 1 тыс. погибших;
- в 10–25-этажных зданиях — около 10 тыс. пожаров и около 500 погибших;
- в зданиях более 25 этажей — около 30 пожаров и до 10 погибших.

Если ввести понятие «вероятности гибели от этажности здания», т.е. отношения числа погибших к этажности, то в высотных зданиях она в 4,16 раза выше, чем 1–2-этажных. И это несмотря на то, что в зданиях выше 10 этажей предусмотрены капитальные противопожарные меры (незадымляемые лестничные клетки и т.д.), а выше 25 этажей — вертикальное зонирование противопожарными отсеками. Следовательно, можно сделать вывод, что существующие системы противопожарной защиты высотных зданий не адекватны их пожарной опасности, а пожарная безопасность людей, проживающих в «высотках», обусловленная в нормативах временем их эвакуации, понижается с повышением этажности здания.

Решение аналогичных проблем в области водо- и тепло/холодоснабжения высотных зданий привели к созданию отдельно стоящих или встроенных в стилобат, центральных пунктов тепло/холодоснабжения (группы зданий), в которых располагаются все необходимое оборудование, а вода и тепло подаются к зданиям по техническим коллекторам, и, для повышения надежности работы, все теплообменники и насосные установки имеют 100 % резервирование. При этом, за исключением пент-хаусов, в холодоснабжении квартир используются автономные сплит-системы [78, 80].

Казалось, что с применением канализационных труб из ПВХ, проблемы с водоотведением решены окончательно. Однако в настоящее

время во многих странах в высотных зданиях указанные трубы не используются, т.к. при пожаре такая труба горит, пропуская пожар на смежные этажи и выделяя токсичные вещества. По европейским нормам, в каждом перекрытии стоит противопожарный клапан, который при нагревании схлопывает трубу, но проведенные несколько лет назад в Германии испытания показали, что эти клапаны великолепно работают только для верхнего перекрытия. Нижний клапан не успевает сработать, расплавленный пластик капает на нижний этаж, и пожар распространяется не вверх, как обычно, а вниз. Поэтому в настоящее время во всех новых проектах используются только чугунные трубы [78].

Определенную проблему представляет отведение конденсата от наружных блоков сплит-систем. Для установки таких блоков, чтобы не портить архитектурный облик здания, а также обеспечить удобство в обслуживании, используются балконы переходов в незадымляемые лестничные клетки с отдельным безнапорным выпуском в водосток с обогревом.

Для оттаивания кровель требуются большие мощности. В высотных МФЖК решение проблемы было найдено, путем прогрева кровли «оттаивающими сегментами», которые, по мере оттаивания снега, переключаются специальной автоматикой. Удаление с кровель образующейся при этом воды производится через водосточные воронки, оборудованные подогревом, в ливневую канализацию [80].

Противопожарная защита высотных зданий в настоящее время решается спринклерными системами, в т.ч. и в квартирах. Однако в этом случае возникает проблема: как незаметно разместить трубы со спринклерными головками в интерьере квартиры. Есть решения в виде «пристенных» спринклеров (в зоне сопряжения потолка и стены), а также вариант замены стальных труб — пластиковыми. Такие трубы не поддерживают горение, а при высоких температурах могут всего лишь деформироваться и потерять герметичность. Они могут соединяться на клею, более эстетичны и легче вписываются в интерьер [63, 86, 87].

Еще одна «проблема водоотведения» — отвод воды при пожаре. Если в квартирах установлена спринклерная система, то появляется требование о 100 % гидроизоляции квартир (а не только зоны санузла). Необходимо делать уклоны к приемным отверстиям (трап в данном случае не годится, поскольку у него маленькая пропускная способность) и выводить патрубки из водосточных труб (из канализационных труб нельзя из-за запаха) на уровне пола межквартирного холла [80, 86].

Особое внимание при проектировании высотных МФЖК уделяется вопросам автоматизации и диспетчеризации инженерных систем. Система диспетчеризации собирает данные о работе оборудования всех

инженерных систем, включая ЦТП, которые поступают в диспетчерскую и в центральный офис управляющей компании, где специалисты могут не только отслеживать параметры, но и менять режимы работы оборудования [78, 88].

6.2. Оптимизация контроля и управления инженерными системами

В последнее годы в России участились случаи взрывов бытового газа в жилых домах. Например, в 2015 году в разных регионах России 15 раз взрывался бытовой газ в жилых домах. Погибли 1 человек, были разрушены десятки квартир. В последнее время многие многоквартирные жилые здания уже строятся без газоснабжения, с вводом в квартиры 3-фазного энергоснабжения для электроплит и электродуховок, а Ростехнадзор выступил с инициативой о запрещении использования газа в многоквартирных домах, направив соответствующую инициативу депутатам Госдумы [89].

Однако такое решение не является решением проблемы повышения безопасности проживания в МФЖК, т.к. давно известно, что низкое качество потребляемой бытовыми электроприборами электроэнергии (например, пониженное или повышенное напряжение, фазовый сдвиг тока и напряжения и т.д.) уменьшает их технический ресурс и создает условия для возникновения в них пожароопасных отказов [64], т.е. увеличивает вероятность аварий и пожаров по электротехническим причинам [51, 83]. Следовательно, введение «интеллекта» в электросчетчик, который вычисляет «не качественность» электроэнергии, и изменение по этой причине вероятности пожара от электроприборов, плюс комбинирование «проточных» датчиков в электросчетчик, помимо мониторинга и возможности регулирования оплаты в соответствии с качеством потребляемой электроэнергии, позволит предотвратить пожароугрожаемый режим электроприборов отключением электроэнергии, а также обеспечить раннее обнаружение загорания в квартире, где такой электросчетчик установлен, если оно произошло по другим причинам [65].

Следующей самой распространенной аварией инженерных систем, происходящих в многоквартирных домах, является затопление. В результате такой аварии происходит повреждение не только самой системы отопления, водоснабжения или водоотведения, но и помещений, входящих в состав общего имущества (подвалов, технических этажей, чердаков), а также других помещений и имущества в них, находящихся в частной, государственной или муниципальной собственности [80].

Казалось бы, очевидным решением в этих случаях является оснащение квартир датчиками обнаружения утечки газа, воды и контроля качества потребляемой электроэнергии, а также автоматических средств управления, предотвращающих аварии и пожары, возникающих из-за этого, например, «интеллектуализация» инженерных систем, в частности, приборов учета электроэнергии, воды и газа, сплит-систем и других бытовых электроприборов [90–94]. А также их интеграция со средствами управления жизнеобеспечением [81, 82].

Таким образом, возникает идея объединить приборы учета энергоресурсов, потребляемых каждой квартирой, в локальную автоматизированную микросистему диагностики и защиты (ЛАМС ДЗ), дополнив её средствами диагностики утечек и отказов и предотвращения аварий, взрывов и пожаров.

Исследования показали [95–97], что газообразный азот, введенный на ранней стадии в зону загорания с одновременным отключением электрооборудования, может подавить источник загорания и предотвратить распространение огня. И наименьший ущерб при тушении пожаров наносит именно газообразный азот, который давно применяется для объемного тушения пожаров в библиотеках и на других объектах, и от которого не повреждаются ни электроприборы, ни книги, ни мебель, ни декоративные и отделочные материалы и вещи, а также соседние с пожаром помещения и предметы быта в них, и самое главное — азот не вреден для человека, в отличие от других огнетушащих составов.

Следовательно, если ЛАМС ДЗ сможет обеспечить раннее обнаружение пожароопасных отказов электроприборов и утечки бытового газа в квартире, после чего отключит электроэнергию и введет газообразный азот, понизив концентрацию кислорода до уровня, при котором взрыв и горение невозможно (около 10%), то получим искомое решение.

Известно, что самыми «быстрыми и надежными» системами пожарной сигнализации являются аспирационные системы, в которых, для достоверного обнаружения используются три разных датчика (тепловой, дымовой и газовый), а её трубопроводы охватывают все помещения квартиры или индивидуального жилого дома, в отверстия которого всасывается воздух, проходящий через камеру с указанными датчиками, чем и обусловлено раннее обнаружение пожара [63].

Если совместить аспирационную систему с электросчетчиком—извещателем пожарно-электрического вреда (ЭСИ ПЭВ), добавив в камеру датчик на бытовой газ [69, 75], и совместить трубопровод с генератором азота, для его подачи через трубы в каждую комнату и подавления, таким образом, возникающих загораний и взрывов бытового газа, то получим основу ЛАМС ДЗ (рис. 6.8).

Рис. 6.8. Блок схема ЭСИ–ПЭВ с аспирационной системой и генератором азота

В качестве генератора азота, в соответствии с СП 5.13130 «Системы пожарной сигнализации и установки пожаротушения автоматические автономные», можно использовать любые источники;

- 40 литровые баллоны со сжатым азотом [99];
- мембранные азотные установки [98];
- термоманнитные сепараторы воздуха [37].

6.2.1. Баллонные азотные системы

Баллонный азот широко используется в промышленности. Преимущество баллонного азота заключается в том, что в таком состоянии газ может храниться долгое время, а также перевозиться на далекие расстояния. При этом баллонный азот имеет свои специфические особенности. Прежде всего, баллонный азот отличается довольно высоким давлением, что должно непременно учитываться при его хранении и транспортировке. Баллоны должны быть новыми, целостными, не иметь повреждений, а все вентили на них должны быть исправными. Баллонный азот должен храниться и перевозиться бережно, в определенных температурных условиях, с соблюдением техники безопасности [100].

6.2.2. Малогабаритные мембранные азотные установки (ММАУ)

Принцип мембранной сепарации воздуха (МСВ) хорошо известен и широко используется, в т.ч. за рубежом — это кнудсеновская диффузия, в соответствии с которой компоненты разделяемой смеси проникают через поры мембраны с различными скоростями, в связи с чем, коэффициент разделения смеси зависит от молекулярных масс:

$$K_p = n_1/n_2 = - (M_2/M_1)^{0,5}, \quad (6.1)$$

где n_1 и n_2 — числа молей компонентов соответственно, с молекулярными массами M_1 и M_2 .

Рис. 6.9. Система пожаротушения с 40-литровыми баллонами

Таким образом, основными характеристиками способа МСВ и сепаратора на его основе, как продукта, являются:

C_{O_2/N_2} — величина селективности мембраны;

P_{O_2} — величина проницаемости мембраны;

$P_{вх}$ и $P_{вых}$ — величины давлений по обе стороны мембраны;

$P_{вх}/P_{вых}$ — отношение давлений на мембране;

ΔP — перепад давления на мембране;

T — температура процесса разделения;

$V_{вх}/V_{O_2}$ — соотношение величин потоков процесса разделения.

С помощью МСВ получают различные газы (водород, азот, кислород), в связи с чем, их конструкции отличаются друг от друга.

Мембранная азотная установка (МАУ) состоит из металлического основания (рама), на которое установлено всё основное оборудование и системы (рис. 6.10). МАУ — это одна из разновидностей газоразделительных систем, которая вырабатывает азот чистотой до 99,5 % из атмосферного воздуха. Использование мембранных азотных установок экономически целесообразно в том случае, если потребителю необходим азот в объёме до 1500 $nm^3/ч$ и чистотой не более 99,5 % [96, 98].

Рис. 6.10. Азотная мембранная установка

Работа азотных мембранных установок выглядит следующим образом: в воздушный компрессор поступает атмосферный воздух. Там происходит его компримирование до требуемого значения давления. Затем сжатый воздух выходит из компрессора по пневматическим сетям и направляется в системы по его дальнейшей очистки от механических примесей, капельной влаги и масла. Подготовленный сжатый воздух поступает в воздушный ресивер для сглаживания пульсаций, а затем в блок полволоконных мембран, где и происходит отделение азота [98].

Таким образом, малогабаритная мембранная азотная установка (ММАУ), сепарируя азот из окружающего воздуха, может направить его в трубы аспирационной системы, удалив все остальные атмосферные газы (O_2 , CO_2 и т.д.), например, в вытяжную систему, чем значительно ускорить снижение концентрации кислорода в помещениях.

Преимуществом перед баллонами с азотом является тот факт, что установка эксплуатируется только при пожаре и выключается тогда, когда достигнуто требуемое понижение концентрации кислорода, а также не требует никаких перезарядок.

Однако, в азотной мембранной установке процесс разделения воздуха идет при высоком давлении, следовательно, на сжатие воздуха тратится больше электроэнергии, к тому же, для нормальной работы мембранного модуля воздух на него должен подаваться подогретым до температуры $+40...+50^{\circ}\text{C}$, что так же влечет дополнительный расход электроэнергии и снижает эффективность тушения пожара неохлажденным азотом. Также существенными недостатками МАУ являются их значительные массогабаритные характеристики и долгое время выхода на рабочий режим (от 10 до 30 мин)

6.3. Блок подавления пожарно-электрического вреда

Известно, что электрическая энергия состоит из двух частей: активной и реактивной. Первая преобразуется в различные виды полезной энергии (тепловую, механическую и пр.), вторая – создаёт электромагнитные поля в нагрузке (трансформаторы, электродвигатели, дроссели, индукционные печи, осветительные приборы). Несмотря на необходи-

мость реактивной энергии для работы указанного оборудования, она дополнительно нагружает электросеть, увеличивая потери активной составляющей. Это приводит к тому, что промышленный потребитель принужден дважды платить за одну и ту же энергию. Сначала по счётчику реактивной энергии и ещё раз косвенно, как потери активной составляющей, фиксируемые прибором учёта активной энергии [94].

