

## Оценка вариантов применения страховых механизмов для повышения эффективности обеспечения пожарной безопасности

С.Ю. Бутузов<sup>1</sup>, В.Я. Вилисов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва,

<sup>2</sup>Технологический университет, Королев

**Аннотация:** В работе рассмотрены принципы и алгоритмы повышения эффективности функционирования подразделений пожарной охраны за счет управленческих инноваций, в числе которых страховые принципы возмещения ущерба и финансирования подразделений Государственной противопожарной службы (ГПС), привлечение инструментов лизинга и аутсорсинга. За основу моделирования влияния инновационных факторов на эффективность ликвидации пожаров принята модель страхового обеспечения пожарных подразделений, учитывающая страховую нагрузку на группы населения РФ. В расчетах и оценках использованы официальные данные пожарной статистики и Росстата.

**Ключевые слова:** инновации, аутсорсинг, лизинг, страховой тариф, возмещение ущерба, коммерческие пожарные подразделения, сценарии применения.

### Введение

Статистические данные о результативности функционирования существующей системы реагирования на чрезвычайные ситуации (ЧС) в рамках существующей Государственной противопожарной службы (ГПС) [1] свидетельствуют о том, что еще существуют резервы повышения ее эффективности. В числе таких резервов можно рассматривать более широкое внедрение в практику инновационных форм организации и механизмов функционирования системы в целом. В мировой практике существуют примеры привлечения в экстренные службы таких организационных инноваций, как лизинг машин и оборудования, аутсорсинг части функций реагирования коммерческим пожарным подразделениям (КПП), привлечение кредитных организаций для обеспечения новых форм взаимодействия и обеспечения комплексной безопасности, использование современных систем поддержки принятия решений [2, 3]. В данной работе предпринята попытка получения оценок некоторых новых вариантов построения систем обеспечения пожарной безопасности на основе использования страховых механизмов.

---

По существующему законодательству, государство должно компенсировать ущерб, полученный гражданами от пожаров и других чрезвычайных ситуаций (ЧС). Возмещение включает компенсацию прямого материального ущерба ( $u$ ), выплаты родственникам за людей, погибших в пожарах (эта величина измеряется показателем  $R_2$ , отражающим количество людей, погибших в 100 пожарах), выплаты гражданам, травмированным при пожарах (отражается в показателе  $Q_2$ , измеряемом как количество травмированных людей в 100 пожарах). Данные категории возмещения представляют собой единовременные выплаты. Следует отметить, что существующие фонды обязательного медицинского и социального страхования частично, но незначительно, покрывают издержки, связанные с ЧС, но они в данной работе не рассматриваются.

По данным официальной статистики [4], прямой материальный ущерб от пожаров в 2018 году составил 13777 млн. руб., число погибших - около 7100 человек, травмированных – 8774 человека. Для построения оценок в работе принято, что компенсация за одного погибшего (по имеющим место прецедентам) составляет 1 млн. руб., а одному травмированному - 100 тыс. руб. Тогда общая сумма возмещения за год составляет 21,754 млн. руб. Важным показателем (среднедушевой доход - СДД), необходимым для оценивания, является величина доходов различных категорий населения. Данные Росстата по СДД в работе аппроксимированы [5]  $\gamma$ -распределением:

$$f(t) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\frac{t}{\beta}}, \quad (1)$$

где  $\Gamma(\alpha)$  – это  $\gamma$ -функция Эйлера; оценки параметров распределения, полученные их аппроксимацией, составляют соответственно: параметр формы  $\alpha = 2,33$ ; параметр масштаба  $\beta = 11,29$ ;  $t$  – это величина СДД. Другие важные характеристики  $\gamma$ -распределения — это математическое

---

ожидание СДД, составляющее 26,26 тыс. руб., медиана СДД – 22,61 тыс. руб., мода СДД – 14,97 тыс. руб.

