

устройства регулирования тепловым режимом в подкапотном пространстве двигателя значительно повышает оперативность прибытия ПАСА к месту ЧС.

Список использованных источников

1. Кулаковский, Б.Л. Эксплуатационные свойства пожарных автоцистерн / Б.Л. Кулаковский. - Мн.: Минсктиппроект, 2006. – 210 с.
 2. Яковенко, Ю.Ф. Диагностирование технического состояния пожарных автомобилей / Ю.Ф. Яковенко, Ю.С. Кузнецов. - М.: Стройиздат, 1983. - 247 с.
 3. Система тепловой подготовки автомобиля на месте его стоянки в гараже: пат. 6308 Респ. Беларусь, МПКВ60Н1/22, F02N17/2 /Ф.М. Гриб, Д.А.Леоник, С.М. Палубец, С.Г. Петуховский, В.Д. Тютюма, Б.Л. Кулаковский; заявитель НИИ ПБ и ЧС МЧС Респ. Беларусь. - № а 20020858; заявл. 31.10.2002; опубл. 30.06.2004 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2004. - №2. – С. 153.
 4. Кулаковский, Б.Л. Применение тепловой подготовки ПАСА для повышения оперативности прибытия к месту вызова / Б.Л. Кулаковский, С.М. Палубец, В.Д. Тютюма // Чрезвычайные ситуации; Предупреждение и ликвидация / НИИ ПБ и ЧС МЧС. – 2004. - №5(15). – С. 112 – 118.
-

УДК 614.8

Г.В. Иванец¹, В.А. Андронов¹, Б.Б. Поспелов¹, И.А. Толкунов¹, М.Г. Иванец²

¹ Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

² Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

**СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С УЧЕТОМ
ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ УГРОЗ
SYSTEM MODEL FOR FORECASTING AND PROVISION
ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS WITH ACCOUNTING
POTENTIAL RISKS OF THREAT**

В статье предложена системная модель прогнозирования и обеспечения ликвидации чрезвычайных ситуаций с учетом потенциальных рисков угроз и произведена оценка ее эффективности. Системная модель носить комплексный характер и объединяет в единое целое логично и информационно связанные между собой по предназначению, решаемым задачам, входным и выходным данным и другими параметрами модели, предназначенные для решения конкретных задач. Приращение эффективности при наличии прогнозной информации от системной модели зависит от достоверности прогнозных значений признаков каждой модели, которые входят в состав системной модели, и степени ценности прогнозной информации каждой модели при планировании и принятии решения.

Ключевые слова: гражданская защита, Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям, чрезвычайная ситуация, риски угроз, безопасность, эффективность

The article proposes a system model for forecasting and ensuring the elimination of emergency situations, taking into account the potential risks of threats and assessing its effectiveness. The system model has a complex character and unites logically and informationally related to each other in terms of purpose, tasks, input and output data and other parameters of the model, designed to solve specific problems. The increment in efficiency in the presence of predictive information from the system model depends on the reliability of the predicted values of the characteristics of each model that are part of the system model and the degree of value of the forecast information of each model in planning and decision making.

Keywords: civil protection, the State Service of Ukraine for emergency situations, emergency situation, threats risks, security, efficiency.

Постановка проблемы. Защита населения, объектов экономики, национального богатства от пагубного влияния чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного, природного и другого характера является неотъемлемой составляющей системы национальной безопасности государства. Население и территория Украины находятся под значительным негативным влиянием факторов, которые приводят к возникновению ЧС и опасных явлений, гибели

людей, ухудшения условий жизнедеятельности людей, загрязнения окружающей природной среды, значительным экономическим убыткам [1].

Обеспечение безопасности при ЧС требует надежного функционирования системы реагирования на ЧС природного и техногенного характера, адекватной уровню и характеру угроз [2,3].

