

Д.В. Тараканов, Е.С. Варламов, М.В. Илеменов
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: den-pgs@rambler.ru)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ

Разработана математическая модель процессов развития и тушения пожаров в зданиях, необходимая при создании электронных документов планирования действий по тушению пожаров и систем поддержки принятия решений. Работа выполнена при поддержке фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (№ 563 ГУ1/2013).

Ключевые слова: моделирование пожаров, системы поддержки принятия решений.

D.V. Tarakanov, E.S. Varlamov, M.V. Iemenov
**COMPUTER SIMULATION OF DEVELOPMENT
AND FIGHTING FIRES IN BUILDINGS**

Developed a mathematical model of the processes of development and suppression of fires in buildings, it is necessary to create electronic documents planning actions to extinguish the fires and decision support systems. This work was supported Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises (№ 563 GU1/2013).

Key words: fire modeling, decision support system.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 1 октября 2014 г.

Введение

Одной из опасностей для пожарных при тушении пожаров в зданиях является воздействие агрессивной газовой среды на органы дыхания и зрения. Поэтому необходимость использования пожарными средств защиты органов дыхания и зрения при тушении пожаров определяет тактику тушения внутри зданий. Знания о процессах развития и тушения пожаров в зданиях, которые пожарные получают при тактической подготовке, позволяют им ориентироваться в проблемных ситуациях при тушении пожаров.

Стоит отметить, что параметры развития и тушения пожара являются основополагающими при расчёте количества и ассортимента сил и средств пожарных подразделений, необходимых для эффективной борьбы с пожарами в зданиях. Нормативные значения параметров тушения пожара используются в практике пожаротушения для оценки продолжительности этапов локализации и ликвидации пожара. Поэтому средства моделирования параметров развития и тушения пожара могут использоваться в качестве информационной основы для разработки электронных планов тушения пожаров, а также систем поддержки принятия решений.

Развитие науки и техники обуславливает внедрение в системы противопожарной защиты зданий новых способов обнаружения и сбора информации о параметрах пожара. Это определяет необходимость системного рассмотрения процессов, протекающих при пожаре в здании, что диктует необходимость компьютерного моделирования процессов развития и тушения пожаров в зданиях.

1. Особенности компьютерного моделирования процессов развития и тушения пожаров в зданиях

Из анализа особенностей ликвидации пожаров в зданиях можно сделать вывод, что время – основной расчётный параметр, используемый при планировании действий, связанных с тушением пожара. Оценка временных затрат для реализации действий пожарными подразделениями – сложная задача, к решению которой исследователи подходят с разных точек зрения, используя различные научные как теоретические, так и эмпирические методы.

Теоретически действия по тушению пожара представляли с использованием различных математических моделей. Однако, анализируя действия по тушению пожаров в зданиях, необходимо особое внимание уделить и параметрам развития пожара, к которым относят его геометрические размеры. Очевидно, что выбор конкретного плана ведения действий пожарных подразделений зависит от множества факторов, к одним из которых относятся параметры газовой среды внутри помещений при пожаре, характеризующие его опасные проявления – опасные факторы пожара. Математические модели динамики параметров пожара реализуются в системах поддержки принятия решений.

В работе [1] сформулированы принципы разработки систем поддержки принятия решений при тушении пожаров, которые определяют необходимость создания программных средств в виде взаимоувязанных модулей с возможностью трансформирования структур их взаимодействия, поэтому программное средство будет состоять из совокупности трёх информационных модулей.

Модуль № 1 предназначен для создания и визуализации фрагментов зданий (сооружений), сетей наружного противопожарного водоснабжения. Необходимость разработки данного модуля определяется проработкой вопросов анализа обстановки на месте пожара, а также требованиями к созданию электронных документов предварительного планирования действий по тушению пожаров в зданиях, рассмотренных в работах [2-4]. Наиболее часто при разработке информационно-аналитических систем широко используется структура вывода исходных данных с использованием стандартных редакторов. Это также необходимо и при 3D-визуализации результатов моделирования и многомерного графического представления анализируемых данных.

Модуль № 2 осуществляет расчёт динамики параметров развития и тушения пожара в режиме реального времени. Решается система дифференциальных уравнений различной размерности интегральной математической модели пожара, описывающей процесс развития пожара во времени. В модуле реализован алгоритм краткосрочного прогнозирования динамики пожара по данным мониторинга, представленный в работах [5-7].

Модуль № 3 моделирует визуализацию процесса подачи огнетушащих веществ снаружи и внутри здания. При работе данного модуля реализуется алгоритм, предложенный в работе [8] для расчёта параметров насосно-рукавных систем. Задача, решаемая в модуле, сводится к созданию возможности манипуляции объектами сетевой модели, а также анализу вариантов решения задач пожаротушения. Поиск наилучшего варианта решения во многих практических случаях осуществляется способом построения доминантной структуры на исходном множестве вариантов. При этом рассматриваются все разумные варианты решений.

