

УДК 004.9

Е. Н. ЛЯШЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Інформаційні технології», Херсонський національний технічний університет, Бериславське шосе, 24, Херсон, Україна, 73008, тел. +38 (050) 500 86 28, ел. пошта olenakntu@gmail.com, ORCID 0000-0002-5429-8389

МОДЕЛЬ КООРДИНАЦІЇ ВЗАМОДЕЙСТВІЯ ОРГАНОВ УПРАВЛІННЯ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ КРУПНОМАСШТАБНИХ ЧРЕЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Цель. Стаття посвячена розробці моделі координації взаємодії органів управління при ліквідації крупномасштабних чрезвычайних ситуацій (ЧС). **Методика.** Методи дослідження включають математичний апарат теорії ієрархічних багатоуровневих систем, логіку предикатів, а також принципи централізованого управління, які передбачають наявність єдиного координаційного центру управління при виникненні крупномасштабних ЧС. Центр визначає основні правила взаємодії органів управління, а також сил і засобів Громадянської захисту України при реалізації тактичних планів дій по локалізації і ліквідації наслідків чрезвычайних ситуацій. **Результати.** На основі розробленої моделі запропоновано підхід до рішення задачі координації взаємодії органів управління при ліквідації наслідків крупномасштабних чрезвычайних ситуацій в умовах неопределенності і неповноти інформації, а також дефіциту часу на прийняття управлінських рішень. Специфіка моделі полягає в використанні математичного апарату теорії ієрархічних багатоуровневих систем і логіки предикатів для реалізації процедур узгодження трьох типів цілей, формально описуваних трьома типами задач: 1) глобальною задачею, рішення якої направлено на досягнення загальної цілі системи, заключаючоїся в мінімізації наслідків від чрезвычайних ситуацій; 2) задачею координуючого органу управління, в ході рішення якої досягається узгоджене функціонування спеціалізованих аварійно-рятувальних формувань і підрозділів при здійсненні комплексу заходів по ліквідації наслідків в зоні виникнення чрезвычайних ситуацій; 3) локальними задачами органів управління ліквідацією чрезвычайних ситуацій, рішення яких направлено на досягнення загальної глобальної цілі системи. **Наукова новизна.** Вперше запропонована структура ієрархічної багатоуровневої системи координації взаємодії органів управління при ліквідації крупномасштабних чрезвычайних ситуацій. Виділені рівні управління системою. Запропоновано підхід до рішення задачі координації взаємодії органів управління в умовах неопределенності і неповноти інформації. Координація забезпечується за рахунок процедур узгодження цілей і задач, розв'язуваних на різних рівнях ієрархії розглянутої системи, в умовах централізованого управління і неординарності виникаючих управлінських ситуацій. **Практична значимість.** Результати роботи зможуть знайти застосування в задачах координаційного управління і прийняття рішень в ієрархічних багатоуровневих системах громадянської захисту населення і територій від чрезвычайних ситуацій.

Ключові слова: координація взаємодії; ієрархічна багатоуровнева система; чрезвычайні ситуації; органи управління; управлінські рішення

Введение

Кількість чрезвычайних ситуацій (ЧС), обумовлених небезпечними природними явленнями, на території України з року в рік зберігає стійку тенденцію зростання і збільшення масштабів наслідків.

Важливу роль в зменшенні тяжкості наслідків від ЧС грає правильність і обґрунтованість управлінських рішень, приймаємих в процесі їх ліквідації.

Одною з важливих функцій управління в умовах виникнення крупномасштабних ЧС є координація взаємодії сил громадянської захисту України (ГЗУ), які забезпечують виконання комплексу заходів і робіт по ліквідації наслідків в зоні виникнення ЧС.

Аналіз факторів і особливостей прийняття управлінських рішень в умовах ЧС дозволяє зробити висновок, що рішення про проведення робіт по ліквідації наслідків крупномас-

штабных ЧС (особенно на первоначальной стадии их возникновения и развития) принимаются в условиях неопределенности и неполноты информации о параметрах распространения ЧС, требуемых темпах ликвидации, необходимом объеме ресурсов, а также уровне сложности работ по ликвидации ЧС [8].

Следует также отметить, что чем выше сложность и масштаб распространения ЧС, тем труднее обеспечивать эффективную координацию взаимодействия привлекаемых сил ГЗУ. При этом складывающийся в условиях ЧС дефицит времени для всестороннего анализа обстановки в зоне возникновения ЧС, а также неординарность возникающих управленческих ситуаций усугубляет проблему координации, которая становится трудноразрешимой.

