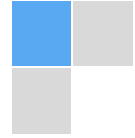

ISSN 2306-1561

Automation and Control in Technical Systems (ACTS)

2015, No 3, pp. 31-44.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-3-3



Design of Automated Control System for Counter Fire in a Road Tunnel

Anton Olegovich Soloviev

Russian Federation, Undergraduate Student, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

tony.kent.nar.earth@gmail.com

Andrey Vladimirovich Ostroukh

Russian Federation, full member RAE, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>.

ostroukh@mail.ru

Abstract. The article suggests a conceptual design solution of hardware-technical equipment for virtual interaction with automated control system to counter fire in a road tunnel. The algorithm of the system of detection and localization of fire, including the direct control of the operator performing devices, with the possibility of revision in the direction of non-person as a member of the system to improve the efficiency of the complex as a whole. The concept of automated control system for robotic machines to ensure effective response to emergency situations in confined spaces, as well as the layout made it a software implementation using the language C # and XAML.

Keywords: system, software, program code, optimization, data processing, decomposition, fire fighting.

ISSN 2306-1561

Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)

2015. – № 3. – С. 31-44.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-3-3



УДК 681.343.001

Проектирование человеко-машинного комплекса противодействия пожарам в условиях автодорожных тоннелей

Соловьёв Антон Олегович

Российская Федерация, магистрант кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

tony.kent.nar.earth@gmail.com

Остроух Андрей Владимирович

Российская Федерация, академик РАЕ, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>.

ostroukh@mail.ru

Аннотация. В статье предложены концептуальные проектные решения для аппаратно-технического комплекса виртуального взаимодействия человеко-машинной системы противодействия пожарам в условиях автодорожных тоннелей. Представлен алгоритм работы системы обнаружения и локализации пожара, включающий прямое управление оператором исполняющими устройствами, с возможностью последующей доработки в сторону отказа от человека как участника системы для повышения эффективности работы комплекса в целом. Разработана концепция системы автоматизированного управления роботизированными машинами для обеспечения эффективной ликвидации чрезвычайных ситуаций в условия ограниченного пространства, а также выполнен макет ее программной реализации с использованием языков C# и XAML.

Ключевые слова: система, программное обеспечение, программный код, оптимизация, обработка информации, декомпозиция, пожаротушение.

1. Введение

Развитие современной транспортной инфраструктуры крупных городов приводит к необходимости строительства авторанспортных тоннелей. Опыт эксплуатации транспортных тоннелей, особенно расположенных в пределах города, указывает на высокую вероятность аварий и дорожно-транспортных происшествий, сопровождающихся пожарами, которые очень трудно ликвидировать в условиях ограниченного пространства. Необходимость проектирования единой системы, объединяющей с себе средства обнаружения пожаров и их ликвидации взамен устаревшим методам противодействия и объясняет актуальность темы настоящей работы.

Цель установки автоматических систем (установок) пожаротушения (АСПТ, АУПТ) – тушение и локализация очагов возгорания и сохранение человеческих жизней, а также движимого и недвижимого имущества.

Все автоматические системы пожаротушения включают в себя средства:

- обнаружения пожара (механические устройства – термозлементы, электрические устройства – тепловые, газовые, оптико-электронные и другие извещатели);
- включения системы;
- доставки огнетушащих веществ (воды, пены, порошков, аэрозолей, газов).

Наиболее эффективным средством борьбы с пожарами являются именно автоматические системы пожаротушения, которые, в отличие от систем сигнализации и ручных средств пожаротушения, создают все условия для оперативной и результативной локализации возгораний с минимальным риском для жизни и здоровья.

2. Логическое проектирование системы

В общем представлении, разрабатываемый человеко-машинный комплекс, как и любая другая система реального времени [1 ... 5], представляет собой совокупность подсистем и элементов, призванных выполнить появившуюся задачу в рамках заданных временных ограничений и исходя из цели, поставленной при разработке проекта, время является ресурсом, расход которого необходимо минимизировать.

Главной идеей разработки проектируемой системы является стремление отказаться от устаревшего метода реагирования в чрезвычайных ситуациях в условия городского трафика, в частности – в тоннелях. В пользу применения удаленно управляемых роботизированных машин [2, 3, 6 ... 9] автоматизированного пожаротушения (МАП), которые могут работать в режиме 24/7/365 и находятся непосредственно в тоннеле, что сокращает время реагирования и как следствие снижает затраты на расходные материалы и наносимый ущерб.

Для отображения концептуальной модели [10, 11] проектируемой системы была разработана модель прецедентов, описывающая структуру понятий, используемых в рамках проекта. Диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 1.

