

С. В. Соколов, Д. А. Портнов, С. Ю. Попков
(Академии ГПС МЧС России; e-mail: albrus-ssv@yandex.ru)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ДОБРОВОЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ КОМАНД ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ

Представлена имитационная модель процесса функционирования территориальных добровольных пожарных команд. Описан алгоритм работы имитационной модели и её возможности по оценке параметров оперативного реагирования добровольных пожарных команд на поступающие вызовы.

Ключевые слова: добровольная пожарная охрана, защищаемая территория, оперативное реагирование, время следования, имитационная модель.

Уровень организации *добровольной пожарной охраны (ДПО)* в странах мира весьма разнообразный и изменяется от полного отсутствия ДПО в стране (Иран, Казахстан, Кувейт и др.) до хорошо оснащённой и подготовленной, не уступающей боеготовности профессиональной пожарно-спасательной службе (Австрия, Германия, Франция и др.) [1, 2].

На организацию и процесс функционирования ДПО влияют множество факторов, как внешних (по отношению к ДПО), так и внутренних, связанных с самой ДПО.

К внешним факторам можно отнести параметры защищаемой территории, которые и определяют объём работы ДПО, это – численность населения территории, её площадь, инфраструктура и уровень экономического развития.

К внутренним факторам можно отнести следующие параметры: квалификация личного состава ДПО дислокация мест его проживания и основной работы, графики занятости на основной работе и др.

Все эти внешние и внутренние факторы определяют алгоритмы функционирования ДПО на защищаемой территории, которые могут варьироваться от региона к региону, и, конечно, они значительно отличаются от алгоритма функционирования профессиональных пожарно-спасательных подразделений [3, 4]. Это связано с тем, что личный состав ДПО, который состоит на дежурстве, не обязательно находится в здании пожарного депо (если такое вообще имеется и приспособлено для дислокации личного состава). Личный состав ДПО в различные периоды времени может находиться на месте проживания, месте основной работы или ещё где-нибудь. В связи с этим, меняется и последовательность действий личного состава ДПО при поступлении вызова. Например, если член ДПО находится в пожарном депо, то после поступления вызова он в составе дежурного караула выезжает к месту вызова. Другой вариант, если член ДПО находится на месте проживания (или работы), после поступления вызова он прибывает в пожарное депо и в составе караула выезжает

к месту вызова, и, наконец, третий вариант, когда личный состав ДПО, находящийся на месте проживания (или работы), прибывает непосредственно к месту вызова (кроме водителя). Правда последний вариант в ряде стран считается неприемлемым, поскольку, если член ДПО на собственном транспортном средстве попадает в аварию при следовании на место вызова, то это не покрывается предусмотренной страховкой.

Исходя из вышеизложенного, время прибытия личного состава ДПО к месту вызова, помимо времени следования, во многом зависит от времени его сбора.

Для оценки возможностей личного состава ДПО своевременно реагировать на поступающие вызовы при любых алгоритмах функционирования ДПО (далее авторы будут иметь ввиду территориальные **добровольные пожарные команды (ДПК)**), разработана имитационная модель процесса функционирования ДПК (нескольких ДПК) на защищаемой территории. В основе ядра имитационной модели лежат вычислительные алгоритмы имитационной модели, используемые в системе "КОСМАС" [5, 6], которые с учётом поставленных задач были значительно модернизированы. Имитационная модель оперативной деятельности ДПК позволяет получать количественные оценки параметров оперативного реагирования ДПК на поступающие вызовы при различных алгоритмах её функционирования.

Имитационная модель разработана на языке программирования C++ и предназначена для использования на персональных компьютерах под управлением операционной системой "Windows".

