

УДК: 614.849

pavelpavel2415@mail.ru

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА НА ОСНОВЕ
ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ****TO THE QUESTION OF THE SELECTION OF DECISIONS WHILE EXERCISING
THE FIRE BASED ON THE STAGES OF DEVELOPMENT OF THE DECISION
SUPPORT SYSTEM**

*Данилов М.М., кандидат технических наук,
Данилова М.А., Еремин М.П., Захаревский В.Б., Королев П.С.,
Академия ГПС МЧС России, Москва
Danilov M.M., Danilova M.A., Eremin M.P., Zaharevsky V.B., Korolev P.S.,
Academy of State fire service of EMERCOM of Russia, Moscow*

В современно развивающейся структуре пожаротушения в параметрах оценки действий рассмотрен многогранный вариативный процесс тушения пожаров мобильными средствами от передвижной пожарной техники. Напоминается о проблеме повышения эффективности решений, принимаемых руководителями тушения пожара, раскрываются отдельные аспекты. В качестве одного из возможных путей решения проблемы предлагается система поддержки принятия решений при организации тушения пожара, представленная научными циклами применения разрабатываемой технологии на этапах пожаротушения, дается описание основных принципов построения и структура указанной системы. Показан вариант использования оперируемыми данными, полученными при использовании модели оценки параметров подачи огнетушащего вещества, в зависимости от тактических возможностей в режиме реального времени руководителем тушения пожара.

Ключевые слова: пожарная охрана, пожаротушение, пожарная безопасность, подача огнетушащих веществ, принятие решений на пожаре.

In a modernly developing firefighting structure, the multifaceted variational process of extinguishing fires by mobile means from mobile fire fighting equipment is considered in the parameters of action evaluation. It recalls the problems of increasing the effectiveness of decisions taken by fire extinguishing leaders, certain aspects are revealed. As one of the possible ways to solve the problem, a decision support system is proposed in the organization of fire extinguishing, presented by scientific cycles of application of the developed technology at the stages of firefighting, a description of the basic principles of construction and the structure of this system is given. The variant of the use of the operated data obtained using the model for estimating the parameters of the extinguishing agent supply is shown, depending on the tactical capabilities in real time by the fire extinguishing director.

Keywords: fire protection, fire extinguishing, fire safety, supply of fire extinguishing substances, decision-making on fire.

На этапах развития современной структуры пожаротушения при переходе к риск-ориентированной модели и в условиях оптимизации ориентированных задач, лучший итог выполненных действий приобретает задача тушения пожаров

мобильными средствами от передвижной пожарной техники. Сама задача состоит в анализе возникающих действий, когда присутствует несколько направлений (альтернатив) при этом, в определенном смысле, требуется формализовать эти

альтернативы. Процесс формализации альтернатив представляет собой достаточно сложный процесс, содержащий ряд этапов, при описании которых используется определенный конструктив. В качестве основного элемента представим субъект принятия решения – один руководитель тушения пожара (далее – РТП) или несколько специалистов (должностные лица штаба тушения пожара), проводящих анализ обстановки и выработку вариантов решения. Штаб тушения пожара определяет рациональное в данной ситуации решение – так называемое перспективное решение на пожаротушении, для достижения задач, решаемых МЧС при тушении пожаров. Такой целевой подход занимает в теории принятия ре-

шений центральное место. Так в структуре пожаротушения проведение анализа обстановки начинается с выявления основной цели.

Принятие решений в данной модели функционирования структуры пожаротушения является разносторонним, универсальным процессом, включающим в себя определенное количество стадий действий пожарных подразделений [1]. РТП как субъект принятия решения, анализирующий обстановку на выбор правильного решения при тушении пожара, принимает рационально правильное решение из определенного количества вариантов, комплексная модель деятельности РТП представлена на рисунке 1.

