

УДК 004.9

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КООРДИНАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

**Ляшенко Е. Н.**, к.т.н., доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета, Украина, e-mail: olenakntu@gmail.com, ORCID:0000-0002-5429-8389;

**Кирийчук Д. Л.**, к.т.н., доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета, Украина, e-mail: kidiam@mail.ru, ORCID:0000-0002-4905-6932;

**Ложкин Р. С.**, аспирант кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета, Украина, e-mail: ruslanlozhkin@gmail.com, ORCID:0000-0002-6553-7576.

*В работе рассмотрены методологические подходы к моделированию и координационному управлению в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера. Разработана формальная модель координации действий органов управления в системе поддержки принятия решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного характера в условиях дефицита времени. Предложена структура иерархической многоуровневой системы координационного управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций. Выделены уровни управления системой. Показано, что на каждом уровне могут быть выделены: координирующие органы управления и постоянно действующие органы управления. Предложена концептуальная структура системы поддержки принятия решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.*

**Ключевые слова:** координация действий, чрезвычайные ситуации природного характера, система координационного управления, система поддержки принятия решений.

**Введение.** Чрезвычайные ситуации природного характера (ЧСПХ) ежегодно уносят тысячи человеческих жизней и наносят огромный материальный ущерб. Наиболее распространенным классом ЧСПХ являются пожары в природных экосистемах.

Так, по данным Центра пожарной статистики Международной ассоциации пожарно-спасательных служб за последние пять лет в Море было зарегистрировано в среднем 3.4 млн. пожаров в год, жертвами которых стали 24 тыс. человек [1].

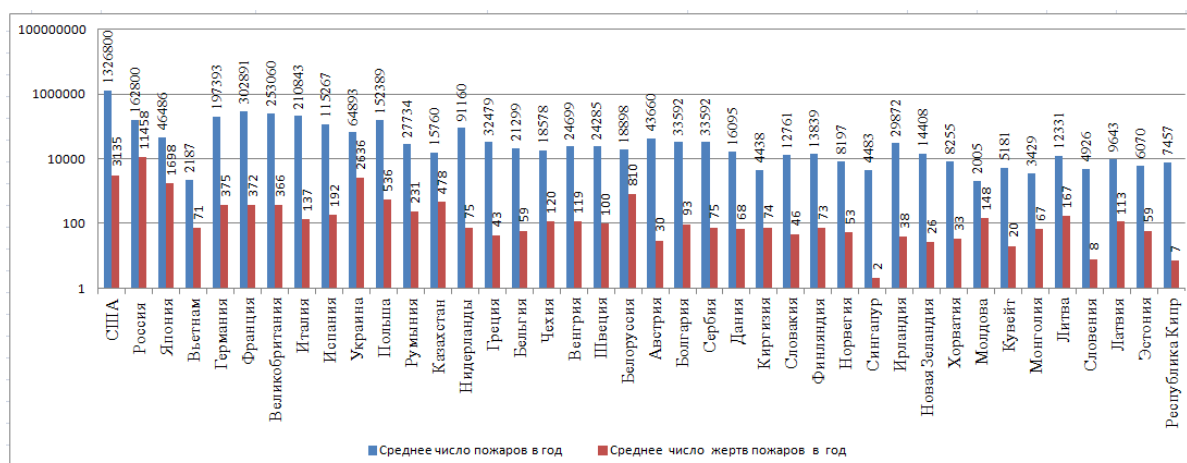


Рисунок 1 – Статистика пожаров в странах мира

Согласно рис. 1 лидером по числу пожаров является США, где за последние пять лет было зарегистрировано в среднем 1.3 млн. пожаров в год, жертвами которых стали более 3.1 тыс. человек.

Лидерами по числу жертв пожаров являются Россия и США, где число жертв составило в среднем 11.5 и 3.1 тыс. человек в год.

Следует отметить, что проблема пожаров актуальна и для Украины, где за последние пять лет было зарегистрировано в среднем 64.9 тыс. пожаров в год, жертвами которых стали более 2.6 тыс. человек [1].

Для решения данной проблемы требуется четкая координация действий различных органов управления, а также интеграция материально-технических ресурсов для проведения аварийно-спасательных и других видов работ при ликвидации последствий ЧСПХ.

**Постановка проблемы.** При возникновении ЧСПХ требуется принимать меры по их предотвращению и ликвидации последствий. Эффективность данных мер напрямую зависит от скоординированности действий различных органов управления, а также специализированных подразделений и формирований, участвующих в аварийно-спасательных и других видах работ, направленных на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на прекращение действия характерных для ЧСПХ опасных факторов.