Прожиточный минимум в России по данным Росстата в 2018 году составлял 9,691 тыс. руб., количество трудоспособного населения – 82,2 млн. чел. Из этих данных следует, что 14,2% (11,7 млн. чел.) имеют СДД ниже прожиточного минимума. Приведенные исходные данные послужили основой для построения страховой модели [6], позволившей получить оценки приемлемых страховых тарифов, достаточных для возмещения ущерба гражданам. Однако такая модель дает возможность, на основе применения страховых механизмов не только для возмещения ущерба, но и для финансирования основной деятельности пожарных подразделений, возможность исследовать более широкий круг вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности. В частности, такие весьма актуальные на сегодня вопросы, как необходимость более высокой обновляемости пожарной автотехники и оборудования [7], оснащение пожарных подразделений инновационными высокоэффективными образцами средств пожаротушения, повышение денежного довольствия личного состава и др. Некоторые варианты организации обеспечения пожарной безопасности на основе использования инноваций и рассмотрены далее.

### **Постановка задачи**

Взаимосвязь отдельных составляющих страховой модели [8] (сумм и тарифов) приведена на рис. 1.

На рисунке блок 9 представляет элемент, обеспечивающий сбор суммы ( $S_{МТО}$ ), которая может быть направлена на различные составляющие материально-технического обеспечения (МТО) противопожарной службы, как государственной (ГПС), так и коммерческих (КПП). Эта составляющая и позволяет рассматривать гипотетические варианты организации противопожарных служб.

---

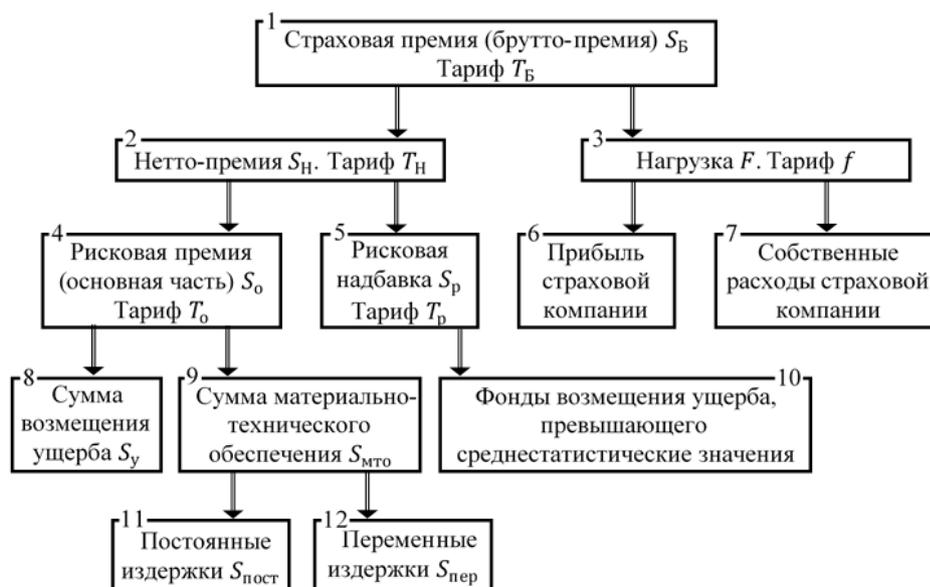


Рис. 1. Основные элементы страховой модели

Помимо элементов страховой модели, приведенных на рис.1, поясним и некоторые другие, используемые далее: *страховой суммой* ( $S_j$ ) принято называть ту сумму, на которую застрахованы риски  $j$ -го страхователя; — полный страховой фонд; *страховая (брутто-) премия* ( $S_{Bj}$ ) - это сумма, которую вносит  $j$ -й *страхователь* страховщику согласно *страховым тарифам* ( $T_B$ ), определенным договором страхования. В рассматриваемой модели значения  $T_B$  для всех страхователей одинаковы (измеряются в % от страховой суммы).

Для модели, в качестве основной, принята схема страхования, в которой страховую премию *оплачивают не все* (только та часть населения, чей СДД больше порога отсечения  $t = \tau$  на распределении (1) и рис. 2), а *страховое возмещение получают все*.

