

Применение программных средств моделирования для определения количественных характеристик комплексов технических средств, используемых при ведении аварийно-спасательных работ

ISSN 1996-8493

© Технологии гражданской безопасности, 2018

Д.В. Баев, А.А. Акишин, А.В. Еремина

Аннотация

Предложено применение программного обеспечения AnyLogic на примере построения дискретно-событийной модели процесса ведения аварийно-спасательных работ для определения количественных характеристик комплексов технических средств. Данный метод позволяет найти наилучшие количественные характеристики аварийно-спасательных средств.

Ключевые слова: аварийно-спасательные работы; комплексы технических средств; имитационное моделирование; дискретно-событийное моделирование; метод Монте-Карло.

An Application of the Modeling Software Tools for Determining Quantity Characteristics of the Complexes of Technical Means, Used by the Emergency Rescue Operation Proceeding

ISSN 1996-8493

© Civil Security Technology, 2018

D. Baev, A. Akishin, A. Eremina

Abstract

An application of the software AnyLogic is offered on the example of the design of the discrete-event model of the emergency rescue operation proceeding for determining quantitative characteristics of the complexes of technical means. This method allows identifying the best quantitative characteristics of emergency rescue means.

Key words: emergency rescue operations; complexes of technical means; simulation modeling; discrete-event modeling; the Monte-Carlo method.

Статья поступила в редакцию 20.06.2018.

Методы программного моделирования активно используются в различных сферах деятельности для решения широкого круга задач [1, 2]. В общем смысле под «моделированием» принято понимать исследование объектов познания, а именно построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

Методы программного моделирования также применяются для решения широкого круга задач МЧС России. Данные методы наиболее эффективно применяются при прогнозировании последствий различных чрезвычайных ситуаций (далее — ЧС), определении количества необходимых технических средств ведения аварийно-спасательных работ (далее — АСР), разработке технологических карт при проведении АСР и т. д. [4, 7]

Использование данных методов обосновывается ввиду большого количества возникающих неопределенных факторов (случайный характер возникновения и развития ЧС, медико-санитарной обстановки, последовательности и объема работ и т. д.), указывающих на необходимость проведения неоднократных повторных опытов в одинаковых условиях. Поэтому применение методов программного моделирования позволяет не только снизить затраты на проведение экспериментов, но и значительно повысить скорость расчетов.

В качестве программных средств моделирования может быть использовано любое из существующих программных средств (например, MATLAB, Simulink, AnyLogic, LabView и т. д. [3]).

Среди представленных программных средств для решения задач МЧС России более подробно следует рассмотреть программное обеспечение для имитационного моделирования AnyLogic. Имитационное моделирование — метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему (она описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты, с целью получения информации об этой системе. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и для заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить устойчивую статистику. Экспериментирование с моделью называют имитацией (не прибегая к экспериментам на реальном объекте).

Программное обеспечение AnyLogic было выбрано благодаря следующим основным особенностям:

может быть выполнено на дискретно-событийной, системной динамике и агентной моделях;

может моделировать различные явления и системы практически неограниченного уровня сложности [4].

В качестве примера применения методов программного моделирования для решения задач МЧС России следует рассмотреть расчет комплекта аварийно-спасательных средств путем построения дискретно-событийной модели в программном обеспечении AnyLogic.

Дискретно-событийное моделирование является одним из видов имитационного моделирования. В дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Событие происходит в определенный момент времени и знаменует собой изменение состояния системы. Данный метод моделирования, а также его сочетание с методами агентного моделирования позволяет представить и решить поставленную задачу по обоснованию количественных характеристик комплекта аварийно-спасательных средств.

В качестве примера моделирования необходимо выбрать следующие основные параметры расчетов [5, 6, 7, 8]:

тип ЧС: крушение подвижного состава (далее — ПС);

тип ПС: ЭД4М;

количество поврежденных вагонов: 2 ед.;

количество видов работ: 3 (резка кузова, стягивание и раздвигание элементов кузова, резка крупных элементов (тележки вагонов));

количество операций: 200 ед.;

время доставки: 35 мин.;

количество спасательных формирований: 10 чел.;

количество рабочих мест: 5;

количество пострадавших: 20 чел. (распределение по степени тяжести состояния: 50/35/15 легкой/средней/тяжелой,%).

Вероятность выбора аварийно-спасательных средств (далее — АСС) и их технические характеристики представлены в табл. 1.