Для решения этой задачи (уменьшение реактивной части энергии) были разработаны и сегодня широко используются во всём мире установки компенсации реактивной мощности (рис. 6.11). Они снижают значения потребляемой мощности за счёт выработки

Рис. 6.11. Компенсатор реактивной мощности (KPM)

реактивной составляющей непосредственно у потребителя и бывают двух видов: индуктивными и емкостные. Индуктивные реакторы, обычно, применяют для компенсации наведённой емкостной составляющей (например, большая протяженность воздушных линий электропередачи и т.п.). Конденсаторные батареи применяются для нейтрализации индуктивной составляющей реактивной мощности (индуктивные печи, асинхронные двигатели и др.).

Компенсатор реактивной энергии позволяет:

- уменьшить потери мощности и снижение напряжения в различных участках электросети;
- сократить количество реактивной энергии в распределительной сети (воздушные и кабельные линии), трансформаторах и генераторах;
- снизить затраты на оплату потреблённой электрической энергии;
- сократить влияние сетевых помех на работу оборудования;
- снизить асимметрию фаз.

Учитывая, что характер нагрузки в бытовых и промышленных сетях имеет преимущественно активно-индуктивный тип, наиболее широко распространены как средство компенсации статические конденсаторы. Их основными достоинствами являются:

- малые потери активной энергии (в рамках 0,3–0,45 кВт/100 квар);
- незначительная масса конденсаторной установки не требует фундамента;
- несложная и недорогая эксплуатация;
- увеличение или уменьшение количества конденсаторов в зависимости от изменения косинуса угла сдвига напряжения и тока;
- компактность, дающая возможность монтажа установки в любом месте (рядом с электрооборудованием, группой и т.д.).

Конденсаторные установки с фиксированным значением мощности применяют в трёхфазных сетях переменного тока. В зависимости от типа нерегулируемые установки имеют мощность 2,5–100 кВАр на низком напряжении [94].

Ручная регулировка количества конденсаторов не всегда удобна и не успевает за изменением ситуации на производстве, поэтому всё чаще новые производства приобретают для компенсации реактивной энергии автоматические установки. Регулируемые компенсаторы повышают и автоматически корректируют $\cos \varphi$ на низком напряжении (0,4 кВ). Кроме поддержания установленного коэффициента мощности в часы минимальных и максимальных нагрузок, установки устраняют режим генерации реактивной энергии, а также:

- постоянно отслеживают изменение количества реактивной мощности в компенсируемой цепи;

- исключают перекомпенсацию и её следствие — перенапряжение в сети;
- проводят мониторинг главных показателей компенсируемой сети;
- проверяют работу всех составляющих компенсаторной установки и режим её работы. При этом оптимизируется распределение нагрузки в сети, что снижает износ контакторов.

В регулируемых компенсаторных установках предусматривается система отключения при возникновении аварийной ситуации с одновременным оповещением обслуживающих специалистов. В некоторых моделях также предусматривается система поддержания нормальной температуры, включающая её автоматический обогрев или вентиляцию.

Принимая во внимание изложенное, можно сделать вывод, что электро-газо-счетчик-извещатель является наиболее подходящим аналогом, для устройства диагностики и подавления опасных факторов пожара и взрыва, если модифицировать его следующим образом:

- разместить в нем блок компенсатора реактивной мощности (КРМ), который, сглаживая колебания в электросети, выполняет функцию подавления пожарно-электрического вреда;
- разработать вычислительный алгоритм измерения текущего косинуса «фи»;
- разработать аппаратно-программный комплекс адаптивного управления подключением конденсаторов, в зависимости от текущего косинуса «фи».

Следовательно, для реализации схемы подавления пожарно-электрического вреда необходимо и достаточно:

- рассчитать «батарею необходимых конденсаторов», которые, будут компенсировать «не качественность электроэнергии»;
- выбрать схему измерения «не качественности» и управления подключением каждого конденсатора;
- рассчитать и интегрировать в электро-газо-счетчик-извещатель «блок КРМ».

6.3.1. Расчет необходимой емкости косинусных конденсаторов и подбор конденсаторной установки

Реактивная мощность конденсаторной установки вычисляется по формуле:

$$Q = P_a \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = P_a \cdot K, \quad (6.2)$$

где P_a — расчетная активная мощность на одну квартиру; $K = \tan(\varphi_1 - \varphi_2)$ — тангенс начального и конечного углов, согласуется со значениями $\cos \mu$ (берется из табл. 6.1 — при исходном $\cos \mu = 0,83$ и требуемом $\cos \mu = 0,95$, будет равен $K = 0,345$).

Таблица 6.1

Коэффициенты текущего и требуемого $\cos(\varphi)$

Текущий (действующий)		Требуемый (достижимый) $\cos(\varphi)$									
$\tan(\varphi)$	$\cos(\varphi)$	0,80	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00
		Коэффициент К									
0,75	0,80		0,05	0,13	0,21	0,27	0,32	0,39	0,46	0,55	0,75
0,72	0,81			0,10	0,18	0,24	0,30	0,36	0,43	0,52	0,72
0,70	0,82			0,08	0,16	0,21	0,27	0,34	0,41	0,49	0,70
0,67	0,83			0,05	0,13	0,19	0,25	0,31	0,38	0,47	0,67
0,65	0,84			0,03	0,11	0,16	0,22	0,29	0,36	0,44	0,65
0,62	0,85				0,08	0,14	0,19	0,26	0,33	0,42	0,62
0,59	0,86				0,05	0,11	0,17	0,23	0,30	0,39	0,59
0,57	0,87					0,08	0,14	0,21	0,28	0,36	0,57
0,54	0,88					0,06	0,11	0,18	0,25	0,34	0,54
0,51	0,89					0,03	0,09	0,15	0,22	0,31	0,51
0,48	0,90						0,06	0,12	0,19	0,28	0,48

Следовательно, при 4 кВт мощности однофазной сети $Q = 4 \cdot 0,345 = 1,38$ кВАр, а при 30 кВт трехфазной сети (с электроплитой) – $Q = 30 \cdot 0,345 = 10,25$ кВАр.

Емкости конденсаторов рассчитываются по следующей формуле:

$$C = \frac{Q \cdot 10^9}{2\pi f U^2}, \quad (6.3)$$

где Q – реактивная мощность конденсаторной установки; f – частота сети (50 Гц); U – напряжение (220 и 380 В).

Следовательно, при 4 кВт однофазной сети:

$$C = \frac{Q \cdot 10^9}{2\pi f U^2} = \frac{1,38 \cdot 10^9}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 220^2} = 90,8 \text{ мкФ};$$

при 30 кВт трехфазной сети:

$$C = 10,25 \cdot 10^9 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 380^2) = 226,1 \text{ мкФ}.$$

Данным значениям соответствует однофазный низковольтный косинусный конденсатор КПС-0.55-0.41-2УЗ. Номинальная емкость конденсатора составляет 10 мкФ, реактивная мощность 0,41 кВАр. Число

конденсаторов в батарее для однофазной сети составит 9 шт., а для трехфазной — 22 шт. [94].

6.3.2. Автоматизация блока компенсации реактивной мощности

В качестве параметра управления потреблением электрической энергии является коэффициент мощности как наиболее объективный показатель энергоэффективности сети. Для определения текущего значения коэффициента мощности в каждый момент времени необходимо синхронно измерить по три значения силы тока и напряжения в сети и вычислить значение фазного угла и его косинуса по формуле [102]:

$$\cos \varphi = \frac{2U_2^2 - U_3U_1 - U_1^2}{2U_2\sqrt{U_2^2 - U_3U_1}} \cdot \frac{2I_2^2 - I_3I_1 - I_1^2}{2I_2\sqrt{I_2^2 - I_3I_1}} + \left[\pm \sqrt{1 - \left(\frac{2U_2^2 - U_3U_1 - U_1^2}{2U_2\sqrt{U_2^2 - U_3U_1}} \right)^2} \right] \cdot \left[\pm \sqrt{1 - \left(\frac{2I_2^2 - I_3I_1 - I_1^2}{2I_2\sqrt{I_2^2 - I_3I_1}} \right)^2} \right]. \quad (6.4)$$

Алгоритм (рис. 6.12) автоматизированного управления энергопотреблением заключается в подключении определенного количества конденсаторов необходимой емкостной мощности, для достижения установленного значения коэффициента мощности, следующим образом:

1. В программируемый микроконтроллер вводится требуемое значение коэффициента мощности.

2. АЦП контроллера через коммутатор синхронно измеряет по три текущих значения тока и напряжения и по указанной формуле в реальном масштабе времени вычисляет текущее значение коэффициента мощности.

3. Сравнивая текущее значение косинуса мощности $\cos \mu_{\text{тек}}$ с требуемым значением $\cos \mu_{\text{треб}}$, при меньшем значении $\cos \mu_{\text{треб}} < \cos \mu_{\text{тек}}$, программа через ЦАП контроллера подключает определенное количество конденсаторов.

4. При выполнении условия $\cos \mu_{\text{треб}} = \cos \mu_{\text{тек}}$ программа завершает процесс.

Каждый конденсатор КПС-0.55-0.41-2УЗ подключается оптосистемами МОС3041, а управление оптосимисторами МОС3041 осуществляется путем подачи от ЦАП контроллера определенного уровня напряжения (0,4 В; 0,8 В; 1,2 В...4 В) на затворы всех полевых транзисторов 2П304А. Режимы 2П304А выбраны так, что при уровне 0,4 В открывается 1-й транзистор, что приводит к «зажиганию» светодиода

1-го симистора и подключению конденсатора 10 мкФ, при уровне 0,8 В – 1-го и 2-го и т.д., вплоть до 4 В, которые подключают всю батарею емкостью 90 мкФ.

Рис. 6.12. Алгоритм блока компенсации реактивной мощности

Для трехфазной сети используются три конденсаторные батареи по 7 конденсаторов в каждой с аналогичным управлением каждой в отдельности.

Для обеспечения такой «ступенчатой автоматизации» необходимо рассчитать делители из сопротивлений, устанавливающие необходимые рабочие режимы полевых транзисторов по формуле:

$$R = \frac{U_{\text{н}} - U_{\text{отс}}}{I_c}, \quad (6.5)$$

где $U_{\text{н}}$ – напряжение питания ($U_{\text{н}} = 5$ В); $U_{\text{отс}}$ – напряжение отсечки ($U_{\text{отс}} = 0,4$ В, 0,8 В...4 В); I_c – сила тока стока полевого транзистора ($I_c = 30$ мА).

Принимая во внимание ограничение величины нагрузки для ЦАП не менее 10 кОм, получим следующие значения резисторов:

1-й каскад (0,4 В) – R1 = 5,1 кОм; R2 = 620 кОм; R3 = 51 кОм.

- 2-й каскад (0,8 В) – $R_4 = 5,1 \text{ кОм}$; $R_5 = 330 \text{ кОм}$; $R_6 = 51 \text{ кОм}$.
 3-й каскад (1,2 В) – $R_7 = 5,1 \text{ кОм}$; $R_8 = 220 \text{ кОм}$; $R_9 = 51 \text{ кОм}$.
 4-й каскад (1,6 В) – $R_{10} = 5,01 \text{ кОм}$; $R_{11} = 150 \text{ кОм}$; $R_{12} = 51 \text{ кОм}$.
 5-й каскад (2,0 В) – $R_{13} = 5,1 \text{ кОм}$; $R_{14} = 100 \text{ кОм}$; $R_{15} = 51 \text{ кОм}$.
 6-й каскад (2,4 В) – $R_{16} = 5,1 \text{ кОм}$; $R_{17} = 75 \text{ кОм}$; $R_{18} = 51 \text{ кОм}$.
 7-й каскад (2,8 В) – $R_{19} = 5,1 \text{ кОм}$; $R_{20} = 51 \text{ кОм}$; $R_{21} = 51 \text{ кОм}$.
 8-й каскад (3,0 В) – $R_{22} = 5,1 \text{ кОм}$; $R_{23} = 51 \text{ кОм}$; $R_{24} = 80 \text{ кОм}$.
 9-й каскад (3,4 В) – $R_{25} = 5,1 \text{ кОм}$; $R_{26} = 51 \text{ кОм}$; $R_{27} = 120 \text{ кОм}$.

В результате получаем следующую принципиальную схему блока КРМ для однофазной сети (рис. 6.13)

Рис. 6.13. Принципиальная схема блока компенсации реактивной мощности

Ниже приведена блок-схема (рис. 6.14) интеграции блока КРМ в электро-газо-счетчик-извещатель, описанный в предыдущей главе.

Рис. 6.14. Блок-схема электро-газо-счетчика–извещателя с КРМ

систему, или наружу здания, а сепарированный азот возвращается через трубопроводы аспирационной системы обратно, чем обеспечивается быстрое понижение концентрации кислорода в защищаемых помещениях до уровня, при котором горение невозможно, причем ЭСП продолжает регистрацию ОФП в помещении, где он установлен, при этом для повышения достоверности обнаружения и подавления ОФП, контроллер периодически отключает и снова подключает с помощью электромагнитного клапана БСВ трубопровод аспирационной системы от ЭСП, регистрируя и записывая в память значения температуры, задымленности, концентрации окиси углерода и в помещении (как правило, в прихожей у входной двери), где установлен ЭСП, для сравнения и идентификации, как возникающих изменений в защищаемых помещениях, так и момента окончания процесса подавления ОФП, при котором БСВ и МСВ необходимо отключить.