Основные исходные параметры имитационной модели:

1. Геоинформационные параметры защищаемой территории (электронная карта территории с дислокацией всех топографических объектов, необходимых для работы модели);

2. Статистические параметры, характеризующие процесс функционирования ДПК на защищаемой территории (распределение вызовов во времени и в пространстве, временные характеристики обслуживания вызовов и др.);

3. Параметры, характеризующие силы и средства ДПК (личный состав, техника, расписание выездов и др.);

Условия и алгоритмы функционирования ДПК на защищаемой территории:

- Местоположение личного состава ДПК, находящегося на боевом дежурстве, в момент поступления вызова может быть различным в зависимости от месяца года, дня недели и часа суток, как правило, это может быть: пожарное депо; место проживания; место работы. Для каждой единицы личного состава в модели задаются его координаты в различные временные периоды. На рис. 1 и 2 на карте защищаемой территории представлен пример распределения местоположения всего личного состава для двух ДПК в рабочее время (точки с бордовым контуром) и свободное время (точки с зеленым контуром);

- Каждая единица личного состава ДПК может иметь одну или несколько квалификаций, определяющих его деятельность в составе ДПК: командир отделения, водитель, спасатель, ствольщик и др. В модели предусмотрено задание до 10 различных квалификаций (Q1-Q10) для каждой единицы личного состава. На рис. 3 в таблице представлен пример распределения требуемых квалификаций личного состава ДПК по видам пожарной техники, а на рис. 4 представлена таблица с примером распределения квалификаций существующего личного состава ДПК и распределение свободного времени и времени занятости его на основной работе по дням недели и часам суток.

- Действия каждой единицы личного состава ДПК, находящегося на боевом дежурстве, после поступления вызова могут иметь различную последовательность в зависимости от его местоположения. Например, а) личный состав находится в пожарном депо и в составе караула выезжает к месту вызова; в) личный состав, находящийся на месте проживания (или работы) прибывает в пожарное депо и в составе караула выезжает к месту вызова; с) личный состав, находящийся на месте проживания (или работы) прибывает непосредственно к месту вызова (кроме водителя). В модели реализованы все возможные последовательности событий и алгоритмы. На рис. 5 представлен укрупнённый алгоритм функционирования имитационной модели оперативной деятельности ДПК.

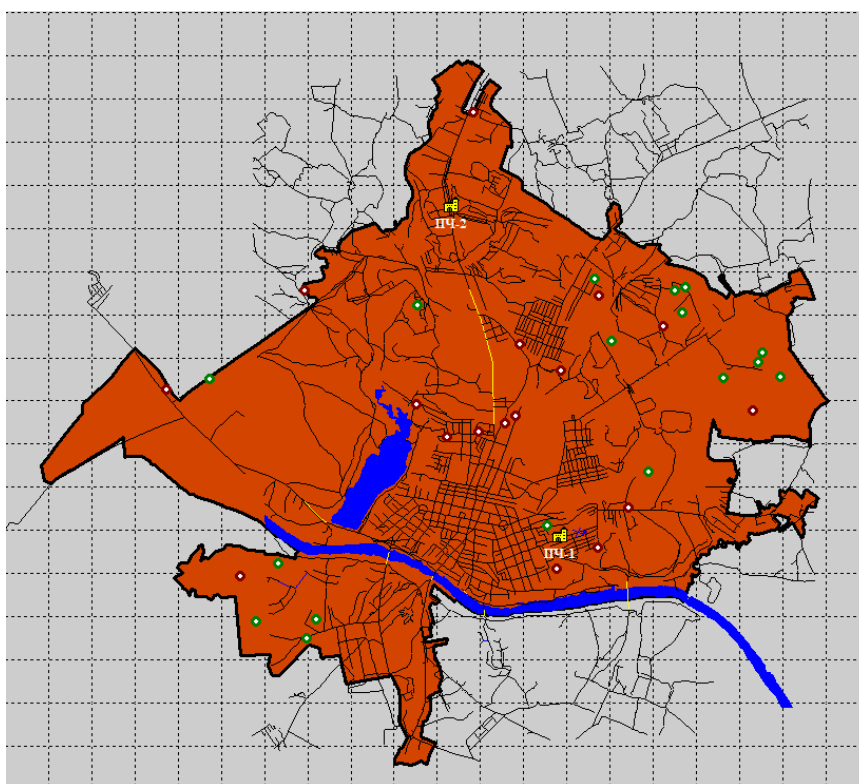


Рис. 1. Распределение мест дислокации личного состава ПЧ-1 (ДПК-1) в рабочее и свободное время