2. Программная реализация математических моделей процессов развития и тушения пожаров в зданиях

Вычислительная архитектура программы разделена на два блока. В первом блоке проводится создание проекта здания (сооружения) с учётом системы наружного противопожарного водоснабжения, во втором блоке – моделируется условный пожар с его трёхмерной визуализацией. Программное средство разработано с использованием шаблона проектирования Model-View-Controller. Блок разделён на три основных модуля:

- модуль итерационного расчёта параметров условного пожара;
- операционный модуль, который модифицирует модель данных и реализует математическую модель;
- модуль представления – система ввода/вывода. Задача данного модуля – представлять в трёхмерном виде состояние модели, её изменения во времени и принимать сигналы от пользователя, управляющие ходом тушения условного пожара.

По сформированной концепции авторами разработано программное средство [9].

2.1. Модуль для создания и визуализации фрагментов зданий

Цель работы данного модуля – создание файла-проекта, содержащего в себе фрагмент здания и инженерной сети наружного противопожарного водоснабжения. Создание проекта предусматривает последовательное выполнение следующих действий:

- создание схемы планировки этажа здания, состоящей из помещений, представленных в компьютерной модели простыми геометрическими фигурами – прямоугольниками;
- установка связей между элементами схемы, прорисовывание проёмов;
- установка сенсоров систем обнаружения;
- размещение пожарных гидрантов одной водопроводной сети.

Виды 2D- и 3D-планировки проекта представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