Контроллер и GSM-радиомодем реализуют обмен данными о потреблении электроэнергии со снабжающей организацией и/или управляющей компанией, а также следующие типы тревожных сигналов и алгоритмы их функционирования:

- звуковые и/или речевые и светодиодные мигающие сигналы оповещения по видам ОФП в месте расположения ЭСП (пожароопасный диапазон потребления электроэнергии, отключение электроэнергии, загорание, эвакуация), которые можно отключить кнопкой «сброс оповещения», если кто-то из лиц, находящихся в защищаемых помещениях смог принять меры по ликвидации ОФП, при этом SMS-сообщение владельцу защищаемых помещений и управляющей компании отправляется через GSM-радиомодем;

- звуковые и/или речевые и светодиодные мигающие сигналы оповещения по видам ОФП в месте расположения ЭСП и передачу SMS-сообщений через GSM-радиомодем с сохранением квитанций его доставки в памяти, при отсутствии через установленный интервал времени «сброса оповещения» (отсутствия лиц в защищаемых помещениях или недостаточностью принятых мер после первого и последующих «сбросов»), при пожароугрожаемом диапазоне потребления/отключения электроэнергии – в энергонадзор, в энергосбытовую организацию, в управляющую компанию и владельцу, а при пожаре (загорание плюс эвакуация) – в пожарную охрану, в управляющую компанию и владельца.

Электропитание ЭСП осуществляется от малогабаритного аккумулятора, который установлен в блоке питания, обеспечивающего его подзарядку от электросети и автономную работу, в случае пропадания сетевого напряжения.

6.5. Алгоритм подавления ПЭВ и ОФП в ЭСП для высотных зданий

Электросчетчик-подавитель ПЭВ и ОФП (рис. 6.16) содержит корпус (1), камеру (1.1) с датчиком монооксида углерода (1.3), тепловым (1.2) и дымовым (1.4) датчиками, состыкованную с электровентилятором (1.5), разветвитель с электромагнитным клапаном (2.1) соединения с аспирационным трубопроводом (1.6) и блок питания с аккумулятором (5), который обеспечивает подзарядку аккумулятора от электросети и работу всех блоков, датчиков и электровентилятора ЭСП в случае пропадания сетевого напряжения.

Рис. 6.16. Принципиальная схема блока КРМ для трехфазной сети

Корпус предназначен для защиты блоков ЭСП от повреждений и присоединения его к аспирационному трубопроводу (1.6) и блоку (2) сепарации воздуха (БСВ) с помощью разъёма разветвителя с электромагнитным клапаном (2.1), который в исходном состоянии закрывает «азотный канал» трубопровода (2.3), подключая аспирационную систему (1.6) к камере (1.1) с датчиками ОФП (1.2–1.4).

В исходном состоянии остальные (входные) электромагнитные клапаны (2.4 и 2.5) БСВ закрывают и «воздушный» (2.2), и «азотный» (2.3) каналы трубопроводов, которые (по стояку с трубами водоснабжения и водоотведения) присоединены к мембранному сепаратору воздуха (8), устанавливаемому в помещении технического этажа (подвала).

Электровентилятор (1.5) предназначен для засасывания воздуха из защищаемых помещений (6) и прокачивания его через камеру (1.1) с датчиками ОФП (1.2–1.4).

Дымовой (фотоэлектрический) датчик (1.4) определяет наличие дыма, путем обнаружения поглощения оптического излучения «парой светодиод-фотоэлемент» в камере (1.1), через которую прокачивается воздух защищаемых помещений (9).

Тепловой (термисторный) датчик (1.2) измеряет температуру прокачиваемого воздуха из защищаемых помещений (9).

Датчик (металлооксидный) монооксида углерода (1.3) реагирует на угарный газ (СО), выделяющийся при тлении или горении материалов.

Подключение ЭСП к электросети (рис. 6.16), как и отключение сети в квартире в случае пожароугрожаемого значения ПЭВ или ОФП, производится через блок (4) компенсации реактивной мощности (КРМ).

В блоке КРМ находятся (рис. 6.17) три одинаковые («фазные») конденсаторные батареи, подключаемые оптосимисторами с помощью потенциального управления полевыми транзисторами каналами ЦАП (3.3), в соответствии с текущим значением «косинуса фи», который определяется в результате 3-кратного синхронного измерения напряжений и вычисления фазных токов по формуле (6.4) с помощью АЦП (3.2) и коммутатора (3.1) контроллером (3), который по этим же данным вычисляет активную, реактивную и общую мощность, выделяя потребление «качественной» и «не качественной» электроэнергии, умножая которые на «записанные в ПЗУ госпожнадзором» вероятности, визуализирует ПЭВ на экране ЖКИ-пьезомодуля (7), и передает их через GSM-радиомодем (6) в энергоснабжающую и/или управляющую компанию.

Вычисление фазных токов I_1 ; I_2 и I_3 осуществляется по формуле:

$$I_i = \frac{U_i - U_{ii}}{R_{ii}}, \quad (6.6)$$

где U_i — напряжение i -й фазы на вводе; U_{ii} — напряжение после i -го триака; R_{ii} — динамическое сопротивление триака в открытом состоянии (0,012–0,015 Ом).

ЖКИП-модуль (7) предназначен для отображения в киловатт-часах указанных количеств электроэнергии, и в соответствии с действующим

тарифом в рублях сумму оплаты за неё. При этом он отображает пожарно-электрический вред, подлежащий оплате в виде пожарно-электрического налога, а также включает мигающую подсветку, а затем сирену/речевое сообщение — при обнаружении ОФП в защищаемых помещениях.

GSM-радиомодем (6) предназначен для передачи в пожарную охрану SMS-сообщений и сигналов вызова на пожар и получения подтверждения о его приёме, при включении мигающей подсветки и сирены/речевого сообщения при обнаружении ОФП.

ЭСП приводится в действие подключением к электрической сети (L1, L2, L3, N), напряжение которой запускает блок питания (5) и заряжает аккумулятор, питающий ЭСП. Воздух из защищаемых помещений через аспирационный трубопровод (1.6) и разветвитель (2.1) прокачивается электровентилятором (1.5) через камеру (1.1), в которой установлены датчик монооксида углерода (1.3), тепловой (1.2) и дымовой (1.4) датчики, сигналы от которых поступают на коммутатор АЦП (3.1) и оцифровываются АПЦ (3.2), которые идентифицирует контроллер (3), определяя загорание в защищаемых помещениях (9) по сравнению с сигналами от указанных датчиков, соответствующих уставкам (значениями) ОФП, с целью отсеивания ложных срабатываний. При обнаружении пожара передается сигнал на ЖКИП-модуль (7), который включает мигающую подсветку, а затем сирену/речевое сообщение — при обнаружении ОФП в защищаемых помещениях, после чего контроллер (3) через соответствующий порт (3.4) включает сепаратор воздуха (8), коммутируя трубопроводы, идущие от него с помощью электромагнитных клапанов (2.4 и 2.5) в БСВ (2) через соответствующие порты (3.5–3.7) — с защищаемыми помещениями (9), а через GSM-радиомодем (6) передаются соответствующие сообщения в пожарную часть, управляющую компанией и владельцу.

Контроллер (3) измеряет мощность и качество электроэнергии, оцифровывая с помощью АЦП (3.2) фазные напряжения и токи в реальном масштабе времени, с вычислением стандартных параметров качества электроэнергии, по которым вычисляется и визуализируется в ЖКИП-модуле (7) потребленная электроэнергия с допустимым качеством и — недопустимым, значения которых умножаются на соответствующие константы и вероятности пожаров по электротехническим причинам, и в результате их суммирования визуализируется ПЭВ, при недопустимых значениях которого, т.е. опасных отклонениях параметров электроэнергии от норматива, обесточивает электросеть квартиры, сообщая через GSM-радиомодем (6) в энергонадзор и управляющую компанию.

Рис. 6.17. Пример планировки с ЭСП:
1 – ЭСИ–ПЭВ с ТМСВ; 2 – сопла аспирационной системы;
3 – полимерные трубы аспирационной системы; 4 – силовые и коммуникационные розетки; 5 – холодильник; 6 – телевизор; 7 – светильник

Таким образом, модифицированный ЭСП может стать «узлом жизнеобеспечения» любой квартиры (рис. 6.17).

Глава 7. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПРОБЛЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПАНИЙ

7.1. Проблемы ЖКХ

Жилищно-коммунальное хозяйство — это комплекс подотраслей, обеспечивающий функционирование инженерной инфраструктуры различных зданий населенных пунктов, создающий удобства и комфортность проживания и нахождения в них граждан путем предоставления им спектра жилищно-коммунальных услуг, например, таких как: водоснабжение, водоотведение, капитальный ремонт дома и т.д. [103].

Кризисное состояние жилищно-коммунального хозяйства сегодня стало одной из актуальных проблем у государства. Оно связано с изношенностью фондов отрасли, формированием тарифов за потребляемые услуги, нарушением своих обязанностей управляющих компаний перед гражданами, проведением своевременного текущего и капитального ремонтов, переселением граждан из аварийного жилья.

В соответствии со ст. 161 п. 2 Жилищного кодекса РФ собственники помещений обязаны выбрать определенную форму управления многоквартирным домом [104] и тогда организации, которых выбрали, берут на себя ответственность за содержание общего имущества в доме, а также качества выполнения предоставляемых услуг.

Разбирая проблему, связанную с управляющими компаниями, следует отметить, что жильцы дома имеют право выбрать любую понравившуюся организацию, но при выборе следует обращать внимание на опыт её работы в сфере ЖКХ, количество обслуживаемых домов, количество и квалификацию персонала.

На данный момент многие управляющие компании, в основном частные, необоснованно завышают плату за потребление жильцами коммунальных услуг. МВД РФ объясняет эти действия следующим образом: «Только за последние четыре месяца 2013 года ущерб от коррупции в сфере ЖКХ превысил 1,2 миллиарда рублей. Так, управляющие компании (УК) расходуют полученные из бюджета средства не на нужды ЖКХ, а совсем на другие цели. В итоге свои «убытки» УК пытаются покрыть за счет повышения стоимости коммунальных услуг» [105].

В настоящее время подготовлен законопроект, согласно которому вопрос заключения прямых договоров с ресурсоснабжающими организациями будут решаться через собрание жителей дома [106]. До этого управляющие компании сами выбирали поставщиков, а собственники не имели права выбора.

Также, Министерством строительства и ЖКХ РФ внесен законопроект в Государственную Думу о лицензировании управляющих компаний, согласно которому организации, управляющие жилыми домами, должны будут получить лицензию до 1 мая 2015 года, иначе их деятельность будет остановлена. При помощи этого законопроекта планируется навести порядок в сфере управления жилищным фондом и коммунальным хозяйством. Так за оказание некачественных услуг организация должна будет вернуть потребителям до 30 % их стоимости. Если же компания повысила стоимость услуг, то штраф в пользу потребителя составит 15 %. О добросовестности конкретных управляющих организаций можно будет узнать из «черных» и «белых» списков на сайте министерства» [106].

Почти половина жилого фонда в нашей стране — это наследие еще «хрущевской» эпохи. 50 миллионов россиян живут в аварийных и ветхих домах. Износ основных фондов жилищно-коммунального хозяйства достиг 80 %. Заменить нужно почти половину водопроводных, теплопроводных и канализационных сетей, а расселить 720 тысяч человек. На все это потребуется как минимум 9 триллионов рублей. Однако кабинет Министров РФ до сих пор не смог разработать внятной программы софинансирования ремонта или переселения граждан из опасных для жизни построек.

На заседании Госсовета РФ 31 мая 2013 года Игорь Шувалов, первый заместитель председательства Правительства РФ, отметил, что к 15 июля 2014 года будет принят законопроект о продолжении финансирования Фонда содействия развитию ЖКХ, благодаря которому большинство россиян будут расселены из аварийного жилья в дома эконом класса [107].

С проблемой увеличения тарифов на энергоносители дела обстоят намного сложнее. С каждым годом они только повышаются. В феврале 2013 года президент Владимир Путин поручил Правительству сделать так, чтобы рост платежей за коммунальные услуги в среднем по году не превышал 6 % [108]. Он предложил вернуться к строгому государственному регулированию тарифов на энергоносители, причем контролировать не только поставщиков, но и посредников, тогда и частный бизнес будет активнее работать и граждане начнут понимать, за что платят.

Однако, государство, регулируя предельный рост тарифов на коммунальные услуги, в частности за отопление, воду, тепло и газ, не касается платы за текущий и капитальный ремонт дома, вывоз мусора и т.д., т.к. эти услуги являются не коммунальными, а жилищными, а, следовательно, плата за них не укладывается в 6 %.

Дмитрий Медведев на заседании президиума Совета по модернизации экономики и инновационному развитию России заявил, что с 2014 года планируется перевести регионы страны на трехлетний

фиксированный тариф. Для населения тарифы будут проиндексированы по формуле «инфляция минус 30 %» [109]. Таким образом, должно произойти смягчение тарифной составляющей, тем самым россияне почувствуют существенные изменения в своих «платежках» в течение двух лет.

Таким образом, принимая во внимание вышеизложенный курс Правительства РФ, можно формализовать следующие направления и задачи автоматизации деятельности управляющих компаний [75, 81, 90, 100, 110, 111]:

- обеспечение достоверности учета потребляемых коммунальных услуг, путем автоматизации и централизации их учета на уровне управляющих компаний, в т.ч. с помощью современных датчиков и информационных технологий;

- внедрение реинвестиционной модели самоорганизации деятельности управляющих компаний в реализации автоматизированного учета потребляемых коммунальных услуг, и обеспечения пожаровзрывобезопасности жилья, с помощью инновационных программно-технических средств и информационных технологий.