Таким образом, разработка модели, которая позволит осуществлять координацию взаимодействия органов управления, а также привлекаемых специализированных аварийно-спасательных формирований ГЗУ при ликвидации последствий ЧС в условиях неопределенности и неполноты информации, и дефицита времени на принятие управленческих решений является важной и актуальной научно-практической проблемой.

Цель

Целью исследования является разработка модели координации взаимодействия органов управления при ликвидации крупномасштабных ЧС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать структуру иерархической многоуровневой системы координации взаимодействия органов управления при ликвидации крупномасштабных ЧС. Выделить уровни управления системой. Выявить особенности координационного управления данной системой.

2. Разработать процедуры согласования целей, задач и взаимодействий органов управления на различных уровнях иерархии системы.

3. Разработать модель, позволяющую получить искомое решение задачи координации взаимодействия органов управления при ликвидации последствий крупномасштабных ЧС.

Методика

Согласно с [1] под ликвидацией последствий ЧС понимается комплекс мероприятий, включающих аварийно-спасательные и другие неотложные работы, осуществляемые в зоне возникновения ЧС, а также прилегающих к ней территорий. Они направлены на прекращение действия опасных факторов, вызванных ЧС, спасение жизни и сохранение здоровья населения, а также на локализацию зоны и минимизацию последствий ЧС.

Успех проведения комплекса аварийно-спасательных мероприятий напрямую зависит от скоординированного взаимодействия сил ГЗУ, осуществляемого в соответствии с планами реагирования на ЧС.

Для организации аварийно-спасательных работ и координации взаимодействия сил ГЗУ непосредственно в зоне возникновения ЧС создается Штаб по ликвидации последствий ЧС (Штаб по ЧС). Основными функциями штаба являются [6, 7]: 1) определение зоны ЧС и зоны возможного поражения; 2) сбор данных об обстановке в зоне ЧС, их анализ и обобщение, прогнозирование масштабов распространения и последствий ЧС; 3) разработка оперативных планов ликвидации последствий ЧС; 4) определение состава и количества сил ГЗУ, привлекаемых к процессу ликвидации последствий ЧС, сроков их привлечения согласно планам ликвидации последствий ЧС; 5) непосредственная организация и координация взаимодействия привлеченных к ликвидации последствий ЧС сил ГЗУ.

Руководство работой Штаба по ЧС осуществляет начальник Штаба по ЧС. В зависимости от масштаба распространения ЧС, объема аварийно-спасательных и других неотложных работ по ликвидации последствий ЧС по решению начальника Штаба по ЧС в его составе создаются следующие рабочие группы [1, 6]: группа анализа ЧС и подготовки данных; группа непосредственного реагирования на ЧС; организационная группа, функцией которой является регистрация распоряжений руководителя работ по ликвидации последствий ЧС; группа управления резервом сил, которые дополнительно привлекаются к ликвидации последствий ЧС; группа представителей органов власти, функцией которой является контроль за

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

проведенням аварійно-спасателних, других неотложных работ, представления отчетных материалов группе анализа ЧС и подготовки данных; группа материально-технического обеспечения; группа организации связи в зоне

ЧС; группа взаимодействия с населением и средствами массовой информации.

Процесс ликвидации последствий ЧС включает в себя три взаимосвязанных этапа [7].

На первом этапе реализуются мероприятия по экстренной защите населения.



Рис. 1. Структура системы координации взаимодействия органов управления при ликвидации крупномасштабных ЧС

Fig. 1. Structure of control bodies coordination system during response to large-scale emergencies

ЭКОЛОГИЯ НА ТРАНСПОРТІ

Проводятся поиск и спасение пострадавших, эвакуация людей из опасных зон и оказание им первой медицинской помощи.

На втором этапе проводятся мероприятия по локализации очагов поражения, изоляции опасных факторов ЧС, химической нейтрализации и торможения действия опасных факторов ЧС.

В случае выброса в окружающую среду токсичных химических веществ проводится комплекс мероприятий по санитарной обработке населения и обеззараживанию территорий и техники в зоне ЧС.

На заключительном третьем этапе проводятся защитные мероприятия, мероприятия по тушению пожаров, комплекс аварийно-спасательных и инженерных мероприятий с целью ликвидации последствий ЧС.

Структура системы координации взаимодействия органов управления при ликвидации крупномасштабных ЧС приведена на рис. 1.

Система имеет четко выраженную иерархическую структуру, что позволяет отнести ее к классу иерархических многоуровневых систем.

Задачей первого уровня является координация взаимодействия сил ГЗУ при ликвидации последствий ЧС. Координирующим органом управления (координатором) на данном уровне является Штаб по ЧС.

Задачей второго уровня является проведение комплекса аварийно-спасательных мероприятий в зоне возникновения ЧС. Органами управления ликвидацией ЧС, функционирующими на данном уровне, являются специализированные аварийно-спасательные формирования и подразделения ГЗУ, принимающие участие в процессе ликвидации последствий ЧС.