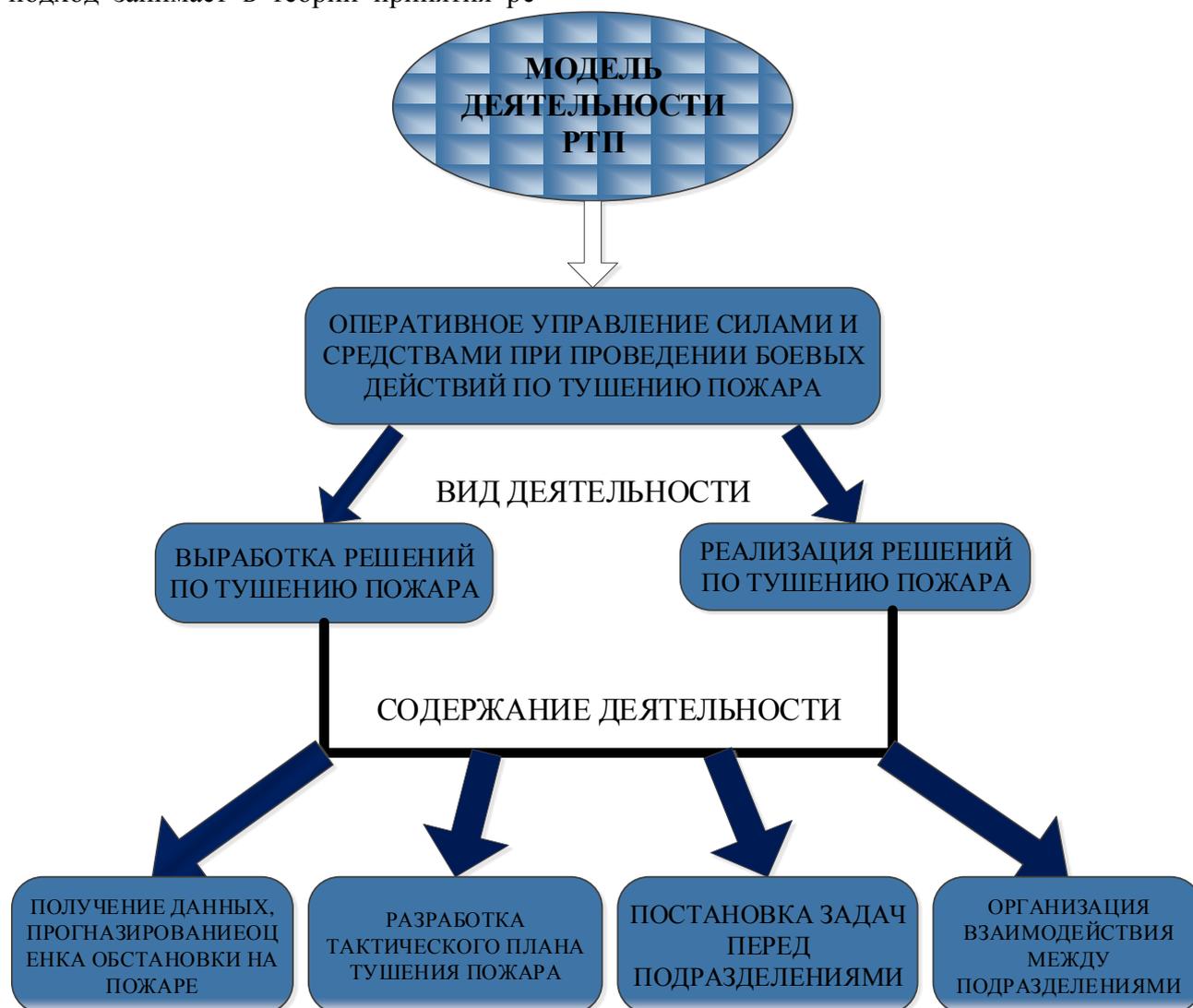


Рисунок 1. Модель деятельности РТП

Результат тушения пожара является основным в теории принятия управленческих решений. В целях управления подразделениями пожарной охраны при использовании алгоритмов и методик ведения боевых действий по тушению пожара оценка обстановки начинается с выявления скоррелированных факторов в быстро меняющейся обстановке для достижения результатов тушения пожаротушения.

В большой степени оказывают воздействие на процесс принятия решения граничные условия (ограничения) и применение разработанной системы поддержки принятия решений при тушении пожаров (далее – СППР). Таким образом, пожарные подразделения реализуют принимаемые решения РТП, проходя через структуру системы поддержки принятия решений [2]. Обобщенный критериальный поиск и выбор наилучших альтернатив на момент времени ведения боевых действий по тушению пожара (принимаемых решений при определенных ограничениях) является одной из основных задач подразделений МЧС России [3], в том числе к реализации устойчивых информационных связей между подразделениями, с учётом различных факторов развития пожара и оперативностью принятия управленческого решения. Оперативность принятия решения основана на комплексном анализе условий ведения боевых действий при организации тушения пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

При принятии оперативных решений цель системы, как правило, очевидна и достаточно четко сформулирована и остается только определить пути ее реализации, минимизируя время оценки целей конструктивного анализа и альтернативные варианты складывающейся обстановки на пожаре (в общем случае число таких вариантов множественно). Заметим, что в традиционных задачах исследования операций допустимое множество альтернатив обычно задается в явной или неявной форме. В современной теории принятия решений генерация таких альтернатив и выявление

множества допустимых являются важной составной частью.