Для построения имитационной модели в программном обеспечении AnyLogic необходимо построить блок-схему проведения АСР по выбранным параметрам ЧС (рис. 1). Построенная дискретно-событийная модель представлена на рис. 2.

Таблица 1

Характеристики АСС

№ п/п	Наименование АСС	Технические характеристики	Вероятность выбора
1	Расширитель (РСГС-80)	Рабочий ход силовых элементов при расширении — 705 мм Максимальное усилие при расширении (раздвигании) — 57 кН Максимальное усилие при стягивании — 54 кН Среднее время подготовки к работе — 38,8 с	0,449715
2	Ножницы (НКГС-80)	Максимальная толщина перерезания листового железа — 12 мм Среднее время перерезания листового железа 5×100 мм — 4,0 с Среднее время подготовки к работе — 38,8 с	0,346604
3	Пила циркулярная ручная (ДП-210/1900ЭМ)	Мощность — 1900 Вт Среднее время пропила 100 мм — 120 с Среднее время подготовки к работе — 10 с	0,203681

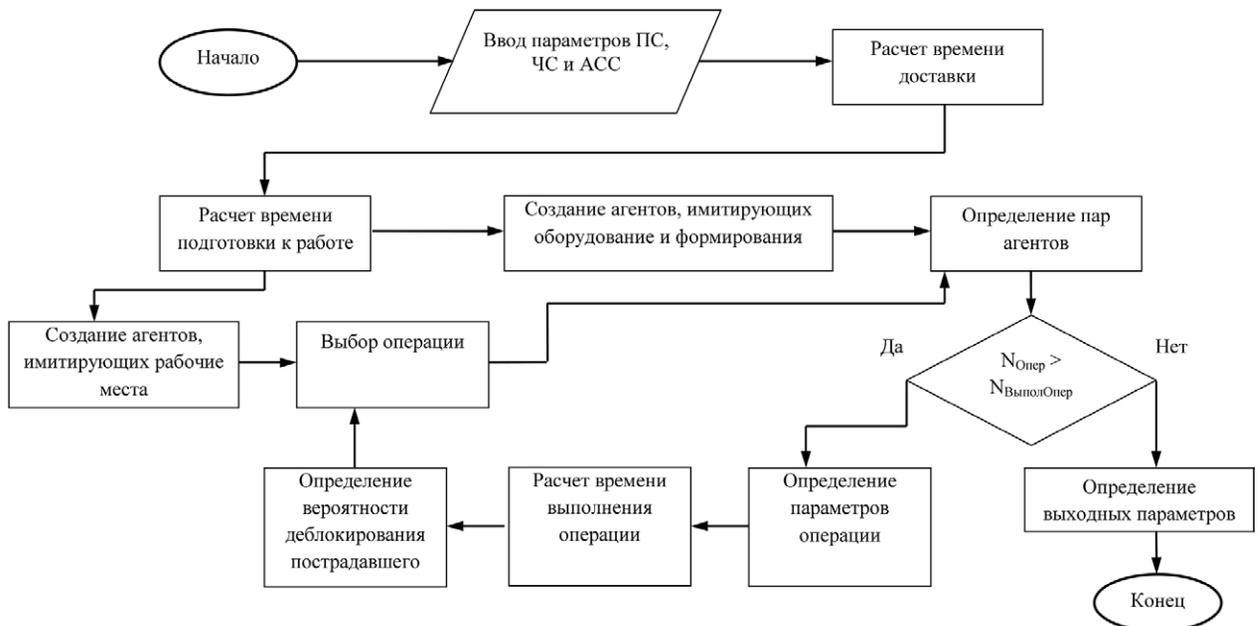


Рис. 1. Блок-схема разработанной модели проведения работ в AnyLogic

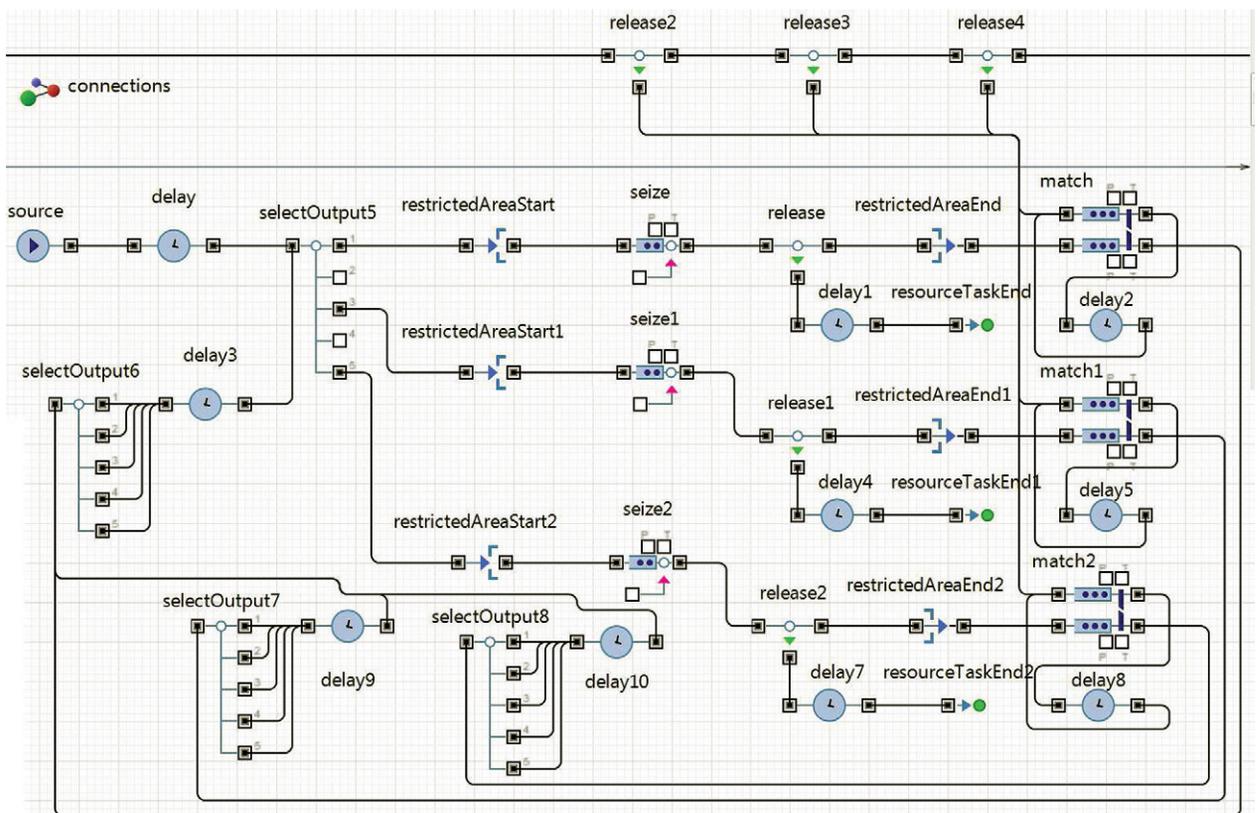


Рис. 2. Дискретно-событийная модель процесса проведения работ

Рассмотрим основные элементы, содержащиеся в представленной модели:

Блок source предназначен для формирования заявок, количество которых равно числу рабочих мест.

Блок selectOutput5 используется при распределении заявок в соответствии с заданной вероятностью выбора инструмента.

С помощью блоков restrictedAreaStart (1, 2), seize (1, 2), release (1, 2), restrictedAreaEnd (1, 2), delay1 (4, 7),

resourceTaskEnd (1, 2) проводится моделирование процессов выделения и ожидания ресурсов на время проведения работы, а именно занятости определенного количества спасательных формирований.

Блоки match (1, 2) используются при операциях по совмещению заявок, которые имитируют процесс проведения работ и выделение для данной работы АСС. При отсутствии свободного АСС происходит его ожидание и, как следствие, — простой на рабочем месте.

Блоки selectOutput6 (7, 8) через вероятности различных операций позволяют определять время выполнения работы инструментом в зависимости от заданных вероятностей.

Блоки delay3 (9, 10) предназначены для моделирования задержки сигнала, равной времени выполнения операции.

После выполнения каждой операции определяется вероятность деблокирования пострадавшего (в зависимости от времени ожидания деблокирования, заданного на основании ранее проведенных исследований). В зависимости от времени ожидания деблокирования и тяжести состояния пострадавших выходным результатом дискретно-событийной модели является количество спасенных. В ходе прогона модели строится график, отражающий количество оставшихся работ (в процентах), количество спасенных пострадавших и число погибших, которых теоретически можно было спасти. Данный график представлен на рис. 3. При этом количество спасенных пострадавших является показателем эффективности различных комплектов технических средств.