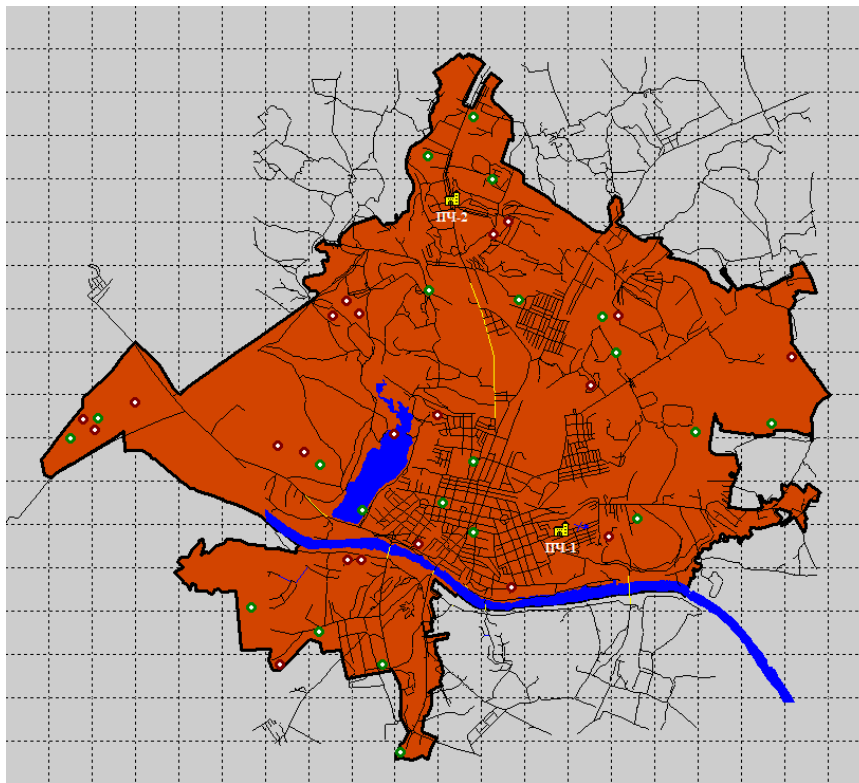


Рис. 2 Распределение мест дислокации личного состава ПЧ-2 (ДПК-2) в рабочее и свободное время

Распределение параметров персонала

N	Тип отделения	Экипаж	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Сумма
8	АСО	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
9	АЦ-40	6	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	6
10	АГДЗС	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
11	АА	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
12	АГВТ	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
13	АП	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
14	АЦ-30	6	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	6
15	АГ-12(3205)	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
16	АЦ-40-131	6	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	6
17	АВР	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
18	АЦ-40-375	6	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	6
19	АЦ-40-375	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Report OK Отмена

Рис. 3. Пример распределения требуемых квалификаций личного состава ДПК по видам пожарной техники



Рис .4. Пример распределения существующих квалификаций личного состава ДПК и график свободного времени и занятости на основной работе по дням недели и часам суток

Имитационная модель позволяет оценить время прибытия (время сбора личного состава и следования) к месту вызова личного состава с любым набором квалификаций для любой ДПК и в любое время на защищаемой территории.

Например, в табл. 1 и 2 приведены результаты моделирования и представлены графики, демонстрирующие время сбора личного состава по вызову: для ДПК-1 (табл. 1) в субботу в период времени от 12 до 13 часов. Из графика видно, что весь боевой расчёт для двух автомобилей в количестве 12 человек в заданное время соберется в пожарном депо за 15,9 мин.; для ДПК-2 (табл. 2) в понедельник в период времени от 0 до 1 часа. Из графика видно, что весь боевой расчёт для трёх автомобилей в количестве 14 человек соберётся в заданное время за 19,8 мин. В данной ситуации весь личный состав собирается в те пожарные депо, к которым он приписан.

Если промоделировать ситуацию сбора личного состава без привязки к конкретному пожарному депо (то есть для пожарных депо подбирается весь ближайший личный состав), то время сбора личного состава будет значительно меньше для рассматриваемых примеров (табл. 3-4). Для первого случая время сбора составит 9,8 мин., для второго – 11,7 мин. Таким образом, в зависимости от места дислокации личного состава в различные периоды времени можно временно менять его привязку к тому или иному пожарному депо. Такой опыт действительно существует в ряде стран.

