

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-5.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/84TVN517.pdf>

Статья опубликована 09.11.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Косяченко С.А., Шелков А.Б., Богатырева Л.В. Задача перераспределения ресурсов в управлении ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/84TVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 519.7

Косяченко Станислав Анатольевич

ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук, Россия, Москва¹
Главный научный сотрудник
Доктор технических наук, профессор
E-mail: sakos@ipu.ru

Шелков Алексей Борисович

ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук, Россия, Москва
Ведущий научный сотрудник
Кандидат технических наук
E-mail: abshelkov@gmail.com

Богатырева Лариса Владимировна

ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук, Россия, Москва
Научный сотрудник
Кандидат исторических наук
E-mail: lbogat@mail.ru

Задача перераспределения ресурсов в управлении ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций

Аннотация. Работа посвящена рассмотрению проблем повышения эффективности управления процессами ликвидации последствий природно-климатических чрезвычайных ситуаций и масштабных стихийных бедствий. Рассмотрена задача гарантированного материально-технического обеспечения процессов восстановления населенных пунктов, жилых строений, жилищно-коммунального хозяйства и обеспечивающей инфраструктуры в зонах, подвергшихся разрушительному воздействию чрезвычайной ситуации.

Приведена постановка задачи перераспределения материальных ресурсов для проведения восстановительных работ (стройматериалов, средств механизации и т. п.) в условиях резкого скачка потребности в них и возникновения острого дефицита некоторых их видов. Решение данной задачи позволяет обеспечить рациональное перераспределение материальных ресурсов на основе свойства их взаимозаменяемости, а также в предположении, что определенное множество предприятий обладает свободными ресурсами определенных видов, и одновременно с этим существует некоторое их подмножество, которое испытывает острую потребность в данных видах ресурсов. Перераспределение ресурсов осуществляется в границах стратегических ситуационных зон пострадавшего региона, представляющих собой

¹ 117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, лаборатория 20

выделенные на период ликвидации последствий чрезвычайной ситуации территории, на которых необходимо проведение комплекса неотложных восстановительных работ.

Выделены базовые стратегии удовлетворения потребности осуществляющих восстановительные работы предприятий в дефицитных видах ресурсов: пропорциональное, равномерное и приоритетное распределение. Решение рассматриваемой задачи в рамках данных стратегий осуществляется с использованием эвристических алгоритмов. Предложенная формализованная модель перераспределения ресурсов позволяет в дальнейшем перейти к решению более широкого комплекса прикладных и практических задач рассматриваемого класса.

Ключевые слова: управление; чрезвычайная ситуация; ликвидация последствий; восстановительные работы; ситуационная зона; перераспределение ресурсов; жилищно-коммунальное хозяйство

Введение

В последние десятилетия стала отчетливо проявляться тенденция к росту количества, частоты возникновения и тяжести последствий природно-климатических чрезвычайных ситуаций, таких как наводнения, засухи, лесные пожары, ураганы и смерчи, землетрясения, извержения вулканов, аномальные морозы или, наоборот, жара и т. д. Рост числа и масштабов стихийных бедствий предъявляет новые требования к системам управления ликвидацией последствий возникающих чрезвычайных ситуаций (ЧС), тяжесть которых существенно возрастает в случаях нанесения ущерба жилищно-коммунальному хозяйству и обеспечивающей инфраструктуре.

В этих условиях задача ликвидации последствий подобных крупномасштабных ЧС в условиях жестких временных ограничений существенно усложняется и требует от региональных систем управления быстрой, адекватной и эффективной реакции на подобные события. Такая реакция включает прежде всего оперативные меры по восстановлению разрушенных жилых строений и критически важной обеспечивающей инфраструктуры, а также оказание всесторонней помощи пострадавшим. Подобные меры при масштабных ЧС требуют значительных объемов материальных ресурсов для проведения неотложных строительно-восстановительных работ в стратегических ситуационных зонах (ССЗ) пострадавшего региона, представляющих собой выделенные на период ликвидации последствий ЧС территории, на которых необходимо проведение комплекса неотложных восстановительных работ. При выделении ССЗ и определении их границ в качестве критерия наиболее часто используется максимальная независимость ресурсных, транспортных энергетических, коммуникационных и др. видов инфраструктурных взаимосвязей [1, 2].