7.2. Модель локальной автоматизированной микросистемы диагностики и защиты

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что пришла пора оптимизировать структуру инженерных систем жилых высотных зданий, с применением инновационных средств и решений в области учета и управления потреблением энергоресурсов, и только после этого их интегрировать в АСУД на уровне управляющих компаний и служб жизнеобеспечения административно-территориальных единиц (АТЕ).

Иными словами, на основе ЭСП **предлагается модель ЛАМС ДЗ – локальной автоматизированной микросистемы диагностики и защиты жилого сектора** (квартир, индивидуальных домов) административно-территориальной единицы (АТЕ) от аварий, взрывов и пожаров, причиной которых становятся отказы и недостатки существующих инженерных систем.

Для оценки объемов информации, которые могут при этом «загрузить» сети операторов сотовой связи, была проведена их оценка по электроснабжению (рис. 7.1), т.к. в отличие от «аварийных вызовов» при пожаре или утечке бытового газа, именно «флуктуации качества потребляемой электроэнергии» могут повысить трафик сотовых компаний.

Моделирование показало, что минимальная «загрузка» сотовых сетей при обслуживании более 100 тыс. квартир с ЭСП может осуществляться через каждые 5 минут. То есть ЛАМС ДЗ позволяет любой управляющей компании сформировать с помощью операторов сотовой связи – автоматизированную систему учета потребляемых энергоресурсов от 10 до 100 тыс. квартир, которые они обслуживают, если в квартире установлен ЭСП (рис. 7.2).

Рис. 7.1. Зависимости трафика сотовых компаний от числа квартир в ЛАМЗ ДЗ

Рис. 7.2. Схема взаимодействия ЛАМС со службами жизнеобеспечения района

Очевидно, что предлагаемую систему, прежде всего, необходимо внедрить в высотных жилых домах.

Раздел IV

СИНЕРГЕТИКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКОЙ И ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТОЙ ЖИЛЬЯ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

Глава 8. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛА И СИНТЕЗ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛОГО СЕКТОРА

Главной причиной высокого уровня социально-экономических потерь от пожаров, и одновременно следствием «отраслевого отношения» к проблеме, является отсутствие системного подхода к процессам обеспечения пожарной безопасности жизнедеятельности, т.е. к управлению (вынужденной организации) и самоорганизации деятельности всех членов общества в этой области [113].

В первую очередь это касается задач предотвращения и тушения пожаров в жилом секторе, особенно в сельской местности, которые до настоящего времени не решены. Статистика свидетельствует, что более 70 % пожаров возникает в жилых домах, следовательно, можно предотвратить их возникновение и сократить потери от них, опираясь на новейшие методы и средства противопожарной защиты (извещатели, самоспасатели и т.д.), пожарной профилактики (обследование объектов) и противопожарной пропаганды [57].

В настоящее время для повышения уровня защиты населения от пожаров Федеральным законом № 100 «О добровольной пожарной охране» предложено возродить добровольные пожарные формирования (ДПФ). Создание добровольной пожарной охраны имеет цель снижения числа пожаров и потерь от них в наиболее незащищенных сферах деятельности, а именно — в сельских населенных пунктах. При этом одной из основных задач добровольной пожарной охраны в области пожарной безопасности, наряду с тушением пожаров, является осуществление профилактики пожаров [114].

Ст. 25 69-ФЗ «О пожарной безопасности» гласит: «...целенаправленное информирование общества о проблемах и путях обеспечения пожарной безопасности, осуществляется через средства массовой

информации, посредством издания и распространения специальной литературы и рекламной информации..., не запрещенных законодательством Российской Федерации форм информирования населения. Данную работу обязаны проводить органы государственной власти, органы местного самоуправления, пожарная охрана и организации». Однако до настоящего времени, обучение мерам пожарной безопасности населения (в частном и ведомственном жилом секторе), как требует 69-ФЗ «О пожарной безопасности» практически не осуществляется [53].

8.1. Существующее положение ДПФ в Краснодарском крае

В настоящее время на территории Краснодарского края зарегистрировано 558 общественных учреждения пожарной охраны общей численностью 20958 человек. Из них 93 территориальных добровольных пожарных дружины численностью 5951 человек, 36 территориальных добровольных пожарных команд численностью 4947 человек, 352 объектов ДПД численностью 6566 человека и 75 объектов добровольных пожарных команды численностью 3494 человек, имеющие на вооружении 122 единицы техники.

С начала 2017 года с участием добровольных пожарных потушено 185 пожаров (162 загорания потушено самостоятельно, 23 раза принято участие в тушении пожаров в качестве дополнительных сил), спасено 20 человек. Общественными объединениями добровольной пожарной охраны прикрито 353 населенных пункта общей численностью 280 тыс. 271 человек.

В целях создания условий для деятельности добровольной пожарной охраны и стимулирования пожарного добровольчества принят Закон Краснодарского края от 04.10.2011г. № 2326-КЗ «О внесении изменений в Закон Краснодарского края «О пожарной безопасности в Краснодарском крае» устанавливающий правовую основу деятельности добровольной пожарной охраны, а также определяющий компетенцию органов власти различного уровня в части предоставления мер социальной поддержки, страховых гарантий и льгот добровольным пожарным.

Так же принят Закон Краснодарского края от 28.12.2011 года № 2412-КЗ «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Краснодарского края». Указанным нормативным правовым документом внесены изменения в закон Краснодарского края «О транспортном налоге в Краснодарском крае» в части освобождения от уплаты данного налога общественных объединений пожарной охраны.

Этим же документом внесены изменения в закон Краснодарского края «О поддержке социально ориентированных некоммерческих организаций» в части распространения на общественные объединения

пожарной охраны льгот и других форм поддержки, предусмотренных для этих организаций. Наиболее важными из которых являются — оказание финансовой поддержки путём предоставления субсидий, предоставление льгот по уплате налогов, возмещение затрат на подготовку, переподготовку и повышение квалификации, а также ряд других.

Вместе с этим, Главным управлением совместно с министерством гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и региональной безопасности края был разработан проект постановления главы (губернатора) Краснодарского края «О гарантиях правовой и социальной защиты работников добровольной пожарной охраны, добровольных пожарных и членов их семей». В данном проекте постановления перечислены лица, имеющие право на получение единовременной выплаты пособия в случае гибели (смерти) работника добровольной пожарной охраны или добровольного пожарного, и при потере трудоспособности, а также размер указанных выплат и порядок их получения.

Вышеназванный проект после положительного согласования в ряде министерств администрации Краснодарского края и устранения, ранее полученных замечаний направлен на согласование в правовой департамент администрации края. В настоящее время проект с замечаниями вернули на доработку в министерство гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и региональной безопасности Краснодарского края.

Сегодня в 183 (из 426) муниципальных образованиях (городских и сельских) Краснодарского края принято 261 постановление о мерах социальной гарантии добровольных пожарных Краснодарского края.

В изданных муниципальных правовых актах предусмотрено, что добровольные пожарные, принимающие активное участие в обеспечении пожарной безопасности и тушении пожаров на территории муниципальных образований, могут быть награждены ценными подарками, денежными премиями (в разных МО суммы разнятся от 500 до 2 000 руб.) за счет средств бюджета МО. Также добровольным пожарным по представлению руководителя подразделения ДПО в случае спасения людей при пожаре может выплачиваться денежное вознаграждение (от 500 до 10 000 руб.) за счет средств бюджета МО. Возможно предоставление дополнительных дней отдыха к очередному ежегодному отпуску по основному месту работы.

На период исполнения членами ДПО обязанностей добровольного пожарного осуществляется личное страхование добровольных пожарных за счет средств бюджета МО.

Детям добровольных пожарных спасших людей при пожаре по решению главы администрации МО предоставляются путевки в оздоровительные лагеря.

Главным управлением, на базе Краснодарского отделения ВДПО, создано общественное учреждение пожарной охраны «Добровольная пожарная команда Краснодарского края». Проведена его регистрация в юстиции, получены необходимые регистрационные документы. 35 филиалов данного общественного учреждения в настоящее время проходят постановку на налоговый учёт в районах.

На сегодняшний день на территории края в реестре общественных объединений пожарной охраны зарегистрированы 5 общественных объединений, имеющие статус юридического лица, в том числе: 2 общественные организации (Краснодарское краевое отделение Общероссийской общественной организации «ВДПО», Общественная организация «Добровольная пожарная охрана муниципального образования г. Новороссийск») и 3 общественных учреждения пожарной охраны (Добровольная пожарная команда Краснодарского края в г. Краснодаре на базе ВДПО, Добровольная пожарная команда Новокорсунского сельского поселения Тимашевского района, Добровольная пожарная команда муниципального образования Ейский район). В данных общественных объединениях имеются необходимые учредительные и регистрационные документы. Добровольные пожарные, в районах где расположены данные юридические лица или их филиалы, проходят регистрацию через эти подразделения.

Таким образом, с учётом созданных 32-х филиалов ВДПО, в крае имеется 37 общественных объединений пожарной охраны, имеющих статус юридического лица.

Завершена работа по созданию студенческой добровольной пожарной команды на базе Кубанского социально-экономического института, где имеется профильная кафедра «Пожарная безопасность и защита в ЧС». Набраны студенты в количестве 54 человек, изъявившие желание участвовать в данной деятельности. В настоящее время проводится их обучение по программе подготовки добровольных пожарных на базе учебно-курсового комбината ВДПО. Назначены руководитель команды и два начальника дежурных караулов из числа преподавательского состава института.

В настоящее время дежурство осуществляется на базе Добровольной пожарной команды Краснодарского края, созданной в ВДПО г. Краснодара. На вооружении подразделения находится пожарный автомобиль АЦ-40 (131), принадлежащий институту, полностью укомплектованный необходимым пожарно-техническим вооружением. Завершён ремонт бокса для пожарного автомобиля и служебных помещений. Принят на работу на штатной основе водитель пожарного автомобиля. На первоначальном этапе студенты дежурят в дневную смену. В дальнейшем планируется перейти на суточное дежурство.

Главным управлением подготовлены и направлены в гарнизоны пожарной охраны указания о необходимости проведения работы с учредителями подразделений добровольной пожарной охраны по страхованию добровольных пожарных на период исполнения ими своих обязанностей. Так на сегодняшний день застрахован 20958 (100 %) доброволец. Одновременно прорабатывается вопрос страхования добровольцев в подразделениях ДПО за счёт средств учредителей, а также других источников финансирования, не запрещённых законодательством. Также проводится работа по медицинскому освидетельствованию добровольных пожарных на предмет готовности по состоянию здоровья к выполнению обязанностей добровольного пожарного. Всего на сегодняшний день в крае освидетельствовано 20958 (100 %) добровольных пожарных.

В Краснодарском крае продолжается работа по развитию клубов для пожарных добровольцев, спасателей и волонтеров. Так, в настоящее время создано 47 клубов для добровольных пожарных, спасателей и волонтеров общей численностью 1249 человек. В данных клубах с начала 2017 года проведено 243 заседания.

В вышеуказанных клубах проводятся собрания членов клубов, встречи сотрудников ФПС, ветеранов пожарной охраны с молодыми сотрудниками и представителями добровольных пожарных формирований. На собраниях рассматриваются такие вопросы, как: оперативная обстановка с пожарами на территории муниципальных образований; организация деятельности добровольных пожарных формирований и их взаимодействия с подразделениями ФПС края; комплектования, обучения и повышения квалификации добровольных пожарных и волонтеров; создания и укрепления материально-технической базы; развития пожарно-прикладного спорта.

В целях агитации вступления в ряды добровольных пожарных широких слоев населения сотрудниками пожарной охраны совместно с добровольными пожарными проводятся рейды в населенных пунктах Краснодарского края, а также еженедельно проводятся сходы граждан в администрациях муниципальных образований, где проводится разъяснительная работа о предоставлении льгот и социальных гарантий добровольным пожарным.

Главным управлением в рамках реализации Федерального закона от 6 мая 2011 года № 100-ФЗ «О добровольной пожарной охране» проводится работа по привлечению казаков к деятельности общественных объединений пожарной охраны, так по состоянию на 12 сентября 2016 года в реестре добровольных пожарных Краснодарского края зарегистрировано 639 казаков. Так же казаки принимают активное участие в работе клубов добровольных пожарных, спасателей и волонтеров.

Казаки, в составе общественных учреждений пожарной охраны, привлекаются для совместного патрулирования, обходов территорий лесных массивов и инструктажей граждан по мерам пожарной безопасности, а также осуществления дежурства на кордонах с целью недопущения граждан в пожароопасные районы.

В 2017 году было организовано 357 выступлений в СМИ о создании и работе подразделений добровольной пожарной охраны на Кубани, из них в информационных агентствах — 119, на телевидении — 16, на радио — 176, в печатных изданиях — 32, на сайте Главного управления — 12.

8.2. Системный анализ и синтез самоорганизующейся системы

Несмотря на вышеизложенную разнообразную деятельность, статистика показывает, что за последние 11 лет, в сельских районах Краснодарского края, время обнаружения пожаров составляет, в среднем, 15,9 мин. При этом среднее время прибытия к месту пожара — 14,7 мин. Первое обусловлено тем, что пожарная сигнализация, как правило, отсутствует на подавляющем количестве объектов (процент объектов, оборудованных АУС и АУП — 0,67 %). Второе — удаленностью и низкой средней скоростью движения пожарного автомобиля — 47,4 км/ч [1].