Деятельность органов управления по предотвращению возникновения и ликвидации последствий ЧСПХ предполагает сбор данных о ЧСПХ, анализ и оценку обстановки ЧСПХ, подготовку выводов и предложений для принятия решения о проведении аварийно-спасательных и других видов работ, принятие (уточнение) решения и доведение задач до исполнителей (специализированных подразделений и формирований), организацию координационного взаимодействия между подразделениями, принимающими участие в ликвидации последствий ЧСПХ.

Решения о проведении работ по предотвращению возникновения и ликвидации последствий ЧСПХ зачастую принимаются в различных труднопредсказуемых нештатных ситуациях. Влияние факторов неопределенности и субъективности, а также наличие динамических возмущений различной природы приводят к необходимости постоянной корректировки принятых решений. Кроме того, чем выше сложность и масштаб ЧСПХ, тем труднее обеспечивать координационное взаимодействие привлекаемых подразделений и формирований. А складывающийся в условиях ЧСПХ дефицит времени на принятие решений усугубляет проблему координационного взаимодействия, которая становится трудноразрешимой.

Таким образом, разработка модели в системе поддержки принятия решений (СППР), которая позволит координировать действия привлекаемых специализированных подразделений и формирований при ликвидации последствий ЧСПХ в условиях неопределенности и неполноты информации о ЧСПХ, а также дефицита времени на принятие решений является важной и актуальной научно-практической проблемой.

**Анализ литературных данных.** В настоящее время наиболее активным направлением исследований являются системы поддержки принятия решений, предметная область которых связана именно с ликвидацией последствий ЧС.

Анализ работ [2–5] показал, что достаточно широкая аудитория исследователей ставила перед собой задачу информационной поддержки принятия решений при ликвидации последствий ЧС.

Так, в работе [2] предложены модели сценариев управления ликвидаций ЧС, отличительными особенностями которых являются учет межуровневых информационных связей в иерархической структуре системы управления, а также учет связей и взаимодействия процессов развития опасных факторов ЧС и действий по их ликвидации. Использование предложенных моделей позволяет оперативно прогнозировать суммарные потери от ЧС с учетом выбранного плана ликвидации. Также в работе [2] предложены структура и функциональный элементный состав СППР, использование которых при реализации информационного обеспечения систем предупреждения и ликвидации ЧС позволяет повысить оперативность и эффективность формирования планов управления, расширить функциональные возможности участников ликвидации в части оценки и оптимизации реализуемых сценариев управления.

В работе [3] предложен подход к формированию модели задачи пользователя в рамках интеллектуальной СППР и решения данной задачи как задачи удовлетворения ограничений. Подход заключается в интеграции информации и знаний, релевантных задаче, в контекст задачи, построении онтологической модели задачи и генерации объектно-ориентированной сети ограничений, описывающей данную задачу. Подход учитывает динамические изменения окружающей среды, которая моделируется набором данных, поставляемых источниками информации.

В основе подхода лежит двухуровневая схема поддержки принятия решений, включающая в себя подготовительный и основной уровни. В работе также показано соответствие между процессами, происходящими на основном уровне, и процессами, предусмотренными трехфазной моделью принятия решений («идентификация» – «разработка» – «выбор»), используемой при принятии управленческих решений. В рамках предложенного подхода используются технологии управления онтологиями, управления контекстом и удовлетворения ограничений. Применение данных технологий зависит от типа решаемых в процессе формирования и принятия решения задач.

В работе [4] предложена модель СППР, позволяющая координировать действия привлекаемых для ликвидации ЧС трансграничного характера сил, средств и ведомств сопредельных государств. Основными регулируемыми параметрами в модели являются количественные характеристики множеств разнородных ресурсов – используемые средства, привлекаемые силы. Предложенная технология позволила объединить разнородные ресурсы, а также заложить основы для создания интегрированных информационных СППР по управлению аварийно-спасательными работами в случае возникновения ЧС и пожаров трансграничного характера.

В работе [5] предметом исследования являются процессы принятия управленческих решений при ликвидации крупных пожаров и ЧС с использованием многоагентного подхода. Для совершенствования принятия решений руководителями пожарно-спасательных подразделений в работе предложены методы интеллектуального анализа данных и механизмы распределения ресурсов. Также в работе [5] предложен метод моделирования организационной структуры системы управления пожарно-спасательными подразделениями с использованием технологии многоагентных систем, позволяющий, исходя из имеющихся человеческих ресурсов и возможностей, определить, какие именно люди должны занять те или иные должности в структуре управления. В работе также предложена схема согласования решения для организации взаимодействия различных подразделений при ликвидации крупных пожаров и ЧС.

По результатам анализа литературных источников можно сделать вывод о том, что в подавляющем большинстве работ для решения поставленных задач использовались такие методы исследования как системный анализ, теория управления, теория активных систем, теория операций, теория принятия решений. Недостатком использования таких методов является высокая вычислительная сложность, препятствующая достижению требуемого быстродействия СППР.