С использованием имитационной модели можно получить и оценить результаты моделирования частичного прибытия личного состава после поступления вызова непосредственно к месту вызова. В том случае, если личный состав в момент поступления вызова находится ближе к месту вызова, чем к пожарному депо, то личный состав следует прямо к месту вызова (за исключением личного состава, имеющего квалификацию водителя). В ряде случаев время сосредоточения личного состава ДПК на месте вызова при таком алгоритме действий значительно снижается.

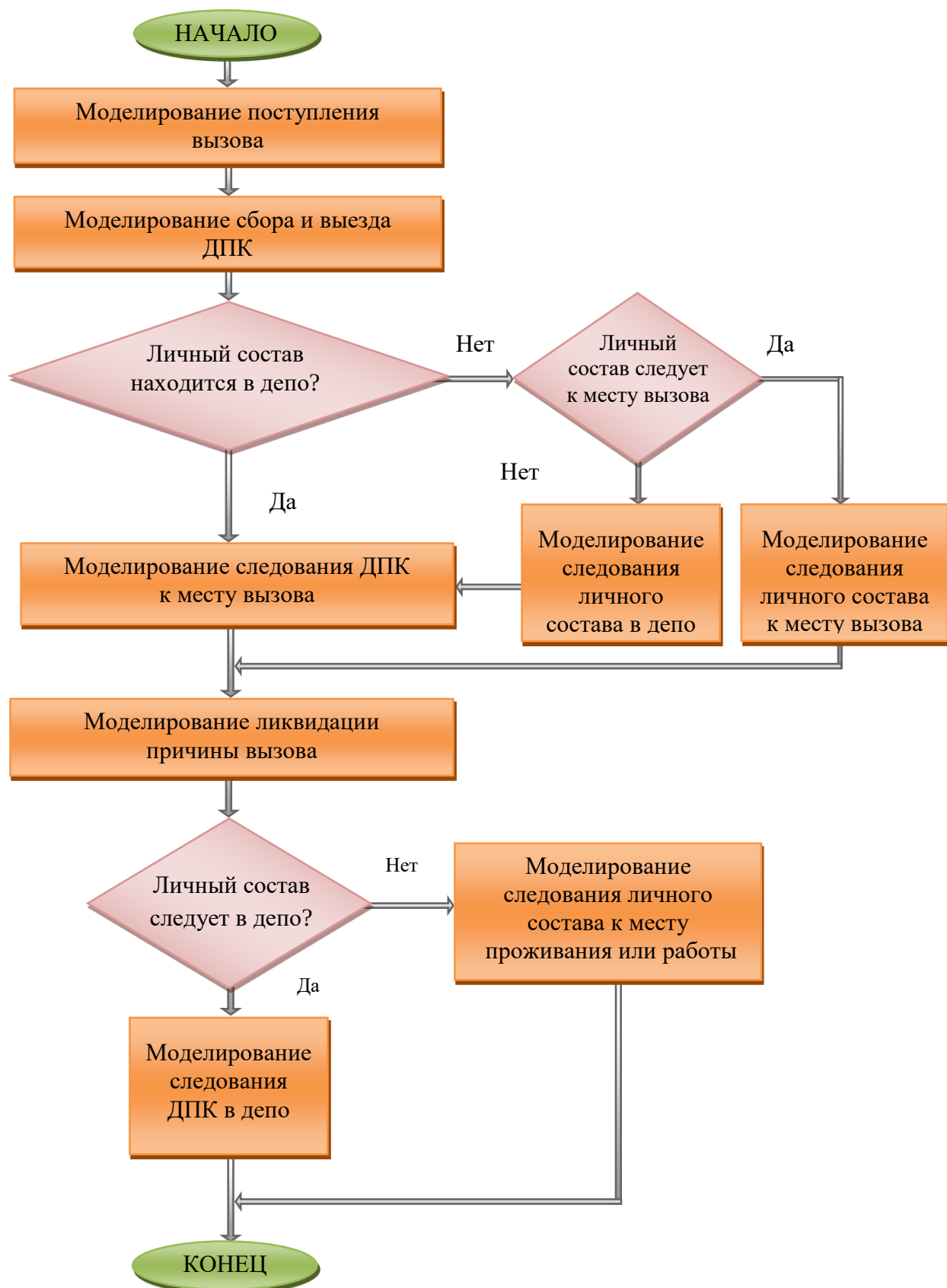


Рис. 5. Укрупненный алгоритм функционирования имитационной модели оперативной деятельности ДПК