Так как полученные дискретно-событийные модели являются стохастическими, а именно, имеют параметры, выражающиеся в вероятности использования оборудования, то возникает необходимость проведения повторных запусков моделей. При решении данной задачи был применен метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло представляет собой общее название группы численных методов, основанных на получении большого числа реализаций стохастического (случайного) процесса, который формируется таким образом, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи. Метод Монте-Карло имеет достаточно широкий

спектр применения, и одной из известных его областей являются задачи массового обслуживания, а именно — моделирование сложных производственных систем, систем связи и компьютерных сетей. [9]

Обычный алгоритм интегрирования методом Монте-Карло будет иметь следующий вид:

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{N} \sum_{i=1}^N f(u_i),$$

где:

N — количество точек;

$[a, b]$ — отрезок;

u_i — значение на каждой точке.

Эксперимент методом Монте-Карло позволит выполнить несколько повторных запусков стохастической модели и отобразить полученный набор результатов моделирования с помощью гистограмм (рис. 4).

На данном графике, на оси абсцисс, отражено количество деблокированных пострадавших при всех прогонах модели, а на оси ординат — вероятность в зависимости от количества прогонов.

Благодаря значительному количеству встроенных инструментов, в AnyLogic возможно получить 3-D модель процесса проведения работ, позволяющую более точно оценить результаты моделирования.

Также возможности современного программного обеспечения позволяют при моделировании различных видов ЧС учитывать ранее не рассматриваемые в полной мере показатели и особенности ведения работ (например, учет климатических факторов, влияющих на показатели надежности АСС, вероятностные оценки использования инструмента и т.д.).

В ходе представленного примера применения программного обеспечения AnyLogic для расчета

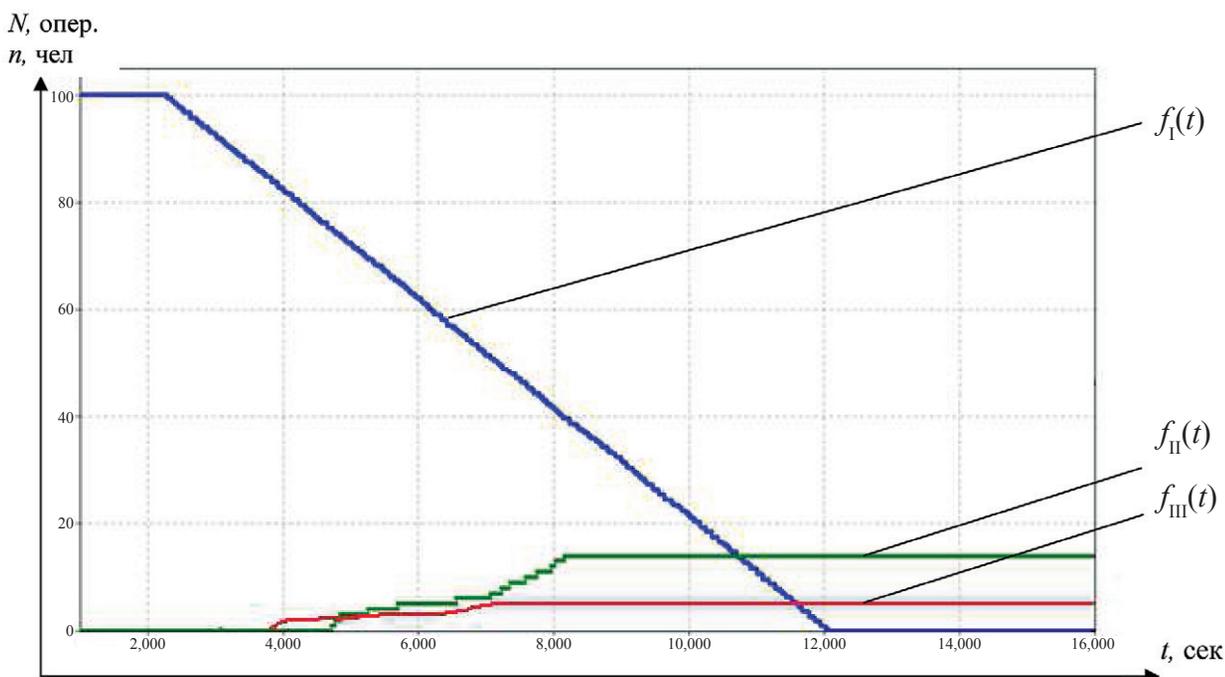


Рис. 3. График, построенный при прогоне дискретно-событийной модели. $f_I(t)$ — график оставшихся работ (в процентах); $f_{II}(t)$ — график нарастания числа погибших и пострадавших; $f_{III}(t)$ — график деблокированных пострадавших