Рассмотрим далее модель координации взаимодействия органов управления в иерархической многоуровневой системе в процессе ликвидации последствий ЧС. Для этого представим структуру системы (рис. 1) в виде иерархии уровней управления, основываясь на исследованиях [2–5, 10–12].

Система (рис. 2) имеет один координирующий орган управления S_0 , n подчиненных ему органов управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n и управляемый процесс E , представляющий собой последовательность этапов ликвидации последствий ЧС.

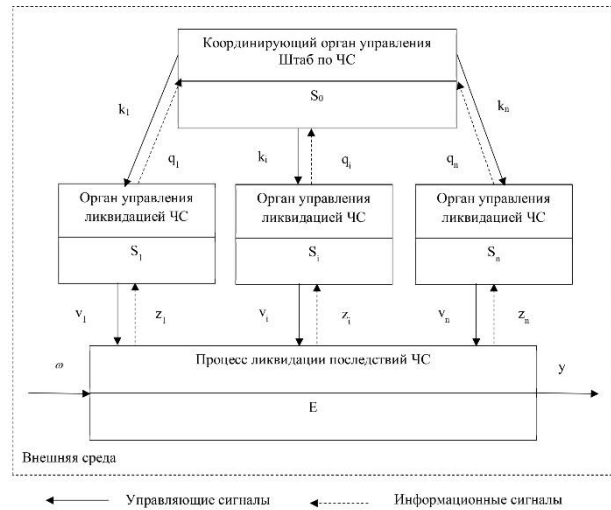


Рис. 2. Координационное взаимодействие органов управления в процессе ликвидации последствий ЧС

Fig. 2. Coordination of control bodies in emergency response

В условиях возникновения ЧС для координатора возможны следующие варианты организации взаимодействия с органами управления ликвидацией ЧС [5]:

По средствам передачи управляющих сигналов. Сигналы от координатора S_0 к S_1, \dots, S_n будем называть координирующими, а сигналы от S_1, \dots, S_n к процессу E будем называть управляющими воздействиями.

По средствам передачи информационных сигналов (сигналов обратной связи) органам управления, функционирующим на всех уровнях рассматриваемой системы.

На вход процесса E поступают сигналы двух видов: управляющие воздействия v от S_1, \dots, S_n , $v \in V$, где V – множество управляющих воздействий, и сигналы внешней среды ω , $\omega \in \Omega$, где Ω – множество сигналов, представляющих собой внешние возмущения, поступающие в рассматриваемую систему при изменении параметров окружающей среды (например, температуры воздуха, направления, силы и скорости ветра).

Обозначим символом y выход процесса E , $y \in Y$, где Y – множество выходов процесса E .

Каждый орган S_i управления ликвидацией ЧС может выбирать i -ю компоненту v_i управ-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

ляющего воздействия ν , оказывая тем самым определенное влияние на процесс ликвидации последствий ЧС.

Управляющее воздействие в этом случае осуществляется в форме управленческого решения о реализации тактических планов действий по локализации и ликвидации последствий ЧС, планов мобилизации и взаимодействия сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС.

На вход органов управления ликвидацией ЧС также поступают сигналы двух видов: координирующий сигнал k , $k \in K$, где K – множество координирующих сигналов, поступающих от координатора, и информационный сигнал z , $z \in Z$, где Z – множество информационных сигналов, поступающих от управляемого процесса E .

Координирующий сигнал k представляет собой n -мерный вектор $k = (k_1, \dots, k_n)$, следовательно, на вход каждого S_i поступает только i -я компонента k_i .

Информационный сигнал z_i , поступающий на вход S_i , содержит информацию об управляемом процессе E .

Выходом каждого органа S_i управления ликвидацией ЧС является управленческое решение ν_i , выбираемое из множества V_i , которое оказывает определенное воздействие на управляемый процесс E и вызывает (при отсутствии возмущений) однозначную реакцию по изменению значений и параметров, характеризующих состояние рассматриваемого процесса.

Таким образом, данное управленческое решение можно рассматривать в качестве первопричины изменения состояния управляемого процесса E .

На вход координатора S_0 по средствам обратной связи поступают информационные сигналы q , $q \in Q$, где Q – множество информационных сигналов от S_1, \dots, S_n .

Информационный сигнал q также представляет собой n -мерный вектор $q = (q_1, \dots, q_n)$, следовательно, на вход координатора S_0 от каждого S_i органа управления ликвидацией ЧС

по средствам обратной связи поступает информационный сигнал q_i .