Следует отметить, что теория координации для решения задач управления в условиях возникновения ЧС практически не использовалась и соответствующие модели на сегодняшний день отсутствуют. Это обуславливает актуальность и необходимость дальнейших исследований в области построения моделей координационного управления в СППР при ликвидации последствий ЧСПХ.

**Структура иерархической многоуровневой системы координационного управления.** Для координации действий привлекаемых специализированных подразделений и формирований при ликвидации последствий конкретной ЧСПХ на региональном, местном и объектовом уровнях управления создаются специальные комиссии по вопросам техногенно-экологической безопасности и ликвидации ЧСПХ (ТЭБ и ЧС) [6].

В условиях возникновения ЧСПХ комиссия по вопросам ТЭБ и ЧС привлекает к выполнению работ по ликвидации последствий ЧСПХ необходимые подразделения и формирования, используя имеющиеся материально-технические, продовольственные и другие ресурсы и запасы, определяет границы территории, на которой возникла ЧСПХ, определяет размеры ущерба, причиненного субъектам хозяйственной деятельности и населению в результате ЧСПХ.

Постоянно действующими органами управления в условиях возникновения ЧСПХ являются подразделения и различные формирования Государственной службы по чрезвычайным ситуациям Украины (ГСЧС Украины).

Так, ГСЧС Украины имеет в своем подчинении оперативно-спасательную службу гражданской защиты населения и территорий от ЧСПХ, государственные пожарно-спасательные части (отряды), аварийно-спасательные отряды специального назначения и специализированные формирования [6].

На рис. 1 приведена система координационного управления в условиях возникновения ЧСПХ.

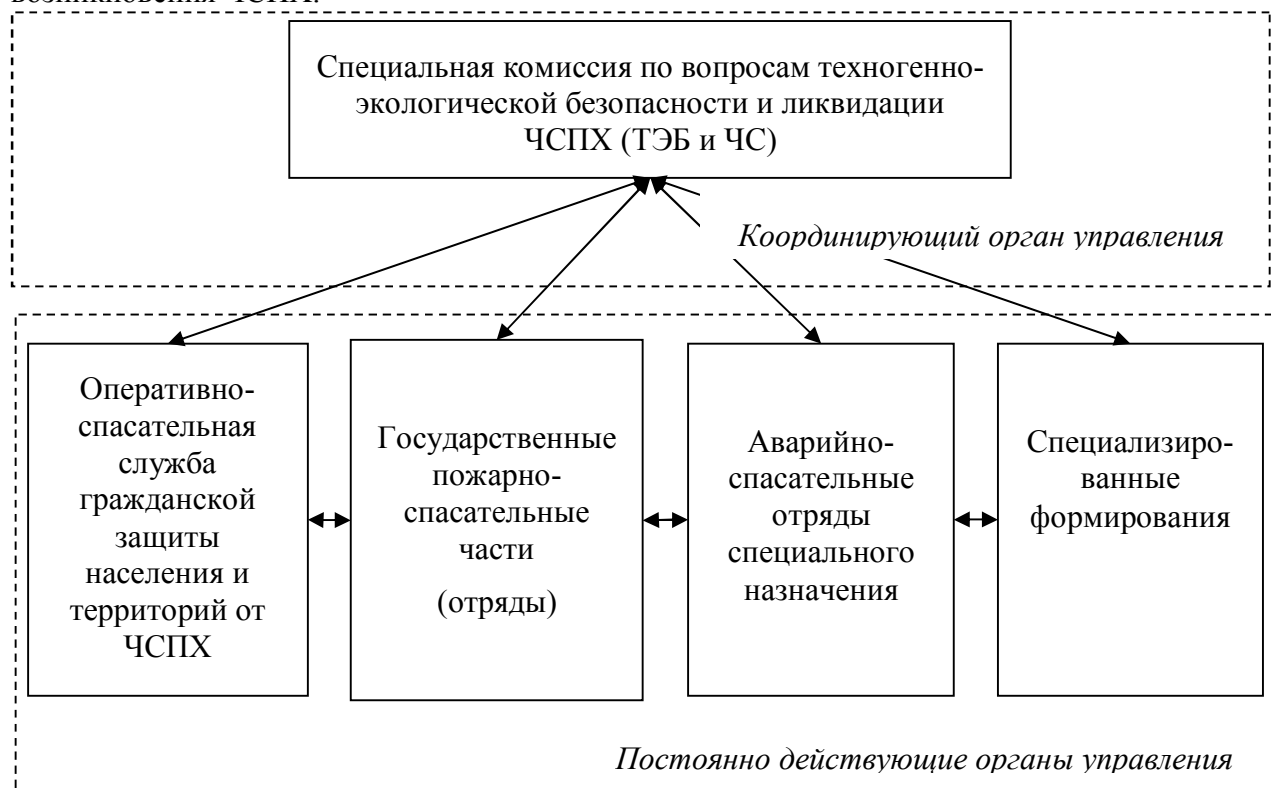


Рисунок 1 – Структура иерархической многоуровневой системы координационного управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций

Система, представленная на рис. 1, имеет иерархическую структуру. Следовательно, ее можно отнести к классу иерархических систем. Рассмотрим вопросы координации в иерархической системе (рис. 1), образованной органами управления в процессе совместной целенаправленной деятельности, основываясь на [7–10].