В настоящей работе рассмотрена задача перераспределения материальных ресурсов в границах ССЗ с целью обеспечения гарантированного материально-технического обеспечения процессов восстановления населенных пунктов, жилых строений, жилищно-коммунального хозяйства и обеспечивающей инфраструктуры после разрушительного воздействия стихийных бедствий и природно-климатических чрезвычайных ситуаций. Данная задача относится к классу задач тактического (краткосрочного) планирования и оперативного управления ликвидацией последствий ЧС.

1. Постановка задачи перераспределения ресурсов

В условиях резкого скачка потребности в материальных ресурсах для проведения восстановительных работ (стройматериалов, средств механизации и т. п.), возрастает

вероятность возникновения (в ряде случаев – острого) дефицита некоторых их видов в отдельных секторах ССЗ. В этих условиях необходимо обеспечить рациональное перераспределение рассматриваемых видов ресурсов по восстанавливаемым и вновь возводимым объектам, в том числе на основе свойства их взаимозаменяемости. Это принципиально позволяет штабу или региональной межведомственной комиссии по ликвидации последствий ЧС оперативно снизить дефицит того или иного вида ресурса у одного осуществляющего строительные-восстановительные работы предприятия за счет избыточного (свободного) ресурса, имеющегося на других предприятиях. Здесь для краткости под предприятием будем понимать юридическое лицо любой организационной формы, привлеченное в установленном порядке к проведению восстановительных работ, либо обладающее рассматриваемыми материальными ресурсами.

Рассмотрим наиболее общую задачу перераспределения дефицитных ресурсов, между предприятиями, ведущими срочные ремонтно-восстановительные и строительные-монтажные работы в ССЗ. Введем следующие обозначения. Пусть I – множество предприятий, ведущих строительные-восстановительные работы в границах ССЗ; E^r – подмножество предприятий, испытывающих дефицит в ресурсе r -го вида, $E^r \subset I$; A^r – подмножество предприятий, имеющих ресурс r -го вида в наличии, $A^r \subset I$; Q_j^r – объем (количество) ресурса r -го вида, имеющегося у j -го предприятия; x_{ij}^r – объем ресурса r -го вида, перераспределяемого i -ому предприятию с j -го, $x_{ij}^r \geq 0$; n_j^r – норма суточной потребности i -го предприятия в r -ом виде ресурса; t_i^r – период времени, в течение которого поступление ресурса r -го вида на i -е предприятие невозможно; t^r – плановый период времени, по истечении которого ожидается поступление дефицитного ресурса r -го вида на одно или несколько предприятий.

Тогда общая задача перераспределения ресурсов предприятиям, осуществляющим строительные-восстановительные работы в границах ССЗ, заключается в определении $x_{ij}^r \geq 0$ для подмножеств предприятий $i \in E^r$ и $j \in A^r$ при выполнении ряда условий и ограничений.

Рассмотрим условия перераспределения ресурса r -го вида от j -го предприятия i -му, испытывающему в нем острую потребность (т. е. ресурс дефицитен). Объем перераспределяемого ресурса r -го вида должен удовлетворять следующим условиям [3]:

$$\sum_{j \in A^r} x_{ij}^r \leq n_i^r \cdot t_i^r, \quad i \in E^r, \quad r \in R \quad (1)$$

$$x_{ij}^r \geq 0, \quad i \in E^r, \quad j \in A^r, \quad r \in R \quad (2)$$

$$\sum_{j \in A^r} x_{ij}^r \leq Q_j^r - n_j^r \cdot t^r, \quad j \in A^r \quad (3)$$

Отметим, что условие (3) предполагает, что потребности у j -го предприятия в ресурсе r -го вида удовлетворяются вплоть до момента его пополнения в соответствии с планом ликвидации последствий ЧС, в противном случае:

$$\sum_{j \in A^r} x_{ij}^r \leq Q_j^r, \quad j \in A^r \quad (4)$$

Подмножество имеющих в наличии ресурс r -го вида предприятий при соблюдении условия (3) определяется следующим выражением $A^r = \{j \in I / Q_j^r \geq n_j^r \cdot t^r\}$, в противном случае – $A^r = \{j \in I / Q_j^r > 0\}$.