Своевременное и эффективное реагирования на ЧС различного характера и выполнение мероприятий по ликвидации их последствий возлагается на силы гражданской защиты (ГЗ), которые распределены на территории Украины в границах регионов государства. Каждому региону характерны свои уровни техногенно-природно-социальных опасностей, что существенно влияет на состав и средства подразделений ГЗ, которые необходимы для адекватного реагирования на риски ЧС [4,5,6].

Эффективность проведения мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС зависит от тщательности их планирования и выполнения принятых решений. Каждый план и каждое решение должны опираться на строго обоснованные прогнозные данные, подробные и всесторонние расчеты по использованию сил и средств, на научный прогноз возможного развития событий в ходе ликвидации последствий ЧС. Такой прогноз невозможно выполнить без использования соответствующих моделей, объединенных в единое целое логично и информационно, связанных между собой по назначению, решаемым задачам, входными и выходными данными и другими параметрами.

Исходя из этих позиций, разработка системной модели прогнозирования и обеспечения ликвидации ЧС с учетом потенциальных рисков их угроз в регионах государства является актуальной научно-практической проблемой в сфере ГЗ.

Цель статьи состоит в разработке системной модели прогнозирования и обеспечения ликвидации ЧС с учетом их рисков в регионах государства и оценка ее эффективности.

Анализ последних исследований. Реагирование на ЧС и ликвидацию их последствий предполагает скоординированные действия субъектов обеспечения ГЗ, осуществляемые в соответствии с планами реагирования на ЧС, уточненными в условиях конкретного вида и уровня ЧС, и состоят в организации

работ по ликвидации последствий ЧС, остановки действия или влияния опасных факторов, вызванных ими, спасении населения и имущества, локализации зоны ЧС, а также ликвидации или минимизации их последствий, которые создают угрозу жизни и здоровью населения, нанесению вреда территории, окружающей природной среде или имуществу [3].

Эффективность выполнения задач по предотвращению или ликвидации последствий ЧС подразделениями ГЗ зависят в первую очередь от тщательности планирования и выполнения мероприятий, направленных на предотвращение, реагирование и ликвидацию последствий ЧС.

Анализ литературных источников [7,8,9,10] показал, что существующие модели позволяют осуществлять прогнозирование рисков отдельно для ЧС различного характера и нанесенного ими ущерба, в меньшей мере исследованы вопросы готовности подразделений ГЗ к выполнению задач по предназначению и распределению ресурсов для поддержания необходимого уровня готовности к действиям в ЧС, оптимизации территориальных структур ГЗ.

Однако системные модели прогнозирования и обеспечения ликвидации ЧС с учетом их рисков в регионах государства практически не рассматривались. Системная модель должна быть основой и важнейшей составляющей в процессе принятия управленческих решений, поскольку именно на основании ее выходных данных обосновываются и разрабатываются планы мероприятий и принимаются соответствующие решения по предупреждению и ликвидации ЧС.

Основной раздел. Природные, техногенные и социальные риски являются факторами, которые определяют качество жизни в регионах государства. Степень этих рисков, которым подвергается человек, зависит от следующих факторов: вероятности возникновения ЧС и возможного их количества, их масштабов и уровня защищенности, готовности подразделений ГЗ к действиям в ЧС и их всесторонним обеспечением.

Разработка и внедрение системной модели должна способствовать всестороннему обеспечению необходимыми данными и расчетами органы управления ГЗ, министерства и другие центральные и местные органы исполнительной власти, органы местного самоуправления, подчиненные им

силы и средства к действиям, направленным на эффективное предупреждение и реагирование на ЧС с целью минимизации их последствий.

Исходя из этого, модель должна носить системный характер и объединять в единое целое логично и информационно связанные между собой по предназначению, решаемым задачам, входным и выходным данным и другими параметрами модели, предназначенные для решения конкретных задач.

При разработке системной модели использован модульный подход: системная модель создана как совокупность отдельных моделей, объединенных между собой в единый комплекс (систему) информационными связями.