*Модель координации действий.* Зададим множество значений времени  $T$ . Введем шкалу времени, задав отношение частичного порядка  $<_T$  и начальное значение времени  $t_0$ . Пусть имеется также множество  $Y$  некоторой природы, и на этом множестве задана алгебра  $\sigma_Y$ .

Введем линейное нормированное равномерное пространство  $C$  с нормой:  $\|y\|_c = \min_{t \in [0, T]} (y(t))$ .

Введем на  $T$  метрику  $\xi_T$ . Зададим, соответствующую норме  $\|y\|_c$ , метрику

$$\xi_C(y_1, y_2) = \|y_1 - y_2\|.$$

Построим иерархическую систему (ИС)  $\Theta$  с  $n$  уровнями иерархии управления, для чего введем на пространстве  $S$  множество объектов:  $S = \{S_{ij}\}$ , где  $i$  – уровень управления,  $i \in [1..n]$ , содержащий  $m_i$  объектов;  $j$  – индекс конкретного объекта уровня  $i$ ,  $j \in [1..m_i]$ .

Исходя из того, что всякий объект  $S_{ij} \in S$  представляет собой определенный орган управления либо исполнителя, построим иерархию объектов  $Y$  в виде тройки:  $Y = \langle \perp, S, \prec \rangle$ , где  $S$  – множество объектов иерархии;  $\prec$  – отношение нестрогого порядка, заданное над  $S$ ;  $\perp$  – наименьший элемент для  $\prec$ .

Отношение порядка  $\prec$  представляет отношение подчиненности объектов: так,  $S_{ij} \prec S_{kl}$  означает, что объект  $S_{ij}$  подчинен объекту  $S_{kl}$ . Соответственно, в указанной паре  $S_{ij}$  является управляемым объектом (исполнителем), а  $S_{kl}$  – управляющим объектом (органом управления), формирующим для  $S_{ij}$  (и других подчиненных объектов) управляющие воздействия.

Предположим, что всякий объект  $S_{ij}$  иерархии  $Y$  выполняет на пространстве  $C$  некоторую активность, связанную с достижением некоторой цели  $G_{ij} \in C$ , заданной для  $S_{ij}$  объектом  $S_{kl}$ , таким, что  $S_{ij} \prec S_{kl}$  и имеющей некоторое количественное либо качественное описание в  $C$ .

Пусть для достижения цели  $G_{ij}$  объекту  $S_{ij}$  требуется выполнить в пространстве  $C$  множество итеративных или рекурсивных операций управления  $\{u_{ij1}, \dots, u_{ijk}\}$ . Всякая итеративная операция осуществляет приближение к цели  $G_{ij}$  одним из методов  $M_q \in M_{G_{ij}}$ , а всякая рекурсивная операция последовательно отбирает лучший в некотором смысле метод  $M^*$  из множества  $M_{G_{ij}}$  подходящих методов для достижения  $G_{ij}$ .

Тогда пространство  $C$  является пространством состояний для объектов множества  $S$ , а активность всякого объекта  $S_{ij} \in S$  может быть представлена выполнением определенной программы (управляющей процедуры, плана)  $P_{ij}$ , представляющей собой последовательность операций управления  $[u_{ij1}, \dots, u_{ijl}]$ , которые должны приближать объект  $S_{ij}$  к цели  $G_{ij}$ .

Степень достижения цели  $G_{ij}$  будем характеризовать вектором критериев  $Q_{ij}$ , где критерий  $Q_k \in Q_{ij}$  представляет собой шкалу для оценки близости к цели. Для каждого  $Q_k \in Q_{ij}$  может быть построена процедура  $\gamma_k$ , позволяющая всякому решению  $y \in Y$  поставить в соответствие значение  $Q_k : \|y\|_C = \gamma_k(y)$ .

Пусть на каждом шаге  $i=1..k$  выполнения последовательности операций управления  $[u_{ij1}, \dots, u_{ijl}]$  ИС  $\Theta$  переходит из некоторого состояния  $x_q \in C$  в другое состояние  $x_{q+1} \in C$ . Введем показатель расстояния  $\delta$  до цели  $G_{ij}$  в некотором

состоянии  $x_q \in C : \delta = \|x_q - G_{ij}\|$ .