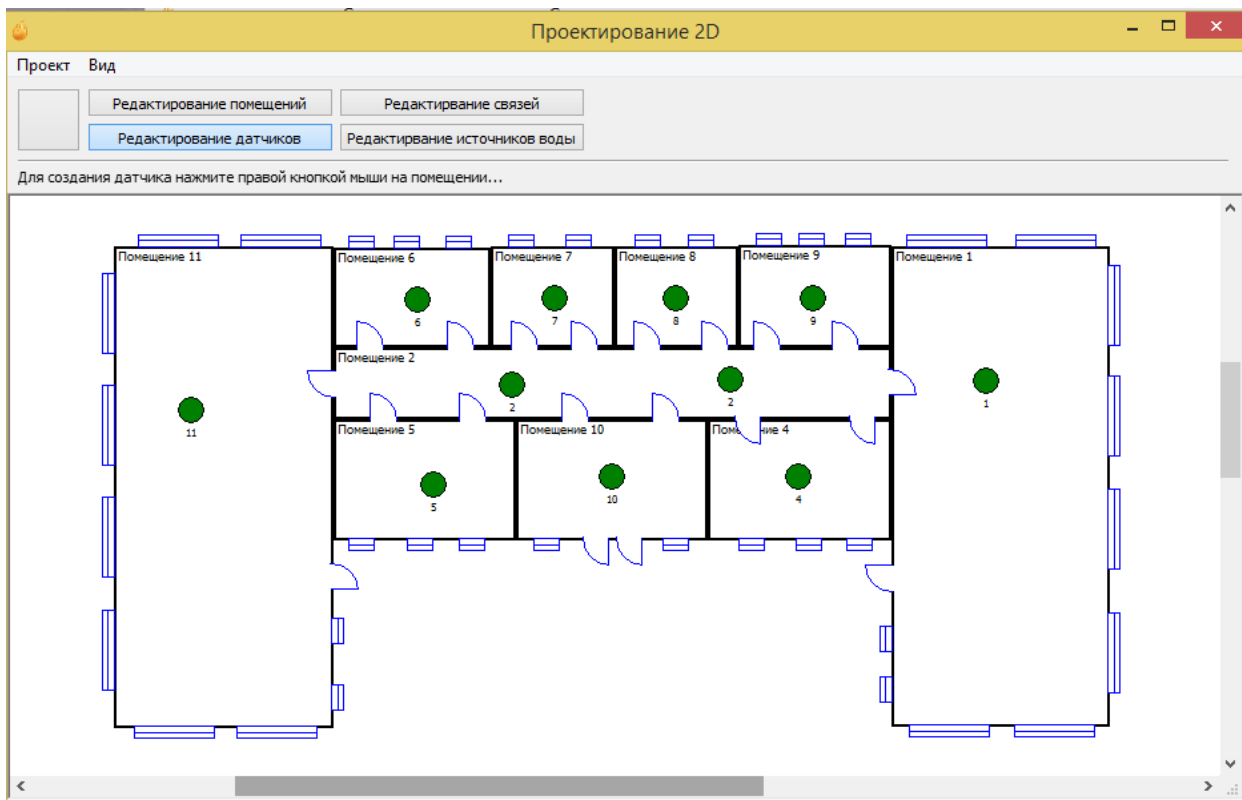


Рис. 1. Создание проекта – структуры планировки фрагмента здания в 2D

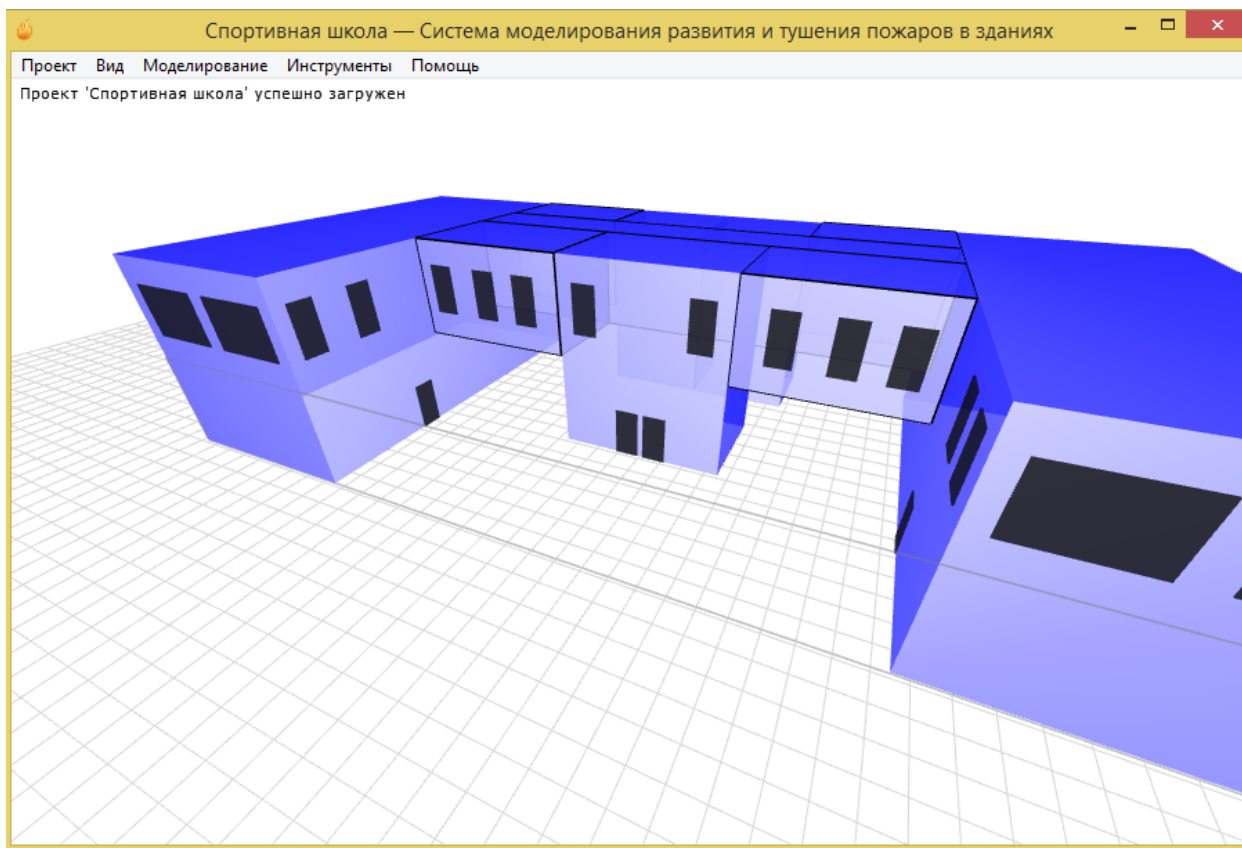


Рис. 2. 3D-визуализация фрагмента здания

2.2. Модуль расчёта динамики параметров развития и тушения пожара

Для начала расчёта динамики параметров развития и тушения пожара пользователю необходимо выбрать конкретный вид горючей нагрузки, размещенной в помещениях созданной модели фрагмента здания, а также тип ограждающих конструкций и нормативные значения параметров, определяющих моменты локализации и ликвидации пожара.

Интерфейс данного этапа работы с программой, значения параметров, необходимых для численной реализации интегральной модели пожара, лежащей в основе вычислительной структуры программы, представлены на рис. 3.