На гистограммах (рис. 8.1—8.3) отчетливо видно, что наибольшее количество пожаров и ущерб от них в сельских районах, сосредоточены за **пределами оперативно-тактических возможностей гарнизонов**, т.к. ГПС не выезжает на каждый 4-й пожар, на котором происходит гибель каждого 2-го и травмируется 2 из 3-х из пострадавших от пожаров, а также уничтожается каждая 8-я единица сельхозтехники, каждый 12-й кв. метр площадей, каждая 15-я голова крупного рогатого скота (КРС) и приносится 6-я часть прямых материальных потерь.

Углубленный статистический анализ пожаров показал, что 73,51 % всех пожаров в сельских районах получают развитие в результате:

- **позднего обнаружения** (> 10 мин) — **40,67 %** пожаров, в которых погибает 49,57 % и травмируется 13,09 % пострадавшего населения, а ущерб составляет 46,69 %;

- **позднего прибытия** (удаленность > 5 км) — **25,29 %** пожаров, в которых погибает 16,03 % и травмируется 9,45 % пострадавшего населения, а ущерб составляет 38,22 %;

- **из-за отсутствия/неисправности водоисточников, ПА, ГЗДС, ПСП** — **7,56 %** пожаров, в которых погибает 1,48 % и травмируется 7,46 % пострадавшего населения, а ущерб составляет 1,59 % [1].

Рис. 8.1. Гистограммы времён обнаружения пожаров в сельских районах

Рис. 8.2. Гистограммы времён прибытия на пожар в сельских районах

Рис. 8.3. Гистограммы радиусов выезда ПЧ

Таким образом, можно однозначно утверждать, что **основными причинами** возрастающих потерь от пожаров является их **позднее обнаружение и прибытие к месту пожара**, а также **отсутствие** необходимых средств и навыков противопожарной обороны у объектового персонала и населения, что не зависит от оснащённости и боевой подготовки ГПС МЧС России, однако **принципиально зависит от структуры системы средств противопожарной защиты городов и населённых пунктов**, которая, следовательно, построена на требованиях, **неадекватных пожарной опасности** современной инфраструктуры **административно-территориальных единиц!**

Существенным при этом является тот факт, что количество пожаров, которое может «профилактировать сам объект», составляет более 75 % от общего количества, поэтому необходимо, помимо «возрождения» ДПФ и обучения их членов методам противопожарной обороны, пожарной профилактики и пропаганды, **делегировать в ДПФ некоторые функции государственного пожарного надзора (ГПН)**, а именно – **проведение контрольных проверок объектов промышленности и жилья в сельской местности**, с совмещением технического обслуживания объектов противопожарных средств и проведением противопожарной пропаганды, увеличив при этом их частоту (вместо ежегодных – 1 раз в квартал, т.к. наличие сезонная зависимость причин, мест возникновения и последствий пожаров – рис. 8.5).

Такой подход позволит, во-первых, разгрузить инспекторский состав государственного пожарного надзора (ГПН), оставив за ними только плановые проверки (1 раз в 3 года) и подняв их качество, за счет участия в них ДПФ, а во-вторых, **реализовать надзор за жилым сектором**, где происходит более 70 % пожаров [57, 111].

Принимая во внимание, что из-за количества и качества потребляемой электроэнергии, газа и угля в жилом секторе сельских районов Юга России, возникает более 70 % пожаров и свыше 80 % ущерба (рис. 8.4 – приборы и предметы быта), необходимым для обеспечения пожарной безопасности жилья, по мнению авторов, является применение электро-газо-счетчиков-извещателей, которые позволяют измерять пожарно-энергетический вред, предотвращая пожары и взрывы, возникающие из-за него [89, 100].

Рис. 8.4. Источники пожаров и последствий от пожаров в жилом секторе

8.2.1. Электро-газо-счетчик-извещатель

Известно, что низкое качество потребляемой электроприборами электроэнергии (например, пониженное или повышенное напряжение, фазовый сдвиг тока и напряжения и т.д.) уменьшает технический ресурс электроприборов и создает условия для возникновения в них пожароопасных отказов [64], т.е. увеличивает вероятность пожаров по электро-техническим причинам [45].

Рис. 8.5. Сезонные изменения причин и мест возникновения пожаров

Одним из первых изобретений в области контроля качества потребляемой электроэнергии явился «Статистический анализатор качества и учета расхода электроэнергии» [68], где при измерении и оцифровке кривой переменного напряжения сети, осуществлялось выделение отклонений от установленных ГОСТ 13109-97 значений, которые запоминались, и по истечении требуемого времени (сутки, неделя, месяц) по определенным алгоритмам определялись:

$$W = W_{\text{д}} + W_{\text{нд}}, \quad (8.1)$$

где W — общее количество электроэнергии, отпущенной потребителю за время t ; $W_{\text{д}}$ — количество израсходованной электроэнергии при допустимых отклонениях; $W_{\text{нд}}$ — количество израсходованной электроэнергии при недопустимых отклонениях.

Комбинирование в электросчетчике пожарных извещателей с аспирационной системой, позволило обеспечить раннее обнаружение пожара в квартире или индивидуальном жилом доме, где такой электросчетчик установлен, а также включить звуковое оповещение о пожаре и передать вызов в ближайшую пожарную часть [65, 69].

Однако, для нормального функционирования электроприборов и обеспечения их пожарной безопасности, недостаточно одного контроля за качеством потребляемой электроэнергии — необходимо «сглаживать не качественность доставки» электроэнергии потребителю, что успешно выполняется регуляторами реактивной мощности, которым электросчетчик-извещатель был дополнен [94].

В последние годы участились случаи утечки и взрывов бытового газа и пожаров от этого, в связи с чем, возникла идея разработать сопряжение электросчетчика-извещателя с газовым счетчиком с запорным электромагнитным клапаном и датчиком утечки газа (например, «ГРАНД»), который имеет разъем подключения и к компьютеру, и для съема данных потребления газа, и для управления перекрытием газового ввода электромагнитным клапаном [76].

В этом случае, как показали исследования [57, 58], формулу пожарно-энергетического вреда (ПЭВ) можно представить, как сумму произведений потребленной электроэнергии и газа на соответствующие константы и вероятности пожаров от электрических и газовых приборов:

$$\text{ПЭВ} = k_{\text{дж}} \cdot (P_{\text{д}} \cdot W_{\text{д}} + P_{\text{нд}} \cdot W_{\text{нд}}) + q_{\text{г}} P_{\text{г}} \cdot W_{\text{г}}, \quad (8.2)$$

где ПЭВ — пожарно-энергетический вред за время t ; $k_{\text{дж}}$ — коэффициент перевода киловатт/час в Джоули (3,6 мДж); $P_{\text{д}}$ — вероятность пожара по электротехническим причинам при допустимых отклонениях параметров

электроэнергии; W_d — количество потребленной электроэнергии при допустимых отклонениях её параметров; $W_{нд}$ — количество потребленной электроэнергии при не допустимых отклонениях её параметров; q_r — теплотворная способность газа (35 МДж/м³); W_r — общее количество газа, израсходованное потребителем за время t ; P_r — вероятность пожара от газовых приборов.

Нетрудно видеть, что применение газового счетчика с запорным клапаном и датчиком утечки газа, позволит снизить вероятность взрывов и/или пожаров от газовых приборов потребителя. Однако они не смогут защитить от утечки бытового газа извне (внешнего газопровода, соседней квартиры и т.д.). Только применение установок газового пожаротушения, которые понижают концентрацию кислорода в защищаемых помещениях, например, мембранные сепараторы воздуха [96–98] или термоманнитные сепараторы воздуха [37, 60], могут осуществить полное подавление определяемого ПЭВ и обнаруженных ОФПВ в жилом секторе через аспирационную систему ЭГСИ [100].

8.2.2. Термоманнитные сепараторы воздуха (ТМСВ)

Хорошо известно, что наименьший ущерб электроприборам, книгам, вещам, мебели другим приборам и предметам быта наносит газообразный азот, который давно применяется для объемного тушения пожаров в библиотеках и на других объектах, где сохранность радиоэлектронного оборудования и вычислительной техники является определяющим. И естественно возникает идея использовать трубопровод аспирационной системы, для закачивания через нее в каждую комнату газообразного азота и, подавления, таким образом, возникшего загорания [96, 96, 100].

С точки зрения безопасности, надежности и экономичности, мембранные и термоманнитные сепараторы воздуха находятся вне конкуренции с баллонными системами:

- помимо габаритов и необходимости специального контроля и перезарядки, баллоны со сжатым азотом в квартире — дополнительная опасность (даже если предусмотреть для них специальный отсек в коридоре или на лестничной клетке), а также конечный объем азота, которого может и не хватить, для подавления загорания, плюс не такая высокая эффективность, как у двух остальных, т.к. при вводе азота не происходит удаления кислорода из помещений, а происходит только его флегматизация, т.е. разбавление [96];

- ММАУ и ТМСВ, сепарируя азот из окружающего воздуха и, направляя его в трубы аспирационной системы, удаляют кислорода (например, в вентиляционную систему), значительно ускоряя снижение

концентрации кислорода в помещениях, а также не требуют никаких перезарядок, работая до полного подавления загорания.

Однако существенным недостатком ММАУ является тот факт, что для «выхода на рабочий режим» необходимы десятки минут, и давление, при котором полуволоконные мембраны работают эффективно, составляет 35 атмосфер, в связи с чем, требуется дросселирование, чтобы не разорвать трубы (полимерные) аспирационной системы [98].

Термомагнитный сепаратор воздуха (ТМСВ) представляет собой трубу, свернутую в спираль (рис. 8.6), на внешней стороне которой установлены постоянные магниты, а на внутренней – вихревые охладители воздуха Азарова [101].

Рис. 8.6. ТМСВ:
а – единичный виток; б – сепаратор в сборе

Посередине канала ТМСВ установлена наноперегородка из пористого алюминия (рис. 8.7), разделяющая его на «парамагнитный» – кислородный подканал и «диамагнитный» – подканал с инертными газами.

ТМСВ, являющийся так же, как и МАУ, «бесконечным источником огнетушащего состава» и кислорода, базируется на уравнении движения газа (уравнение Эйлера) в магнитном поле, через v – поле вектора скоростей газа, p – давление газа, α – магнитную поляризуемость отдельной молекулы и H – напряженность магнитного поля [60]:

$$\rho \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla) \cdot v \right) = -grad(p) - \rho \cdot grad \left(-\frac{\alpha H^2}{2m} \right). \quad (8.3)$$

Рис. 8.7. Схема расположения магнитов, воздухоохладителей и наноперегородки

Подставляя в формулу (8.3) уравнение состояния идеального газа $pV = NkT$, и выражая плотность газа через его давление $p = nkT = \rho kT/m$, получим выражение для плотности молекул газа в виде распределения Больцмана

$$\rho = \rho_0 \cdot \exp\left(\frac{\alpha H^2}{2kT}\right) = \rho_0 \cdot \exp\left(-\frac{U}{kT}\right), \quad (8.4)$$

где $U = -\alpha H^2/2$ — потенциальная энергия отдельной молекулы газа, обладающей пара- или диамагнитными свойствами, находящейся во внешнем неоднородном магнитном поле.

Для кислорода, обладающего парамагнитными свойствами, средняя магнитная поляризуемость отдельной молекулы α — положительна ($+3396 \cdot 10^{-6}$), а для остальных атмосферных газов, в т.ч. азота ($N_2 = -12 \cdot 10^{-6}$), обладающих диамагнитными свойствами, магнитная поляризуемость отдельной молекулы α — отрицательна. Поэтому плотность кислорода увеличивается в области сильного магнитного поля в соответствии с уравнением (8.4), а плотность азотной компоненты — уменьшается, в зависимости от квадрата напряженности магнитного поля внутри канала сепаратора. Для уменьшения процесса диффузионного восстановления разности концентраций диамагнетиков и кислорода, установлена наноперегородка из пористого алюминия, разделяющая канал на «парамагнитный» и «диамагнитный» подканалы, разность температур между которыми осуществляют вихревые воздухоохладители Азарова [101].

Принимая во внимание вышеизложенное, можно сделать вывод, что самой «быстрой и надежной» системой пожарной сигнализации является аспирационная система, в которой, для достоверного обнаружения опасных факторов пожара, используются три разных датчика

(тепловой, дымовой и газовый), а ее трубопровод охватывает все помещения квартиры, в отверстия которого всасывается воздух, проходящий через камеру с указанными датчиками, чем и обусловлено раннее обнаружение пожара.

Таким образом, новый способ [60, 65] диагностики и подавления пожарно-энергетического вреда (ПЭВ) и опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) от бытового газа в жилых зданиях с помощью электро-газо-счетчика-извещателя, совмещенного с термоманитным сепаратором воздуха, превращает его электро-газо-счетчик-подавитель ПЭВ и ОФПВ, то есть, по мнению авторов, в элемент самоорганизации пожаровзрывобезопасности в жилом секторе (рис. 8.8), и в первую очередь в жилых домах сельских населенных пунктов [57].

8.2.3. Состав ЭГСП ПЭВ и ОФПВ

Электро-газо-счетчик-подавитель ПЭВ и ОФПВ (рис. 8.8) содержит корпус (1), камеру (1.1) с датчиками утечки газа (1.7) и монооксида углерода (1.3), тепловым (1.2) и дымовым (1.4) датчиками, состыкованную с электровентилятором (1.5), разъемом для разветвитель блока сепарации воздуха (2) с электромагнитными клапанами (2.1, 2.4 и 2.5) соединения с аспирационным трубопроводом (1.6) и с сепаратором воздуха (8), блок питания с аккумулятором (5), который обеспечивает подзарядку аккумулятора от электросети, работу контроллера (3) и GSM-радиомодема (6), ЖКИ и пьезо-модуля (7), датчиков, электромагнитных клапанов БСВ (2), электровентилятора (1.5) и блока компенсации реактивной мощности (4). Газовый счетчик с датчиком утечки газа и электромагнитным клапаном (9) устанавливается на газопроводе и имеет автономное питание от батареи. Если используется термоманитный сепаратор воздуха (8), то он запитывается от ЭГСП и устанавливается рядом с ним, а если сепаратор мембранный, то он запитывается от 3-фазной сети и устанавливается в соседнем помещении или в подвале.

