

---

---

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

---

---

## ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ СИЛ И СРЕДСТВ МЧС РОССИИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

**А.К. Черных, доктор технических наук, доцент;  
В.Ф. Щётка; И.В. Козлова.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС  
России**

Предложен концептуальный подход к моделированию системы управления материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях потерь, и возникшего в этой связи дефицита материальных средств, а также ограниченных пропускных способностей сети автомобильных дорог региона. Предложенный для использования математический аппарат исследования операций позволит вырабатывать решения, позволяющие оптимизировать продолжительность обеспечения материальными средствами силы и средства МЧС России, и, таким образом, сократить сроки выполнения работ по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации регионального характера.

*Ключевые слова:* материально-техническое обеспечение, моделирование, силы и средства МЧС России

## APPROACH TO MODELLING OF THE CONTROL SYSTEM MATERIAL SUPPORT OF FORCES AND MEANS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE CONDITIONS OF EMERGENCY SITUATIONS OF REGIONAL CHARACTER

A.K. Chernykh; V.F. Schyotka; I.V. Kozlova.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Conceptual approach to modeling of a control system of material support of forces and means of the Ministry of Emergency Situations in the conditions of losses and which arose in this regard deficiency of appliances, and also limited capacities of a network of highways of the region is offered. The mathematical apparatus of research of operations offered for use will allow to develop the decisions allowing to optimize duration of ensuring with appliances of forces and means of the Ministry of Emergency Situations and, thus, to reduce terms of performance of work on elimination of consequences of an emergency situation of regional character.

*Keywords:* material support, modeling, forces and means of EMERCOM of Russia

В настоящее время для России и других промышленно развитых стран мира характерно нарастание угроз в природно-техногенной сфере. Крупнейшие аварии, катастрофы и стихийные бедствия, имевшие место в последние десятилетия в России и за рубежом, унесли сотни тысяч человеческих жизней, причинили большой и часто невосполнимый ущерб окружающей среде. Прямые экономические потери и затраты на ликвидацию их последствий достигают десятков и сотен миллиардов долларов. Для оперативной и своевременной ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) наряду с участвующими в выполнении работ по ликвидации последствий ЧС регионального характера силами и средствами МЧС России, возможно, в условиях их дефицита, необходимо иметь представительный перечень видов и номенклатур материальных средств, а также возможность оперативной доставки необходимых материальных средств в места их предназначения. Указанные обстоятельства свидетельствуют о сложности решения задачи материально-технического обеспечения сил и средств МЧС России в условиях ликвидации последствий ЧС регионального масштаба и необходимости использования для этой цели методологии моделирования управления материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера, что, по мнению авторов, делает статью достаточно актуальной.

Прежде чем приступить к характеристике концептуального подхода к моделированию системы управления материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера, представим основные факторы и понятия, в рамках которых будет осуществляться характеристика подхода к моделированию указанной системы.

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» под ЧС природного и техногенного характера понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей [1].

По данным МЧС России, в нашей стране ежегодно происходит 300–350 стихийных бедствий и свыше 600 техногенных аварий. В последние годы количество и масштабы последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий становятся все более опасными для населения, окружающей среды и экономики страны [2].

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» по масштабам распространения и тяжести последствий ЧС природного и техногенного характера подразделяются на ЧС локального, муниципального, межмуниципального, регионального, межрегионального, федерального характера.

ЧС регионального характера – в результате которых зона ЧС не выходит за пределы одного субъекта Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн руб., но не более 500 млн руб. [3].

Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по защите населения и территорий от ЧС, в том числе по обеспечению безопасности людей на водных объектах [1].

Следует также отметить, что силы и средства гражданской обороны привлекаются к организации и проведению мероприятий по предотвращению и ликвидации ЧС федерального и регионального характера в порядке, установленном федеральным законом.

Работа по ликвидации последствий ЧС, жизнеобеспечению пострадавшего населения будет успешной тогда, когда все участники ликвидации последствий ЧС в полном объеме и своевременно обеспечены всем необходимым для нормального выполнения работ и действий в ЧС, имеют приемлемые условия для жизни и деятельности: обеспечены продовольствием, вещевым имуществом, горючим и смазочными материалами, материальными средствами для восстановления разрушенных объектов, местами для проживания, обогрева и отдыха и прочим имуществом [4].

Указанное обеспечение является функцией материально-технического обеспечения системы МЧС России, которое представляет собой комплекс мероприятий по оснащению и обеспечению вооружением, военной и специальной техникой (ВВСТ), горючим и смазочными материалами, продовольствием, вещевым и другим имуществом, техническими средствами служб тыла, поддержанию ВВСТ, запасов материальных средств и технических средств служб тыла в состоянии, обеспечивающем постоянную готовность учреждений и организаций, находящихся в ведении МЧС России (учреждения) к выполнению задач по предназначению [5].