В ситуациях, связанных с принятием перспективных решений на пожаре, разработка каждой альтернативы поведения системы пожаротушения является достаточно трудоемкой операцией. Поэтому довольно часто разрабатываются наиболее вероятные варианты [4], число которых, конечно, при этом каждой такой альтернативе обычно сопоставляется определенная последовательность, курс действий (тушение, защита, подготовка к пениной атаке и т.п.). Причем наиболее существенным является анализ таких альтернативных решений при оценке последствий их выбора [5]. Такой метод наиболее осуществим при совершенствовании организации тушения пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, совершенствовании уровня готовности подразделений пожарной охраны и профессиональной подготовки их личного состава, где необходимые для анализа альтернативы учитывают возможные изменения обстановки, достигаемые в различных условиях.

В результате выполнения таких этапов разрабатывается, так называемая, концептуальная модель поддержки принятия перспективного решения, которая отражает с необходимой полнотой систему-прототип в том или ином содержательном ее аспекте элементарных положений логики пожаротушения.

На основе концептуальной модели создается возможность формализованного описания ситуации и разработки модели функционирования механизма структуры принятия решений, формализованная последовательность действий, выполнение которых позволяет сформировать решение для управления подразделениями при проведении боевых действий.

При принятии решений при проведении боевых действий по тушению пожара цель, как правило, известна и четко сформулирована. Для получения оценки уровня достижения целей, поставлен-

ных перед системой, необходимо проводить анализ и конструировать альтернативы того, как поведет себя система в различных условиях обстановки складывающейся на пожаре. Модель анализа представлена на рисунке 2.

Базируясь на концептуальной модели имеется возможность формализованного описания ситуации и разработки математической модели функционирования структуры управления боевыми действиями по тушению пожара, однако,

для нахождения наилучшего из массива всевозможных решений в определенной оперативно тактической обстановке, необходимо разработать алгоритм – систему точных и понятных предписаний о содержании и последовательности выполнения конечного числа действий, выполнение которых позволяет выбрать решение из массива, по управлению подразделениями пожарной охраны.