Параметр отсечения  $\tau$  позволяет варьировать размеры группы населения, с которой, как с наиболее состоятельной, взимается страховая премия. На рис. 2  $F(S_{сдд})$  -  $\gamma$ -распределение населения по величине СДД, график «Страх. премия (% от СДД)»  $\delta_m(\tau)$ , показывает, как зависит % страховой премии в среднедушевом доходе от значения отсечения ( $t = \tau$ ).

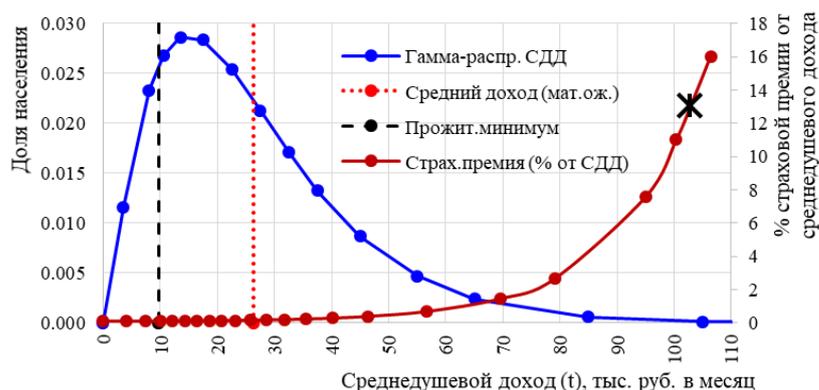


Рис. 2. Плотность распределения СДД и размер доли страховой премии как % от СДД ( $\delta_M$ )

На этой линии черным маркером-звездочкой отмечен некоторый «моральный барьер» - уровень в 13% (существующий на сегодня уровень налога на доходы физических лиц - НДФЛ), отражающий тот вариант, когда налог платят только граждане с доходом выше 103 тыс. руб. в месяц (их число - около 165 тыс. чел.). Зависимость  $\delta_M(\tau)$  аппроксимирована экспоненциальной функцией  $\delta_M(\tau) = 0,0578e^{0,0497\tau}$ , коэффициент детерминации которой достаточно высокий -  $R^2 = 0,97$ . Так, если при пороге отсека выбрать равным прожиточному минимуму ( $\tau = 9,934$  тыс.руб.), то количество плательщиков составит  $n = 70$  млн.чел. Для них доля ежемесячного платежа составит 0,12% от среднедушевого дохода. Интервалу относительно небольших значений уровня отсека (от 0,18% до 2,65% от СДД) соответствует количество плательщиков от  $n = 30$  млн.чел. до  $n = 1$  млн.чел. Эти категории трудоспособного населения имеют средний доход от 28,501 тыс. руб. до 79,041 тыс. руб. в месяц.

На рис. 3 приведена универсальная расчетная схема вычисления всех основных параметров страховой модели. Вспомогательные входные и внутренние переменные показаны двойными стрелками, жирными сплошными - параметры и показатели, а жирными пунктирными - исходные

данные. На данной схеме  $S_{МТО}$  является частью страхового возмещения, наряду с суммой возмещения ущерба ( $S_y$ ).