Информационные сигналы представляют собой оперативную информацию о типе, объекте, территории, времени, параметрах распространения ЧС, требуемых темпах ликвидации, необходимом объеме ресурсов, а также об уровне сложности работ по ликвидации ЧС. Впоследствии полученная информация будет использована координатором S_0 для формирования координирующих сигналов k .

Под координацией взаимодействия будем понимать задачу координатора S_0 , в ходе решения которой достигается согласованное функционирование органов управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n при осуществлении комплекса мероприятий, направленных на локализацию зон ЧС, прекращение действия характерных для ЧС опасных факторов, ликвидацию последствий ЧС, а также защиту населения и территорий от ЧС.

Успех координатора S_0 в осуществлении координации взаимодействия можно оценить по отношению к общей глобальной цели системы, которая заключается в минимизации последствий от ЧС. В свою очередь, достижение глобальной цели системы напрямую зависит от решения ряда локальных задач органами управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n . Среди них можно выделить [7]: 1) разведку зоны ЧС, определение районов, участков и объектов, на которых необходимо проведение аварийно-спасательных работ, выявление и обозначение на местности районов, подвергшихся химическому и биологическому заражению; 2) организацию связи в зоне ЧС; 3) поиск и спасение пострадавших, оказание им экстренной медицинской помощи и транспортировки в учреждения здравоохранения, эвакуацию или отселение людей из зоны ЧС; 4) локализацию зоны ЧС, прекращение или уменьшение действия опасных факторов, вызванных ЧС; 5) санитарную обработку людей, техники, оборудования, зданий, сооружений и территорий, подвергшихся радиоактивному, химическому и биологическому загрязнению; 6) оказание экстренной медицинской помощи пострадавшему населению, проведение санитарно-противоэпидемических мероприятий в районе возникновения ЧС и ме-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

стах временного размещения пострадавшего населения; 7) восстановление поврежденных объектов жизнеобеспечения населения, коммунальных сетей, транспорта, связи, проведение других необходимых работ и мероприятий в зависимости от характера и вида ЧС.

Итак, пусть Γ – глобальная задача, решение которой направлено на достижение общей глобальной цели системы, а G_0 – задача, решаемая координатором S_0 .

Предположим, что координирующий сигнал k и информационный сигнал q будут конкретизировать задачу $G_i(k, q)$, решаемую каждым органом S_i управления ликвидацией ЧС.

Пусть далее $\bar{G}(k, q) = \{G_1(k, q), \dots, G_n(k, q)\}$ – множество локальных задач, решаемых органами управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n . Тогда решением каждой i -й локальной задачи $G_i(k, q)$ будет x_i – компонент n -мерного вектора $x = (x_1, \dots, x_n)$, $x \in X$, где X – множество решений.

Согласно [3, 5, 10] определим $P(x, G)$ для всех пар (x, G) как предикат $P(x, G) \equiv x$. Предикат $P(x, G)$ является истинным только тогда, когда G – решаемая задача, а x – одно из ее решений.

Предположим, что задачи, решаемые органами управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n , координируемы по отношению к задаче, решаемой координатором S_0 только тогда, когда справедливо следующее утверждение:

$$(\exists k)(\exists q)(\exists x) \left[P(x, \bar{G}(k, q)) \vee P(k, q, G_0) \right]. \quad (1)$$

Зависимость решения задачи G_0 от результатов, полученных на выходах S_1, \dots, S_n , можно представить в виде следующего утверждения:

$$P(k, q, G_0) \Leftrightarrow (\exists x) [A_0(k, q, x)], \quad (2)$$

где $A_0(k, q, x)$ – заданный n -местный предикат, определенный для (k, q, x) из $K \times Q \times X$, где X – декартово произведение множества решений X_i : $X = X_1 \times \dots \times X_n$.

Из утверждения (2) следует, что координирующий сигнал k и информационный сигнал q

решают задачу G_0 только тогда, когда существует соответствующее решение x , полученное на выходе S_1, \dots, S_n , такое, что условие, выраженное предикатом $A_0(k, q, x)$, удовлетворяется.

Таким образом, решение задачи G_0 состоит в том, чтобы найти k и q , – такие, что $G_0(k, q, x)$ выполняется для решения x , получаемого на выходе S_1, \dots, S_n .

На основе (1) и (2) утверждение о координируемости по отношению к задаче, решаемой координатором S_0 , можно представить в виде:

$$(\exists k)(\exists q)(\exists x) \left[P(x, \bar{G}(k, q)) \vee A_0(k, q, x) \right]. \quad (3)$$

Согласно (1) – (3) координатор S_0 оказывает такое влияние на органы управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n , что их результирующее воздействие на процесс E дает решение глобальной задачи Γ . Таким образом, глобальная задача Γ определяется для всего управляемого процесса E , и множеством решений этой задачи можно считать множество всех допустимых управлений U .