Уровень запаса ресурса r -го вида для имеющих его в наличии предприятий с учетом условия (3), определяется выражением $\sum_{j \in A^r} (Q_j^r - n_j^r \cdot t^r)$, в противном случае – $\sum_{j \in A^r} Q_j^r$.

Тогда задача перераспределения необходимых материальных ресурсов между осуществляющими строительно-восстановительные работы в границах ССЗ предприятиями в целях наиболее полного и эффективного использования этих ресурсов в целях ликвидации последствий ЧС может быть поставлена в следующем образом.

Пусть некоторое множество предприятий $j \in F^r$ обладает свободными ресурсами R_j ($j \in F^r$), и одновременно с этим подмножество предприятий $i \in E^r$ испытывают острую потребность в ресурсах из множества $\bigcup_{j \in F^r} R_j$ их видов. Требуется найти такое их распределение $x_{ij}^r, i \in E^r, r \in \bigcup_{j \in F^r} R_j$, которое удовлетворяет следующим ограничениям:

$$\sum_{i \in E^r} x_{ij}^r \leq \tilde{Q}_j^r, \quad j \in F^r, \quad r \in \dot{R}, \quad (5)$$

$$\sum_{j \in F^r} x_{ij}^r \leq H_i^r, \quad i \in E^r, \quad r \in \dot{R}, \quad (6)$$

где: \tilde{Q}_j^r – количество необходимого ресурса r -го вида, имеющегося в наличии у j -го предприятия; H_i^r – объем ресурса r -го вида, требующегося i -му предприятию; $\dot{R} = \bigcup_{j \in F^r} R_j$ – множество используемых видов ресурсов, имеющихся у всех предприятий.

Пусть

$$\ddot{R} = \left(r / \sum_{i \in E^r} H_i^r \leq \sum_{j \in F^r} Q_j^r, r \in \dot{R} \right), \quad \ddot{R} = \dot{R} \setminus \ddot{R},$$

где: \ddot{R} – множество ресурсов, для которых суммарная потребность в них предприятий $i \in E^r$ не превышает наличия по предприятиям $j \in F^r$, а \ddot{R} – множество остальных видов ресурсов.

Для ресурсов $r \in \ddot{R}$ перераспределение осуществляется в соответствии с заданными в приведенных выше условиях ликвидации последствий ЧС потребностями H_i^r предприятий $i \in E^r$.

2. Анализ стратегий перераспределения ресурсов

При решении задачи перераспределения ресурсов $r \in \ddot{R}$ можно выделить следующие основные (базовые) стратегии удовлетворения потребности осуществляющих восстановительные работы предприятий в дефицитных их видах [3-5].

1. *Стратегия пропорционального распределения.* Основой данной стратегии является перераспределение ресурса вида $r \in R$ пропорционально заявленной предприятием потребности. В соответствии с данной стратегией для случая бесконечно делимого ресурса r -го вида каждому испытывающему в нем потребность предприятию $i \in E^r$ выделяется его объем, определяемый выражением:

$$\sum_{j \in F^r} x_{ij}^r = \frac{H_i^r}{\sum_{i \in E^r} H_i^r} \cdot \sum_{j \in F^r} Q_j^r \quad (7)$$

Для случая делимых целочисленных ресурсов выражение (7) должно использоваться с округлением. Однако, если при этом окажется что:

$$\sum_{i \in E^r} \sum_{j \in F^r} x_{ij}^r \neq \sum_{j \in F^r} H_j^r, \quad r \in \ddot{R},$$