Основная цель организации материального обеспечения – проведение материального обеспечения аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и других незамедлительных работ при возникновении ЧС и ликвидации их последствий, которое организуется соответствующими территориальными и функциональными подсистемами РСЧС.

Проведём на основе системного подхода структуризацию системы управления материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера.

Система управления МЧС России – это совокупность функционально связанных органов управления, пунктов управления, систем связи и оповещения, систем и средств автоматизации управления, а также специальных систем, обеспечивающих сбор, идентификацию, обработку, хранение и передачу информации [2].

В этом контексте система управления материально-техническим обеспечением (СУ МТО) сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера является подсистемой (элементом) СУ МТО МЧС России и должна осуществлять взаимодействие с СУ МТО сил и средств МЧС России граничащих регионов.

Следует отметить, что СУ МТО сил и средств МЧС России осуществляет материально-техническое обеспечение сил и средств МЧС России региона в повседневной деятельности, прогнозирует, планирует и осуществляет материально-техническое обеспечение сил и средств МЧС России региона при ликвидации ЧС регионального характера [4].

Функциями СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера являются:

- комплексный анализ размеров материального ущерба при возникновении ЧС, в части, касающейся материальных средств (продовольствия, вещевого имущества, горючего и смазочных материалов и т.д.);
- комплексный анализ размеров материального ущерба при возникновении ЧС, в части, касающейся транспорта, осуществляющего поставки материальных средств (автомобильный, железнодорожный, водный и воздушный виды транспорта);
- комплексный анализ размеров материального ущерба при возникновении ЧС, в части, касающейся нарушения функционирования баз, складов и предприятий промышленности;
- комплексный анализ размеров материального ущерба при возникновении ЧС, в части, касающейся состояния сети автомобильных дорог региона;
- принятие решений на организацию материально-технического обеспечения сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера;

- планирование материально-технического обеспечения сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера;
- оптимальное управление (по критериям: минимизации сроков выполнения задач материально-технического обеспечения сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера; максимизации обеспеченности потребностей сил и средств МЧС России необходимыми ресурсами; минимизации затрат на выполнение поставок материальных средств и т.д.) материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера.

В целях реализации указанных функций, при управлении материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера, необходимо использовать методы, методики и модели, позволяющие осуществить оптимальное управление указанным процессом.

Для этого необходимо модифицировать существующие (при их неэффективности) методы, методики и модели управления материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера, а при их отсутствии разработать эти методы, методики и модели, которые будут моделировать распределение ограниченного ресурса материальных средств между силами и средствами МЧС России, а также доставку этих материальных средств по назначению, что является основой процессного представления функций СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера.

Наряду с процессным представлением СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера, при её структуризации необходимо в концептуальном плане охарактеризовать входную и выходную информацию системы, а также обратные связи и ограничения системы.

В качестве входной информации для моделирования системы должны быть использованы динамически изменяемые данные о наличии материальных средств на базах, складах и предприятиях промышленности, потребности сил и средств МЧС России в этих материальных средствах, возможности транспорта по подвозу необходимых материальных средств, состоянии транспортной сети в условиях ЧС регионального характера.

В качестве выходной информации должны быть сформированы данные о структуре подвоза материальных средств в интересах ликвидации последствий ЧС регионального характера, реализованные через планирующие документы.

Обратная связь должна реализовываться в рамках рассматриваемой системы путём динамического учёта изменений отдельных данных из состава входной информации для математической модели СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера, и динамической реализации на этой основе отдельных фрагментов, блоков или модулей этой модели.

В качестве ограничений (предполагается, что эти ограничения носят, в рамках ликвидации последствий ЧС, временный или постоянный характер) модели необходимо принять ограничения на наличие необходимых материальных средств; ограничения на наличие необходимого транспорта, осуществляющего подвоз материальных средств, необходимых при ликвидации последствий ЧС регионального характера и ограничения на пропускные способности автомобильных дорог из состава транспортной сети региона.

Сформулированные ограничения предполагают, как правило, наличие нескольких вариантов решений в рамках процессного представления СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера, что предполагает использование нетривиального математического аппарата теории принятия решений и исследования операций, который будет концептуально охарактеризован далее.