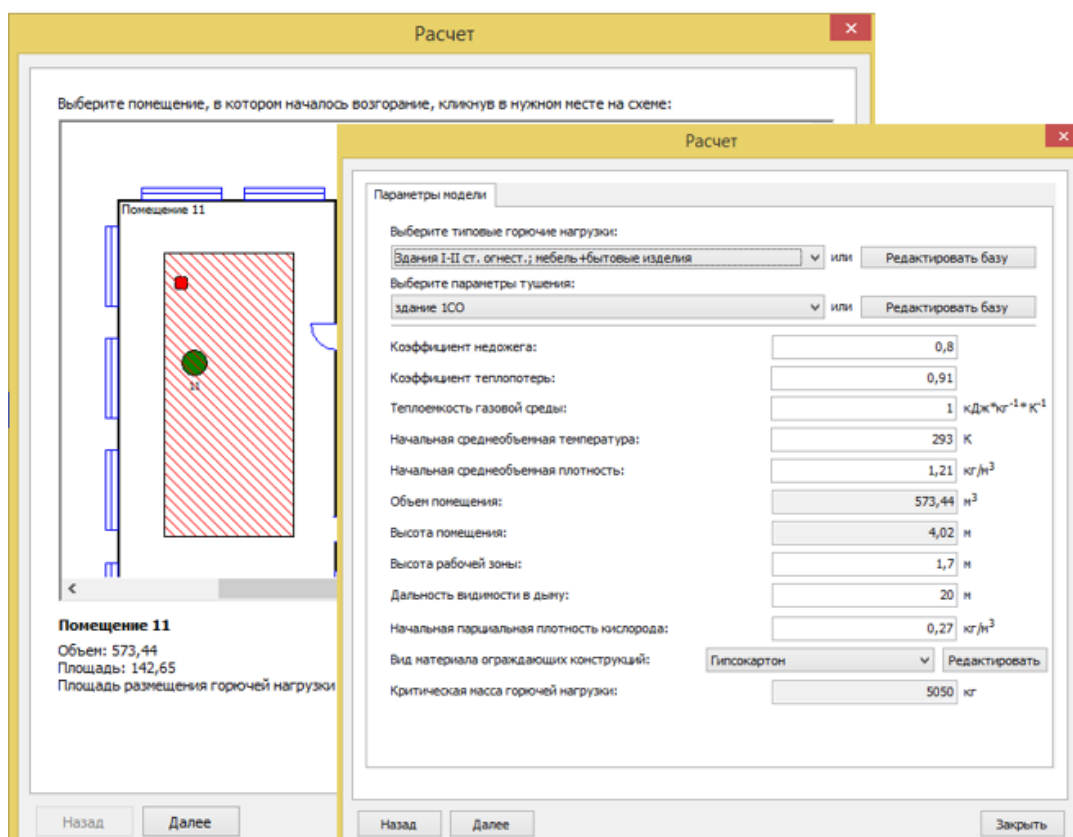


Рис. 3. Интерфейс программного средства при начале моделирования

Для расчёта также необходимо указать ассортимент сил и средств для тушения пожара и время их прибытия (рис. 4). Для удобства работы с данным модулем у пользователя имеется возможность использовать базу данных пожарной техники.

После ввода необходимых данных приступают к моделированию процессов развития и тушения пожара в здании. При этом параметры развития пожара, а также опасных факторов пожара, вычисляются на основе интегральной модели пожара. На рис. 5 представлена визуализация динамики параметров развития пожара:

а) линейная скорость пламени, площадь пожара, масса выгоревших материалов и мощность пожара;

б) среднеобъемная температура газовой среды, дальность видимости, среднеобъемная плотность кислорода и токсичного продукта (в зависимости от горючей нагрузки).