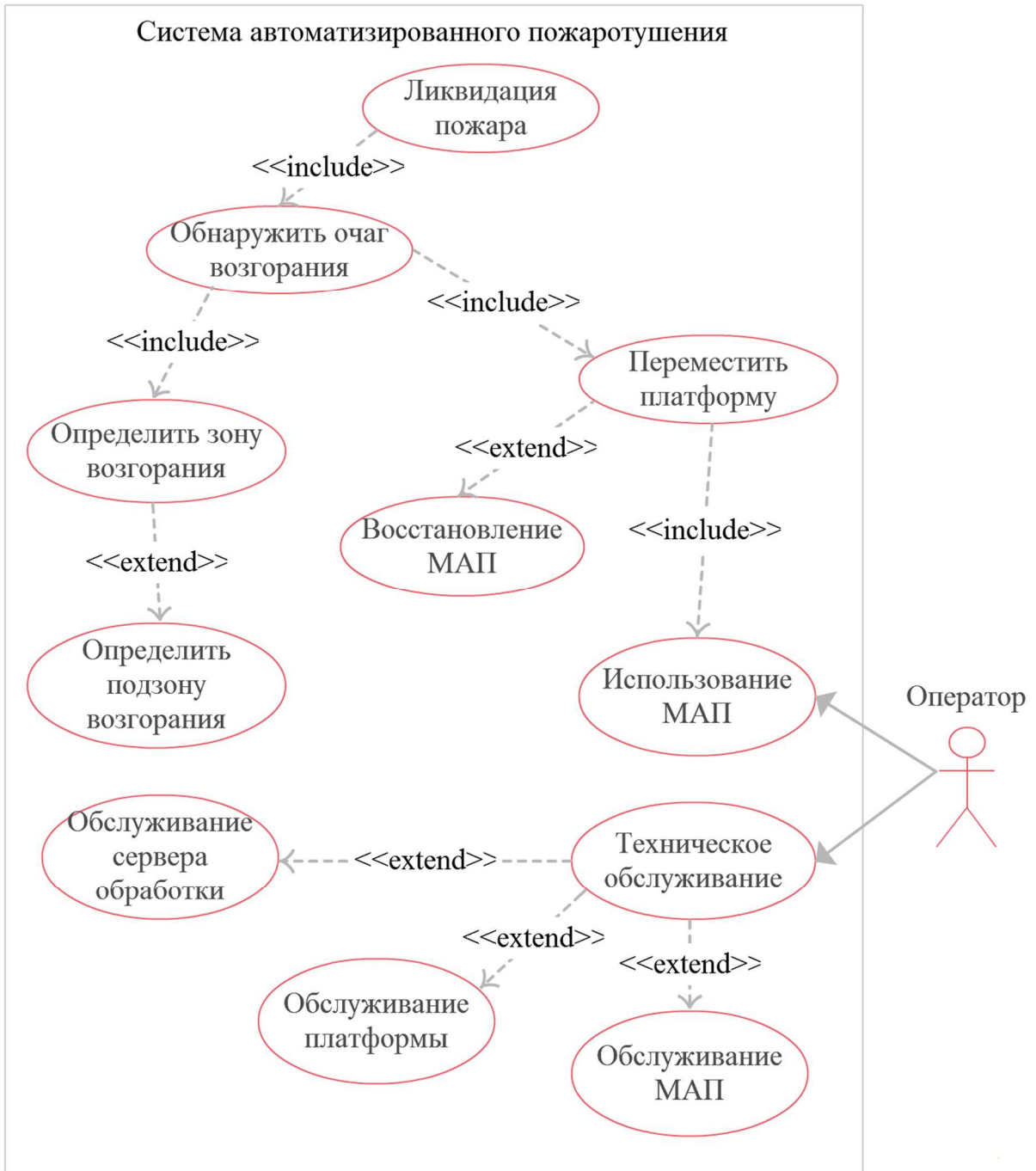


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

На рисунке 2 представлена структурная схема проектируемой системы. На основе структурной схемы можно выделить основные компоненты системы, коммутацию между этими компонентами, а также определить структуру передаваемых сообщений.