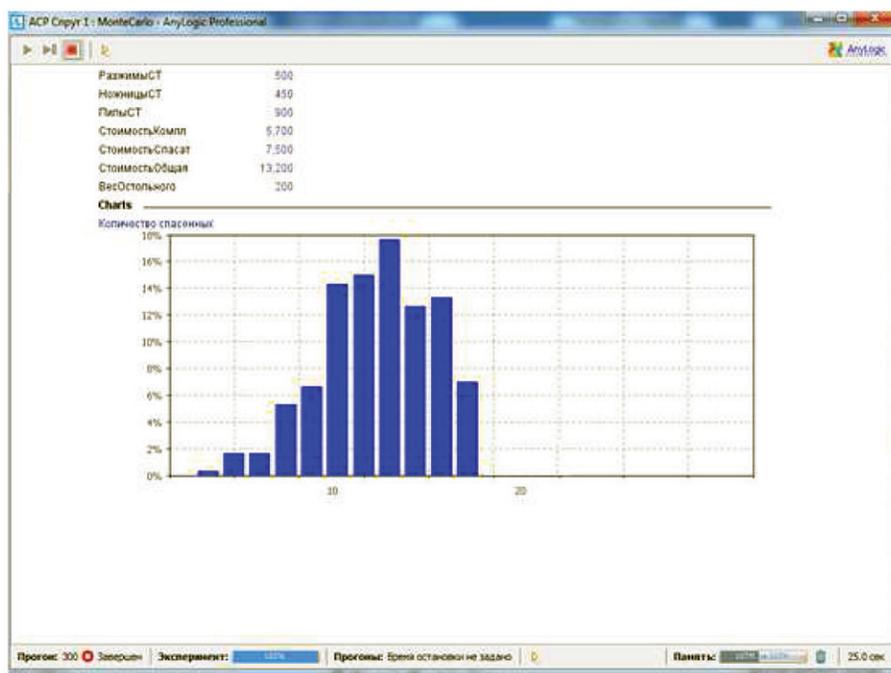


Рис. 4. Гистограмма, полученная методом Монте-Карло

количественных характеристик АСС был определен следующий оптимальный (по критерию «эффективность-стоимость») комплект инструмента:

- расширители (РСГС-80) — 2 шт.;
- ножицы (НКГС-80) — 2 шт.;
- пилы циркулярные (ДП-210/1900ЭМ) — 1 шт.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать следующие **выводы**:

1. Применение программного обеспечения AnyLogic для решения задач МЧС России позволяет создать дискретно-событийную модель процесса ведения аварийно-спасательных работ, учитывающую различные особенности их проведения (например, учет климатических факторов, влияющих на показатели надежности аварийно-спасательных средств, вероятностные оценки использования инструмента и т. д.), ранее не рассматриваемые в полной мере.

2. Для получения результатов моделирования, ввиду того, что полученная дискретно-событийная модель имеет стохастически меняющиеся параметры (а именно — в рассматриваемом сценарии ЧС — вероятностные оценки использования инструмента), был применен метод Монте-Карло.

3. Применение современных программных средств в целях моделирования аварийно-спасательных работ позволяет значительно уменьшить затраты на проведение натурных экспериментов, снизить время расчетов и повысить эффективность ведения аварийно-спасательных работ. Применение данных средств позволит обосновывать тактико-технические требования для аварийно-спасательного оборудования, сформулировать предложения по табелям оснащения состава средств ведения аварийно-спасательных работ, а также местам его размещения.

Литература

1. Боев В. Д., Кирик Д. И., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование. Пособие для курсового и дипломного проектирования. СПб.: ВАС, 2011. 348 с.
2. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 360 с.
3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир, 1975. 534 с.
4. Боев В. Д. Компьютерное моделирование. Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic 7. СПб.: ВАС, 2014. 432 с.
5. Тараканов Н. Д. Применение технических средств для выполнения инженерно-спасательных работ. Теория и практика. М.: Атомиздат, 1979. 207 с.
6. Бирюков И. В., Савоськин А. Н., Бурчак Г. П. Механическая часть тягового подвижного состава: Учеб. для вузов железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1992. 440 с.
7. Технология ведения аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. 286 с.
8. Электропоезда постоянного тока ЭД2Т, ЭТ2М, ЭД4М, ЭТ2. М.: Центр коммерческих разработок, 2003. 184 с.
9. Ермаков С. М. Метод Монте-Карло в вычислительной математике. СПб., 2009. 192 с.