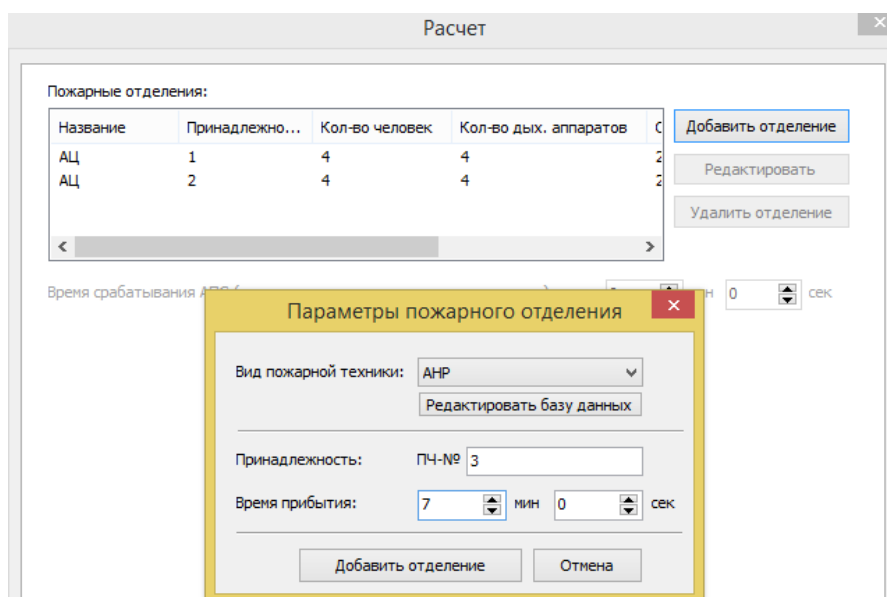
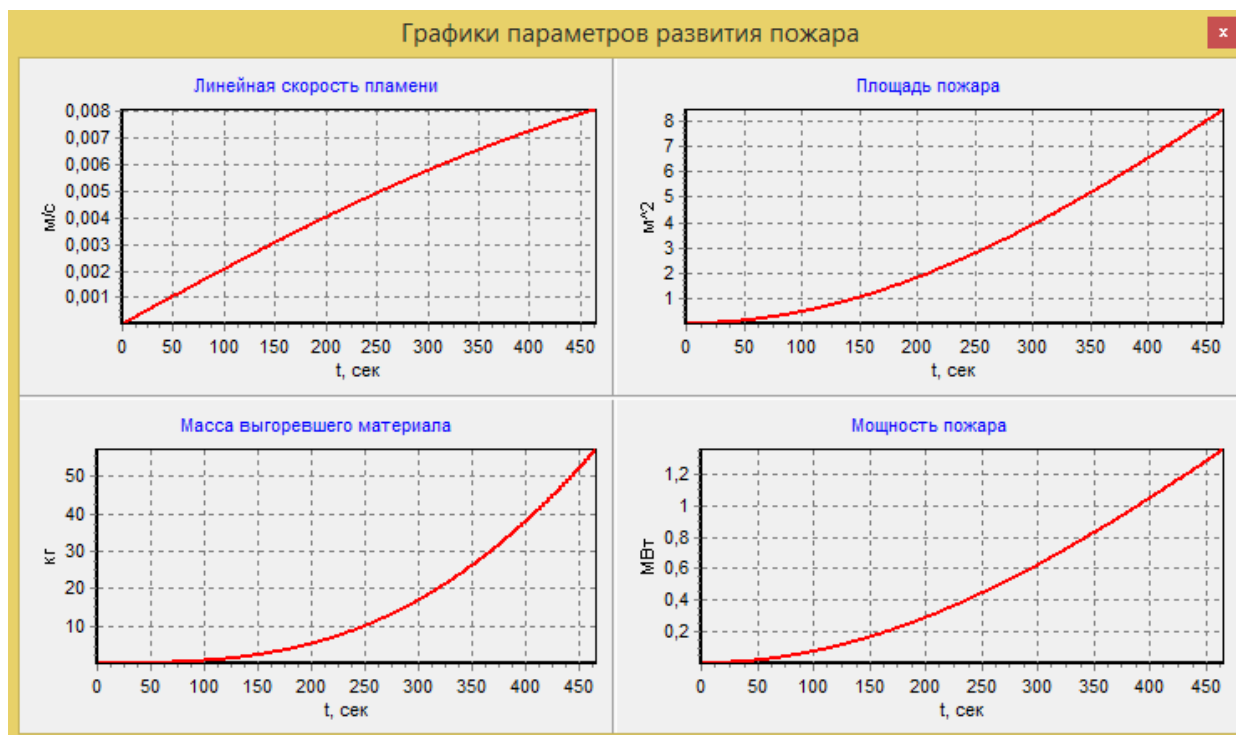
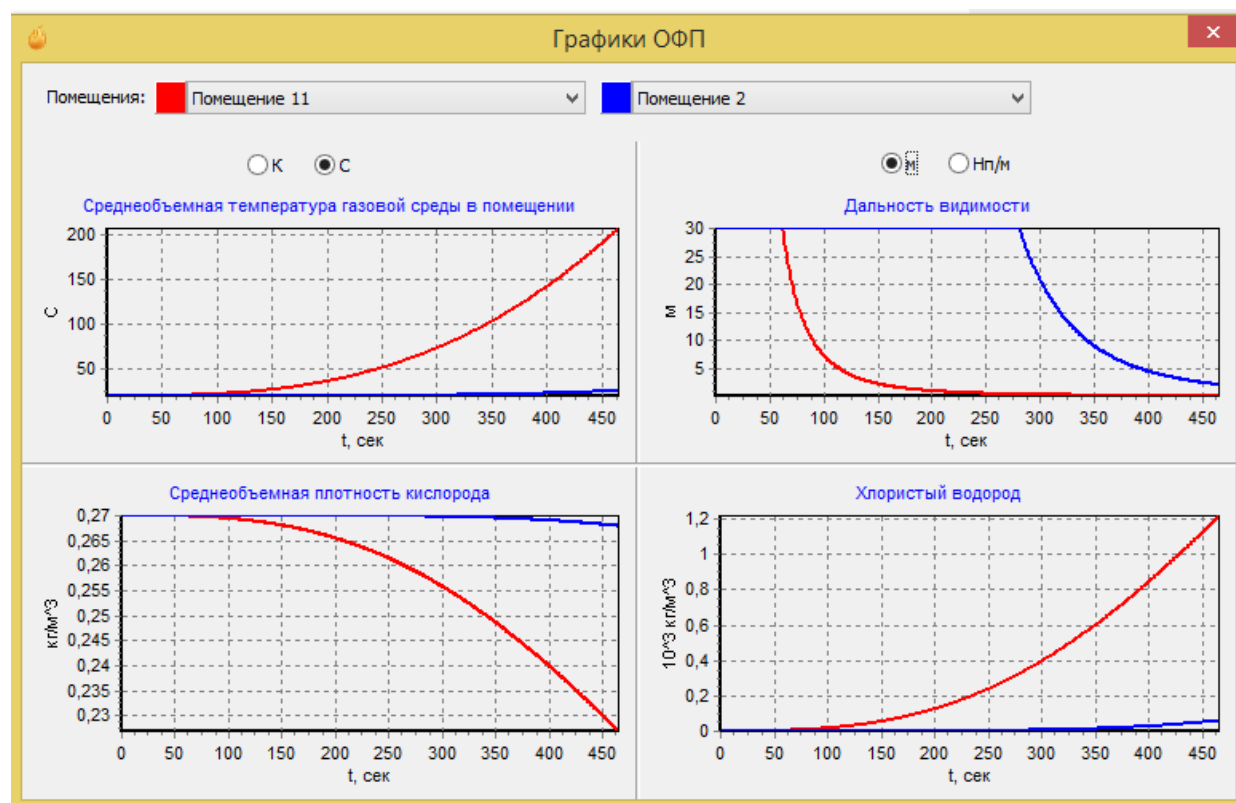