Таблица 1

Результаты моделирования сбора личного состава ДПК-1
(с привязкой личного состава к конкретному пожарному депо)

Техника	Численность личного состава по квалификациям										Сумма
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
АЦ-40	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	6
АЦ-30	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	6
Требуется	3	5	1	3	0	0	0	0	0	0	12
Результат	3	5	1	3	0	0	0	0	0	0	12
День-Час	Сб. – 12-13										
Дислокация	Работа + Дом										

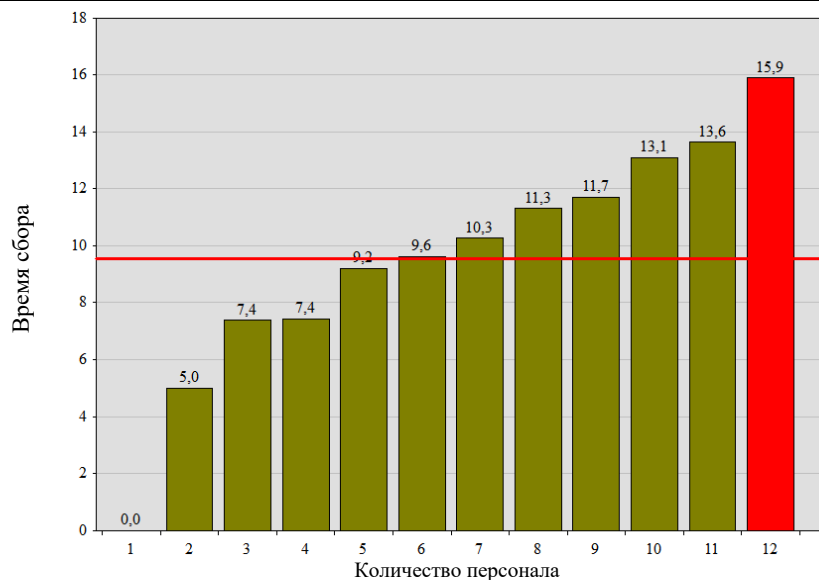


Таблица 2

Результаты моделирования сбора личного состава ДПК-2
(с привязкой личного состава к конкретному пожарному депо)

Техника	Численность личного состава по квалификациям										Сумма
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
АЦ-40	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	6
АЦ-30	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	6
АЛ-30-131	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Требуется	3	6	2	3	0	0	0	0	0	0	14
Результат	3	6	2	3	0	0	0	0	0	0	14
День-Час	Пн. – 0-1										
Дислокация	Работа + Дом										