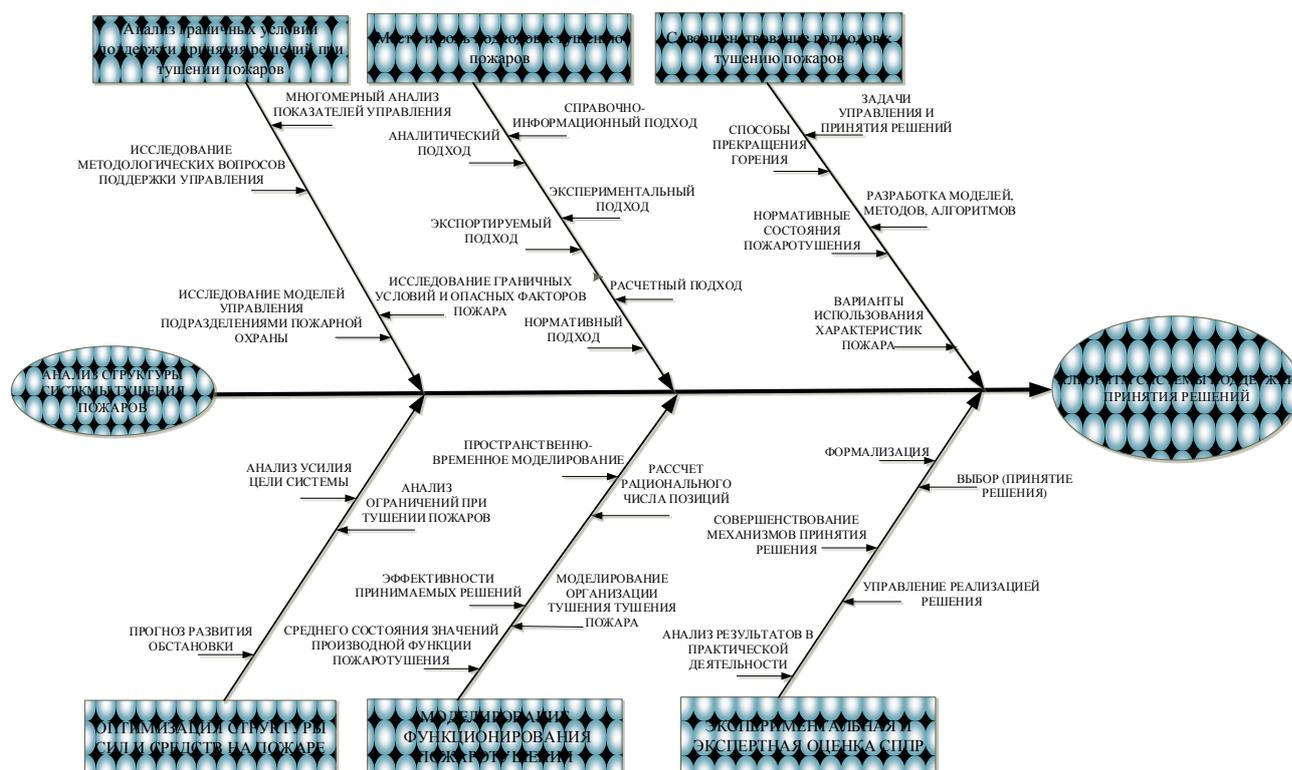


Рисунок 2. Структурно-логический анализ СППР

Исследование альтернатив боевых действий подразделений пожарной охраны производится по модели, учитывающей этапы принятия запланированных решений. Первый этап – постановка, определение цели в конкретных условиях складывающейся обстановки. Второй этап – многосторонний анализ ресурсов, взаимодействующих при реализации решения, а также условий использования этих ресурсов. В результате выполнения действий, предусмотренных данными этапами, разрабатывается система под-

держки принятия решений в мультиусловиях [6, 7].

На основе создания модели возможно формализованное описание и ее математическая разработка. Модель описывает с необходимой для принятия решения полнотой взаимодействия организационных структур пожаротушения, однако, для нахождения наилучшего в некотором смысле из массива всевозможных решений необходимо разрабатывать алгоритм - систему точных и понятных предписаний о содержании и последова-

тельности выполнения конечного числа действий, выполнение которых позволяет сформировать решение по управлению процессом тушения пожара.

Таким образом, математическое обоснование приводится к обобщенной модели принятия решения с целью рассмотрения на единой основе многочисленных задач выбора, установления связей при общей постановке задач принятия

решений, целесообразно использовать структурно-математический подход, позволяющий проводить математическую выборку структуры выбора в интуитивно приспособленным к восприятию виде. Данная постановка (математическая структура) предоставляет возможности задачи при принятии решений, в зависимости от того, каким образом заданы условия и элементы.

Диаметр насадка мм		Q л/с	L м
Пост. сопротивления $S_n, 10^{-6} \text{ с}^2/\text{м}^5$			
Расход воды		Q л/с	L м
Компактная часть струи			
Давление перед насадком м. в. ст.	20		
	30		
	40		
	50		
	60		
	70		
	80		

Рисунок 3. Неподвижная, статическая часть (часть приспособления, не требующего автоматизированного рабочего места, для вычисления параметров насосно-рукавных систем в виде информационно-аналитического сопровождения расчетных сценариев при тушении пожаров на различных объектах, для применения пожарно-спасательными гарнизонами в целях сокращения времени расчетных параметров

50		38		32		28		25		19		13	
0.013		0.04		0.079		0.135		0.21		0.63		2.89	
39.0	21	22.4	20.5	16.0	20	12.2	20	9.7	14.5	5.4	13	2.7	13
47.5	29	27.4	27	19.4	26.5	15.0	26	11.8	19.5	6.4	16.5	3.2	16
55.0	33	31.7	32	22.5	30.5	17.2	30	13.6	22.5	7.4	20	3.7	18.5
61.4	37.5	35.4	35.5	25.0	34	19.3	33	15.3	25	8.2	22	4.1	20
67.3	40.5	38.2	38.0	27.6	37	21.1	35.5	16.7	27	9.0	23.5	4.5	21.5
72.6	42.5	41.9	39.5	29.7	37.5	22.8	37	18.1	27.5				
77.2	43.5	44.5	40										