Рис. 4. Указание ассортимента сил и средств пожарных подразделений



a)



b)

Рис. 5. Визуализация динамики параметров развития пожара в здании

2.3. Модуль визуализации процесса подачи огнетушащих веществ

После того, как пользователь приступил к моделированию и ознакомился с обстановкой на месте условного пожара – графиками параметров развития пожара, он приступает к манипуляции над объектами модели, и программный модуль визуализирует процесс расстановки сил и средств пожарных подразделений, изображенный на рис. 6.

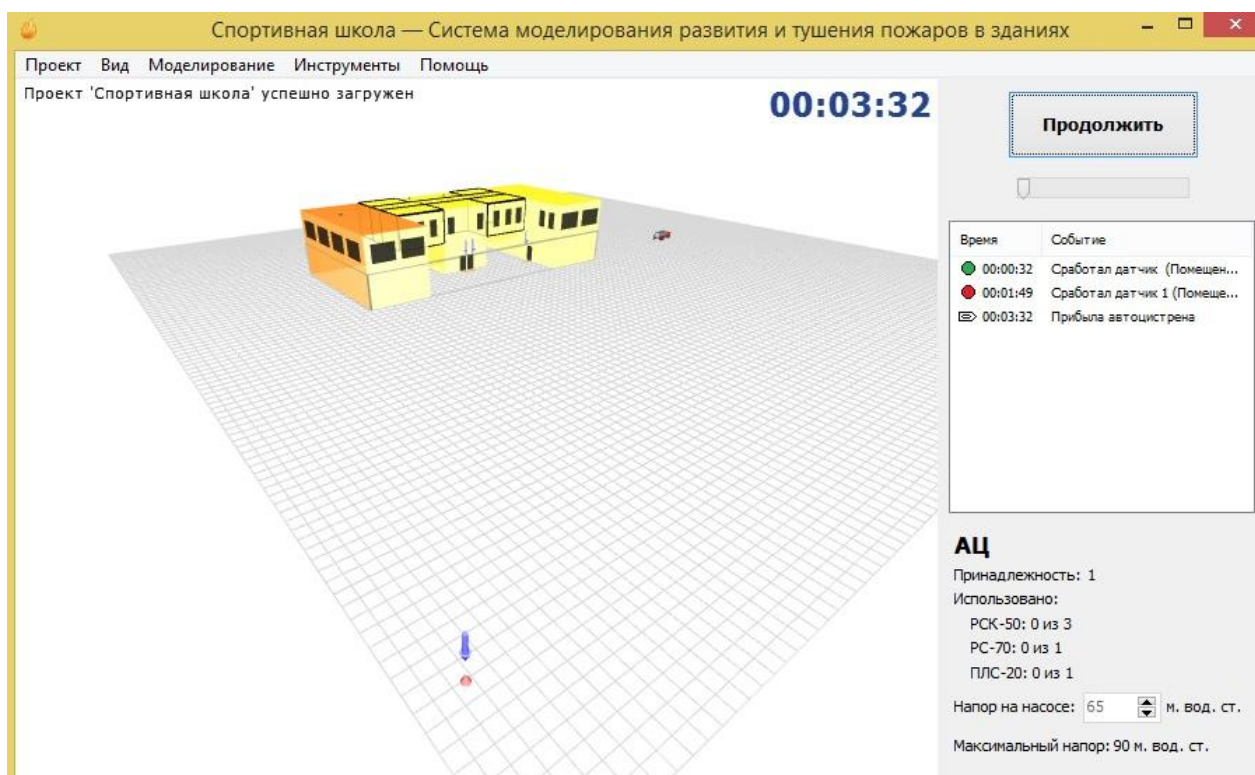


Рис. 6. Визуализация реализации работы алгоритма расстановки сил и средств

Визуализация подачи огнетушащих веществ осуществляется с момента выбора типа ствола: ручного или лафетного.