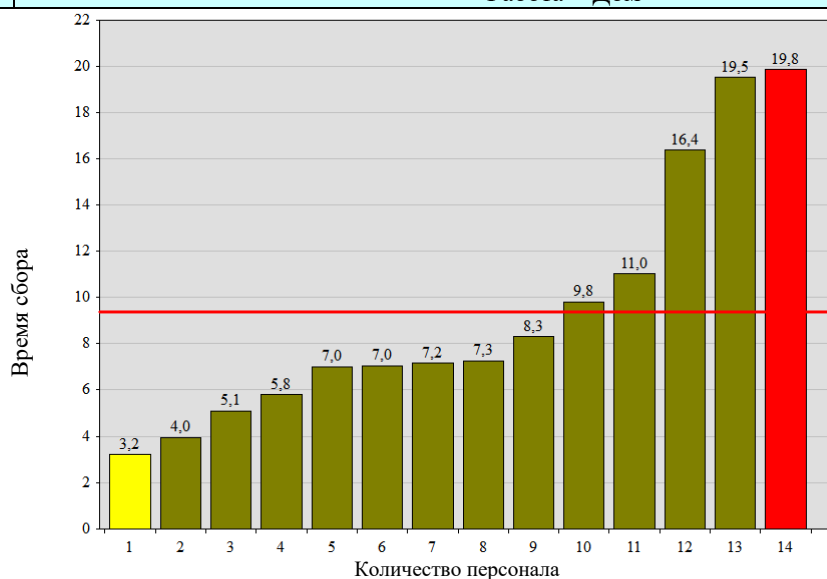


Таблица 3

Результаты моделирования сбора личного состава ДПК-2
(без привязки личного состава к конкретному пожарному депо)