Корпус (1) предназначен для защиты блоков ЭГСП от повреждений и присоединения его к блоку (2) сепарации воздуха (БСВ) с помощью разъема разветвителя с электромагнитным клапаном (2.1), который в исходном состоянии закрывает «азотный канал» трубопровода (2.3), соединяемый с сепаратором воздуха (8), подключая аспирационную систему (1.6) к камере (1.1) с датчиками ОФП (1.2–1.4, 1.7). В исходном состоянии остальные (входные) электромагнитные клапаны (2.4 и 2.5) БСВ закрывают и «воздушный» (2.2), и «азотный» (2.3) каналы трубопроводов к сепаратору (8).

Электроventильатор (1.5) предназначен для засасывания воздуха из защищаемых помещений (6) и прокачивания его через камеру (1.1), в которой установлены датчики ОФПВ (1.2–1.4, 1.7).

Дымовой (фотоэлектрический) датчик (1.4) определяет наличие дыма, путем обнаружения поглощения оптического излучения в камере (1.1), где расположена пара «светодиод-фотоэлемент», через которую прокачивается воздух из защищаемых помещений (10).

Тепловой (термисторный) датчик (1.2) измеряет температуру прокачиваемого воздуха из защищаемых помещений (10).

Датчик (металлооксидный) монооксида углерода (1.3) реагирует на угарный газ (СО), выделяющийся при тлении или горении материалов.

Датчик (инфракрасный) утечки природного газа (1.7) определяет концентрацию природного газа.

Подключение ЭГСП к электросети производится через блок КРМ (4), в котором находится конденсаторная батарея (рис. 8.9), подключаемая оптосимисторами с помощью потенциального управления полевыми транзисторами каналами ЦАП (3.3), в соответствии с текущим значением «косинуса фи», который определяется в результате 3-кратного синхронного измерения напряжения и тока с помощью АЦП (3.2) и коммутатора (3.1) контроллером (3), который по этим же данным вычисляет активную, реактивную и общую мощность, выделяя потребление «качественной» и «не качественной» электроэнергии, а также получая объем потребленного газа из газового счетчика (9), умножая которые на «записанные в ПЗУ госпожнадзором» вероятности, и суммируя с визуализирует ПЭВ на ЖКИП-модуле (7), и передает их через GSM-радиомодем (6) в энергоснабжающие компании.

Рис. 8.9. Принципиальная схема блока КРМ

ЖКИП-модуль (7) предназначен для отображения потребленных количеств электроэнергии (кВт/ч) и газа (куб.м.), и в соответствии

с действующими тарифами в рублях суммы оплаты за них. При этом он отображает в рублях пожарно-энергетический вред, подлежащий оплате в виде пожарно-электрического налога, а также включает мигающую подсветку и сирену/речевое сообщение – при обнаружении ОФПВ в защищаемых помещениях.

GSM-радиомодем (6) предназначен для передачи в энерго- и газоснабжающие организации данных о потреблении энергоресурсов и о величинах пожарно-энергетического вреда и налога, а при утечках бытового газа и загораниях – в пожарную охрану, энерго- и газоаварийные службы SMS-сообщений и сигналов вызова, с сохранением подтверждения об их приёме, при включении мигающей подсветки и сирены/речевого сообщения при обнаружении ОФПВ в защищаемых помещениях (10).

8.2.4. Устройство и работа газового счетчика с электромагнитным клапаном

Выше были приведены внешний вид (рис. 5.2) и схемы подключения газового счетчика с электромагнитным клапаном «ГРАНД» (рис. 5.3–5.5), поэтому кратко опишем его основные технические решения и характеристики [76], удовлетворяющие требованиям стыковки с ЭГСП.

8.2.4.1. Приведение объема газа к стандартным условиям основано на измерении объема газа при рабочих условиях преобразователем расхода, измерении давления и температуры газа встроенными датчиками и вычислении объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, с учетом условно-постоянных параметров свойств газа: состава газа и плотности газа при стандартных условиях.

Давление газа и коэффициент сжимаемости могут быть приняты за условно-постоянные параметры и вводиться в счетчики как фиксированные значения физических величин.

Принцип действия преобразователя расхода газа основан на зависимости частоты колебаний струи в струйном генераторе от расхода газа. Колебания струи в струйном генераторе преобразуются пьезоэлементом в электрический сигнал, пропорциональный объемному расходу газа, прошедшему через счетчик, который преобразуется в аналого-цифровом блоке в величину объема газа и регистрируется с нарастающим итогом.

8.2.4.2. Счетчик состоит из следующих частей и блоков:

- преобразователя расхода газа – струйного генератора и пьезоэлемента;
- встроенного преобразователя температуры;
- встроенного преобразователя давления (в зависимости от исполнения);
- аналого-цифрового блока;

- вычислительного блока;
- интерфейсного блока;
- элементов питания;
- корпуса счетчика с присоединительными патрубками;
- модема (GSM/GPRS – в зависимости от исполнения);
- запорного клапана (в зависимости от исполнения).

8.2.4.3. В зависимости от максимального избыточного давления счетчики имеют следующие исполнения:

- исполнение А – максимальное избыточное давление до 5 кПа включительно;
- исполнение В – максимальное избыточное давление до 300 кПа включительно.

В зависимости от диапазона температуры окружающей среды счетчики имеют следующие исполнения: – исполнение Н – от минус 20 до плюс 60 °С; – исполнение Х – от минус 40 до плюс 60 °С.

8.2.4.4. В зависимости от состава и метода приведения к стандартным условиям счетчики имеют следующие исполнения:

- исполнение Т- для измерений объема газа при рабочих условиях и вычисления объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям с измерением температуры газа и принятии параметров давления и коэффициента сжимаемости как условно постоянных величин;

- исполнение ТР- для измерений объема газа при рабочих условиях и вычисления объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям с измерением давления и температуры газа и принятии коэффициента сжимаемости как условно постоянной величины;

- исполнение ТРz- для измерений объема газа при рабочих условиях и вычисления объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям с измерением давления, температуры газа и автоматическим вычислением коэффициента сжимаемости.

8.2.4.5. В зависимости от исполнения, счетчик может быть изготовлен с произвольным набором функций из следующего перечня:

- с коррекцией по температуре и давлению (температура измеряется встроенным датчиком, давление и коэффициент сжимаемости вводятся как условно постоянные величины – по методу Т-пересчет);

- с коррекцией по температуре и давлению (температура и давление измеряются встроенными датчиками – по методу рТ-пересчет (коэффициент

сжимаемости вводится как условно постоянная величина) или рTZ-пересчет (автоматическое вычисление коэффициента сжимаемости);

- с запорным клапаном;
- с возможностью подключения дополнительных устройств (наличием дискретного входа и/или импульсного выхода).

8.2.4.6. В качестве встроенных элементов питания используются две литиевые батареи ER26500(M). Срок службы батареи не менее 5 лет при 4 операциях связи в месяц (2 раза выход на связь и 2 перезапроса) при соблюдении указанных температур.

8.2.4.7. Отсчетное устройство счетчика — 10-символьный жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), показывающий значение измеренного объема с точностью до 0,001 куб. м.

8.2.4.8. В зависимости от исполнения счетчика обмен данными может осуществляться посредством встроенного модема по сети GPRS. Передача информации от диспетчерского пункта (далее — ДП) может осуществляться через сервер.

8.2.4.9. В зависимости от исполнения счетчика имеется возможность подключения счетчика к контроллеру/компьютеру через USB (рис. 5.3).

8.2.4.10. В зависимости от исполнения счетчика обеспечивается возможность подключения датчика загазованности с «сухим контактом». Кабель должен обеспечивать замыкание 3-го и 5-го контактов разъема RJ11 через «сухой контакт» датчика загазованности. Кабель в комплекте не поставляется и подлежит обжимке перед монтажом на объекте (рис. 5.4).

8.2.4.11. В зависимости от исполнения счетчика, для дистанционного снятия показаний есть импульсный выход. Подключаемое устройство счета импульсов должен иметь входное сопротивление не менее 1 МОм и емкость не более 100 пФ. (рис. 5.5).

8.2.4.12. В счетчике, в зависимости от исполнения, предусмотрен запорный клапан, который контролирует подачу газа потребителю. При этом работа клапана в счетчике предусматривает:

- 1) При превышении расхода клапан не закрывается, но счетчик отправляет сигнал на диспетчерский пункт.
- 2) Открытие/закрытие клапана по команде с диспетчерского пункта.

8.2.5. Описание работы ЭГСП ПЭВ и ОФПВ

ЭГСП приводится в действие подключением к однофазной электрической сети (L1, N), но может реализовываться и в 3-фазной модификации [114]. Сетевое напряжение запускает блок питания (5) и заряжает аккумулятор, питающий ЭГСП. Воздух из защищаемых помещений через аспирационный трубопровод (1.6) и разветвитель (2.1) прокачивается электровентилятором (1.5) через камеру (1.1), в которой установлены датчики утечки бытового газа (1.7) и монооксида углерода (1.3), тепловой (1.2) и дымовой (1.4) датчики, сигналы от которых поступают на коммутатор АЦП (3.1) и оцифровываются АЦП (3.2), которые идентифицирует контроллер (3), определяя утечку бытового газа и загорание в защищаемых помещениях по сравнению с сигналами от указанных датчиков, соответствующих уставкам (критическим значениям и их производным) ОФПВ, с целью отсеивания ложных срабатываний. При обнаружении пожара в защищаемых помещениях (10) передается сигнал на ЖКИП-модуль (7), который включает мигающую подсветку и сирену/речевое сообщение – при обнаружении ОФПВ в защищаемых помещениях, после чего контроллер (3) максимальным потенциальным уровнем от ЦАП (3.3) отключает через блок КРМ (4) электросеть в защищаемых помещениях (10), и через соответствующий порт (3.4) включает сепаратор воздуха (8), коммутируя трубопроводы, идущие от него с помощью электромагнитных клапанов (2.4, 2.5 и 2.1) в БСВ (2), а через соответствующие порты (3.5–3.7) – с защищаемыми помещениями, передавая через GSM-радиомодем (6) соответствующие сообщения в пожарную часть и владельцу. Аналогичный алгоритм реализуется при обнаружении утечки бытового газа с оповещением газоаварийной службы.

В блоке КРМ находится (рис. 8.9) конденсаторная батарея, подключаемая оптосимисторами с помощью потенциального управления полевыми транзисторами каналами ЦАП (3.3), в соответствии с текущим значением «косинуса фи», который определяется в результате 3-кратного синхронного измерения напряжений и вычисления напряжения и токов по формуле (6.4) с помощью АЦП (3.2) и коммутатора (3.1) контроллером (3), который по этим же данным вычисляет активную, реактивную и общую мощность, выделяя потребление «качественной» и «не качественной» электроэнергии, умножая которые на константы и «записанные в ПЗУ госпонадзором» вероятности, визуализирует пожарно-электрический вред на экране ЖКИ-пьезомодуля (7), и передает их через GSM-радиомодем (6) в энергоснабжающую компанию и энергонадзор.

Вычисление фазного тока осуществляется по формуле:

$$I = \frac{U - U_t}{R_t}, \quad (8.5)$$

где U — напряжение фазы на вводе; U_t — напряжение после триака; R_t — динамическое сопротивление триака в открытом состоянии (0,012–0,015 Ом).

Количества потребленной электроэнергии с допустимым качеством и — недопустимым, а также объем газа умножаются на соответствующие константы и вероятности пожаров по электротехническим и газовым причинам, и в результате их суммирования визуализируются в пожарно-энергетический вред (ПЭВ), при недопустимых значениях которого, т.е. при пожароугрожаемых значениях параметров электроэнергии и утечке бытового газа, перекрывает подачу газа в газовом счетчике (9), обесточивает через блок КРМ (4) электросеть в защищаемых помещениях, сообщая через GSM-радиомодем (6) в энергонадзор/газовую аварийную службу и владельцу, и подключает через БСВ (2) термоманитный сепаратор воздуха (8).

8.3. Модель внедрения ЭГСП ПЭВ и ОФПВ

Предлагаемый способ и устройства позволяют реализовать их внедрение с помощью реинвестиционной модели системы адаптивного пожарно-электрического налогообложения физических и юридических лиц не только в жилом секторе, но и на всех объектах промышленности, торговли, агропромышленного комплекса, здравоохранения, образования, науки и культуры [22, 25–27].

Дело в том, что ст. 11 ФЗ-100 «О добровольной пожарной охране» предусматривает, что «...финансовое и материально-техническое обеспечение деятельности добровольной пожарной охраны осуществляется за счет собственных средств, взносов и пожертвований, средств поддержки, оказываемой органами государственной власти и органами местного самоуправления...» [115].

Это ещё одно доказательство бессистемности ФЗ-100, т.к. денег у органов местного самоуправления постоянно не хватает (не только на пожарную безопасность), а взносов и пожертвований на эти цели не дождался ещё никто!