Как уже отмечалось ранее, органы управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n оказывают влияние на процесс E средствами управляющих воздействий v . Следовательно, можно предположить, что задачи, решаемые S_1, \dots, S_n , координируемы относительно глобальной задачи Γ , только тогда, когда справедливо следующее утверждение:

$$(\exists k)(\exists q)(\exists x) \left[P(x, G(k, q)) \vee P(V_U(x), \Gamma) \right]. \quad (4)$$

Если задачи органов управления ликвидацией ЧС S_1, \dots, S_n координируемы в соответствии с (3) – относительно задачи координатора S_0 – и в соответствии с (4) – относительно глобальной задачи Γ , то можно сделать предположение о координируемости рассматриваемой системы в целом:

$$(\forall k)(\forall q)(\forall x) \left\{ \left[P(x, \bar{G}(k, q)) \vee A_0(k, q, x) \right] \Rightarrow \Rightarrow P(V_U(x), \Gamma) \right\}. \quad (5)$$

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Результаты

Предложенные процедуры согласования целей, задач и взаимодействий органов управления на различных уровнях иерархии системы управления позволяют получить искомое решение задачи координации в условиях дефицита времени для всестороннего анализа обстановки в зоне возникновения ЧС, а также временных ограничений на принятие управленческих решений в условиях ЧС.

На основе предложенной в работе модели разработана информационная система координационного управления (СКУ) в условиях возникновения крупномасштабных ЧС (рис. 3), которая состоит из четырех подсистем: подсистем оперативного доступа, моделирования, подсистемы поддержки принятия решений и подсистемы баз данных (БД) [2, 9, 11, 13].

В зависимости от масштабов и особенностей ЧС, которая прогнозируется или возникла, СКУ может функционировать в режимах: повседневной деятельности, повышенной готовности (при угрозе возникновения ЧС) и чрезвычайной ситуации (при возникновении и ликвидации ЧС). Выбор режима функционирования СКУ осуществляется в подсистеме оперативного доступа.

Основными задачами СКУ в режиме повседневной деятельности являются: разработка паспорта ЧС, который содержит информацию о типе, объекте, территории, времени и параметрах ЧС; учет потенциально опасных участков и объектов для проведения работ по предупреждению возникновения ЧС; учет состава сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС; разработка проектов планов мобилизации сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС; определение потребности в финансовых и материально-технических ресурсах.

Основными задачами СКУ в режиме повышенной готовности являются: автоматизированная обработка данных о ЧС и оценка обстановки, сложившейся в результате ЧС; определение необходимого состава сил и средств для ликвидации ЧС, сроков проведения и объема запланированных работ; расчет рационального состава сил и средств для проведения выбранных видов работ, в том числе их обеспечения (продовольственного, материально-технического, медицинского и др.).

Основными задачами СКУ в режиме чрезвычайной ситуации являются: прогнозирование развития ЧС; организация перевозки сил и материально-технических средств, в соответствии с планом мобилизации; ликвидация последствий ЧС – в соответствии с разработанным планом взаимодействий.

Соответствующие функциональные возможности представлены в подсистемах моделирования и поддержки принятия решений.

Информационное обеспечение СКУ представлено в виде совокупности ситуационных планов взаимодействий по ликвидации ЧС, планов мобилизации и координации взаимодействия сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС, а также структурированных наборов данных о ЧС.

Информационное обеспечение СКУ осуществляется с помощью подсистемы БД.

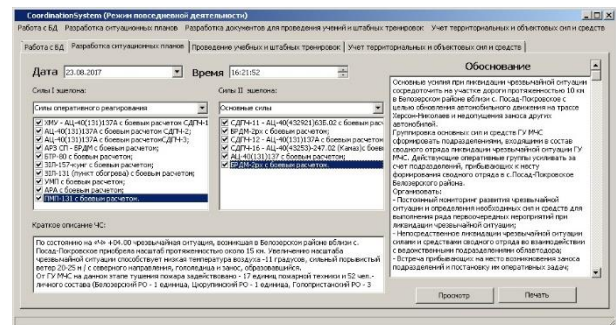


Рис. 3. Режим повседневной деятельности информационной системы координационного управления (разработка ситуационных планов)

Fig. 3. Daily activity mode of the coordination control information system (development of situational plans)

Научная новизна и практическая значимость

Впервые предложена структура иерархической многоуровневой системы координации взаимодействия органов управления при ликвидации крупномасштабных ЧС. Выделены уровни управления системой.

На основе разработанной модели предложен подход к решению задачи координации взаимодействия органов управления при ликвидации последствий крупномасштабных ЧС.