тогда одному из предприятий $i \in E^r$ (обозначим его i^*) ресурс r -го вида выделяется в количестве

$$\sum x_{i^*j}^r = \sum_{j \in F^r} Q_j^r - \sum_{\substack{i \in E^r \\ i \neq i^*}} \sum_{j \in F^r} x_{ij}^r$$

Например, в качестве выделенного предприятия i^* может быть выбрано такое, $H_{i^*}^r = \max_{i \in E^r} \{H_i^r\}$ потребность в ресурсах которого удовлетворяет условию $H_{i^*}^r = \max_{i \in E^r} \{H_i^r\}$. В случае, если несколько предприятий из множества E^r имеют одинаковое и одновременно с этим наибольшее значение потребности H_i^r , то в качестве i^* может быть выбрано любое из них. Данный выбор осуществляется на основе сложившейся ситуации (оперативной обстановки) в границах ССЗ уполномоченным органом региональной межведомственной комиссии по ликвидации последствий ЧС.

2. *Стратегия равномерного распределения.* Данная стратегия может применяться при

$$H_i^r = \sum_{j \in F^r} \tilde{Q}_j^r, \quad \forall i$$

выполнении условия и предполагает равномерное распределение ресурса вида $r \in \ddot{R}$ между всеми предприятиями, испытывающими в нем острую потребность:

$$\sum_{j \in F^r} x_{ij}^r = \frac{\sum_{j \in F^r} \tilde{Q}_j^r}{|E^r|}, \quad i \in E^r, r \in \ddot{R}. \quad (8)$$

Отметим, что выражение (8) справедливо для случая бесконечно делимого ресурса. В случае делимых целочисленных ресурсов необходимо использовать специальный алгоритм, суть которого состоит в следующем. На первом этапе определяется число S_q^r , делимое на $|E^r|$

без остатка, которое должно быть меньше чем $\sum_{j \in F^r} \check{Q}_j^r$, но одновременно с этим максимально приближено к нему. На следующем этапе всем предприятиям $i \in E^r$ выделяется требуемый ресурс в объеме

$$\sum_{j \in F^r} x_{ij}^r = \frac{S_q^r}{|E^r|}, i \in E^r, r \in \ddot{R}.$$

Остаток $\sum_{j \in F^r} \check{Q}_j^r - S_q^r$ распределяется предприятиям из множества E^r по единице ресурса в соответствии с убыванием приоритетности или значимости (определяемых, например, экспертным путем на основе результатов анализа сложившейся в ССЗ ситуации).

Отметим, что, данная стратегия может быть использована лишь при выполнении условия:

$$H_i^r = \sum_{j \in F^r} \check{Q}_j^r, \forall i$$

3. Стратегия приоритетного распределения. Данная стратегия предполагает возможность перераспределения ресурсов с учетом приоритетов восстанавливаемых объектов в границах ССЗ, а, следовательно, – и отдельных предприятий, выполняющих указанные комплексы работ на данных объектах. При этом в первую очередь удовлетворяются все потребности $H_i^r, r \in R$ у предприятия с наивысшим приоритетом, далее выделяются остатки

ресурсов $(\sum_{j \in F^r} \check{Q}_j^r - H_i^r)$ для $r \in \ddot{R}$ и осуществляется их распределение для имеющего второй приоритет предприятия согласно его потребностям. Данный процесс завершается при исчерпании всех ресурсов вида $r \in \ddot{R}$ [3].

Первая и вторая стратегии применимы в случаях, когда множество восстанавливаемых объектов в границах ССЗ имеют примерно одинаковый уровень срочности (неотложности выполнения восстановительных работ), при этом одним из их достоинств является простота реализации в рамках автоматизированных информационно-управляющих систем планирования мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Третья стратегия применяется в нередко встречающейся на практике ситуации, когда в силу ее специфики требуется первоочередное (приоритетное) выполнение работ на определенных объектах или в выделенных сегментах ССЗ.