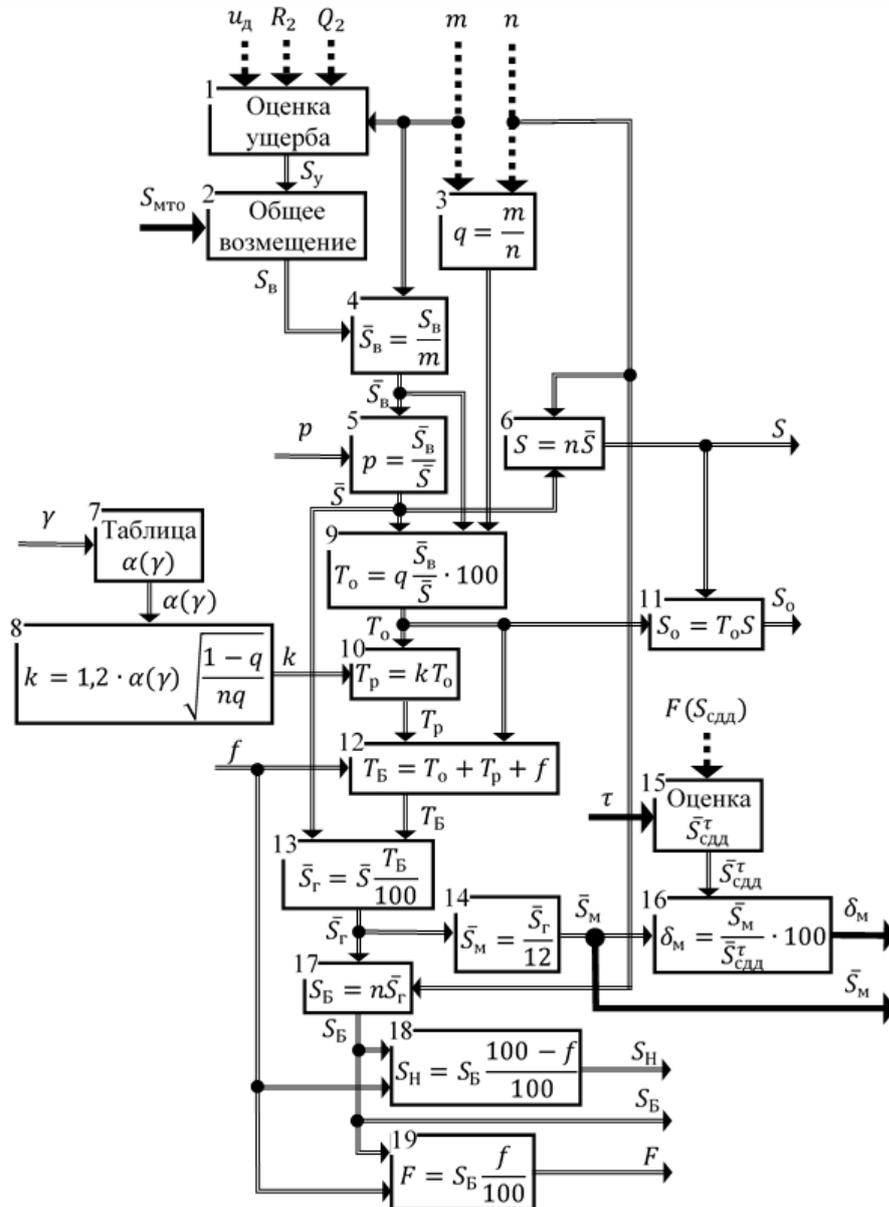


Рис. 3. Расчетная схема вариантов страховой модели

На основе построенной модели в режиме имитационного моделирования [9] получены предельные (снизу) оценки необходимых объемов ( $S_y$  и  $S_{МТО}$ ) страховых средств, построены параметрические зависимости показателей от параметров, в частности,  $\delta_m$  от  $S_{МТО}$  (см. соответствующие жирные стрелки на рис. 3):

$$\delta_M(S_{\text{МТО}}) = 0,1322 + 0,006077S_{\text{МТО}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{МТО}}$  измеряется в млрд. руб., а  $\delta_M$  означает % среднего ежемесячного страхового платежа относительно среднего месячного среднедушевого дохода. Здесь предполагается, что страховой платеж (и соответствующий ему % в СДД -  $\delta_M$ ) включает  $S_y$  и  $S_{\text{МТО}}$ . Модель (2) позволяет при оценивании вариантов структуры противопожарной службы сглаживать отсутствие некоторых статистических данных [10].

### Решение задачи

С использованием построенных имитационных и аналитических моделей, упомянутых выше, проведен анализ возможности создания коммерческих пожарных подразделений (КПП), обеспечивающих ликвидацию пожаров одновременно с традиционными ПЧ, входящими в состав ГПС, с общей диспетчеризацией выездов. Рассмотрены возможности использования в составе сил и средств (СиС) таких инновационных образцов пожарной техники и оборудования, как пожарные роботы и квадрокоптеры, а также инновационных технологий финансового обеспечения работы пожарных подразделений, таких, как лизинг и аутсорсинг при страховом обеспечении финансирования. На этой основе выполнен ряд исследований, в которых выбирались, в качестве независимых переменных и показателей, те или иные группы переменных.