Как показано в разделе I, для организации внедрения ЭГСП ПЭВ и ОФПВ в каждом жилом доме необходимы значительные финансовые средства. Поэтому и было предложено создать систему налогообложения для всех объектов (физических и юридических лиц), путем введения

адаптивного пожарно-энергетического налога (АПЭН), величина которого для каждой административно-территориальной единицы (АТЕ) должна зависеть от текущих вероятностей пожаров, происходящих от электрических, газовых приборов, угольных печей и других устройств преобразования энергоресурсов, умноженных на тарифы оплаты за указанные энергоресурсы и на их фактическое потребление каждой семьей и каждым юридическим лицом [58]:

$$\text{АПЭН} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot V_i \cdot P_i}{K_{\text{АТЕ}}}, \quad (8.6)$$

где T_i — соответствующие тарифные ставки в АТЕ за энергоресурсы; V_i — фактически потреблённый объем энергоресурсов (кВт/ч, кубометр и т.д.) за период налогообложения; P_i — текущие вероятности пожаров в АТЕ от приборов, использующих энергоресурсы; $K_{\text{АТЕ}}$ — «коэффициент адаптивности», который при начале внедрении АПЭН равен 1, а затем увеличивается, снижая тем самым налог, синхронно с повышением пожарной безопасности населения в конкретной АТЕ.

Таким образом, вводя и оптимизируя АПЭН, величина которого изменяется для физического и юридического лица в соответствии с произведенной (потребленной) пожаровзрывоопасностью (защитой), и, аналогично распределяя средства «внутри инфраструктуры», где налогооблагаемая база «живет и функционирует», получим эффективную систему финансирования противопожарных мер, ДПФ и ВДПО. Существенным при этом с точки зрения самоорганизации является то, что АПЭН должен быть только «местным налогом», а не федеральным, т.к. зависит от конкретной «пожарно-энергетической инфраструктуры» АТЕ [48, 57].

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Энциклопедия кибернетики /в двух томах под ред. акад. Глушкова В.М. / т. 1. — Киев: АН УССР (Гл. ред. УСЭ), 1974.
2. Гаврилей В.М., Ширяев В.Н. Оптимизация деления территории города на районы выезда пожарных частей // «Экономика в пожарной охране»: сб. н. тр — М.: ВНИИПО, 1978, с. 31-34.
3. Кабанец Е.Е. Классификация пожаров для оценки и прогнозирования оперативной обстановки // Организационно-управленческие проблемы пожарной охраны: сб.н.тр.: — М.: ВНИИПО, 1986, с. 47-52.
4. Статистика пожаров / Руководство пользователя — версия 05.10.95 / М., ВНИИПО, 1995. 50 с.
5. Белозеров В.В., Бойко С.И. Моделирование оперативно-тактической деятельности гарнизонов пожарной охраны // Ежегодная международная научно-техническая конференция Системы безопасности. СБ-2000: сб. мат. 9-й Межд.конф. — М.: АГПС РФ, 2000, с. 135-138.
6. Белозеров В.В., Глушко А.А., Кононенко Р.А. Дифференциальная модель решения оперативно-тактических задач противопожарной службы // Ежегодная международная научно-техническая конференция Системы безопасности. СБ-2004: сб. мат. 13-й Междунар. конф. — М.: АГПС МЧС РФ, 2004, с. 285-288.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике /для инженеров и учащихся ВТУЗОВ / М.: Физматгиз, 1962. 608 с.
8. Двайт Г.В. Таблицы интегралов и другие математические формулы — М.: Наука, 1983. 172 с.
9. Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям — М.: Статистика, 1980. 95 с.
10. Теребнев В.В., Грачев В.А., Подгрушный А.В., Теребнев А.В. Пожарно-строевая подготовка // Уч.пос. М.: Академия ГПС МЧС РФ, Колан-Форт, 2004. 336 с.
11. НОРМАТИВЫ по пожарно-строевой подготовке / утверждены ГУГПС МВД России 28.12.94 № 20/3.1/2188. М.: МВД РФ, 1994. 35 с.
12. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. М.: Стройиздат, 1981. — 96 с.
13. Белозеров В.В. Информационные технологии и компьютерное моделирование в задачах безопасности жизнедеятельности // «Современные информационные технологии в образовании ЮФО»: материалы научно-методич. конф. «СИТО-2009» — Ростов н/Д: ЮГИНФО, 2009, с. 42-47.

14. Белозеров В.В., Гаврилей В.М. Концепция мониторинга ноосферы и прогнозирование аварий и пожаров // Проблемы предотвращения и тушения пожаров на объектах народного хозяйства: материалы XI науч.-практ. конф. М.:ВНИИПО, 1992, с. 32-35.

15. Белозеров В.В., Иванников В.Л., Топольский Н.Г., Шпак Л.А. Новые средства оценки пожарной опасности и предотвращения пожаров в изделиях электронной техники и электроустановках // «Проблемы пожарной безопасности АЭС»: сб. тр. семинара, Нетежин, 28.09-02.10.92/ Хмельницкая АЭС. — М.: Интератомэнерго, 1992, с. 18-27.

16. Баранов П.П., Белозеров В.В., Ворович И.И., Кураев Г.А., Панич А.Е., Труфанов В.Н., Топольский Н.Г. Методология оценки и управления безопасностью техносферы // «Техносферная безопасность»: материалы 7-й Всерос. науч.-практ. конф.- Ростов н/Д: РГСУ (ЮРО РААСН), 2002, с. 67-73.

17. Белозеров В.В., Босый С.И., Мотин В.Н., Панич А.Е. Вероятностно-физические модели надежности, качества и безопасности в высоких технологиях приборостроения // «Техносферная безопасность. Надежность. Качество. Энергосбережение.»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. — Ростов н/Д: РГСУ (ЮРО РААСН), 2003, с. 519-530.

18. Белозеров В.В., Богуславский Е.И., Топольский Н.Г. Модель оптимизации социально-экономических потерь от пожаров // Проблемы информационной экономики. Вып. VI. «Моделирование инновационных процессов и экономической динамики»: сб. науч. трудов, под ред. Р.М.Нижегородцева. — М.: ЛЕНАНД, 2006, с. 226-247.

19. Белозеров В.В. ИКТ и компетентностный подход к безопасности жизнедеятельности в условиях реализации инновационных программ в образовании // «Психолого-педагогические исследования качества образования в условиях инновационной деятельности образовательного учреждения»: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. — Славянск-на-Кубани: Изд.центр СГПИ, 2009, с. 34-37.

20. Белозеров В.В., Гаврилей В.М., Любимов М.М. К вопросу о системах комплексной безопасности // «Глобальная безопасность». — 2009. — № 1, с. 144-151.

21. Черная Л.В. Оптимизация мобилизации сил и средств пожарной охраны при пожаре / Дипл. работа. — Новочеркасск: НПИ, 1985. 123 с.

22. Мирошникова С.В. Моделирование движения пожарной техники на пожар / Дипл. работа — Новочеркасск: НПИ, 1985. 96 с.

23. Белозеров В.В., Березин В.А., Максимчук В.М., Малинин Н.Н. Оптимизация оперативно-тактической деятельности гарнизонов пожарной охраны // Проблемы предотвращения и тушения пожаров на объектах народного хозяйства: материалы VII научно-практ.конф. М.: ВНИИПО, 1987, с. 148-149.

24. Молчадский И.С., Зернов С.И. Определение продолжительности начальной стадии пожара // Пожарная профилактика: сб. науч. тр. — М.:ВНИИПО, 1981, с. 26-45.

25. Колганов В.А., Белозеров В.В., Бойко С.И. Метод обоснования автоматизированной системы обнаружения и сообщения о пожаре // Организационно-управленческие проблемы пожарной охраны: сб. н. тр. М.: ВНИИПО, 1986, с. 56-63.

26. Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика — М.: Стройиздат, 1984. 590 с.

27. Белозеров В.В. и др. Адаптивная система пожарной безопасности жизнедеятельности // Наука и будущее: идеи, которые изменяют мир: материалы Междунар. конф. / 15-19.04.2005, Москва, ГГМ им. В.И. Вернадского РАН. — М.: Фонд «Наука и будущее», 2005, с. 20-25.

28. Тербнев В.В., Грачев В.А., Подгрушный А.В., Тербнев А.В. Пожарно-строевая подготовка / Уч.пос. — М.: Академия ГПС МЧС РФ, Колан-Форт, 2004. 336 с.

29. Афанасьев В.В., Белозеров В.В., Киреев Ю.А. Проектирование автоматизированной системы управления пожарной охраной региона // Техника пожарной и охранной сигнализации : сб. науч. тр. — М.: ВНИИПО, 1985, с. 82-85.

30. Техничко-экономическое обоснование автоматизированной системы взаимодействия аварийных служб Ростовской области (АСВАС). — М.: ВНИИПО, 1985. -109с.

31. Белозеров В.В., Плахотников Ю.Г. Модель вычислительно-связной системы с пассивной локацией радиообъектов, для обеспечения безопасности жизнедеятельности // «Техносферная безопасность, надежность, качество, энергосбережение»: мат-лы Всерос. науч.- практ. конф. — Ростов н/Д: РГСУ (ЮРО РААСН), 2009, с. 332-342.

32. Лихачев М.С., Радкевич И.Л., Стрельников Г.И. Математическое моделирование системы централизованной охраны // Техника охранной и пожарной сигнализации: сб. н. тр.- М.: ВНИИПО, 1983, с. 99-105.

33. Шаровар Ф.И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации — М.: Стройиздат, 1983. 231с.

34. Буцынская Т.А., Шакирова А.Ф. Классификатор приёмно-контрольных приборов систем тревожной сигнализации // Ежегодная международная научно-техническая конференция. Системы безопасности. СБ — 2009: мат-лы 18-й международной. конф. — М: АГПС МЧС РФ, 2009, с. 71-74.

35. Кавтырев А.В. Безопасность боевого расчета при движении к месту пожара // Безопасность людей на пожарах: сб. науч. тр. — М.: ВНИИПО, 1982, с. 65-71.

36. Белозеров В.В., Жигула И.А., Мельниченко Н.А., Прус Ю.В. Геоинформационные системы и безранговый метод привлечения сил и средств на пожар // Техносферная безопасность. Надежность. Качество. Энергосбережение: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ростов н/Д: РГСУ (ЮРО РААСН), 2005, с. 388-393.

37. Белозеров В.В. О применении термомангнитных сепараторов воздуха // Ежегодная международная научно-техническая конференция. Системы безопасности. СБ – 2009; мат-лы 18-й междунар. конф. – М.: АГПС МЧС РФ, 2009, с. 69-73.

38. Белозеров В.В., Видецких Ю.А., Викулин В.В., Гаврилей В.М., Мешалкин Е.А., Назаров В.П., Новакович А.А., Прус Ю.В. «БАКСАН-ПА»: автомобиль скорой пожарной помощи // Современные наукоемкие технологии. № 4. 2006, с. 87-89.

39. Белозеров В.В., Бушкова Е.С., Ушак А.Т., Прус Ю.В., Топольский Н.Г. Геоинформационная вероятностная физико-химическая модель пожарной безопасности техносферы // «Техносферная безопасность»: сб. мат-лов 7-й Всерос.науч.-практ.конф. / 2 ч. Ростов н/Д: РГСУ, 2002, с. 27-33.

40. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений / Утверждена Постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума АН СССР от 8 сентября 1969 г. № 40/100/33 Госстроя СССР/.

41. Лебедкин Н.А. Новые методы расчета эффективности инвестиций в угольной промышленности // Уголь. № 1 (969). 2007, с. 37-39.

42. Инструкция по определению экономической эффективности новой пожарной техники, пожарно-профилактических мероприятий, изобретений и рационализаторских предложений в области пожарной защиты – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1980. 109с.

43. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» / МДС 21-3.2001 – М.: ЦНИИпромзданий, 2001. 44 с.

44. 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» – Российская газета № 163 2008.

45. ГОСТ 12.1.004 Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд.стандартов, 1992. 77 с.

46. Белозеров В.В., Прус Ю.В., Топольский Н.Г. Информационно-компьютерные технологии в реализации технического регламента о требованиях пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности. 2010. № 2 (30). 13 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb>.

47. Белозеров В.В. Автоматизированная система испытаний материалов электротехнической и радиоэлектронной промышленности с контролем их пожарной опасности: дис. канд. тех. наук. — М.: АГПС МЧС России, 2008. 153 с.

48. Белозеров В.В. Методы, модели и средства автоматизации управления техносферной безопасностью: дис..... д-ра тех. наук. Ростов н/Д: ЮФУ, 2012. 422 с.

49. Белозеров В.В. О применении закона больших чисел при статистическом анализе пожаров // Технологии техносферной безопасности. 2010. № 2 (30). 14 с. — <http://ipb.mos.ru/ttb>.

50. Микеев А.К. Социально-экономические и технические проблемы совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности в стране: дис...д-ра эк. наук — М.: ВНИИПО МВД РФ, 1991. — 386 с.

51. Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский, Н.Е. Прогнозирование, анализ и оценка пожарной безопасности / Уч. пособие под ред. проф. Богуславского Е.И. — Ростов н/Д: РГСУ, 2004. — 151 с.

52. Белозеров В.В., Скородинский О.В. О модели инспектора ГПН // «Строительство-2006»: материалы межд. науч.-практ. конф. Ростов н/Д: РГСУ, 2006, с. 384-386.

53. Олейников С.Н. О финансировании добровольных пожарных формирований // Ежегодная международная научно-техническая конференция. Системы безопасности. СБ — 2012: материалы 21-й международной научно-технической конференции. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. — 4 с. URL: <http://ipb.mos.ru/sb/2012/section-4>.