Рисунок 4. Подвижная, динамическая часть

(часть приспособления, не требующего автоматизированного рабочего места, определяющая оптимальную характеристику по выбору насосно-рукавных систем для подачи огнетушащих веществ в зависимости от расхода и значений компактной части струи из пожарного ствола)

В настоящее время применительно к разрабатываемым сценариям ведения боевых действий, выполнив научно-практическое исследование при тушении пожаров на основе условий и факторов ведения боевых действий проведена детализация поддержки принятия решений при формировании расчетных сценариев. Фрагменты расчетных сценариев представлены частью интерфейса из приспособления не требующего автоматизированного рабочего места для определения параметров расчетных сценариев и отражены на рисунках 3, 4.

Данная система работает по следующему принципу: РТП задаются исходные параметры и интерактивно снимаются полученные результаты. Рассмотрим на примере одного расчетного сценария общий принцип СППР. Сценарий представляет собой динамическую, интерактивную систему, состоящую из неподвижной части (рис. 3) и подвижной, динамической части (рис. 4). При работе с данной частью СППР, руководитель тушения пожара задаёт исходные параметры: диаметр насадка (d , мм), давление перед насадком (P , м. в. ст.) При сопоставлении с проемом на статической части, ячейки с диаметром насадка (d ,

мм) на динамической части, РТП снимает следующие показатели: постоянную сопротивления насадка (S_n) и, в зависимости от давления перед насадком (P , м. в. ст.), расход воды (Q л/с), длину компактной части струи (L , м). Полученные параметры РТП может использовать при ведении боевых действий по тушению пожара, при работе со стволами с изменяемым расходом, для выбора позиций для ствольщиков.

Математическое обоснование данного расчетного сценария основывается на математическом аппарате гидравлики. Теоретической основой процесса истечения жидкости из пожарных стволов являются зависимости, полученные при изучении опорожнения резервуаров, а также резервуары исследования различных видов насадков (присоединенных к отверстию в стенке труб, длина которых составляет два-пять внутренних диаметров) на скорость истечения и расход жидкости [8].

$$v_H = \varphi_H \sqrt{2gH_H}, \quad (1)$$

$$q_H = \mu_H \omega_H \sqrt{2gH_H}, \quad (2)$$

$$\omega_C = \varepsilon_H \omega_H, \quad (3)$$

$$\mu_n = \varepsilon_n \varphi_n, \quad (4)$$

где v_n – скорость истечения из насадка, м/с; φ_n – коэффициент скорости насадка; H_n – напор на входе в насадок, м; q_n – расход жидкости из насадка пожарного ствола, м³/с; μ_n – коэффициент расхода насадка; ω_n – площадь конечного сечения насадка, м²; ω_c – площадь струи в сжатом сечении, м²; ε_n – коэффициент сжатия струи [9]:

$$S_n = \frac{1}{2g\mu_n^2\omega_n^2}, \quad (5)$$

где S_n – сопротивление насадка пожарного ствола c^2/m^5 .

$$H_n^{TP} = n_{м.л.} \cdot S_{м.л.} \cdot Q_{м.л.}^2 + \Delta h_{разв} + n_p \cdot S_p \cdot q_{ств}^2 + H_{ств} + Z_{ств}, \quad (6)$$

$$n_p = \frac{k \cdot L}{l_p}, \quad (7)$$

$$Q_{max} = \frac{\Delta H}{S_{м.л.} \cdot n_{м.л.}}, \quad (8)$$

$$\Delta H = H_n - (H_c + Z + 0.17U), \quad (9)$$

где H_n^{TP} – требуемый напор на насосе пожарного автомобиля; $n_{м.л.}$ и n_p – число рукавов в магистральной и рабочей линии соответственно; $S_{м.л.}$ и S_p – сопротивление одного рукава магистральной или рабочей линии соответственно; $Q_{м.л.}^2$ – расход огнетушащего вещества по наиболее нагруженной магистральной линии пожарного автомобиля; $\Delta h_{разв}$ – потери напора на разветвлении; $H_{ств}$ – напор на пожарном стволе; расстояние от водосточника до места пожара; $Z_{ств}$ – перепад высот между позицией ствольщика и нулевой отметкой объекта пожара; k – коэффициент, учитывающий неровности местности для прокладки рукавных линий, $k=1,2$; l_p – длина одного пожарного рукава. Расчет с использованием калькулятора марки *CASIO fx-82ES PLUS* – 54 секунды, с помощью CS занимает 13 секунд, с помощью СППР 8 секунд. Сопоставление результатов моделирования представлено на рис.5.