Пусть на каждом шаге процедуры поиска решения проблемы существует подмножество  $M_{G_{ij}}$  подходящих методов. Тогда на шаге  $i$  при  $z = |M_q|$  для каждого из методов  $M_q \in M_{G_{ij}}$  можно оценить расстояние  $\delta_q^{i+1}$ , что дает возможность выбрать «наилучший» для данного шага метод:  $q^* = \arg \min(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_z)$ , т.е. тот метод  $M_{q^*}$ , который ближе всего приводит к цели  $G_{ij}$ .

Введем вектор  $R_{ij}$ , включающий ограничения  $R_l \in R_{ij}$ , и для каждого из них построим процедуру  $\xi_l$ , позволяющую некоторому состоянию  $x_q \in C$  поставить в соответствие значение  $R_l : \|y\|_c = \xi_l(x_q)$ .

В ИС  $\Theta$  управляющая процедура для объекта  $S_{ij}$  задается (строится) лицом, принимающим решение (ЛПР) в соответствии с установкой  $Z_{ij} = \langle G_{ij}, Q_{ij}, R_{ij} \rangle$ , включающей цель  $G_{ij}$ , критерии  $Q_{ij}$  и ограничения  $R_{ij}$  (например, на множестве доступных ресурсов либо по времени).

Обобщенная задача принятия решения по управлению объектом  $S_{ij}$ , связанная с достижением цели  $G_{ij}$ , может быть сведена к задаче синтеза процедуры:  $\Omega_{ij\langle Z \rangle} : x_{ij} \rightarrow y_{ij}$ , где  $x_{ij} \in C$  – исходное множество данных и знаний;  $y_{ij} \in Y$  – решение;  $Z_{ij}$  – установка ЛПР;  $\Omega_{ij\langle Z \rangle}$  – процедура (план) решения  $y_{ij} \in Y$ , позволяющего достичь цели  $G_{ij}$  или максимально приблизиться к ней в условиях  $Z_{ij}$ .

Если цель  $G_{ij}$  каждого объекта  $S_{ij} \in S$  может быть определена как определенная точка или область в пространстве состояний  $C$ , которой требуется достигнуть, то цель  $\Gamma$  ИС  $\Theta$  может быть выражена как желаемое состояние  $x_* \in C$ , при котором каждый из  $S_{ij} \in S$  достиг своей цели  $G_{ij}$ .

Обобщенная задача принятия решения по управлению ИС  $\Theta$ , связанная с достижением цели  $\Gamma$ , сводится к задаче синтеза управляющей процедуры:  $\Omega_{\Theta} : \Omega_{ij} \circ \Omega_{jk} \circ \dots \circ \Omega_{nm}$ , где  $\Omega_{ij}$  – процедура решения, синтезированная для всех  $S_{ij} \in S$ ;  $\circ$  – операция композиции.

Для синтеза процедуры  $\Omega_{\Theta}$ , в свою очередь, необходимо решить задачу координации управляющих процедур  $K : (\{\Omega_{ij}, \dots, \Omega_{kl}\}) \rightarrow \{\Omega'_{ij}, \dots, \Omega'_{kl}\}$ , при этом каждая процедура  $\Omega_{ij}$  представляет собой взаимосвязанную последовательность операций вида  $[u_{ij1}, \dots, u_{ijl}]$ .

Всякая операция  $u_{ijl}$  может быть представлена как пара,  $u_{ijl} = (t_{ijl}, a_{ijl})$ , где  $a_{ijl}$  – некоторое действие;  $t_{ijl}$  – момент времени запуска действия  $a_{ijl}$  на выполнение. Таким образом, операция рассматривается как некоторое действие (например, изменение значения определенного параметра объекта), производимое в заданный момент времени.

Тогда для координации объектов необходимо развернуть управляющие процедуры

в последовательности действий:  $\Omega_{ij} = [m_{ij1}, m_{ij2}, \dots, m_{ijk}] = [(t_{ij1}, a_{ij1}), (t_{ij2}, a_{ij2}), \dots, (t_{ijk}, a_{ijk})]$ , при этом согласование взаимосвязанных операций по моментам запуска на выполнение (синхронизация по времени) составляет суть задачи координации действий. Цель координации действий состоит в установке корректных точек синхронизации  $t_{ij1}^*, \dots, t_{ijl}^*$  в согласуемые последовательности выполняемых операций.

Задачей  $I_{ij}$  назовем процесс построения соответствующего заданному вектору критериев  $Q_{ij}$  решения  $\Omega_{ij(Z)}$ , представляющего план  $P_{ij}$  в исходном состоянии  $x \in C$ . Методом решения задачи  $I_{ij}$  будем называть последовательность действий  $[(t_{ij1}, a_{ij1}), (t_{ij2}, a_{ij2}), \dots, (t_{ijk}, a_{ijk})]$ , упорядоченных с помощью отношения частичного порядка  $\prec_a$ , которое может быть задано с помощью метрики  $\xi_T$ .