Для получения оценок различных вариантов новых организационных конфигураций пожарных подразделений выполнены оценки постоянных и переменных (зависящих от количества вызовов) затрат. В числе постоянных затрат ( $S_{\text{пост}}$ ) учитывались: сооружение пожарных депо, автоцистерны, комплекты боевой пожарной одежды, дополнительное оснащение (сушилки, пожарный инвентарь), дроны, пожарные роботы, автопарогенераторы, зарплата. Переменные затраты ( $S_{\text{пер}}$ ): горючесмазочные материалы, вода, пена.

По оценкам различных видов издержек, минимальный состав издержек одного пожарного подразделения (например, ПЧ ГПС или КПП) имеет следующую структуру:

$$S_B = S_y + S_{\text{МТО}} = S_y + S_{\text{пост}} + S_{\text{пер}}, \quad (3)$$

где, в свою очередь:

$$S_{\text{пост}} = S_{\text{пок}} + S_{\text{сервис}} + S_{\text{здан}} + S_{\text{зп}} + S_{\text{пост\_проч}}, \quad (4)$$

$$S_{\text{пер}} = S_{\text{гор}} + S_{\text{вода}} + S_{\text{пена}} + S_{\text{пер\_проч}} = S_{1 \text{ пож}} + S_{\text{пер\_проч}}, \quad (5)$$

$$S_{\text{зп}} = s_{\text{зп}} + s_{\text{бо}}. \quad (6)$$

где:  $S_{\text{пок}}$  - сумма на покупку машин и оборудования;  $S_{\text{сервис}}$  - сумма сервисного обслуживания техники;  $S_{\text{здан}}$  - сумма содержания зданий и сооружений;  $S_{\text{зп}}$  - сумма на зарплату;  $S_{\text{пост\_проч}}$  - прочие постоянные издержки;  $S_{\text{пер\_проч}}$  - прочие переменные издержки;  $s_{\text{зп}}$  - непосредственная зарплата сотрудников;  $s_{\text{бо}}$  - стоимость боевой одежды.

С учетом статистических или расчетных данных, модель платежей на содержание одной ПЧ минимального состава имеет (соответственно в годовом и месячном исчислении) следующий вид:

$$S_r = 6075 + 3,2m_k, \quad [\text{тыс. руб.}], \quad (7)$$

$$S_m = 506,25 + 3,2m_k, \quad [\text{тыс. руб.}], \quad (8)$$

где  $m_k$  - количество вызовов, обслуживаемых одной ПЧ или КПП; первое слагаемое отражает постоянные издержки, второе - переменные, зависящие от количества обслуживаемых вызовов.

В процессе моделирования построены оценки четырех вариантов сценариев использования страховых средств для материально-технического обеспечения пожарных подразделений с привлечением страховых механизмов, лизинга и аутсорсинга:

*Сценарий 1.* На страховые средства, помимо возмещения ущерба, производится закупка новой пожарной техники (всего парка ГПС).

*Сценарий 2.* На страховые средства (помимо возмещения ущерба) производится переоснащение новой пожарной техникой (всего парка ГПС) по договорам лизинга.

*Сценарий 3.* На страховые средства (в части  $S_{\text{МТО}}$ ), оснащаются КПП которые привлекаются на ликвидацию пожаров по аутсорсингу (как вариант - для реагирования по вызовам низкого ранга (ранг 1) [7]). Здесь в рамках процедуры управления аутсорсингом принимается решение о распределении потока вызовов ( $m$ ) между ГПС ( $m_{\text{Г}}$ ) и КПП ( $m_{\text{К}}$ ).

*Сценарий 4.* Он основан на использовании страховых средств как для обновления пожарной техники ГПС, так и на оснащение и обновление пожарной техники КПП, а также на обеспечение работоспособности КПП, в том числе на переменные издержки при обслуживании вызовов (рис. 4). В организационной схеме этого сценария для обеспечения ликвидации пожаров используются технологии страхования, лизинга и аутсорсинга.