Был проведен эксперимент, по итогам которого был сформирован сравнительный анализ времени принятия решения с помощью гидравлических формул по расчету насосно-рукавных систем, системы, определяющей управленческое решение CS (Control System), разработанной на кафедре пожарной тактики и службы Академии ГПС МЧС России, и системы поддержки принятия решения при тушении пожара. Аналитический расчет по идентичным параметрам производится по формулам (6, 7, 8, 9):

Одним из главных условий применения данной системы является интуитивно понятный интерфейс, который рассчитан на поддержку принятия решений РТП в кратчайшие сроки. Данная система является малогабаритной, что позволяет использовать её без затруднения в штабах пожаротушения или на основных пожарных автомобилях, не требуется автоматизированное рабочее место, для использования СППР, личный состав подразделений пожарной охраны, который будет использовать данную систему может научиться ей пользоваться, прочитав руководство по эксплуатации, так же разработанное в рамках научно-практического исследования СППР при тушении пожаров. Данную систему возможно использовать при обучении личного состава пожарной охраны в высших учебных заведениях, центрах подготовки, учебных заведениях среднего профессионального образования.

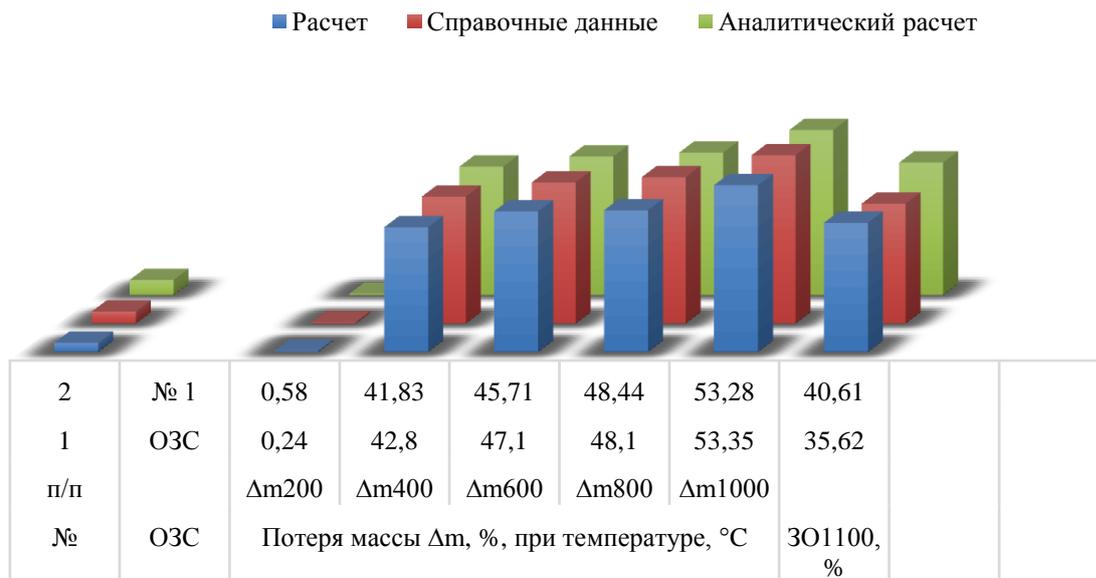


Рисунок 5. Сходимость результатов моделирования

Научное обеспечение применения информационных технологий на этапах жизненного цикла средств информатизации пожаротушения представляется тремя циклами: этапа создания средств информатизации, этапа внедрения разработанных средств и этапа практического использования. И анализируя содержание этапов, можно принять заключение, что существуют группы проблем, определяющих весь облик исследования системы пожаротушения.

Оперируя данными полученными при использовании модели оценки параметров подачи огнетушащего вещества в зависимости от тактических возможностей в режиме реального времени, РТП (или оперативный штаб пожаротушения для формирования вариантов выбора) принимает решения, эффективность которых напрямую влияет на процесс тушения пожара [10,11].