Системная модель представлена на рис. 1.

Она включает следующие модели:

Банк входных данных представляет собой объединение баз данных:

- а) базы данных о ЧС природного, техногенного и социального характера за некоторый период мониторинга;
- б) базы данных об укомплектованности подразделений ГЗ вооружением и техникой, их техническое состояние, эксплуатационные характеристики, укомплектованность подразделений личным составом и их уровень профессиональной подготовки;
- в) базы данных об общей численности сил ГЗ;
- г) базы данных о возможностях государства по обеспечению деятельности подразделений ГЗ;
- д) базы данных о характеристиках вооружения и техники подразделений ГЗ и их заграничных аналогов. На основании этих данных проводятся соответствующие оценки в моделях 1 – 15.

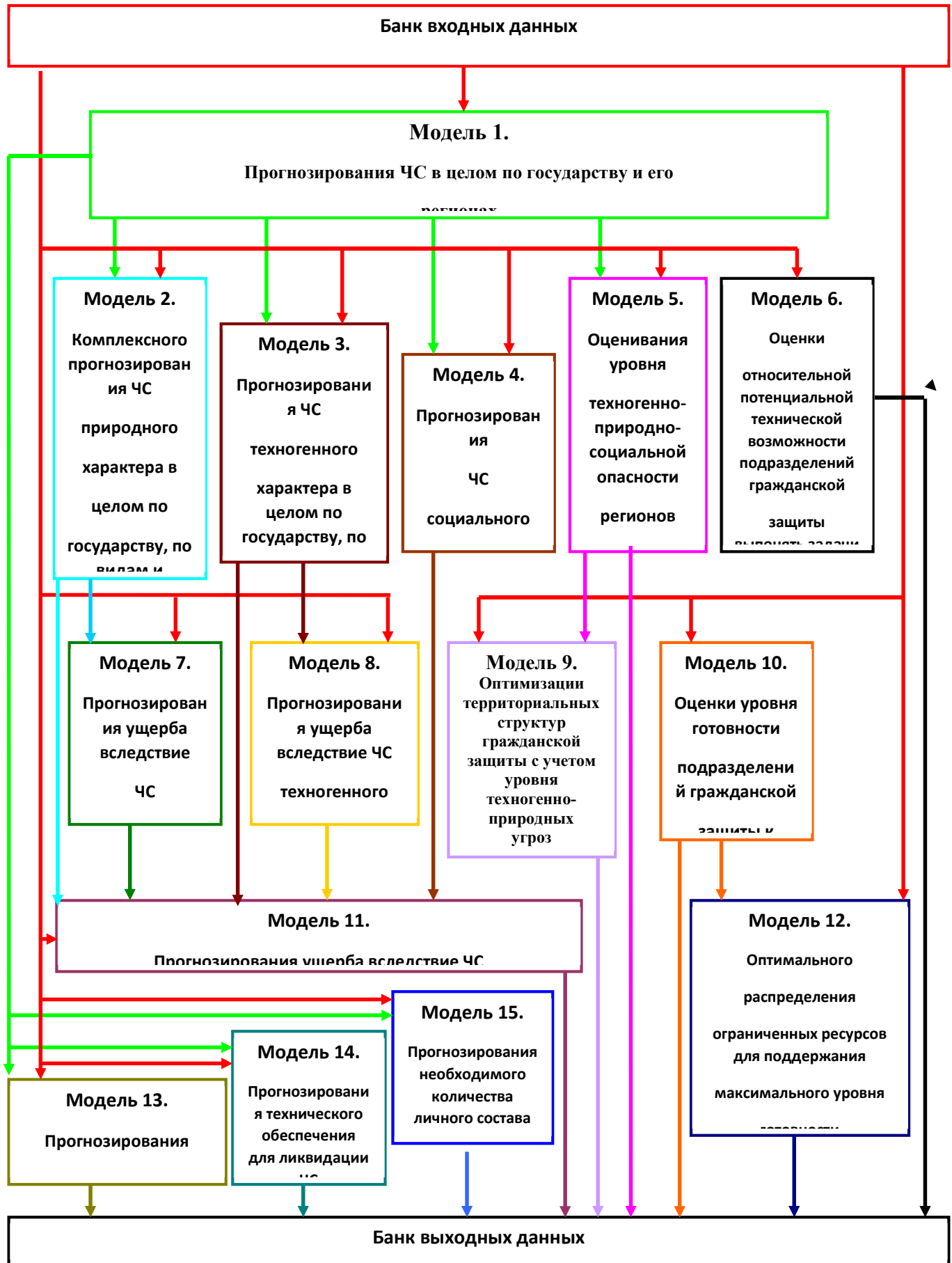


Рис. 1. Системная модель прогнозирования и обеспечения ликвидации ЧС с учетом потенциальных региональных рисков угроз

Модель 1 – прогнозирования ЧС в целом по государству и его регионам. Выходные данные модели 1 – прогноз общего количества ЧС в государстве, возможное количество ЧС различного характера, возможное количества ЧС различного уровня, общее количество ЧС в регионах государства, возможное количество ЧС различного характера в регионах государства, возможное количество ЧС соответственно государственного, регионального, местного и объектового уровней в регионах государства. Данные модели 1 используются в дальнейшем для проведения расчетов в моделях 2,3,4,5,11,13,14,15.

Модель 2 – комплексного прогнозирования ЧС природного характера в целом по государству, по видам и уровням на основании статистических данных мониторинга ЧС за некоторый период. Выходные данные модели 2 – прогноз общего количества ЧС природного характера в государстве, оценки вероятностей и прогнозное количество ЧС природного характера по видам и уровням в государстве, оценки вероятностей и прогнозное количество ЧС природного характера по месяцам года в государстве. Данные модели 2 используются в дальнейшем для проведения расчетов в моделях 7 и 11.