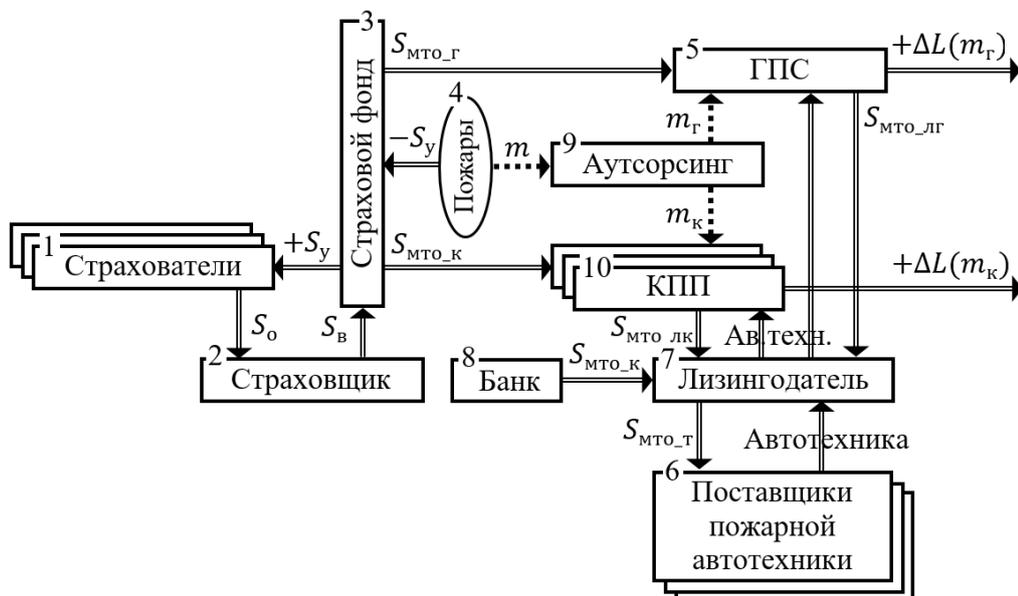


Рис. 4. Схема комплексного страхового обеспечения организации ликвидации пожара

Полученные оценки близки к реальным, так для обеспечения  $S_{\text{МТО}} = 90$  млрд. руб. достаточно установить налог на обеспечение пожарной безопасности в объеме  $\delta_{\text{М}} = 0,679\%$  от среднедушевого дохода. Такой сбор будет обеспечен в течение одного года. На основании построенных моделей получено выражение для зависимости количества лет ( $G$ ), необходимых для получения суммы объемом  $S_{\text{МТО}}$  (графически представлено на рис. 5):

$$G = \frac{S_{\text{МТО}}}{S_{\text{МТО,Г}}} = \frac{S_{\text{МТО}}}{-21,754 + 164,55\delta_{\text{М}}} \quad (9)$$

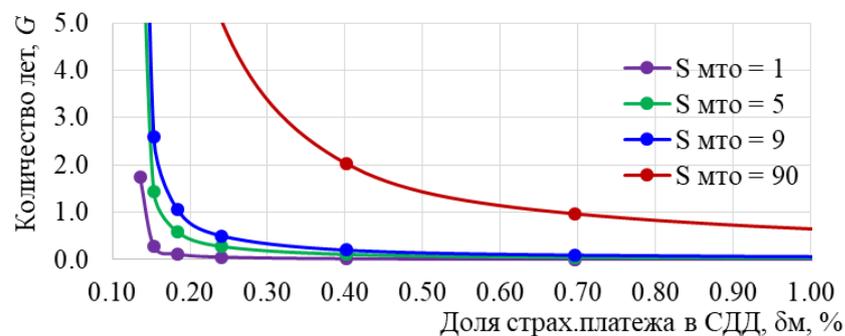


Рис. 5. Количество лет, необходимое для получения  $S_{\text{МТО}}$

Выражение (9) позволяет планировать страховые сборы в зависимости от необходимой суммы  $S_{\text{МТО}}$  и допустимого уровня страховой нагрузки на страхователей  $\delta_{\text{М}}$ .