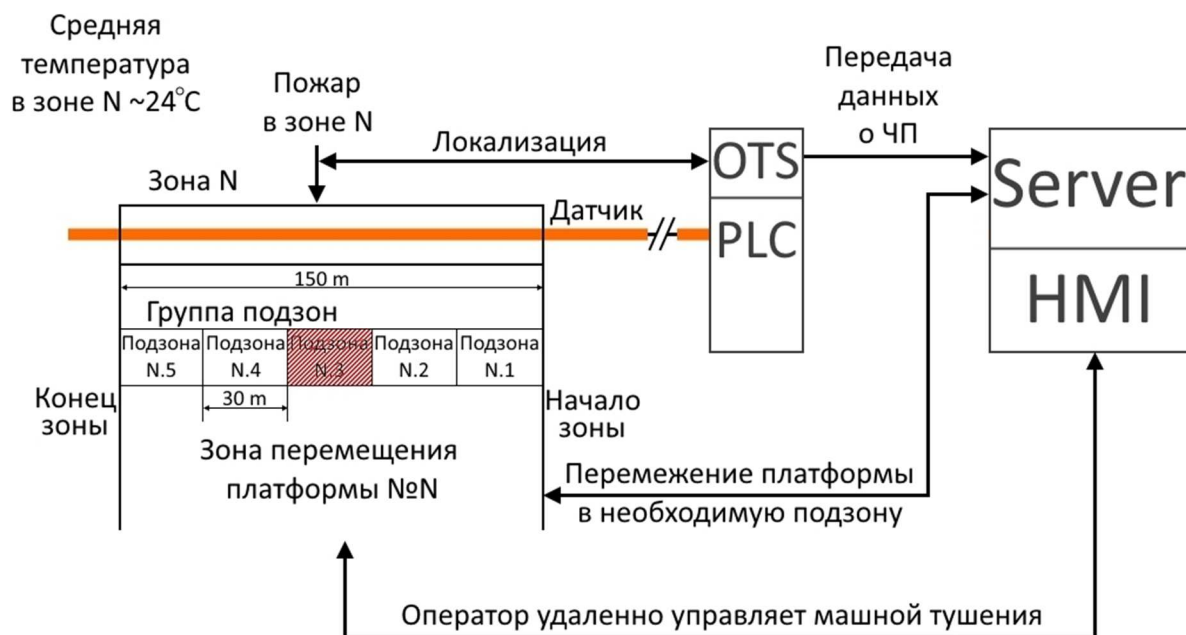


Рисунок 2 – Структурная схема проектируемой системы

Сервером обслуживания или просто сервером [4, 5] в рамках проекта называется компьютер, расположенный непосредственно в техническом помещении тоннеля, в котором применяется система. Управление системой в таком случае происходит через удаленное подключение к серверу с другой машины, на которой расположен клиент.

Определив структуру передаваемых сообщений, а также проанализировав возможные сценарии, которые могут возникать во время эксплуатации системы, были составлены корпоративная диаграмма и диаграмма последовательностей, наглядно отображающие распределение ролей при работе системы. Корпоративная диаграмма отображена на рисунке 3, а диаграмма последовательностей представлена на рисунке 4.

