

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

*Доррер Георгий Алексеевич*

*д-р техн. наук, профессор, Сибирский государственный университет науки  
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева*

**Аннотация.** В работе рассмотрены основные тенденции и направление развития систем управления на базе современных инструментов нового технологического уклада. Примером подобной разработки может служить цифровая модель процессов распространения природных пожаров и борьбы с ними, реализованная на основе методологии вложенных сетей Петри в виде мультиагентной системы. Опыт создания и применения данной системы показывает успешное применение данного подхода для решения задач управления в современных условиях и позволяет учитывать особенности системы управления подразделениями пожарной охраны, силами и средствами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. На основе данного подхода предлагается модернизация алгоритма, использованного в разработанной и успешно применяемой мультиагентной системы «Тайга-аналитик» для решения задач управления не только при тушении природных пожаров, но и для применения в системе управления подразделениями пожарной охраны при тушении в т.ч. техногенных пожаров.

**Ключевые слова:** пожарная охрана, система управления, поддержка принятия решений, цифровая мультиагентная система моделирования, подразделения пожарной охраны.

В настоящий время в мире комплексное развитие цифровых технологий, основанных на создании киберфизических систем (cyber-physical system - CPS), позволяет говорить о новом историческом поворотном моменте в истории развития человечества и перехода на новый технологический уклад. По классификации отечественных ученых данный этап развития назван «Шестым технологическим укладом» [1], за рубежом более известен как «Индустрия 4.0» [2].

Планы развития Индустрии 4.0 в нашей стране определяет принятая в 2017 году Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы [3]. Стратегия определяет цели, задачи и меры по реализации внутренней и внешней политики Российской Федерации в сфере применения информационных и коммуникационных технологий, направленные на развитие информационного общества, формирование национальной цифровой экономики, обеспечение национальных интересов и реализацию стратегических национальных приоритетов.

Основными направлениями развития российских информационных и коммуникационных технологий, перечень которых может быть изменен по мере появления новых технологий, являются:

- а) конвергенция сетей связи и создание сетей связи нового поколения;
- б) обработка больших объемов данных;
- в) искусственный интеллект;
- г) доверенные технологии электронной идентификации и аутентификации, в том числе в кредитно-финансовой сфере;
- д) облачные и туманные вычисления;
- е) интернет вещей и индустриальный интернет;
- ж) робототехника и биотехнологии;
- з) радиотехника и электронная компонентная база;
- и) информационная безопасность.

Одной из основных сфер государственного управления и регулирования является сфера обеспечения общественной безопасности граждан страны. Обеспечение пожарной безопасности, в свою очередь, является одной из главных составляющих общественной безопасности. В «Стратегии

национальной безопасности Российской Федерации» одной из целей обеспечения государственной и общественной безопасности является комплексное развитие подразделений пожарной охраны, а также повышение эффективности мер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечивающих потребности личности, общества и государства и устойчивом развитии. [4]

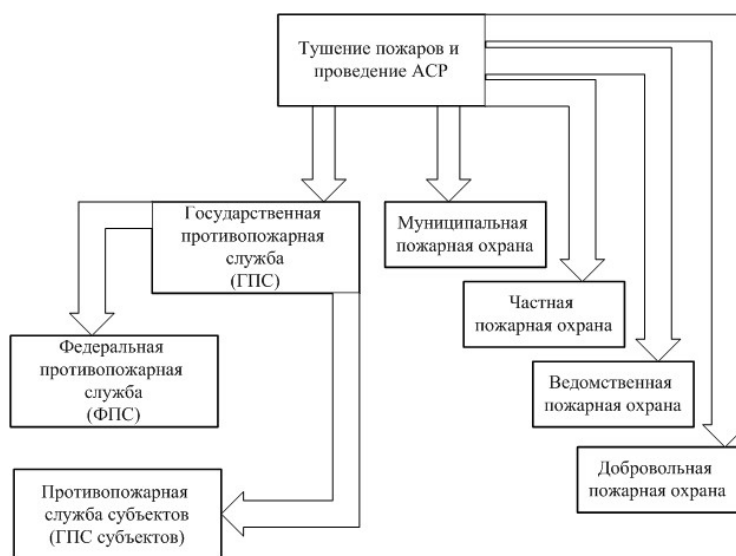
В настоящий момент для выполнения задач, поставленных руководством на государственном уровне в рамках повышения эффективности функционирования системы обеспечения пожарной безопасности страны в целом и выполнения задач научно-техническое обеспечения пожарной безопасности, необходимо учитывать объективные мировые тенденции развития цифровых технологий перехода на новые технологии класса «Индустрия 4.0», смену парадигмы социальных коммуникаций личности и общества в глобальном масштабе.