Результаты введения средств подачи огнетушащих веществ оказывают влияние на динамику параметров тушения пожара, представленную на рис. 8: объём огнетушащих веществ, расход огнетушащих веществ, удельный расход огнетушащих веществ и нормативную интенсивность подачи огнетушащих веществ.

С целью улучшения взаимодействия пользователя с модулями программного средства разработана база значений параметров, необходимых для расчёта. База данных реализована в виде вкладок с возможностью редактирования как в процессе расчёта, так и при стационарном режиме функционирования программы.

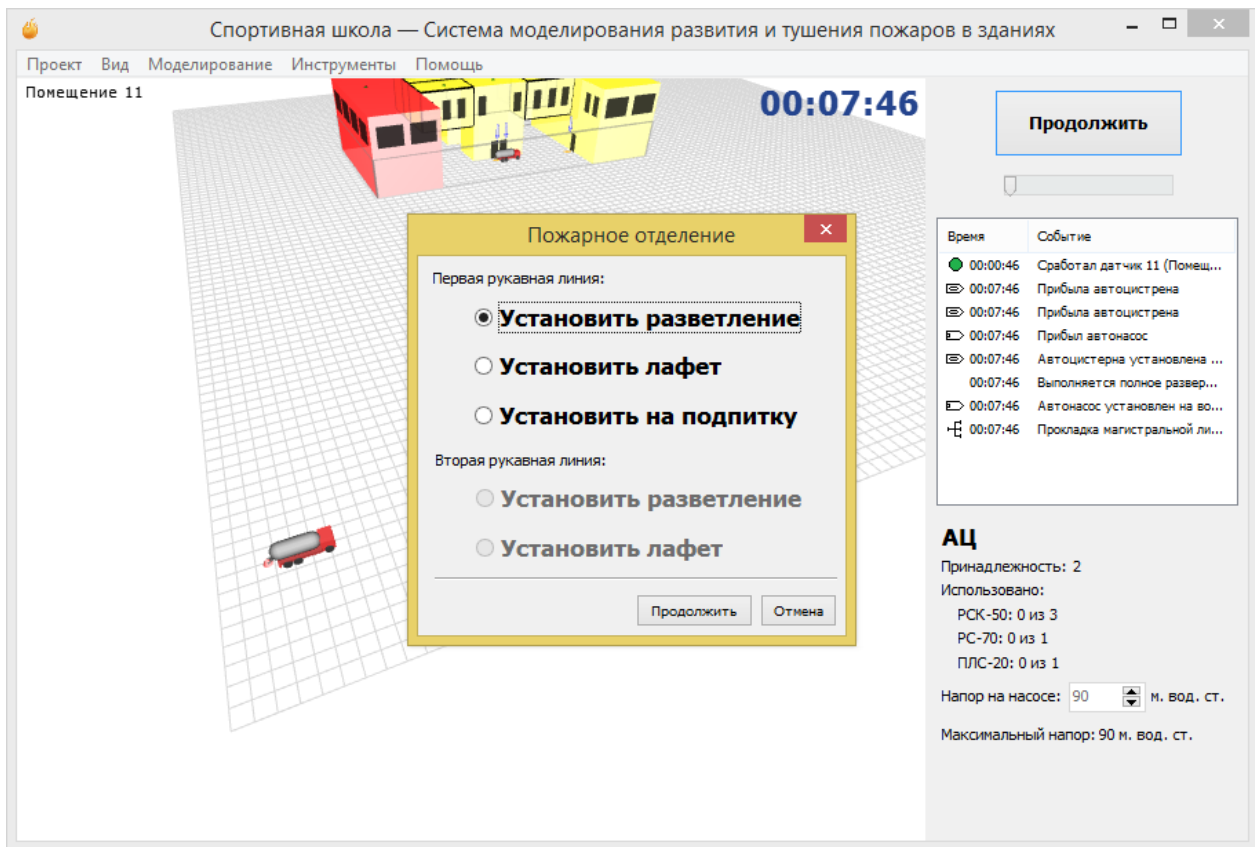


Рис. 7. Выбор средства подачи огнетушащих веществ

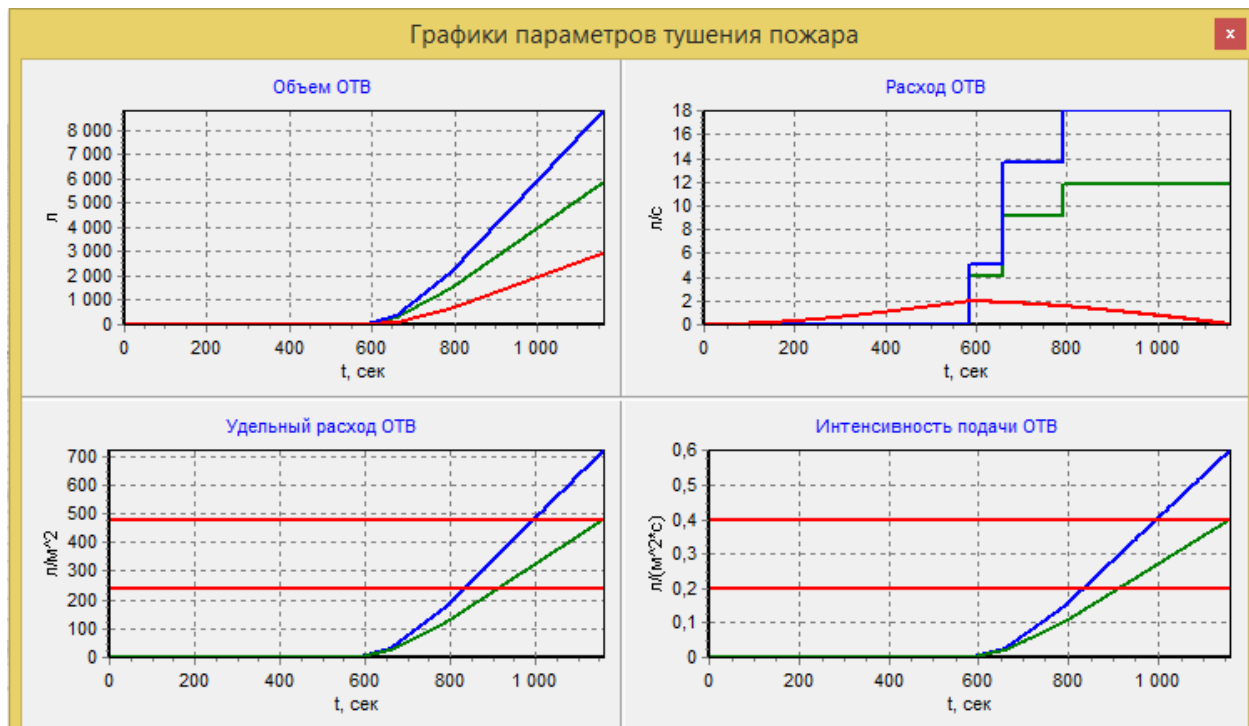


Рис. 8. Динамика параметров тушения пожара в здании

Заключение

Разработанная программа позволяет моделировать динамику параметров развития и тушения пожара в зданиях с учётом введения средств подачи огнетушащих веществ. 2D-редактор позволяет создавать проекты для моделирования по существующим зданиям и сооружениям, что позволяет использовать программу при создании электронных документов предварительного планирования действий по тушению пожаров, а также систем поддержки принятия решений.

Благодаря трёхмерной визуализации процессов развития и тушения пожаров пользователь наблюдает за развитием опасных факторов пожара в помещениях, что позволяет ему рассмотреть отдельные аспекты данного процесса и использовать полученную информацию при принятии решений. Разработанная программа за счёт совокупного взаимодействия модулей позволяет производить анализ обстановки на месте пожара за счет решения систем дифференциальных уравнений, описывающих процесс развития пожара во времени.

Литература

1. **Тараканов Д.В.** Метод разработки систем поддержки принятия решений по тушению пожаров на объектах социальной сферы // Матер. 22-й междунар. науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2013". М.: Академия ГПС МЧС России. С. 182-184.
2. **Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В.** Программное средство для разработки электронных документов предварительного планирования действий по тушению пожаров в зданиях // Матер. 22-й междунар. науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2013". М.: Академия ГПС МЧС России. С. 184-188.