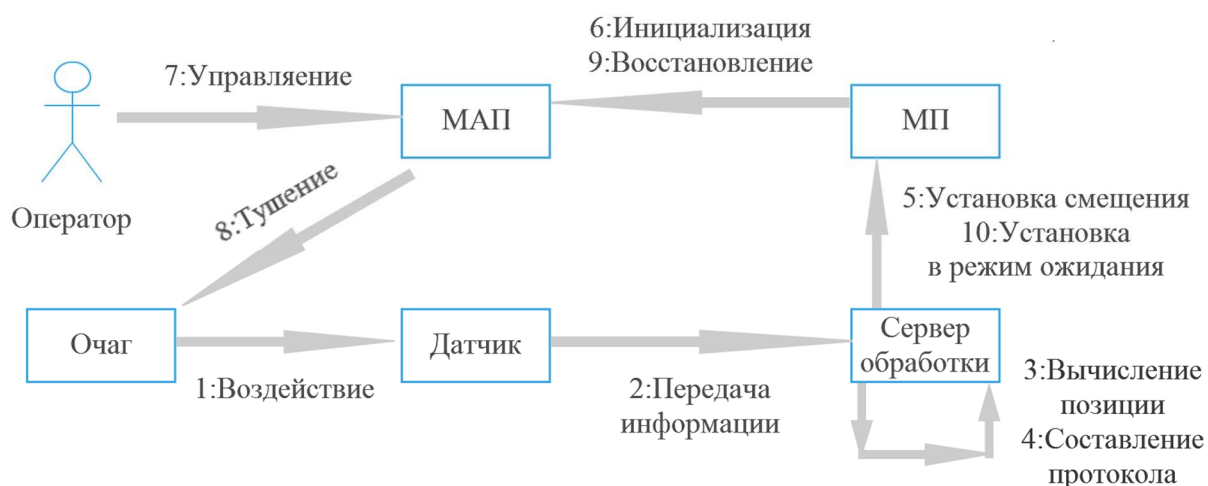


Рисунок 3 – Корпоративная диаграмма

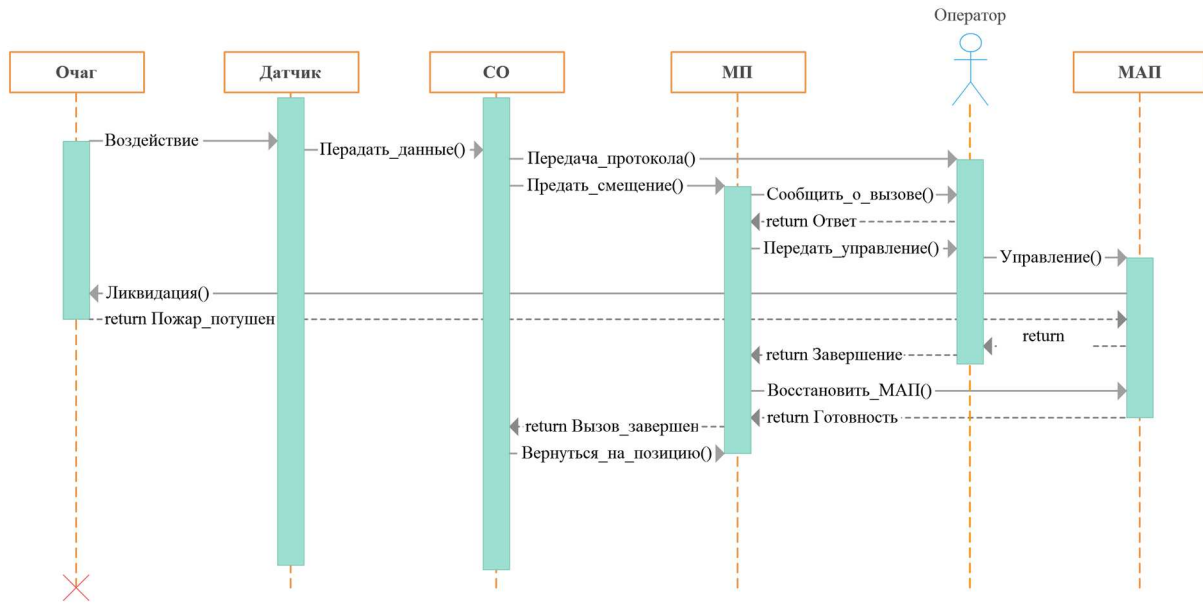


Рисунок 4 – UML-диаграмма последовательностей

Данная диаграмма наглядно отображает основные сущности, период их жизни и передаваемые в ходе деятельности сообщения.

Сущностями являются объекты материального мира, которые взаимодействуют между собой на протяжении всего своего периода жизни при помощи передаваемых сообщений-стимулов, в рамках проекта сообщениями являются вызовы конкретных функций, а также результаты выполнения этих функций. Сущность «Оператор» в данном случае отдельная экспертная система [1 ... 3], включающая в себя генератор отчетов, а не только человек-оператор, принимающий управление над МАП. Мобильная платформы пожаротушения обозначена на рисунках 3, 4, как МП.

Линии жизни отображают период времени, в течении которого существует каждый объект проектируемой системы, в данном конкретном случае объект «Очаг» является единственным объектом, который уничтожается в течении работы системы.

Фокус управления на диаграмме отображает как объекты взаимодействуют между собой во времени, реагируя на приходящие сообщения. Благодаря этому проектируемую систему можно считать системой, работающей в реальном времени.

Один из вариантов развития системы предусматривает использование искусственного интеллекта [1 ... 3], это в свою очередь приведет к тому, что объект «Оператор» не будет подразумевать под собой человека как оператора экспертной системы.

Проанализировав диаграмму последовательностей была составленная диаграмма классов, которая отображает взаимодействие классов на логическом уровне с учетом специфики передаваемых сообщений, а также функций, выполняемых в пределах доступа каждого конкретного класса и системы в целом. Важной особенностью является отображение мультипликатора отношений между классами проектируемой системы, так как это демонстрирует число связей между объектами каждого из представленных классов. Диаграмма классов представлена на рисунке 5.