Законодательство Российской Федерации в области обеспечения пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя принимаемые в соответствии с ней федеральные законы и иные нормативные правовые акты, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности. Основные задачи пожарной охраны, в том числе общие правовые и экономические основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, вопросы регулирования отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, общественными объединениями, юридическими лицами (организациями), должностными лицами, и гражданами в общем виде определены Федеральным законом «О пожарной безопасности» [5]. Нормативно определено, что организация и непосредственно тушение пожаров (реагирование на техногенную ЧС - пожар) осуществляется силами и средствами подразделений государственной противопожарной службы и различных видов пожарной охраны.

Пожарная охрана - это совокупность созданных в установленном порядке органов управления, подразделений и организаций, предназначенных для организации профилактики пожаров, их тушения и проведения возложенных на них аварийно-спасательных работ.

Положениями ст. 4 [5] предусматриваются различные виды пожарной охраны. Пожарная охрана подразделяется на следующие виды (Рис.1):

- государственная противопожарная служба;
- муниципальная пожарная охрана;
- ведомственная пожарная охрана;
- частная пожарная охрана;
- добровольная пожарная охрана.



**Рис. 1.** Виды противопожарной службы и пожарной охраны, предусмотренные законодательно

Независимо от вида пожарной охраны указанные подразделения имеют общие особенности систем управления, закреплённые законодательно в нормативных, правовых документах, регламентирующих данную деятельность. Схожесть структуры управления и общих функциональных элементов системы позволяют формулировать подходы и алгоритмы, применимые для подразделений любого вида пожарной охраны, которые могут рассматриваться как киберфизические системы.

Киберфизическая система предполагает наличие цифровой модели физического объекта и возможность воздействия на него (обратную связь). В рамках развития Индустрии 4.0 в зависимости от степени автоматизации процесса обмена данными различают следующие системы [11,12]: цифровая модель, цифровая тень, цифровой двойник.

Реализация киберфизических систем рассматривается как задача системной и программной инженерии, которая в соответствии с современными стандартами строится с использованием понятия жизненного цикла и процессного подхода.

В соответствии со стандартом ГОСТ\_\_P\_\_54147-2010 [13] жизненный цикл – это последовательность событий, которая сопровождает создание и использование информационного ресурса.

Международный стандарт ISO 9000:2015 «Quality management systems — Fundamentals and vocabulary», и национальный стандарт зарегистрированный в Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» [14] определяет процесс как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих действий, преобразующих входящие данные в исходящие.

Каждый процесс в соответствии со стандартом [13] описывается в терминах следующих атрибутов:

атрибут «Название» передает область процесса в целом;

атрибут «Цели» описывает цели выполнения процесса;

атрибут «Выход (выходные результаты)» выражает заметные результаты, ожидаемые от успешной работы процесса;

атрибут «Действия» – это множества связанных задач процесса;

атрибут «Задачи» – это требования, рекомендации или допустимые действия, используемые для поддержки достижения конкретных результатов

Конкретные инструменты реализации указанного подхода зависят от специфики задачи и опыта разработчиков. Примером подобной разработки может служить цифровая модель процессов распространения природных пожаров и борьбы с ними, реализованная на основе методологии вложенных сетей Петри в виде мультиагентной системы и описанная в работе [15].

Опыт создания данной системы показывает успешное применение данного подхода для решения задач управления в современных условиях и позволяет учитывать особенности системы управления подразделениями пожарной охраны, силами и средствами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Разработанная мультиагентная система «Тайга-аналитик», предназначена для цифрового моделирования процессов распространения и локализации природных пожаров [16,17]. В настоящее время система содержит следующие программные компоненты: цифровая модель среды; агенты, моделирующие процессы распространения фронта пожара (А-агенты), агенты, моделирующие процессы действия противопожарных сил и средств (В-агенты), агенты, моделирующие процессы, воздействующие на цифровую модель среды (D агенты); агенты-менеджеры, координирующие действия других агентов (М-агенты). Гибкость системы позволяет при необходимости вводить новые типы агентов.

На основе данного подхода предлагается модернизация алгоритма для решения задач управления не только при тушении природных пожаров, но и для применения в системе управления подразделениями пожарной охраны при тушении в т.ч. техногенных пожаров.

Функционированием цифровой системы управляет пользователь – оператор, который определяет цели и задачи моделирования процессов в системе и оценивает их результаты. Для применения данного подхода при решении основной задачи подразделений пожарной охраны рассмотрены следующие компоненты системы.

## **Цифровая модель среды**

Цифровая модель среды, определяющая общие оперативно-тактические характеристики района выезда подразделения. Как и в мультиагентной системе «Тайга-аналитик», карта местности и связанная с ней база данных должна содержать информацию о топографии и инфраструктуре местности, горючих материалах, погодных условиях, а также о доступных средствах борьбы с пожарами и их характеристиках, представленных элементами наружного противопожарного водоснабжения и создания противопожарных барьеров.

### **Агенты, моделирующие динамику возможного пожара (А-агенты)**

В отличие от подхода, используемого в системе «Тайга-аналитик», для решения задач моделирования в условиях техногенных чрезвычайных ситуаций предлагается свойства А-агентов задавать параметрами на основе внедряемого в настоящий момент риск-ориентированного подхода и документов предварительного планирования боевых действий подразделений выполняемых на ряд объектов.