Литература

1. Терехнев В.В. Семенов А.В. Тараканов Д.В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. №10. С. 14-17.
2. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах / И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, В.М. Климовцов, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. 2008. №4 (20). 21 с.
3. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.02.2018 № 50100).
4. Письмо МЧС России от 01.03.2013 № 43-956-18 «О Методических рекомендациях по составлению планов и карточек тушения пожаров», утвержденных 27.02.2013 № 2-4-87-1-18.
5. Методические рекомендации по изучению пожаров (утв. МЧС России 27.02.2013 № 2-4-87-2-18).
6. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В.В. Подиновский. М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2007. 64 с.
7. Разработка системы интеллектуальной поддержки принятия решений при чрезвычайных ситуациях на предварительной стадии / И.П. Евграфов // НТИ. сер. 1. Орг. и методика информ. Работы / ВИНТИ РАН. 2007. № 9. С. 7-12.
8. Практическая гидравлика в пожарном деле / Н.А. Тарасов-Агалаков. М., 1959. 188 с.

9. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости) / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев. М., Стройиздат, 1975.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Расчёт NRS / Данилов М.М., Денисов А.Н., Захаревский В.Б. // Дата поступления 02 августа 2016 г., дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 29 сентября 2016 г. № 2016661086.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Расчёт NRS(L) / Захаревский В.Б., Локтюхина А.А., Денисов А.Н. // Дата поступления 21 февраля 2017 г., Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 23 мая 2017 г. № 2017615760.

References

1. Terebnev V.V. Semenov A.V. Tarakanov D.V. Teoreticheskie osnovy` prinyatiya reshenij pri upravlenii silami i sredstvami na pozhare. // Pozharovzry`vobezopasnost` Izdatel`stvo: ООО Izdatel`stvo Pozhnauka. (moskva) №10 – S. 14-17.

2. Primenenie sistem podderzhki prinyatiya reshenij rukovoditelyami operativny`x podrazdelenij pri tushenii pozharov v krupny`x gorodax / Teterin I.M., Topol`skij N.G., Klimovczov V.M., Prus Yu.V. // Tekhnologii tehnosfernoj bezopasnosti. 2008. №4 (20). 21 s.

3. Prikaz MChS Rossii ot 16.10.2017 № 444 "Ob utverzhdenii Boevogo ustava podrazdelenij pozharnoj ohrany`, opredelyayushhego poryadok organizacii tusheniya pozharov i provedeniya avarijno-spatatel`ny`x rabot" (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 20.02.2018 № 50100).

4. Pis`mo MChS Rossii ot 01.03.2013 № 43-956-18 "O Metodicheskix rekomendaciyax po sostavleniyu planov i kartocek tusheniya pozharov", utverzhdenny`x 27.02.2013 № 2-4-87-1-18.

5. Metodicheskie rekomendacii po izucheniyu pozharov (utv. MChS Rossii 27.02.2013 № 2-4-87-2-18).

6. Vvedenie v teoriyu vazhnosti kriteriev v mnogokriterial`ny`x zadachax prinyatiya reshenij / Podinovskij V.V. // - M.: FIZMAT LIT, 2007. - 64 s.

7. Razrabotka sistemy` intelektual`noj podderzhki prinyatiya reshenij pri chrezvy`chajny`x situaciyax na predvaritel`noj stadii / Evgrafov I. P. // NTI. ser. 1. Org. i metodika inform. raboty / VINITI RAN.— 2007 № 9.— S. 7-12.

8. Prakticheskaya gidravlika v pozharom dele / Tarasov-Agalakov N.A. // – M.: Izd-vo MKX RSFSR, 1959 – 188s.

9. Gidravlika i ae`roodinamika (Osnovy` mexaniki zhidkosti). / Al`tshul` A.D. Kiselev P.G. // Uchebnoe posobie dlya vuzov. Izd. 2-e, pererab. i dop. M., Strojizdat, 1975.

10. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM Raschyot NRS / Danilov M.M., Denisov A.N., Zaxarevskij V.B. // Data postupleniya 02 avgusta 2016 g., Data gosudarstvennoj registracii v Reestre programm dlya E`VM 29 sentyabrya 2016 g. № 2016661086.

11. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM Raschyot NRS(L) / Zaxarevskij V.B., Loktyuxina A.A., Denisov A.N. // Data postupleniya 21 fevralya 2017 g., Data gosudarstvennoj registracii v Reestre programm dlya E`VM 23 maya 2017 g. № 2017615760.