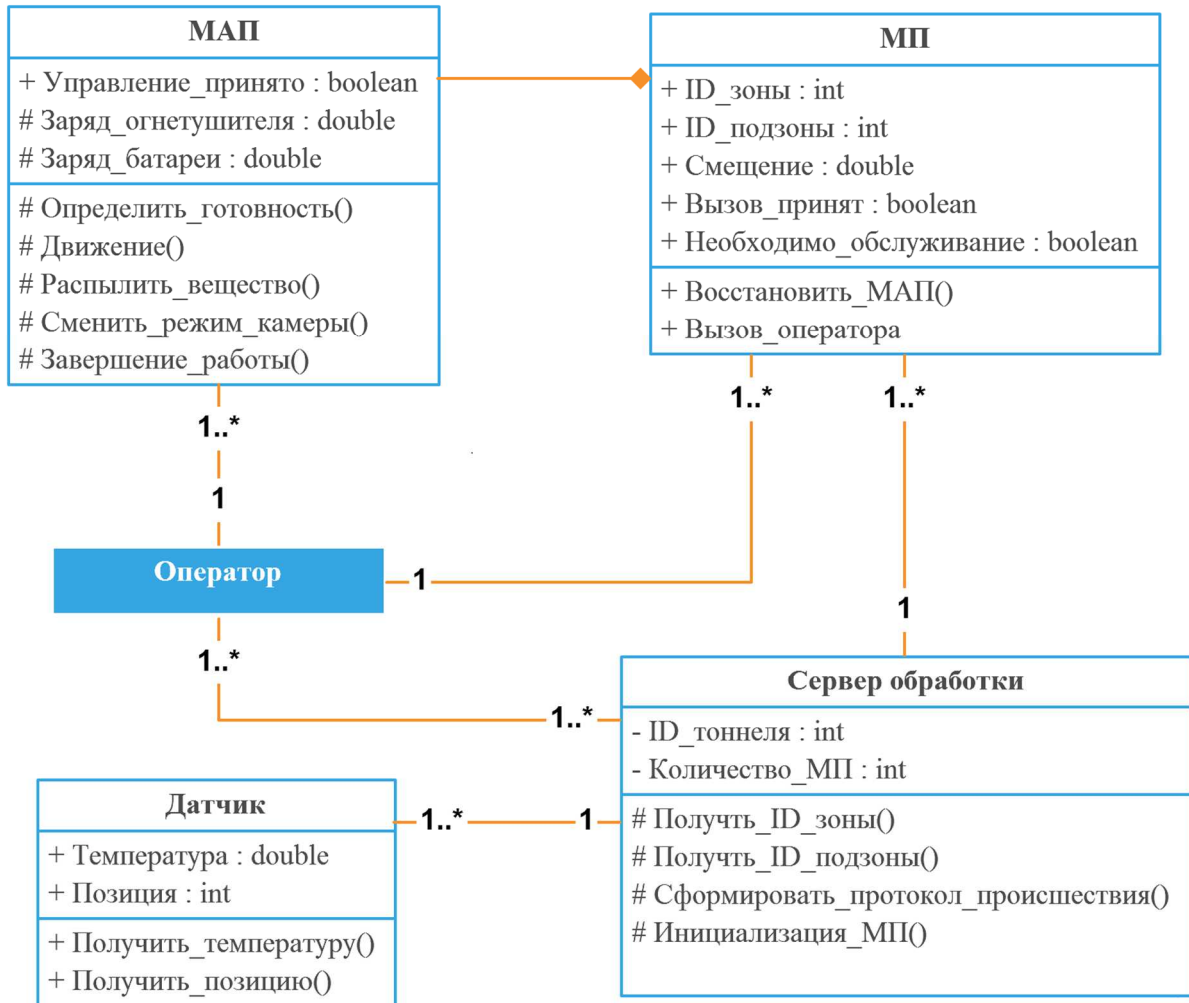


Рисунок 5 – UML-диаграмма классов

3. Алгоритмы работы

Работа спроектированной системы базируется на алгоритме, укрупненный вариант которой, представлен в виде диаграммы деятельности на рисунке 6. Алгоритм был разработан на основе базовых алгоритмов пожаротушения, которые применяются в автоматических системах противодействия и не предусматривают в своей работе прямого управления, с последующей доработкой в угоду большей эффективности.

Работа алгоритма не привязана к конкретной аппаратной платформе, благодаря чему достигается определенная гибкость при возможной технической реализации данного проекта.

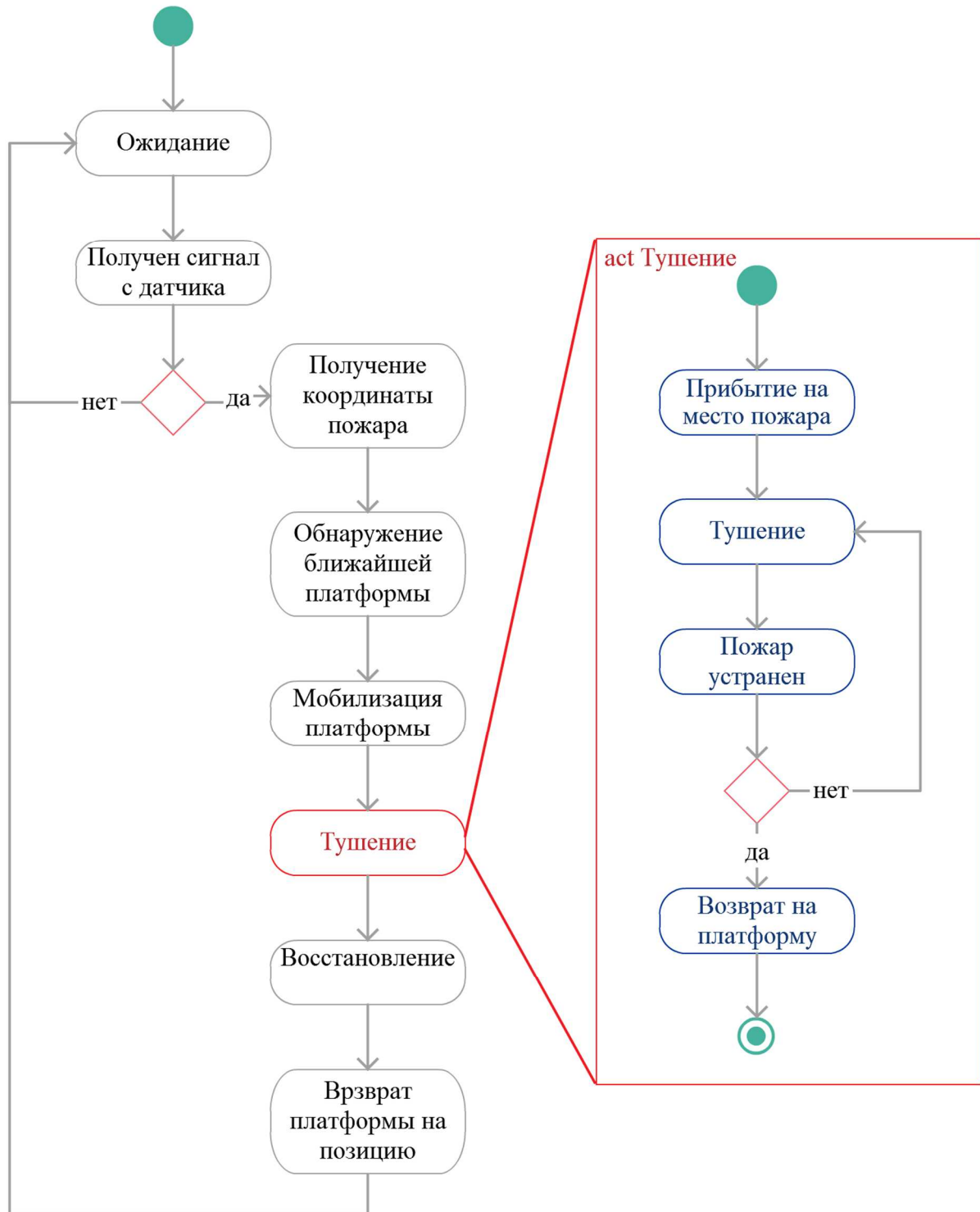


Рисунок 6 – UML-диаграмма деятельности

Условно, вся работа системы сводится к трем режимам – ожидание, реагирование, восстановление. Большую часть система находится в режиме ожидания и полностью автономна, т.е. не требует вмешательства человека для обнаружения места возникновения возгорания. При обнаружении возгорания система автоматически активирует режим реагирования, во время которого и происходит взаимодействие оператора и машины.