3. **Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В.** Программное средство для разработки компьютерного плана тушения пожара в здании // Матер. 3-й междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов "Проблемы техносферной безопасности – 2014". М.: Академия ГПС МЧС России. С. 109-111.
4. **Тараканов Д.В., Илеменов М.В., Варламов Е.С.** Электронная карточка тушения пожаров в зданиях. <http://fireconf.ru>.
5. **Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В.** Прогнозирование динамики пожара в здании по данным мониторинга // Матер. 9-й междунар. науч.-техн. конф. "Пожарная и аварийная безопасность – 2014". Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России. С. 174-175.
6. **Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В.** Метод прогнозирования динамики пожара в здании по данным мониторинга // Матер. 23-й междунар. науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2014". М.: Академия ГПС МЧС России. С. 209-210.
7. **Топольский Н.Г., Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В.** Алгоритм прогнозирования температуры газовой среды в здании при пожаре по данным мониторинга // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 4 (25). 2014. 5 с. <http://ipb.mos.ru/ttb/2014-4>.
8. **Тараканов Д.В., Смирнов А.В.** Математические модели по расчёту насосно-рукавных систем // Матер. 9-й междунар. науч.-практ. конференции "Пожарная и аварийная безопасность". Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России. С. 82-84.
9. **Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В.** Система моделирования развития и тушения пожаров в зданиях. Свидетельство об официальной регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2013612151 от 15 февраля 2013 г. (Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам).
10. **Теребнев В.В., Грачев В.А., Тараканов Д.В.** Методика принятия управленческих решений при тушении пожара в условиях многокритериальности // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2009. № 4. С. 35-43.