Модель 3 – прогнозирования ЧС техногенного характера в целом по государству, по видам и уровням на основании статистических данных мониторинга за некоторый период. Выходные данные модели 3 – прогноз общего количества ЧС техногенного характера в государстве, оценки вероятностей ЧС техногенного характера по видам и уровням в государстве, прогнозное количество ЧС техногенного характера по видам и уровням в государстве. Данные модели 3 используются в дальнейшем для проведения расчетов в моделях 8 и 11.

Модель 4 – прогнозирования ЧС социального характера по видам и уровням. Выходные данные модели 4 – оценки вероятностей ЧС социального характера по видам и уровням в государстве, прогнозное количество ЧС социального характера по видам и уровням в государстве. Данные модели 4 используются в дальнейшем для проведения расчетов в модели 11.

Модель 5 – оценивания уровня техногенно-природно-социальной опасности регионов государства. Выходные данные модели 5 – оценки уровня техногенно-

природно-социальной опасности регионов государства. Данные модели 5 используются в дальнейшем для проведения расчетов в модели 9.

Модель 6 – оценки относительной потенциальной технической возможности подразделений ГЗ выполнять задачи по предназначению. Выходные данными модели 6 – оценки относительной потенциальной технической возможности подразделений ГЗ выполнять задачи по предназначению.

Модель 7 – прогнозирования ущерба вследствие ЧС природного характера. Выходные данные модели 7 – прогнозный ущерб от ЧС природного характера, прогнозный ущерб от ЧС геологического характера, прогнозный ущерб от гидрометеорологических ЧС, прогнозный ущерб от ЧС вследствие пожаров в экосистемах, прогнозный ущерб от медико-биологических ЧС. Данные модели 7 используются в дальнейшем для проведения расчетов в модели 11.

Модель 8 – прогнозирования ущерба вследствие ЧС техногенного характера. Выходные данные модели 8 – оценки прогнозного значения ущерба от ЧС техногенного характера. Данные модели 8 используются в дальнейшем для проведения расчетов в модели 11.