Как только датчики, расположенные на протяжении всей области применения комплекса, фиксируют возгорание, система автоматически определяет место происшествия. Ввиду линейной структуры тоннеля, место происшествия может быть легко определено одной координатой, благодаря использованию технологии, разработанной на основе кабельной системы обнаружения. Определив координату можно вычислить местоположение ближайшей МП, на основании установленных точек базирования. Затем, выбранная платформа «мобилизуется» - с помощью встроенного электродвигателя МП перемежается вдоль направляющих рельс до достижения координаты места происшествия, после чего МП «выпускает» МАП (беспилотный модуль автоматизированного пожаротушения). Параллельно с этим, на диспетчерский пункт, расположенным в территориально ближайшей пожарной части, поступает сообщение о чрезвычайной ситуации, с обязательным протоколированием места, времени, ответственного оператора и идентификатора инициализированной МП.

После того, как протокол происшествия был автоматически создан, оператор принимает управление над МАП в реальном времени и приступает к непосредственной ликвидации очагов возгорания. Благодаря такому подходу, можно сразу же визуальным образом оценить степень причиненного ущерба, выявить число пострадавших и на основе этих данных сформировать отряд специалистов для конкретной ситуации. По окончании тушения, оператор возвращает МАП на МП и дает установку на завершение работы, и это является окончательным этапом, в котором необходимо участие человека - после получения установки МАП и МП вновь система полностью автономна. Стоит отметить, что в случае, если оператор не устанавливает завершение работы, система будет считать операцию незавершенной и как следствие не перейдет в режим восстановления, а протокол чрезвычайной ситуации будет не завершен. Это было сделано из соображений сохранения функциональности МАП, так как при мощном очаге возгорания может возникнуть проблема нехватки огнетушащего вещества в резервуаре МАП, пополнение запасов которого происходит именно на МП, таким образом достигается увеличение эффективности работы системы в целом.

Если же система получила сообщение о завершении операции, начинается процесс восстановления. Во время режима восстановления система проводит диагностику МАП, восполняет потраченные за время тушения резервуары огнетушащего вещества и заряжает аккумуляторы модуля. После проведения процесса восстановления, МП возвращается в исходную точку своего базирования.

Стоит отметить, что система является многопоточной, это значит, что она способна реагировать на чрезвычайные ситуации даже в момент ликвидации, таким образом количество одновременных вызовов максимально ограничено минимальным из параметров – количеством МП либо числом операторов.

4. Проектирование макета пользовательского интерфейса

С самого начала разработки, весь комплекс задумывался как система «Человек-машина», поэтому проектирование интуитивно понятного интерфейса являлось немаловажной задачей.

Будущее развитие системы предусматривает использование миварного подхода к автоматизации, что в дальнейшем приведет к частичному упразднению человека-оператора, а в конечном итоге и к полностью автоматизированной (автоматической) системе. Наличие в подобной системе интерфейса вторично, так как участие человека сведено к минимуму, однако на момент создания виртуального прототипа, использование искусственного интеллекта не учитывается.

Исследовав тепловые карты внимания человека при работе, был составлен первоначальный концепт пользовательского интерфейса, который учитывал бы эффективность восприятия как транслируемого изображения, так и показаний приборов МАП, статуса системы и т.д.

Представленный на рисунке 7 концепт интерфейса служит для отображения данных при работе оператора с системой в момент управления машины автоматизированного пожаротушения.