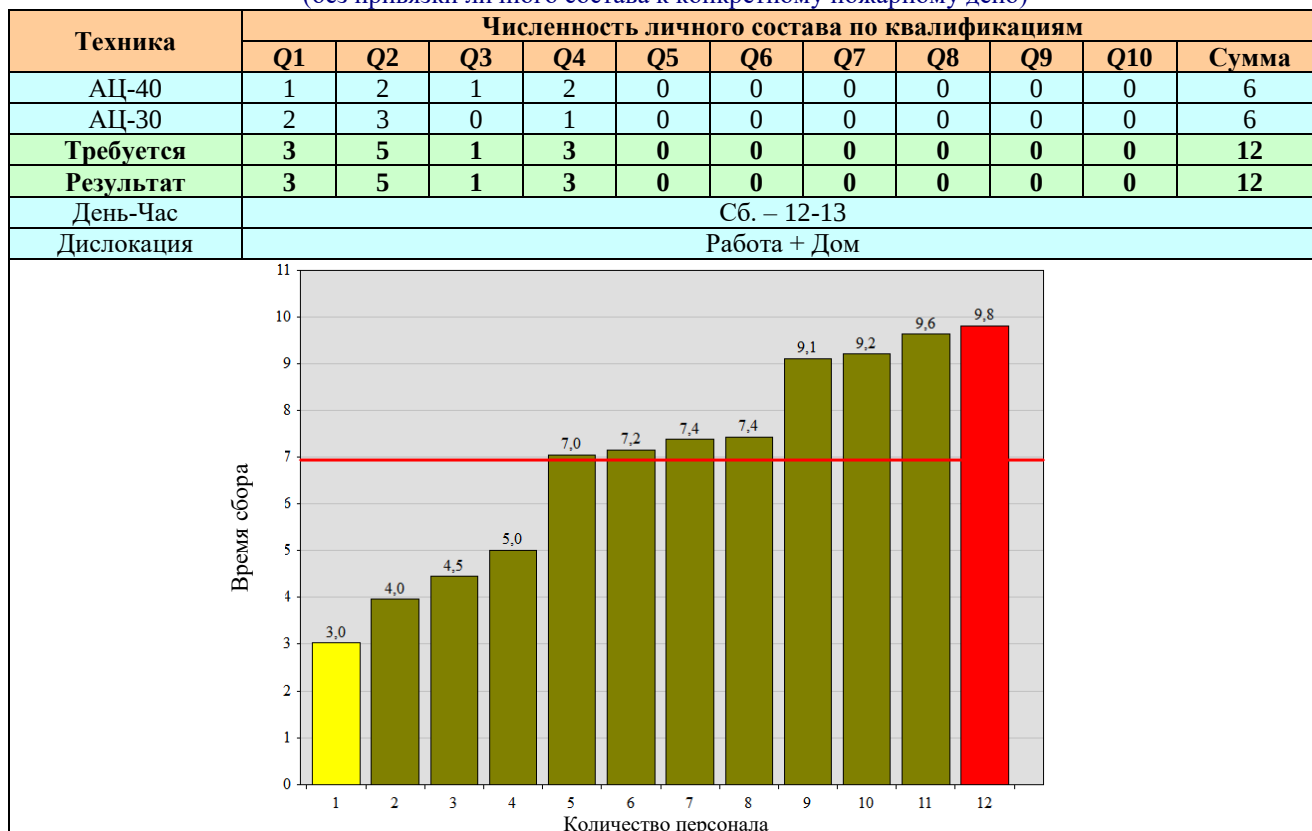
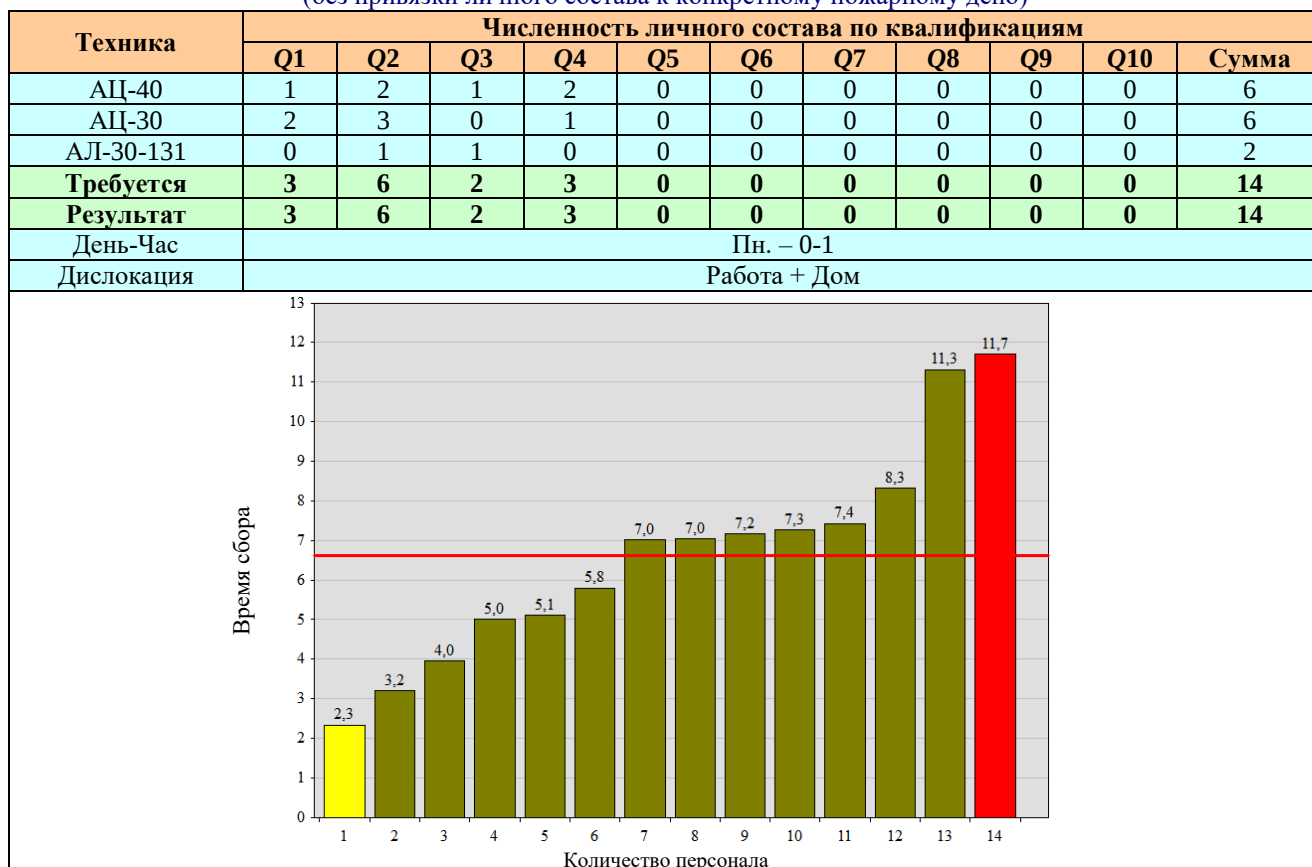


Таблица 4

Результаты моделирования сбора личного состава ДПК-2
(без привязки личного состава к конкретному пожарному депо)



Предложенная имитационная модель позволяет:

- оценить время сбора личного состава и его прибытия к месту вызова в любое время при различных алгоритмах функционирования ДПК на защищаемой территории;

- перераспределять личный состав по ДПК (в случае нескольких ДПК на защищаемой территории) в зависимости от времени (месяца года, дня недели и времени суток) и дислокации личного состава на момент поступления вызова;

- определять наилучший алгоритм функционирования ДПК в зависимости от времени (месяца года, дня недели и времени суток) и дислокации личного состава на момент поступления вызова.