Заключение

Приведенная выше формализованная модель перераспределения ресурсов позволяет решать оперативные задачи материально-технического обеспечения процессов ремонтно-

восстановительных и строительно-монтажных работ по ликвидации последствий ЧС в границах, выделенных ССЗ. Использование предложенного подхода позволит в дальнейшем перейти к решению более широкого комплекса прикладных и практических задач рассматриваемого класса с использованием стоимостных и временных критериев эффективности и ограничений, показателей готовности соответствующих служб, оценок возможности использования различных маршрутов доставки материальных ресурсов к точкам проведения восстановительных работ или, наоборот, их недоступности и т. п.

Использование предложенного подхода при решении практических задач управления ликвидацией последствий ЧС будет способствовать повышению общей эффективности восстановительных и срочных строительно-монтажных работ, а следовательно – и снижению тяжести последствий чрезвычайных ситуаций различного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шульц В. Л., Кульба В. В., Шелков А. Б., Чернов И. В. Методы и механизмы планирования и управления в условиях чрезвычайных ситуаций // Тренды и управление. – 2013 – № 2. – с. 134-155.
2. Шульц В. Л. Управление техногенной безопасностью на основе сценарного и индикаторного подходов / В. Л. Шульц, В. В. Кульба, А. Б. Шелков, И. В. Чернов, Д. С. Сомов. – М.: ИПУ РАН, 2013. – 116 с.
3. Организация и управление развитием малых предприятий: ИНП РАН / Комков Н. И. и др. Под ред. Иващенко Н. П. – М.: МАКС Пресс, 2007. – 512 с.
4. Бурков В. Н., Кондратьев В. В. Механизмы функционирования в организационных системах. – М.: Наука, 1981. – 384 с.
5. Багиров С. А. Управление перераспределением ресурсов во Всесоюзном промышленном объединении / С. А. Багиров, М. Б. Кацнельсон, А. Г. Мамиконов, Ф. С. Нуриев. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1985. – 33 с.

Kosyachenko Stanislav Anatolyevich

V.A. Trapeznikov institute of control sciences of russian academy of sciences, Russia, Moscow
E-mail: sakos@ipu.ru

Shelkov Aleksey Borisovich

V.A. Trapeznikov institute of control sciences of russian academy of sciences, Russia, Moscow
E-mail: abshelkov@gmail.com

Bogatyryova Larisa Vladimirovna

V.A. Trapeznikov institute of control sciences of russian academy of sciences, Russia, Moscow
E-mail: lbogat@mail.ru

The problem of resource redistribution in the management of liquidation of the emergency situations consequences

Abstract. This paper considers the problems of increasing the efficiency of managing the processes of liquidation the consequences of natural and climatic emergencies and large-scale natural disasters. The problem of guaranteed material and technical support of the processes of restoration of settlements, residential buildings, housing and communal services and also providing infrastructure in the zones affected by the emergencies is considered.

The definition of material resources redistribution problem (construction materials, mechanization means, etc.) for reconstruction and recovery works in the conditions of sufficient growth of need for them and emergence of an acute shortage of some of their types is given. The solution of this problem allows to provide a rational material resources redistribution based on the properties of their interchangeability, as well as the assumption that a certain number of enterprises have free resources of certain types, and at the same time there is some subset of them that is in urgent need of these types of resources. The redistribution of resources is carried out within the boundaries of the strategic situation zones of the affected region, which are the territories allocated for the period of liquidation of the emergency situation consequences, which require to conduct a complex of urgent recovery works.

The basic strategies for meeting the needs of the carrying out the recovery work enterprises for scarce types of resources (proportional, even and priority distribution) are proposed. The solution of the considered problem in the framework of these strategies is carried out using heuristic algorithms. The proposed formalized model resource redistribution makes it possible to move on to the solution of a wider range of applied and practical problems of the considered class.

Keywords: management; emergency situation; liquidation of consequences; recovery works; situation zone; resource redistribution; housing and communal services