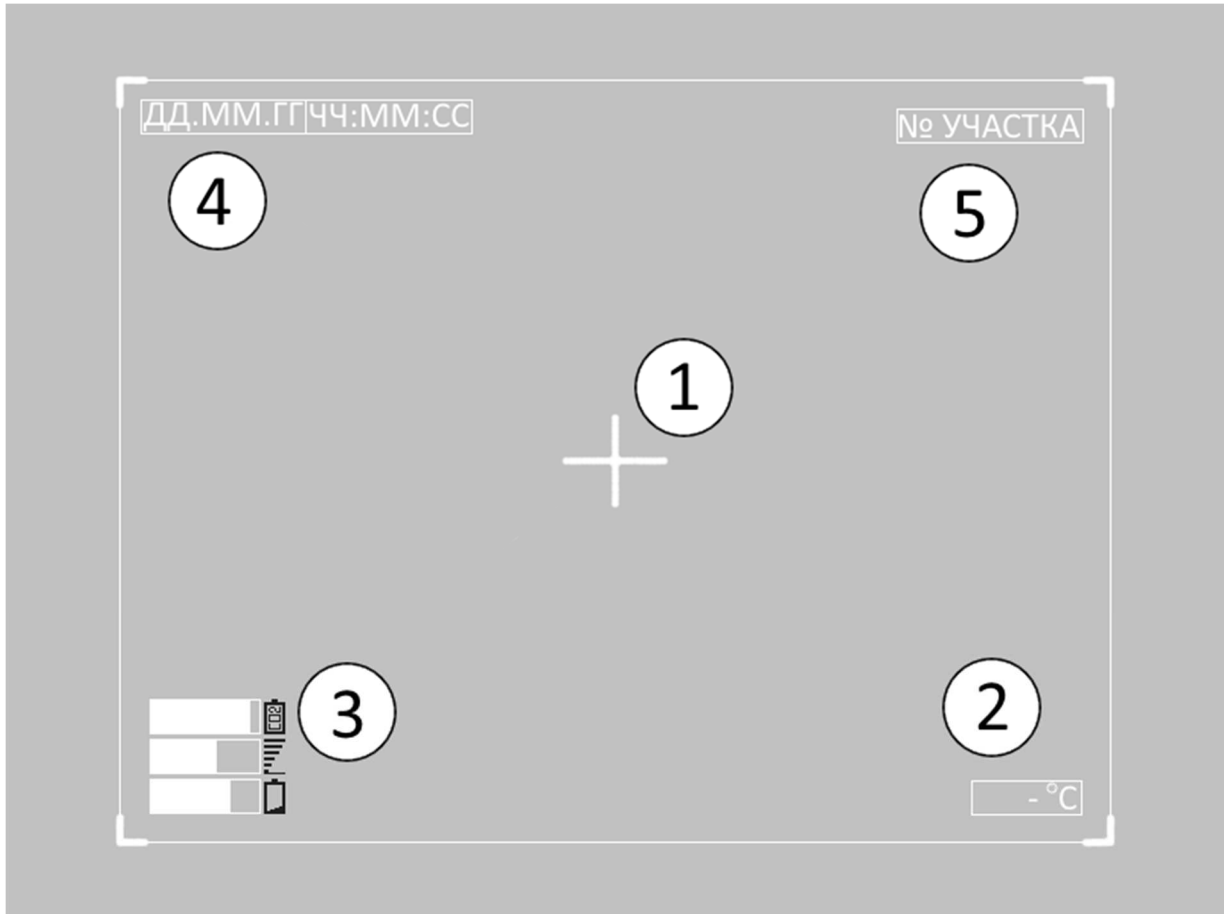


Рисунок 7 – Вариант пользовательского интерфейса МАП

1 – Точка направления сопла; 2 – Температура в точке прицеливания; 3 – Индикаторы батареи, уровня пожаротушающего вещества, приема управляющего сигнала; 4 – Текущие дата и время; 5 - Номер текущего участка.

Точка направления сопла является статическим элементом, позволяющим оператору наиболее точно направлять струю огнетушащего вещества на очаг

возгорания. Данные о температуре получаются от встроенного лазерного термометра, а данные об уровне огнетушащего вещества рассчитываются исходя из значения давления выходного потока огнетушащего вещества. За информацию об уровне приема сигнала и заряде батареи питания отвечают соответствующие контроллеры.

Объекты интерфейса не зависят от режима передачи сигнала – тепловизионный или обычный.

В ходе проектирования было принято решение ввести дополнительные элементы интерфейса, которые призваны облегчить использование МАП человеком-оператором, а также закладывает основу для последующей полной автоматизации процесса.

Добавление информации о текущей дате/времени и номера участка/зоны работы предназначено для повышения удобства использования системы, а также для улучшения юзабилити интерфейса системы. Точка наивысшей температуры определяется оператором исходя из данных полученных с тепловизионной камеры.

Стоит отметить, что наложение элементов интерфейса устанавливается при программировании камер непосредственно на МАП.

5. Программная реализация

Видео с камеры передается отдельным потоком при помощи технологии RTSP (Real Time Streaming Protocol) и MJPEG (Motion-JPG) и встраивается в элемент MediaElement [4, 12, 13]. Применение подобной технологии позволяет сократить размер передаваемых данных, так как по сути видеоряд раскладывается на кадры в формате JPEG, которые объединяются в пакет и передаются в потоке. Использование подобного метода позволяет достичь скорости видеопотока 28-30 кадров секунду, что является наиболее оптимальным в соотношении качество/объем данных. При смене режима съемки котроллер МАП меняет источник входящего видео потока на другую камеру, технология и способ передачи не изменяется, это с свою очередь позволяет максимально сократить время перехода от одного режима съемки на другой без необходимости установки второго канала связи.

Демонстрация работы программы клиента для работы с МАП, представленная на рисунке 8.

Данные с датчиков МАП не имеют прямой связи с клиентом, передаются лишь обработанные значения температуры, уровня запаса огнетушащей смеси и так далее.

Открытие / закрытие выпускного клапана регулируется электромотором, который в свою очередь имеет 2 режима работы – на открытие и на закрытие подачи смеси. Подобный способ работы ограничивает гибкость применения МАП, но является более простым и более отказоустойчивым по сравнению с регулируемой заслонкой.