Специфика модели заключается в использовании математического аппарата теории иерар-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

хических многоуровневых систем и логики предикатов для реализации процедур согласования трех типов целей, формально описываемых тремя типами задач: 1) глобальной задачей, решение которой направлено на достижение общей глобальной цели системы, заключающейся в минимизации последствий от ЧС; 2) задачей координирующего органа управления, в ходе решения которой достигается согласованное функционирование специализированных аварийно-спасательных формирований и подразделений при осуществлении комплекса мероприятий по ликвидации последствий в зоне возникновения ЧС; 3) локальными задачами органов управления ликвидацией ЧС, решение которых направлено на достижение общей глобальной цели системы.

Полученные результаты стали основой для разработки информационной СКУ в условиях возникновения крупномасштабных ЧС.

Назначение СКУ заключается в обеспечении руководителей по ликвидации последствий ЧС информационной поддержкой при выполнении основных задач координационного управления в условиях возникновения крупномасштабных ЧС.

Таким образом, результаты работы смогут найти приложение в задачах координационного управления и принятия решений в иерархических многоуровневых системах гражданской защиты населения и территорий от ЧС.

Выводы

В работе представлены результаты исследования в области моделирования процессов ко-

ординации взаимодействия органов управления в условиях возникновения крупномасштабных ЧС.

Предложена иерархическая многоуровневая структура системы управления в условиях возникновения ЧС.

Установлено, что в рассматриваемой системе имеются цели трех типов, формально описываемые тремя типами задач: глобальной задачей, задачей координирующего органа управления и локальными задачами органов управления ликвидацией ЧС.

Реализованы процедуры согласования данных типов целей на основе использования математического аппарата теории иерархических многоуровневых систем и логики предикатов.

На основе разработанной модели предложен подход к решению задачи координации взаимодействия органов управления при ликвидации последствий ЧС в условиях неопределенности и неполноты информации, а также дефицита времени на принятие управленческих решений.

Координация обеспечивается за счет процедур согласования целей и задач, решаемых на разных уровнях иерархии рассматриваемой системы, в условиях централизованного управления и неординарности возникающих управленческих ситуаций.

Реализован прототип информационной СКУ в условиях возникновения крупномасштабных ЧС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] : закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI // Офіційний вісник України. – 2012. – № 89. – Режим доступу: <https://docs.dtkr.ua/doc/1011.64.0>. – Загл. с экрана. – Проверено : 24.01.2018.
2. Ляшенко, Е. Н. Моделирование процессов координационного управления и принятия решений в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера / Е. Н. Ляшенко, Д. Л. Кирийчук, Р. С. Ложкин // Наук. вісн. Херсон. держ. мор. акад. – 2017. – № 1 (16). – С. 76–86.
3. Маслобоев, А. В. Координация в многоуровневых сетцентрических системах управления региональной безопасностью: подход и формальная модель / А. В. Маслобоев, В. А. Путилов, А. В. Сютин // Науч.-техн. вестн. информ. технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 130–138. doi: 10.17586/2226-1494-2015-15-1-130-138.
4. Маслобоев, А. В. Многоуровневая рекуррентная модель иерархического управления комплексной безопасностью региона / А. В. Маслобоев, В. А. Путилов, А. В. Сютин // Науч.-техн. вестн. информ. технологий, механики и оптики. – 2014. – Т. 14, № 6. – С. 163–170.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

5. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – Москва : Мир, 1973. – 344 с.
6. Положення про штаб з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації [Електронний ресурс] : затв. Наказом М-ва внутрішніх справ України від 26.12.2014 р. № 1406. – Режим доступа: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0047-15>. – Загл. с екрана. – Проверено : 24.01.2018.
7. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту [Електронний ресурс] : затв. Наказом М-ва надзвичайних ситуацій України від 13.03.2012 р. № 575. – Режим доступа: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0835-12/page>. – Загл. с екрана. – Проверено : 24.01.2018.
8. Ямалов, И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И. У. Ямалов. – Москва : Лаборатория Базовых Знаний, 2009. – 288 с.
9. An integrated decision support system for emergency evacuation management / Y. Liu, G. Wang, Z. Jiang [et al.] // Systems, Man, and Cybernetics (SMC) : IEEE International Conference (9–12 Oct. 2016). – Budapest, Hungary, 2016. – P. 000940–000946. doi: 10.1109/SMC.2016.7844362.
10. Control and coordination in hierarchical systems (International series on applied systems analysis) / W. Findeisen, F. N. Bailey, M. Bryds [et al.]. – London, UK : John Wiley and Sons, 1980. – 478 p.
11. Liashenko, O. Developing a model for coordination activities in decision making support system for eliminating consequences of natural emergencies / O. Liashenko, D. Kyryichuk // Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній науці : матеріали V заоч. наук. конф. (31 жовт. 2017 р.). – Харків, 2017. – С. 65.
12. Tang, P. Decision-making model to generate novel emergency response plans for improving coordination during large-scale emergencies / P. Tang, G. Qiping Shen // Knowledge-Based Systems. – 2015. – Vol. 90. – Iss. C. – P. 111–128. doi: 10.1016/j.knosys.2015.09.027.
13. Towards the development of a decision support system for multi-agency decision-making during cross-border emergencies / K. Neville, S. O’Riordan, A. Pope [et al.] // Journal of Decision Systems. – 2016. – Vol. 25. – Issue sup1. – P. 381–396. doi: 10.1080/12460125.2016.1187393.