Модель 9 – оптимизации территориальных структур ГЗ с учетом уровня техногенно-природных угроз. Выходные данные модели 9 – оценки численности типовой и территориальных структур ГЗ государства.

Модель 10 – оценки уровня готовности подразделения ГЗ к действиям в ЧС. Выходные данные модуля 10 – оценки уровня готовности подразделений ГЗ к выполнению задач по предназначению. Данные модели 10 используются в дальнейшем для проведения расчетов в модели 12.

Модель 11 – прогнозирования ущерба вследствие ЧС. Выходные данные модели 11 – прогнозный ущерб от ЧС природного характера, прогнозный ущерб от ЧС техногенного характера, прогнозный ущерб от ЧС социального характера, прогнозный общий ущерб от ЧС, региональные показатели индивидуального риска в государстве.

Модель 12 – оптимального распределения ограниченных ресурсов для поддержания максимального уровня готовности подразделений ГЗ к

выполнению задач по предназначению. Выходные данные модели 12 – показатели величины каждого ресурса, с учетом ограничений на их использование, для обеспечения максимального уровня готовности подразделений ГЗ к выполнению задач по предназначению.

Модель 13 – прогнозирования затрат средств на ликвидацию ЧС. Выходные данные модели 13 – прогнозные данные затрат средств на ликвидацию ЧС природного, техногенного характера и в целом.

Модель 14 – прогнозирования технического обеспечения для ликвидации ЧС. Выходные данные модели 14 – прогнозные данные необходимого количества техники для ликвидации ЧС.

Модель 15 – прогнозирования необходимого количества личного состава для ликвидации ЧС. Выходные данные модели 15 – прогнозные данные необходимого количества личного состава для ликвидации ЧС.

Банк выходных данных представляет собой объединение баз прогнозных данных:

- а) базы данных о вероятностях ЧС и их прогнозное количество по характерам, видам и уровням, уровень техногенно-природно-социальной опасности регионов государства;
- б) базы данных об относительной потенциальной технической возможности и уровне готовности подразделений ГЗ к выполнению задач по предназначению;
- в) базы данных об оптимальной численности территориальных структур ГЗ, которые были бы адекватны уровню потенциальных угроз территорий регионов;
- г) базы данных об оптимальном распределении ограниченных ресурсов государства для поддержания максимального уровня готовности подразделений ГЗ к действиям в ЧС.

Показатель эффективности модели выбирается исходя из цели ее применения. Системная модель должна всесторонне обеспечить достоверной информацией для принятия обоснованных решений относительно предупреждения и ликвидации ЧС. Очевидно, что эффективность планирования мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС зависит от наличия и качества прогнозной информации, на основании которой принимаются

соответствующие решения. Тогда относительное приращение эффективности планирования мероприятий по предотвращению или ликвидации ЧС за счет использования системной модели (наличия прогнозных данных) или коэффициент эффективности можно определить как отношение приращения математического ожидания эффективности планирования действий при наличии прогнозных данных и их отсутствии:

$$W = \frac{U_H - U_B}{U_B} = \frac{\Delta U_H}{U_B}, \quad (1)$$

где W – коэффициент эффективности; U_H – показатель эффективности планирования действий подразделения ГЗ по предупреждению или ликвидации ЧС при наличии прогнозных данных (наличии системной модели); U_B – показатель эффективности планирования действий подразделений ГЗ по предупреждению или ликвидации ЧС при отсутствии прогнозных данных (отсутствии системной модели); $\Delta U_H = U_H - U_B$ – абсолютное приращение эффективности планирования действий.

Каждая модель, которая входит в системную модель, обладает вектором прогнозных данных (информационных признаков) о параметрах, характеризующих возможности возникновения ЧС, степени угроз регионов государства, возможности по обеспечению и поддержанию готовности подразделений к действиям в ЧС и т.д.:

$$\{h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{ij}, \dots, h_{im}\},$$

где m – количество информационных признаков, h_{ij} – достоверность j -го прогнозного значения признака при использовании i -ой модели.