Вопросы оптимального распределения ограниченного ресурса материальных средств, предназначенных для материально-технического обеспечения сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера в полной мере реализуются на основе

математической модели оптимального распределения ограниченного ресурса. В качестве математической постановки этой модели необходимо использовать постановку, основанную на модели нелинейного математического программирования [6, 7]. Критерием эффективности для модели является минимизация целевой функции, представляющей собой суммарную «недооснащённость» сил и средств МЧС России материальными средствами с учётом приоритетов обеспечиваемых подразделений МЧС России:

$$\min_{\{x_i\}} F(x) = \sum_{i=1}^n C_i \frac{d_i}{x_i},$$

где  $x_i$  – ресурс материальных средств, выделяемый для обеспечения  $i$ -го подразделения МЧС России, единиц ресурса;  $C_i$  – показатель важности (приоритет)  $i$ -го подразделения МЧС России (объекта на котором это подразделения применяется), число;  $d_i$  – ресурс материальных средств, потребный для обеспечения  $i$ -го подразделения МЧС России, единиц ресурса;  $n$  – количество применяемых подразделений МЧС России, число.

Вопросы оптимизации поставок материальных средств в условиях ограниченного ресурса транспортных средств, предназначенных для подвоза материальных средств в условиях ЧС регионального характера, в полной мере реализуются на основе математической модели транспортной задачи. В качестве математической постановки этой модели необходимо использовать постановку, основанную на модели линейного программирования. Критерием эффективности для неё является минимизация целевой функции, представляющей собой суммарную транспортную работу, характеризующую подвоз материальных средств силам и средствам МЧС России при ликвидации последствий ЧС:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

где  $x_{ij}$  – объем материальных средств, который необходимо подать с  $i$ -го склада (базы) материальных средств  $j$  подразделению МЧС России, т;  $l_{ij}$  – продолжительность маршрута от  $i$ -го склада (базы) материальных средств до  $j$ -го подразделения МЧС России, км;  $m$  – количество складов и баз материальных средств, число;  $n$  – количество применяемых подразделений МЧС России, число.

Для приведённой выше транспортной задачи необходимо учитывать как ограничения на пропускные способности автомобильных дорог, по которым происходит подвоз материальных средств, так и необходимость их перевозки в случае невозможности прямых (без перегрузок в транзитных пунктах) перевозок, с использованием транзитных складов (баз). В этих случаях используются соответственно дополнительные ограничения по объёмам материальных средств, которые могут перевозиться по автомобильным дорогам, а также математическая модель с промежуточными пунктами [8, 9].

Необходимо подчеркнуть, что учитывая высокую стоимость модернизации и приобретения современных машин и оборудования для системы материально-технического обеспечения МЧС России, необходимо прорабатывать вопросы об оптимизации необходимых и достаточных затрат на повышение эффективности СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера.

Кроме того, важной целью разработки модели СУ МТО и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера является внедрение разработанных в её рамках методов, методик и моделей управления материально-техническим обеспечением сил

и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера в работу должностных лиц органов управления, осуществляющих материально-техническое обеспечение в регионе, а также вопросы технического регулирования указанного процесса [10].

Таким образом, в ходе анализа СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера были определены основные характеристики системы, включающие место и роль системы, назначение и функции системы, входную и выходную информацию для моделирования системы, ограничения, в рамках которых необходимо проводить моделирование, а также математический аппарат для этой цели, что в совокупности определяет концептуальный подход к моделированию СУ МТО сил и средств МЧС России в условиях ЧС регионального характера.

### **Литература**

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 35. Ст. 3648.
2. МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 20.03.2015).
3. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2007. № 22. Ст. 2640.
4. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Материально-техническое обеспечение мероприятий ГО и РСЧС: учеб. пособие. Белгород: БГТУ, 2011. 134 с.
5. Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Приказ МЧС России от 18 сент. 2012 г. № 555. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. Алгоритм оптимального распределения дискретных неоднородных ресурсов на сети // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1997. Т. 37. № 1. С. 54–60.
7. Черных А.К. Теоретические положения моделирования распределения сил и средств внутренних войск по служебно-боевым задачам // Междисциплинарные исследования в сфере интеграции образования и науки: сб. науч. тр. науч.-пед. состава С.-Петербур. воен. ин-та внутр. войск МВД России. СПб.: С.-Петербур. воен. ин-т внутр. войск МВД России, 2014. С. 151–155.
8. Маслаков М.Д., Черных А.К. Об оценке срока выполнения одного класса комплексных работ на связных множествах объектов на основе математического моделирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 73–80.
9. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 1. 335 с.
10. Ерасова Е.А. Реформа технического регулирования в России и её реализация // Вестник С.-Петербур. ун-та. Сер. 5. «Экономика». 2011. № 2. С. 130–141.