Полученные результаты моделирования можно использовать при оценке времени прибытия личного состава ДПК к месту вызова, распределении личного состава по нескольким ДПК на защищаемой территории, в зависимости от их дислокации в различные периоды времени года, дней недели и времени суток.

Литература

1. *Michael J., Karter Jr.* Fire Analysis and Research Division National Fire Protection Association An Analysis of Volunteer Firefighter Injuries, 2010-2012, 2014. 11 p.

2. *Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P.* World Fire Statistics. Moscow: State Fire Academy of Emercom of Russia, 2017. 60 p.

3. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Портнов Д. А. Организация территориальных подразделений добровольной пожарной охраны // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. № 2. 2018. С. 39-44.

4. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Вагнер П. и др. Безопасность городов: имитационное моделирование городских процессов и систем. М.: изд-во "ФАЗИС", 2004. 172 с.

5. Алехин Е. М., Брушлинский Н. Н., Вагнер П., Коломиец Ю. И., Соколов С. В.

Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов // Вестник Российской академии естественных наук. № 3. 2012. С. 27-34.

Материал поступил в редакцию 8 сентября 2018 г.

Для цитирования: Соколов С. В., Портнов Д. А., Попков С. Ю. Имитационная модель процесса функционирования территориальных добровольных пожарных команд для оценки параметров оперативного реагирования // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 6 (82). – 2018. – С. 22-31. DOI: 10.25257/TTS.2018.6.82.22-31.

S. V. Sokolov, D. A. Portnov, S. Yu. Popkov

SIMULATION MODEL OF THE VOLUNTARY FIRE BRIGADES ACTIVITIES FOR ESTIMATING RESPONSE TIME

It presents a simulation model of territorial voluntary fire brigades activities. The algorithm of the simulation model and its possibilities to evaluate the parameters of the response time of voluntary fire brigades are described. The simulation model allows to: to estimate the turn out time of volunteer firefighters and travel time to the place of call in any time and with various algorithms of volunteer fire service operations in the response area; to redistribute of volunteer firefighters by the fire stations (in the case of several fire stations in the response area) in depending on the time (month of the year, day of the week and hour of day) and location of volunteer firefighters at the time of the call; to determine the best algorithm of volunteer fire service personnel in depending on the time (month of the year, day of the week and time of day) and location of volunteer firefighters at the time of the call. The results of the simulation modeling can be used for estimating the response time of volunteer fire service, the distribution of volunteer firefighters among several fire stations in the response area in depending on their location in different seasons, days of the week and hour of day.

Key words: voluntary fire service, response area, response time, travel time, simulation model.

References

1. Michael J., Karter Jr. Fire Analysis and Research Division National Fire Protection Association An Analysis of Volunteer Firefighter Injuries, 2010-2012, 2014, 11 p.
2. Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. World Fire Statistics. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia, 2017, 60 p.
3. Brushlinsky N. N., Sokolov S. V., Portnov D. A. Organization of local voluntary fire service units. *Pozhary i chrezvychainye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiia / Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, no. 2, 2018, pp. 39-44 (in Russian).
4. Brushlinsky N. N., Sokolov S. V., Wagner P. *Bezopasnost' gorodov: imitacionnoe modelirovanie gorodskih processov i system* [The safety of the cities: simulation modeling of urban processes and systems]. Moscow, FAZIS Publ., 2004, 172 p.
5. Alekhin E. M., Brushlinsky N. N., Wagner P., Kolomietz J. I., Sokolov S. V. Task-oriented simulation systems for automating projection and strategic management of the city emergency services. *Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk / Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*. no. 3, 2012, pp. 27-34.

For citation: Sokolov S. V., Portnov D. A., Popkov S. Yu. Simulation model of the voluntary fire brigades activities for estimating response time. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 6 (82), 2018, pp. 22-31 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2018.4.80.22-31.