О. М. ЛЯШЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Інформаційні технології», Херсонський національний технічний університет, Бериславське шосе, 24, Херсон, Україна, 73008, тел. +38 (050) 500 86 28, ел. пошта olenakntu@gmail.com, ORCID 0000-0002-5429-8389

МОДЕЛЬ КООРДИНАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ ОРГАНІВ УПРАВЛІННЯ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Мета. Стаття присвячена розробці моделі координації взаємодії органів управління при ліквідації великомасштабних надзвичайних ситуацій (НС). **Методика.** Методи дослідження включають математичний апарат теорії ієрархічних багаторівневих систем, логіку предикатів, а також принципи централізованого керування, які передбачають наявність єдиного координаційного центру керування при виникненні великомасштабних НС. Центр визначає основні правила взаємодії органів управління, а також сил і засобів цивільного захисту України при реалізації тактичних планів дій по локалізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. **Результати.** На основі розробленої моделі запропоновано підхід до вирішення завдання координації взаємодії органів управління при ліквідації наслідків великомасштабних надзвичайних ситуацій в умовах невизначеності та неповноти інформації, а також дефіциту часу на прийняття управлінських рішень. Специфіка моделі полягає у використанні математичного апарату теорії ієрархічних багаторівневих систем і логіки предикатів для реалізації процедур узгодження трьох типів цілей, що формально описуються трьома типами завдань: 1) глобального завдання, вирішення якого спрямовано на досягнення загальної мети системи, що полягає у мінімізації наслідків від надзвичайних ситуацій; 2) завдання координуючого органу управління, в ході вирішення якого досягається узгоджене функціонування спеціалізованих аварійно-рятувальних формувань та підрозділів при здійсненні комплексу заходів по ліквідації наслідків у зоні виникнення надзвичайних ситуацій; 3) локальних завдань органів управління ліквідацією надзвичайних ситуацій, вирішення яких спрямоване на досягнення загальної глобальної мети системи. **Наукова новизна.** Вперше запропоновано структуру ієрархічної багаторівневої системи координації взаємодії органів управління при ліквідації великомасштабних надзвичайних ситуацій. Виділено рівні управління системою. Запропоновано підхід до

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

вирішення завдання координації взаємодії органів управління в умовах невизначеності та неповноти інформації. Координація забезпечується за рахунок процедур узгодження цілей та завдань, що вирішуються на різних рівнях ієрархії даної системи, в умовах централізованого управління й неординарності управлінських ситуацій. **Практична значимість.** Результати роботи можуть знайти застосування в задачах координаційного керування та прийняття рішень в ієрархічних багаторівневих системах цивільного захисту населення й територій від надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: координація взаємодії; ієрархічна багаторівнева система; надзвичайні ситуації; органи управління; управлінські рішення

О. М. LIASHENKO^{1*}

^{1*}Dep. «Information Technologies», Kherson National Technical University, Beryslavske Shosse, 24, Kherson, Ukraine, 73008, tel. +38 (050) 500 86 28, e-mail olenakntu@gmail.com, ORCID 0000-0002-5429-8389