Рисунок 8 – Демонстрация рабочего области клиента МАП

Как итог стоит отметить, что клиентское приложение [5, 14 ... 17] является лишь своего рода передающей оболочкой, главной задачей которой является установка канала связи по сети Интернет (с использованием протоколов TCP/IP, RTSP и других) и перевод команд оператора на команды, воспринимаемые контроллером МАП. Такое обобщение вызвано особенностями физической реализации: в качестве контроллера могут выступать различные аппаратно-технические средства, такие как платформа Arduino, Raspberry Pi и другие; помимо таких контроллеров, основой МАП могут выступать полноценные персональные компьютеры (ПК) [4, 5]. Однако, в данном случае применение подобного клиента не обосновано, так как подключение по протоколу SSH более эффективно, а непосредственно управление логично будет осуществлять через программы, установленные на внутреннем ПК машины автоматизированного пожаротушения.

6. Заключение

Исследование опыта эксплуатации транспортных тоннелей, расположенных в пределах города, выявило высокую вероятность аварий и дорожно-транспортных происшествий, сопровождающихся возгораниями, которые очень трудно ликвидировать в условиях ограниченного пространства, что в свою очередь приводит к увеличению ущерба, наносимого пожаром.

Разработанная концепция системы автоматизированного управления роботизированными машинами обеспечивает эффективность ликвидации чрезвычайных ситуаций (пожаров) в условия ограниченного пространства (автотранспортных тоннелей).

Список информационных источников

- [1] Остроух А.В. Основы построения систем искусственного интеллекта для промышленных и строительных предприятий: монография / А.В. Остроух. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2008. – 280 с. – ISBN 978-5-94385-033-2.
- [2] Остроух А.В. Интеллектуальные системы в науке и производстве / А.В. Остроух, А.Б. Николаев. – Saarbrücken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 312 p. – ISBN 978-3-659-98006-0.
- [3] Остроух А.В. Системы искусственного интеллекта в промышленности, робототехнике и транспортном комплексе: монография / А.В. Остроух – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. – 326 с. – ISBN 978-5-906314-10-9.
- [4] Остроух А.В. Ввод и обработка цифровой информации: учебник для нач. проф. образования / А.В. Остроух. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 288 с. – ISBN 978-5-7695-9457-1.
- [5] Остроух А.В. Основы информационных технологий: учебник для сред. проф. образования / А.В. Остроух. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 208 с. – ISBN 978-5-4468-0588-4.
- [6] Омар М., Омар Ф., Исмоилов М.И., Остроух А.В. Анализ современного состояния развития интеллектуальных роботов // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – №4 (12). – С. 48-54. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-4-5.
- [7] A.V. NIKOLAEV, S.A. VASUHOVA, A.V. OSTROUKH. AUTOMATED SYSTEMS AND INDUSTRIAL ROBOTS REMOTE CONTROL // 14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, www.sgem.org, SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-10-0 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Vol. 1, 51-56 pp. DOI: 10.5593/SGEM2014/B21/S7.007.
- [8] Васюгова С.А. АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 4.1. – С. 7-12. DOI: 10.12731/2306-1561-2013-4-3.
- [9] Васюгова С.А., Николаев А.Б. КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2. – С. 13-20. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-2.
- [10] Суркова Н.Е. Методология структурного проектирования информационных систем: монография / Н.Е. Суркова, А.В. Остроух. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2014. – 190 с. – ISBN 978-5-906314-16-1.
- [11] Суркова Н.Е. Профессиональные информационные системы и базы данных: методические указания к лабораторным работам / Н.Е. Суркова, А.В. Остроух, Т.И. Еремина. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. – 49 с. – ISBN 978-5-906314-23-9. DOI: 10.12731/asu.madi.ru/PISDB.2015.49.
- [12] Демидов Д.Г. Программные и аппаратные средства систем мультимедиа. Часть 1. Аппаратные средства: учебное пособие / Д.Г. Демидов, А.М. Васьковский, А.Б.

- Николаев, А.В. Остроух, П.И. Лукашук, В.А. Виноградов. – М.: МГУП имени Ивана Федорова, 2014. – 78 с.
- [13] Демидов Д.Г. Программные и аппаратные средства систем мультимедиа. Часть 2. Программные средства: учебное пособие / Д.Г. Демидов, А.М. Васьковский, А.Б. Николаев, А.В. Остроух, П.И. Лукашук, В.А. Виноградов. – М.: МГУП имени Ивана Федорова, 2014. – 70 с.
- [14] Остроух А.В. Проектирование системы распределенных баз данных / А.В. Остроух, А.В. Помазанов. – Saarbrücken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2015. – 117 p. – ISBN 978-3-659-60041-8.
- [15] Краснянский М.Н., Остроух А.В., Карпушкин С.В., Обухов А.Д. Разработка комплексной системы управления научно - инновационной деятельностью: взаимодействие базы данных изделий и архива документации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2014. – №12. – С. 19-23.
- [16] Помазанов А.В., Остроух А.В. Создание и тестирование распределённой системы работы с удалёнными узлами // Автоматизация и современные технологии. – 2014. – №7. – С. 17-23.
- [17] Помазанов А.В., Остроух А.В. Новый подход к разработке прототипа распределенной системы баз данных промышленного предприятия // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – №9. – С. 11-20.