Пусть  $I^*$  – множество задач, которые объектам  $S_{ij} \in S$  необходимо совместно решить в процессе достижения целевых состояний  $G_{ij} \in \Gamma$ . Построим на основе  $I^*$  сеть задач  $N = (\{I_{11}, I_{12}, \dots, I_{nm}\}, \prec_I)$ , где  $\prec_I$  – отношение частичного порядка на  $I^*$ .

Задачи возникают и завершаются динамически по мере появления или исчезновения внешних возмущений, поэтому решение задач во времени может быть последовательным или параллельным. Отношение порядка  $\prec_I$  на множестве задач  $I^*$  позволяет выстроить в  $\Omega_\Theta$  процедуры  $\Omega_{ij}$  по приоритету и срочности их решения и может быть задано с помощью метрики  $\xi_T$ .

Для согласования управляющих процедур необходимо: а) задать отношение порядка  $\prec_I$ ; б) задать отношение порядка  $\prec_a$ ; в) синхронизировать компоненты  $\Omega_{ij}$  процедуры  $\Omega_\Theta$  по  $\prec_I$ , а операции  $u_{ijl}$  процедур  $\Omega_{ij}$  – по  $\prec_a$ . Тогда порядок  $\prec_a$  позволяет установить на шкале времени точки синхронизации  $t_Z$ , такие что  $\exists t_{ij}, t_{kl} | t_{ij} = t_Z \wedge t_{kl} = t_Z$  для  $\Omega_\Theta = [(t_{ijk}, a_{ijk}), \dots, (t_{jlm}, a_{jlm})]$ .

Решение задачи координации  $K : (\{\Omega_{ij}, \dots, \Omega_{kl}\}) \rightarrow \{\Omega'_{ij}, \dots, \Omega'_{kl}\}$ , таким образом, заключается в расстановке необходимых точек синхронизации в процедуре  $\Omega_\Theta$ , для чего можно использовать методы динамического удовлетворения ограничений [10].

**Концептуальная структура СППР.** На основе, предложенной в работе модели, разработана СППР при ликвидации последствий ЧСПХ, которая состоит из четырех подсистем (рис. 2): подсистемы оперативного доступа, подсистемы моделирования, подсистемы поддержки принятия решений и подсистемы баз данных (БД) [11].

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

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

и материально-технических ресурсах.