### Выводы

Привлечение инновационных инструментов, техники и форм организации обеспечения пожарной безопасности позволяет поддерживать необходимый уровень эффективности реагирования экстренных служб. При этом в качестве необременительных для населения технологий могут быть использованы страховые инструменты, а гибкий подход в выборе уровня отсечения по величине среднедушевого дохода позволит снизить негативный эффект от применения нового налога, призванного работать на все общество.

Построенные модели позволяют рассмотреть и получить оценки для большого количества сценариев реформирования экстренных служб, как

структурных, так и временных, на основе использования страховых механизмов.

### Литература

1. Ершов А.В., Коробко В.Б. Проблема актуального социального регулирования в техносфере на примере пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2021. №30 (1). С. 75-85.
2. Fertier A. Barthe-Delanoë A.-M., Montarnal A., Truptil S., Bénaben F. A new emergency decision support system: the automatic interpretation and contextualisation of events to model a crisis situation in real-time // Decision Support Systems. Volume 133. 2020 URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923620300154](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923620300154).
3. Cavdur F., Sebatli A. A decision support tool for allocating temporary-disaster-response facilities // Decision Support Systems. Volume 127. 2019 URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923619301745](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923619301745).
4. Статистика пожаров за 2018 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2018 году. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.
5. Топольский Н.Г., Бутузов С.Ю., Вилисов В.Я. Информационно-аналитические модели поддержки управления при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. 201 с.
6. Вилисов В.Я., Бутузов С.Ю. Экономико-математические оценки концепции страхового обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях // Вопросы региональной экономики. 2019. №2(39). С. 149-157.
7. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. М.: Стройиздат, 1981. 96 с.
8. Самаров Е.К. Страховая математика в примерах и задачах. М.: Резольвента. 2007. 95 с. URL: [samarov.ru/insmath/insmath.pdf](http://samarov.ru/insmath/insmath.pdf).



9. Сидоров М.В., Сидоров В.Н. Имитационное моделирование работы трансмиссии трактора МТЗ-82 в среде Simulink // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6709](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6709).

10. Кравченко Е.В. Решение проблемы достоверности получаемых данных в процессе управления технологическим объектом промышленного предприятия // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6750](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6750).

### References

1. Ershov A.V., Korobko V.B. Pozharovzryvobezopasnost'. 2021. №30 (1). pp. 75-85.

2. Fertier A. Barthe-Delanoë A.-M., Montarnal A., Truptil S., Bénaben F. Decision Support Systems. Volume 133. 2020. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923620300154](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923620300154).

3. Cavdur F., Sebatli A. Decision Support Systems. Volume 127. 2019. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923619301745](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923619301745).

4. Statistika požarov za 2018 god. Statisticheskij sbornik: Pozhary i požarnaya bezopasnost' v 2018 godu [Fire statistics for 2018. Statistical book: Fires and fire safety in 2018]. M.: VNIPO, 2019. 125 p.

5. Topol'skij N.G., Butuzov S.Yu., Vilisov V.Ya. Informacionno-analiticheskie modeli podderzhki upravleniya pri likvidacii požarov i chrezvychajnyh situacij [Information and analytical models of management support in the elimination of fires and emergencies]. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2021. 201 p.

6. Vilisov V.Ya., Butuzov S.Yu. Voprosy regional'noj ekonomiki. 2019. №2 (39). pp. 149-157.

7. Brushlinskij N.N. Modelirovanie operativnoj deyatelnosti požarnoj sluzhby [Modeling the operational activities of the fire service]. M.: Strojizdat, 1981. 96 p.



8. Samarov E.K. Strahovaya matematika v primerah i zadachah [Insurance mathematics in examples and problems]. M.: Rezol'venta. 2007. 95 p. URL: [samarov.ru/insmath/insmath.pdf](http://samarov.ru/insmath/insmath.pdf).

9. Sidorov M.V., Sidorov V.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6709](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6709).

10. Kravchenko E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №12. URL: [vdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6750](http://vdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6750).