Положения ст. 8.1 Федерального закона РФ [18] предполагают два подхода для классификации объектов по тяжести потенциальных негативных последствий: по классу (категории) опасности; по категории риска. В гарнизонах пожарной охраны кроме категории риска традиционно объекты, расположенные в районе выезда, оцениваются по условному номеру вызова, присеваемому в зависимости от необходимого количества сил и средств, определенных в документах предварительного планирования. Присеваемая категория риска в совокупности с номером выезда на конкретный объект в данном случае может носить условный параметр возможной интенсивности горения.

### **Агенты, моделирующие действие противопожарных сил (В – агенты)**

Агенты типа В, аналогично с алгоритмом в системе «Тайга-аналитик», воздействуют на агентов типа А, тем самым моделируя действие сил и средств подразделений пожарной охраны. Достаточность условий для тушения пожара оценивается степенью достижения пожарно-тактических параметров инцидента (количеством огнетушащих веществ, личного состава, пожарно-технического вооружения и т.д.) определенного в документах предварительного планирования и являющейся характеристикой А агента.

### **Агенты, воздействующие на цифровую модель местности (D-агенты)**

Агенты типа D моделируют действие сил и средств, используемых при косвенном методе борьбы с пожаром, что приводит к созданию условий для локализации и ликвидации пожара. Данные агенты могут моделировать действие различных видов сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций не относящиеся к подразделениям пожарной охраны, например, приспособленной для целей пожаротушения техники, сил и средств других аварийных служб и ведомств, при этом они не вступают в непосредственное взаимодействие с А-агентами.

Представленная цифровая мультиагентная система моделирования процессов, возникающих при решении основной боевой задачи подразделениями пожарной охраны позволяет решать целый ряд сопутствующих задач: моделирования динамики сосредоточения сил и средств для ликвидации техногенных пожаров, принятие решений по тактике и методам борьбы с пожарами, привлечение для этой цели необходимых сил и средств, управление процессом ликвидации пожара.

## **Список литературы:**

1. Глазьев С.Ю. Перспективы становления в мире нового VI технологического уклада // МИР. 2010. №2 (апрель–июнь). С. 4-10. Львов Д.С., Глазьев С.Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы. 1986. № 5. С. 793–804. Львов Д.С. Эффективное управление техническим развитием. М.: Экономика, 1990. 255.

2. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: «Эксмо», 2016. 138 с. Шваб К., Дэвис Н. Технологии четвертой промышленной революции / Пер. с англ. М.: Эксмо, 2018. 320 с.
3. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201705100002> (дата обращения: 01.10.2021).
4. Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271/3b2c6f0709cf5640388f606e66a03ed2cff6188b/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/3b2c6f0709cf5640388f606e66a03ed2cff6188b/) (дата обращения: 01.10.2021).
5. Федерального закона от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «О пожарной безопасности» [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/) (дата обращения: 01.10.2021).
6. McKinsey Global Institute. A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity, 2017. McKinsey & Company. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com> (дата обращения: 27.10.2021)
7. R. G. Sanfelice. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice/ D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic. — CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4822-6333-6.
8. Embracing Industry 4.0 and Rediscovering Growth. Режим доступа: <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx> (дата обращения: 27.10.2021).
9. Industrie 4.0: The hour of implementation has arrived. Режим доступа: <https://www.siemens.com/press/en/events/2017/processindustries-drives/2017-11-sps.php>.
10. Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0. Режим доступа: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0> (дата обращения: 27.10.2021).
11. Madni A. Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering, // A. Madni, C. Madni, and S. Lucero, Systems, vol. 7, no. 1, p. 7, Jan. 2019, doi: 10.3390/systems7010007.
12. Fuller A., Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research, // A. Fuller, Z. Fan, C. Day, and C. Barlow, IEEE Access, vol. 8, pp. 108952–108971, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2998358.
13. Национальный стандарт ГОСТ Р 54147-2010 «Стратегический и инновационный менеджмент. Термины и определения» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200086161>.
14. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124393> (дата обращения: 27.10.2021).
15. Доррер, Г. А. Цифровая мультиагентная система моделирования процессов борьбы с природными пожарами / Г. А. Доррер, С. В. Кобыжакова, С. В. Яровой // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2021. – № 2(21). – С. 58-63. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.26.72.011.
16. Доррер Г.А. Моделирование динамических процессов на поверхности Земли // Г.А. Доррер, С.В. Яровой. ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении, 2018. № 4 (8). С. 53-57.
17. Dorrrer G. Use of Agent-Based Modeling for Wildfire Situations Simulation // Georgy Dorrrer, Sergey Yarovoy. IEEE Xplore Digital Library 2018. 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC) 8-25 Aug. 2018. DOI 10.1109/RPC.2018.8481677
18. Федеральный закон РФ от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля». [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_83079/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83079/) (дата обращения: 01.10.2021)