Сведения об авторах

Баев Дмитрий Витальевич: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), м. н. с. науч.-исслед. центра. 121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7. e-mail: bbgpresent@mail.ru SPIN-код — 6298-7633.

Акишин Александр Александрович: к. т. н., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», вед. инж. 129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10. e-mail: ugerzd90@mail.ru SPIN-код — 1231-4902.

Еремина Анна Владимировна: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), м. н. с. науч.-исслед. центра. 121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7. e-mail: belova.belko@yandex.ru

Information about authors

Baev Dmitry V.: All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Junior Researcher of the Research Center. 7 Davydkovskay, Moscow, 121352, Russia. e-mail: bbgpresent@mail.ru SPIN-code — 6298-7633

Akishin Alexander A.: Candidate of Technical Sciences, Scientific Research Institute of Railway Transport, Leading Engineer. 10 3rd Mytishchi street, Moscow, 129626, Russia. E-mail: ugerzd90@mail.ru SPIN-code — 1231-4902.

Eremina Anna V.: All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies? Junior Researcher of the Research Center. 7 Davydkovskay, Moscow, 121352, Russia. e-mail: belova.belko@yandex.ru

Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
<i>Фалеев М.И. и др.</i> Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях. Монография	http://elibrary.ru/item.asp?id=23355898
<i>Акимов В.А. и др.</i> Наша общая Победа	http://elibrary.ru/item.asp?id=23520990
<i>Гнатюк Ю.М.</i> Полвека в гражданской обороне. Записки ветерана, рассказ о людях и делах гражданской обороны	http://elibrary.ru/item.asp?id=23887079
<i>Пучков В.А. и др.</i> Гражданская защита. Энциклопедия. В 4 томах. Изд. 3-е, перераб. и доп. Том I (А-И)	http://elibrary.ru/item.asp?id=23586113
<i>Пучков В.А. и др.</i> Гражданская защита. Энциклопедия. В 4 томах. Изд. 3-е, перераб. и доп. Том II (К-О)	http://elibrary.ru/item.asp?id=23623287
<i>Пучков В.А. и др.</i> Гражданская защита. Энциклопедия. В 4 томах. Изд. 3-е, перераб. и доп. Том III (П-С)	http://elibrary.ru/item.asp?id=23623286
<i>Пучков В.А. и др.</i> Гражданская защита. Энциклопедия. В 4 томах. Изд. 3-е, перераб. и доп. Том IV (Т-Я)	http://elibrary.ru/item.asp?id=23623279
<i>Тодосейчук С.П. и др.</i> Методические указания по проектированию, возведению и эксплуатации пунктов временного размещения населения, пострадавшего в результате чрезвычайных ситуаций	http://elibrary.ru/item.asp?id=18203564
<i>Дурнев Р.А. и др.</i> Оценка трудоемкости научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области безопасности жизнедеятельности: проблемы, идеи, подходы. Монография	http://elibrary.ru/item.asp?id=18203584
<i>Пучков В.А. и др.</i> Гражданская защита. Энциклопедический словарь. Изд. 3-е, перераб. и доп.	http://elibrary.ru/item.asp?id=23623275
<i>Степанов В.В. и др.</i> Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2014 году»	http://elibrary.ru/item.asp?id=23535982
<i>Акимов В.А. и др.</i> ВНИИ ГОЧС: нам 39	http://elibrary.ru/item.asp?id=24142482
<i>Шаерман А.В. и др.</i> Проведение спасательных работ при дорожно-транспортных происшествиях. Монография	http://elibrary.ru/item.asp?id=23668786
<i>Марченко Т.А. и др.</i> Система дистанционного консультирования и информирования населения радиоактивно загрязненных территорий. Монография	http://elibrary.ru/item.asp?id=23867739
<i>Степанов В.Я.</i> Солдат Великой Победы: литературно-художественный сборник	https://elibrary.ru/item.asp?id=29272815
<i>Степанов В.Я.</i> Чернобыль. Память 24/7: историко-художественный литературный сборник. Изд. 2-е, перераб. и доп.	https://elibrary.ru/item.asp?id=29272824
<i>Пучков В.А. и др.</i> Огнеборцы нашего времени: литературно-художественный публицистический сборник	http://elibrary.ru/item.asp?id=23887109