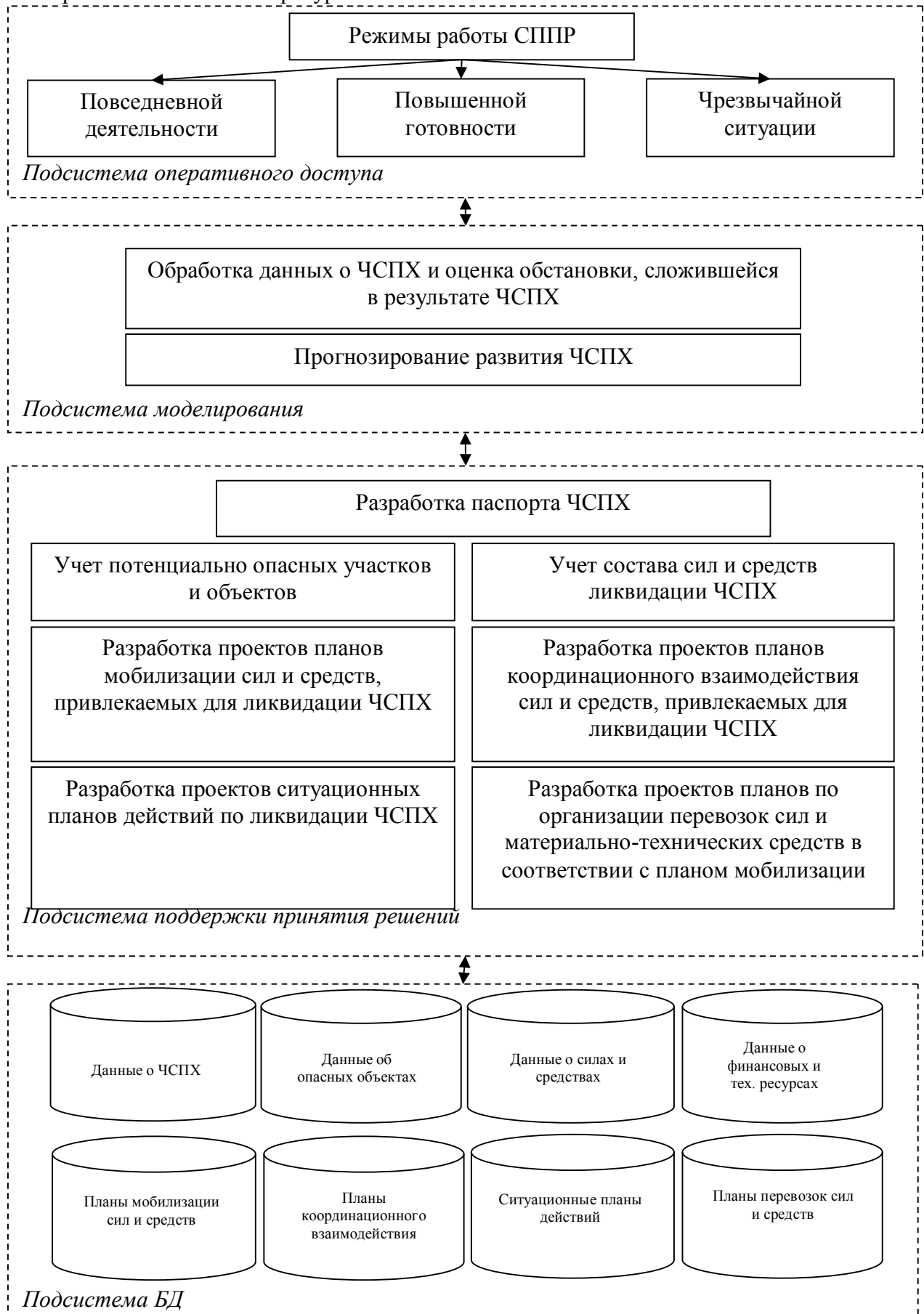


Рисунок 2 – Концептуальная структура СПДР



Основными задачами СППР в режиме повышенной готовности являются: автоматизированная обработка данных о ЧСПХ и оценка обстановки, сложившейся в результате ЧСПХ; определение необходимого состава сил и средств для ликвидации ЧСПХ, 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 СППР в режиме чрезвычайной ситуации являются: прогнозирование развития ЧСПХ; организация перевозок сил и материально-технических средств в соответствии с планом мобилизации; ликвидация последствий ЧСПХ в соответствии с разработанным планом действий.

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

Информационное обеспечение СППР представлено в виде совокупности ситуационных планов действий по ликвидации ЧСПХ, планов мобилизации и координационного взаимодействия сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧСПХ, а также структурированных наборов данных о ЧСПХ.

Информационное обеспечение СППР осуществляется с помощью подсистемы БД.

Назначение СППР заключается в обеспечении руководителей по ликвидации последствий ЧСПХ или ЛПР информационной поддержкой при выполнении основных задач координационного управления в условиях возникновения ЧСПХ.

**Вывод.** Предложена формальная модель координации действий органов управления в системе поддержки принятия решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного характера.

Разработка, предложенной в статье модели, позволит координировать действия привлекаемых специализированных подразделений и формирований при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в условиях неопределенности и неполноты информации о чрезвычайных ситуациях, а также дефицита времени на принятие решений.

Показано, что координация действий в системе поддержки принятия решений может быть сведена к координации по времени, что позволяет решать задачу координации методами синхронизации по времени.

Предложена структура иерархической многоуровневой системы координационного управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций. Показано, что на каждом уровне могут быть выделены: координирующие органы управления и постоянно действующие органы управления.

Предложена концептуальная структура системы поддержки принятия решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brushlinsky N. World Fire Statistics / N. Brushlinsky, M. Ahrens, S. Sokolov, P. Wagner. // Center of Fire Statistics of CTIF. – Report No. 21. – 2016. – p. 62.
2. Куликов О. М. Информационная поддержка принятия решений при ликвидации техногенных чрезвычайных ситуаций на основе моделирования сценариев управления : дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.01/ О. М. Куликов. – Уфа : Уфимский государственный авиационный технический университет, 2002. – 150 с.
3. Смирнов А. В. Подход к построению распределенной системы интеллектуальной поддержки принятия решений в открытой информационной среде / А. В. Смирнов, М. П. Пашкин, Н. Г. Шилов, Т. В. Левашова. – Труды СПИИРАН. – 2007. – Вып.4. – С. 36–49.
4. Бердашев Б. Ж. Модель адаптивной системы информационной поддержки управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций трансграничного характера : дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.10 / Б. Ж. Бердашев. – Москва : Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2014. – 155 с.

5. Семенов А. О. Совершенствование системы управления пожарно-спасательными подразделениями при ликвидации крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций : дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.10 / А. О. Семенов. – Москва : Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2006. – 161 с.
6. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 №5403-VI // Офіційний вісник України. – 2012. – № 89. – Ст. 3589.
7. Ходаков В. Е. О развитии основ теории координации сложных систем / В. Е. Ходаков, Н. А. Соколова, Д. Л. Кирийчук. – Проблемы информационных технологий. – 2014. – № 02 (016). – С. 12–21.
8. Шерстюк В. Г. Постановка задачи координации действий в иерархических системах управления / В. Г. Шерстюк, Е. Н. Ляшенко, Д. Л. Кирийчук // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2015. – № 3 (54). – С. 308–312.
9. Ляшенко Е. Н. Разработка модели координации сил и средств в иерархической системе гражданской защиты населения // Е. Н. Ляшенко, В. Г. Шерстюк // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 4/2(24). – С. 4–10.
10. Телерман В. В. Удовлетворение ограничений в задачах математического программирования / В. В. Телерман, Д. М. Ушаков // Вычислительные технологии. – 1998. – Т. 3. – №2. – С.45–54.
11. Авторське право на твір UA № 69379 (2016.12). Комп'ютерна програма «Система координації дій з попередження виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій природного характеру «DM SYSTEM FOR CANES» / О. М. Ляшенко, Д. Л. Кирийчук. – Зареєстроване у Державній службі інтелектуальної власності України 26.12.2016.