54. Белозеров В.В. Повышение эффективности противопожарной пропаганды // Ежегодная международная научно-техническая конференция. Системы безопасности. СБ-2000: Материалы 9-й Межд. конф. — М.: АГПС МВД РФ, 2000, с. 138-140.

55. Э.Р. Дж. Эккерт Проблема пожаров в США // Теплопередача при пожаре. под. ред. П. Блэнкшира, пер. с англ. В.Т. Потемкина. — М.: Стройиздат, 1981, с. 7-18.

56. Ворошилова Т.А., Потемкин В.Т., Расчетин Г.А. Основы противопожарной пропаганды — М.: Стройиздат, 1984. 183 с.

57. Олейников С.Н. Модели и алгоритмы управления пожарной безопасностью жилого сектора: дис. канд. тех. наук. — М.: АГПС МЧС России, 2013. 168 с.

58. Белозеров В.В., Олейников С.Н. К вопросу об адаптивном пожарно-энергетическом налоге в обеспечении пожарной безопасности // Совершенствование теории и методологии финансов и налогообложения: мат-лы междунар. научно-практ. конф. — Йошкар-Ола: «Коллоквиум». 2012, с. 106-111.

59. Белозеров В.В., Олейников С.Н. Радиоизвещатели техносферной безопасности и её навигации с Интернет-системой их функционирования // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-13. С. 2843-2853.

60. Белозеров В.В., Босый С.И. и др. Способ термоманнитной сепарации воздуха и устройство для его осуществления // Патент на изобретение RU 2428242 12.10.2006.

61. Белозеров В.В., Борков П.В., Кобелева С.А., Клышников А.А., Олейников С.Н., Насыров Р.Р., Даминев Р.Р. Новые технологии и материалы в производстве и строительстве: вопросы проектирования, разработки и внедрения – М.: Издательство «Перо», 2012. 123 с.

62. Членов А.Н. Автоматические пожарные извещатели. – М.: НИЦ «Охрана» ВНИИПО МВД России, 1997. 51 с.

63. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Демёхин Ф.В. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: Монография. М.: Академия ГПС МЧС России. 2009. 158 с.

64. Белозеров В.В., Топольский Н.Г., Смелков Г.И. Вероятностно-физический метод определения пожарной опасности радиоэлектронной аппаратуры // Научно-техническое обеспечение противопожарных и аварийно-спасательных работ: Материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 1993, с. 23-27.

65. Белозеров В.В., Олейников С.Н. Способ определения пожарно-электрического вреда и опасных факторов пожара с помощью электросчетчика-извещателя // Патент РФ на изобретение № 2622558 от 07.09.2012.

66. Белозеров В.В., Плахотников Ю.Г., Афанасьев Н.С., Олейников С.Н., Топольский Н.Г. К вопросу об управлении пожарной и экологической безопасностью на объектах топливно-энергетического комплекса // «Геленджик-2012. Актуальные проблемы развития ТЭК регионов России и пути их решения»: мат.-лы 9-й междунар. конф. по проблеме нефтегазовости Черного, Азовского и Каспийского морей. – Геленджик: ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», 2012, с. 8-16.

67. Умный измеритель мощности электроэнергии МТ4011 – <http://www.smartron.rukatalogproductssaveenergyizmeritel-moschnosti-elektroenergii-mt4011>.

68. Ермаков В.Ф., Кушнарев Ф.А., Никифорова В.Н., Решетников Ю.М. Статистический анализатор качества и расхода электроэнергии // Патент RU 2260842 от 20.09.2005.ю

69. Олейников С.Н. Электросчетчик-извещатель пожарно-электрического вреда // Патент на полезную модель № 135437 от 16.04.2013.

70. Зайцев А.М., Черных Д.С. О системной погрешности аппроксимации температурного режима стандартного пожара математическими формулами // Пожаровзрывобезопасность. 2011. № 7, 2011, с. 14-18.

71. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие – М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000, с. 21-42.

72. Белозеров В.В. Экспериментальные методы оценки качества, надежности и безопасности электроприборов // Технологии техносферной безопасности.-2009.- № 5 (27). – 9 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb>.

73. Белозеров В.В., Олейников С.Н. О пространственно-временном статистическом анализе пожаров // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4, с. 58.

74. Корнеев В. Взрывы бытового газа в жилых домах в России в 2016 году. Досье // ТАСС: информационное агентство России. 2016. – URL: <http://tass.ru/info/3727196>.

75. Белозеров В.В., Гузаревич А.С. Электросчетчик-извещатель пожаровзрывоопасности // «Повышение международной конкурентоспособности российской инновационной продукции и технологий предприятий Ростовской области»: сб. научных трудов I Международной научно-практической конференции – Ростов н/Д: ДГТУ, 2016, с. 70-74.

76. Счетчики газа Гранд–SPI / Руководство по эксплуатации ТУАС.407299.002 РЭ – Ростов н/Д: ООО «Турбулентность Дон», 2015. 24 с.

77. Белозеров В.В., Воронов С.В., Торопков И.К. Заключение экспертов № 20-15/2016 от 09.09.2016 о причинах пожара рынка «Тургеневский» в г. Черкесске – Ростов н/Д: ООО «ПОЛИЭКСПЕРТ», 2016. 141 с.

78. Многофункциональные комплексы в регионах России / обзор компании GVA Sawyer – Режим доступа: <http://zдание.info/2393/2467/news/2410>.

79. «Аватри наука и технология» – инжиниринговая компания осуществляющая внедрение и системную интеграцию передовых интеллектуальных систем на различных объектах строительства. – Режим доступа: <http://ava3i.com/project/mfk-vysotskii>.

80. Бродач, М.М. Инженерное оборудование высотных зданий (2-е издание, исправленное и дополненное. – М.: Авок–Пресс, 2011. 428 с.

81. Бахмацкая, Л.С., Периков А.В. Системный анализ условий функционирования и проблем автоматизации деятельности управляющих компаний // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» – Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2017/2312/26836>.

82. Белозеров В.В., Голованев В.А., Периков А.В. Модель автоматизированной системы противопожарной защиты высотных зданий //

VII Международная студенческая электронная научная конференции «Студенческий научный форум 2016» — М.: 2016 — Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2016/1963/25023>.

83. Прус Ю.В., Белозеров В.В., Ветров В.А. Автоматизация инженерно-технической диагностики высотных зданий на основе комплексирования методов и средств неразрушающего контроля // Технологии техносферной безопасности. — 2008.— № 5. — 9 с. — Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

84. Брушлинский, Н.Н. Международная Ассоциация Пожарно-спасательных Служб. Центр Пожарной Статистики КТИФ: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ctif.org>.

85. Мешалкин Е.А. Пожарная безопасность жилых зданий // Системы безопасности. — 2013. — № 1, с. 106–109.

86. Тербнев В.В., Подгрушный А.В., Артемьев Н.С. Пожаротушение в зданиях повышенной этажности // учеб. пос. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — 117 с.

87. Казакова В.А., Терешенко А.С., Недвига Е.С. Пожарная безопасность высотных многофункциональных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2014. — № 3. С. 38–56.

88. Petrova, N. Automation of Monitoring the Thermal Conditions in a Room // N. Petrova, A. Verzhinin, S. Abramchuk, A. Pugovkin / Energy Procedia — 2016.— Volume 95, September, Pages 358–365; DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.022.

89. Белозеров В.В., Голованев В.А., Олейников С.Н., Периков А.В. Синтез синергетической системы подавления пожаровзрывоопасности жилых высотных зданий // Приоритетные задачи и стратегии развития технических наук»: сб. мат. Межд. науч.-практ. конф. — Тольятти: ФЦНО «Эвенсис», 2016, с. 12–19.

90. Булгаков И.Е. Об одной модели автоматизированной системы учета потребления горячей воды для управляющих компаний // VIII Межд. студ. науч. конф. «Студенческий научный форум 2017». — М.: 2017 — Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2017/2312/28252>.

91. Ерёмкина М.А. Развитие автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. — 2015. — № 3. — С. 135–138.

92. Кулягин И.А. Модель интеллектуализации сплит систем для обеспечения пожарной безопасности // Международный студенческий научный вестник — 2017. № 5 (ч. 1), с. 120–122.

93. Филатьева Н.А. Модель телевизора—извещателя пожаровзрывоопасности // VIII Межд. студ. науч. конф. «Студенческий научный

форум-2017» — М.: 2017 — Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2016/1963/23850>.

94. Шумченко В.С. Автоматическое обнаружение и подавление пожарно-электрического вреда в жилом секторе // VIII Межд. студ. науч. конф. «Студенческий научный форум-2017» — М.: 2017 — Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2017/2312/27296>.

95. Айдаркин Е.К., Белозеров В.В. и др. Физико-химические и хронобиологические методы и технологии в системе подавления вреда и пожарной защиты ТЭЦ // Современные наукоемкие технологии. — 2006. — № 4, с. 86–87.

96. Назаров В.П., Корнилов А.А. Экспериментальное исследование процесса флегматизации резервуаров для нефтепродуктов азотом мембранного разделения // Технологии техносферной безопасности. — 2010. — № 4 (32), 7 с. — Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

97. Назаров В.П., Теляшов Р.М. Применение инертных газов для противопожарной защиты нефтяных резервуаров при аварийных ситуациях // Совершенствование средств и способов ликвидации пожаров, аварий и катастроф: сб. н. тр — М.: ВИПТШ, 1993, с. 47–58.

98. Ворошилов И.В., Мальцев Г.И., Кошаков А.Ю. Генератор азота // Патент РФ на изобретение № 2450857 от 24.08.2010.

99. В.А. Юдин В.А., Бабуров В.П., Быстров Ю.В., Литвинов Л.В., Белокопытов О.К. Автоматическая установка азотного пожаротушения // Патент РФ № 2041724 от 29.03.1993.

100. Бахматская Л.С., Олейников С.Н., Периков А.В. Синтез аспирационного и термомагнитного методов выделения и подавления пожарно-энергетического вреда в автоматизированную систему обеспечения безопасности жилого сектора // Электроника и электротехника. — 2016. — № 2. — С. 24-30. DOI: 10.7256/2453-8884.2016.2.20898.

101. Азаров А.И. Конструктивно-технологическое совершенствование вихревых воздухоохладителей // Технология машиностроения. — 2004. — № 3. — С. 56–60.

102. Мелентьев В.С., Баскаков В.С., Шутов В.С. Способ определения коэффициента мощности // А.С. SU № 1679401 A1, G 01R21/00 от 18.07.1989.

103. Абдуллина, А. Р. Жилищно-коммунальное хозяйство в России // Молодой ученый [сайт] URL: <http://www.moluch.ru/conf/econ/archive/12/1433>.

104. Жилищный кодекс РФ. Федеральный закон РФ от 29.12.2004 № 188-ФЗ КонсультантПлюс [сайт] URL: <http://www.consultant.ru/popular/housing>.

105. Проблемы ЖКХ. Коммунальный ад // 24СМИ. Новости [сайт] URL: <http://24smi.org/article/10945/problemnyzhkh-kommunalnyj-ad.html>.

106. Управдом по лицензии // RG. RU Российская газета [сайт] URL: <http://www.rg.ru/2014/02/06/upravdom.html>.

107. Заседание Госсовета по вопросам ЖКХ // Президент России [сайт] URL: <http://www.kremlin.ru/news/18232>.

108. Экономика: Рост тарифов ЖКХ // РИА новости [сайт] URL: <http://ria.ru/economy/20130225/924495455.html>.

109. Президиум Совета по модернизации экономики и инновационному развитию России // Правительство России [сайт]. – URL: <http://premier.gov.ru/news/6477>.

110. Бахмацкая Л.С., Периков А.В. Системный анализ условий функционирования и проблем автоматизации деятельности управляющих компаний // Международный студенческий научный вестник – 2017. № 5 (ч. 1), с. 105-107.

111. Белозеров В.В., Периков А.В., Олейников С.Н. О модели безопасности энергосбережении жилых зданий // Международный студенческий научный вестник. – 2017. № 5 (ч. 1), с. 107-110.

112. Белозеров В.В., Долаков Т.Б., Олейников С.Н., Периков А.В., Прус Ю.В., Топольский Н.Г. Способ диагностики и подавления пожарно-энергетического вреда и опасных факторов пожара и взрыва от бытового газа – заявка на изобретение № 2017130268 от 28.08.2017.

113. Белозеров В.В., Долаков Т.Б., Олейников С.Н., Белозеров Вл.В. О безопасности и энергосбережении в индивидуальных жилых домах // Повышение международной конкурентоспособности российской инновационной продукции и технологий предприятий Ростовской области: сб. н. тр. I Межд. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2016. С. 34-40.

114. Периков А.В. Электросчетчик-подавитель пожарно-электрического вреда и опасных факторов пожара – заявка на полезную модель № 2017131532 от 08.09.2017.

115. Федеральный закон № 100 от 20.04.2011 О добровольной пожарной охране – <http://docs.cntd.ru/document/902276967>.

Научное издание

Белозеров Валерий Владимирович
Долаков Тимур Бекович
Олейников Сергей Николаевич
Периков Артем Валериевич

**СИНЕРГЕТИКА БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ**

Монография

Компьютерный набор, корректура
и форматирование авторов
Технический редактор Кулакова Г.А.
Подписано в печать 18.09.2017
Бумага офсетная.
Гарнитура NewtonC
Формат 60×84 1/16
Печать трафаретная. Печ. л. 11,63.
Тираж 500 экз. Заказ № 048-17.

Отпечатано в типографии ИД «Академия Естествознания»,
440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3