CONTROL BODY COORDINATION MODEL IN THE PROCESS OF RESPONSE TO LARGE-SCALE EMERGENCIES

Purpose. The article is devoted to developing the control body coordination model in the process of response to large-scale emergencies. **Methodology.** Research methods include a mathematical apparatus of the theory of hierarchical multi-level systems, predicate logic, as well as the principles of centralized management, which imply the existence of a single coordination control center in the case of occurrence of large-scale emergencies, which would determine basic rules of cooperation between control bodies, as well as the manpower and resources of the Civil Defense of Ukraine when implementing tactical action plans for the localization and recovery of emergency consequences. **Findings.** Based on the devised model, we propose an approach to solving the task of coordination between control bodies in the process of response to large-scale emergencies under conditions of uncertainty and incomplete information, as well as time constraints for making managerial decisions. The specifics of the model is in the use of mathematical apparatus of the theory of hierarchical multi-level systems and predicate logic in order to implement the procedures of coordination of three types of objectives, formally described by three types of tasks: 1) a global task whose solution is aimed at achieving a common global objective of the system, specifically, to minimize the consequences of emergencies; 2) a task of coordinating control body, the solving of which achieves a coordinated functioning of specialized rescue units and squads during implementation of a set of measures to liquidate consequences in the area of emergencies; 3) local tasks for control bodies over the response to emergencies, solving which aims at achieving a common global objective of the system. **Originality.** We proposed for the first time a structure of the hierarchical multi-level system for coordination between control bodies in the process of response to large-scale emergencies. The levels of system management are determined. The approach is proposed to solving a task of the coordination between control bodies under conditions of uncertainty and incomplete information. Coordination is ensured through the procedures of coordinating goals and tasks solved at different levels in the hierarchy of the considered system, under conditions of centralized management and the originality of emerging management situations. **Practical value.** Results of the present work might be applied in the tasks of coordinating management and decision-making in hierarchical multi-level systems of civil protection of population and territories from emergencies.

Keywords: coordination; hierarchical multi-level system; emergencies; control bodies; management decisions

REFERENCES

1. Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy: zakon Ukrainy № 5403-VI. (2012). Ofitsiyni visnyk Ukrainy, 89. Retrived from <https://docs.dtkr.ua/doc/1011.64.0>. (in Ukrainian)
2. Lyashenko, Y. N., Kiriychuk, D. L., & Lozhkin, R. S. (2017). Modelirovanie protsessov koordinatsionnogo upravleniya i prinyatiya resheniy v usloviyakh vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy prirodnoho kharaktera. *Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii*, 1(16), 76-86. (in Russian)
3. Masloboev, A. V., Putilov, V. A., & Syutin, A. V. (2015). Koordinatsiya v mnogourovnevnykh setetsentricheskikh sistemakh upravleniya regio-nalnoy bezopasnostyu: podkhod i formalnaya model. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*, 1(15), 130-138. doi: 10.17586/2226-1494-2015-15-1-130-138. (in Russian)

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

4. Masloboev, A. V., Putilov, V. A., & Syutin, A. V. (2014). Mnogourovnevaya rekurrentnaya model ierarkhicheskogo upravleniya kompleks-noy bezopasnostyu regiona. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*, 6(94), 163-170. (in Russian)
5. Mesarovich, M., Mako, D., & Takahara, I. (1973). *Teoriya ierarkhicheskikh mnogourovnevnykh system*. Moscow: Mir. (in Russian)
6. Polozhennia pro shtab z likvidatsii naslidkiv nadzvychainoi sytuatsii. № 1406. (2014). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0047-15>. (in Ukrainian)
7. Statut dii u nadzvychainykh sytuatsiiakh orhaniv upravlinnia ta pidrozdiliv Operativno-riatuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu. № 575. (2012). Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0835-12/page>. (in Ukrainian)
8. Yamalov, I. U. (2009). *Modelirovanie protsessov upravleniya i prinyatiya resheniy v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy*. Moscow: Laboratoriya Bazovykh Znaniy. (in Russian)
9. Liu, Y., Wang, G., Jiang, Z., Qian, J., & Chen, Y. (2016). An integrated decision support system for emergency evacuation management. *Systems, Man, and Cybernetics (SMC): IEEE International Conference (9–12 Oct. 2016)*, 000940-000946. doi: 10.1109/SMC.2016.7844362. (in English)
10. Findeisen, W., Bailey, F. N., Bryds, M., Malinowski, K., Tatjewski, P., & Wozniak, A. (1980). *Control and coordination in hierarchical systems*. International Institute for Applied Systems Analysis. London: John Wiley and Son. (in English)
11. Liashenko, O., & Kyrychuk, D. (2017). Developing a model for coordination activities in decision making support system for eliminating consequences of natural emergencies. *Fundamentalni ta prykladni doslidzhenia v suchasni nautsi: materialy V zaochnoi naukovoi konferentsii*, 65. (in English)
12. Tang, P., & Qiping Shen, G. (2015). Decision-making model to generate novel emergency response plans for improving coordination during large-scale emergencies. *Knowledge-Based Systems*, 90(C), 111-128. doi: 10.1016/j.knosys.2015.09.027. (in English)
13. Neville, K., O’Riordan, S., Pope A., Rauner, M., Rochford, M., Madden, M., ... O’Brien, C. (2016). Towards the development of a decision support system for multi-agency decision-making during cross-border emergencies. *Journal of Decision Systems*, 25(1), 381-396. doi:10.1080/12460125.2016.1187393. (in English)

Статья рекомендована к публикации д.т.н. В. Л. Горобцом (Украина)

Поступила в редколлегию: 20.11.2017

Принята к печати: 01.03.2018