#### REFERENCES:

1. N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.Sokolov & P. Wagner (2016). World Fire Statistics, *Center of Fire Statistics of CTIF, Report No. 21*, 62.
2. A. Kulikov (2002). Informational decision support on the basis of management scenarios modeling in the course of eliminating of technogenic emergencies, *PhD Thesis, Ufa:Ufa State Aviation Technical University*, 150.
3. A. Smirnov, M. Pashkin, N. Shilov & T. Levashova (2007). An approach to building distributed intelligent support system on open information environment, *SPIIRAS Proceedings, Vol. 4*, 36–49.
4. B. Berdashev (2014). Model of adaptive management system of information of disaster management of cross-border nature, *PhD Thesis, Moscow: Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia*, 155.
5. A. Semenov (2006). Improvement of fire-rescue control system of units at eliminating of large fires and emergencies, *PhD Thesis, Moscow: Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia*, 161.
6. The Code of Civil Protection of Ukraine №5403-VI (2012). *The official journal of Ukraine, No.89, Art.3589*.
7. V.E. Khodakov, N.A. Sokolova & D.L. Kyryichuk (2014). O razvytyy osnov teoryy koordynatsyy slozhnykh system, *Problemi informaciyjnykh tekhnologiyj*, 2 (016), 12-21.
8. V. Sherstjuk, O. Liashenko & D. Kyryichuk (2015). The problem of action coordination in a hierarchical control system, *Bulletin Kherson National Technical University, No.3(54)*, 308-312.
9. O. Liashenko & V. Sherstjuk (2015). Development of the model of forces and resources coordination in hierarchical system of civil protection, *Technology audit and production reserves, No.4/2(24)*, 4-10.
10. V. Telerman & D. Ushakov (1998). Constraint satisfaction in mathematical programming problems, *Computational technologies, Vol. 3, No. 2*, 45–54.
11. Avtorske pravo na tvir UA # 69379 (2016.12). Kompiuterna prohrama «Systema koordynatsii dii z poperedzhennia vynyknennia ta likvidatsii nadzvychnykh sytuatsii

pryrodnoho kharakteru «DM SYSTEM FOR CANES»/ O.M. Liashenko, D.L. Kyryichuk. – Zareiestrovane u Derzhavni sluzhbi intelektualnoi vlasnosti Ukrainy 26.12.2016.

**Ляшенко О. М., Кирийчук Д. Л., Ложкін Р. С. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КООРДИНАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ**

*У роботі розглянуто методологічні підходи до моделювання та координаційного управління в умовах виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру. Розроблено формальну модель координації дій органів управління в системі підтримки прийняття рішень при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру в умовах дефіциту часу. Запропоновано структуру ієрархічної багаторівневої системи координаційного управління в умовах виникнення надзвичайних ситуацій. Виділено рівні управління системою. Показано, що на кожному рівні можуть бути виділені: координуючі органи управління і постійно діючі органи управління. Запропоновано концептуальну структуру системи підтримки прийняття рішень при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.*

**Ключові слова:** координація дій, надзвичайні ситуації природного характеру, система координаційного управління, система підтримки прийняття рішень.

**Liashenko O., Kyryichuk D., Lozhkin R. MODELING THE PROCESSES OF COORDINATION MANAGEMENT AND DECISION MAKING UNDER CONDITIONS OF NATURAL EMERGENCIES OCCURRENCE**

*This work presents the methodological approaches to modeling and coordination management under conditions of natural emergencies occurrence.*

*A formal model for coordination of activities of the management bodies in the system of decision making support for eliminating the consequences of natural emergencies under conditions of limited time is developed.*

*The structure of a hierarchical multi-level system of coordination management under conditions of natural emergencies occurrence is proposed. Levels of the system management are allocated. It is shown that the coordination management bodies and permanently acting management bodies can be identified at each level. The conceptual structure of the decision support system for eliminating the consequences of natural emergencies is proposed.*

**Keywords:** coordination of actions, natural emergency situations, coordination management system, decision support system.

© Ляшенко О. М., Кирийчук Д. Л., Ложкін Р. С.

Статтю прийнято  
до редакції 12.05.17