Вероятность принятия наилучшего (оптимального) решения по информационным признакам i -ой модели определяется выражением:

$$P_i = 1 - H_i, \quad (2)$$

где P_i – вероятность принятия оптимального решения по информационным признакам i -ой модели; H_i – энтропия i -ой модели, при которой будет принято наихудшее решения по ее информационным признакам.

Максимальная эффективность (по информационной составляющей) системной модели может быть достигнута при исчерпывающем количестве достоверных прогнозных данных о ЧС. Тогда степень неопределенности (энтропии) i -ой модели, при которой будет принято наихудшее решения по ее информационным признакам, определяется выражением [11]:

$$H_i = -\sum_{j=1}^m h_{ij} \cdot \ln h_{ij} . \quad (3)$$

Степень ценности прогнозной информации каждой модели при планировании и принятии решения различна. Поэтому с учетом степени ценности прогнозной информации каждой модели, которая входит в состав системной модели, вероятность принятия оптимального по информационным признакам решения определяется следующим образом:

$$P = \sum_{i=1}^n C_i P_i = \sum_{i=1}^n C_i (1 - H_i) = \sum_{i=1}^n C_i \left(1 + \sum_{j=1}^m h_{ij} \cdot \ln h_{ij} \right) , \quad (4)$$

где P – вероятность принятия оптимального решения по информационным признакам системной модели; C_i – коэффициент ценности прогнозной информации i -ой модели.

При этом должно выполняться условие:

$$\sum_{i=1}^n C_i = 1 , \quad (5)$$

где n – количество моделей, которые входят в состав системной модели.

Тогда показатель приращения эффективности при наличии прогнозной информации от системной модели с учетом энтропии определяется в соответствии с выражением:

$$\Delta U_H = U_H P = U_H \sum_{i=1}^n \Pi_i \left(1 + \sum_{j=1}^m h_{ij} \ln h_{ij} \right). \quad (6)$$

С учетом выражения (6) выражение (1) примет вид:

$$W = \frac{U_H - U_B}{U_B} = \frac{\Delta U_H}{U_B} = \frac{U_H \sum_{i=1}^n \Pi_i \left(1 + \sum_{j=1}^m h_{ij} \ln h_{ij} \right)}{U_B}. \quad (7)$$

Таким образом, приращение эффективности при наличии прогнозной информации от системной модели зависит от достоверности прогнозных значений признаков каждой модели, которые входят в состав системной модели, и степени ценности прогнозной информации каждой модели при планировании и принятии решения. Чем больше приращение эффективности, тем больше значение коэффициента эффективности планирования.

Решение обратной задачи зависимости (6) даст возможность определить такие показатели достоверности прогнозной информации каждой модели, входящей в состав системной модели, при которых достигается заданная эффективность планирования мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС.

Выводы. 1. Разработана системная модель прогнозирования и обеспечения ликвидации ЧС с учетом потенциальных рисков угроз в регионах государства. Модель носит системный и комплексный характер, объединяет в единое целое логично и информационно связанные между собой по предназначению,

решаемым задачам, входным и выходным данным и другим параметрам модели, каждая из которых предназначена для решения конкретных задач.

2. При разработке системной модели использован модульный подход: системная модель создана как совокупность отдельных моделей, объединенных между собой в единый комплекс (систему) информационными связями.

3. Приращение эффективности при наличии прогнозной информации от системной модели зависит от достоверности прогнозных значений признаков каждой модели, которые входят в состав системной модели, и степени ценности прогнозной информации каждой модели при планировании и принятии решения. Чем больше приращение эффективности, тем больше значение коэффициента эффективности планирования.

Список литературы

1. Іванець Г.В. Аналіз стану техногенної, природної та соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України на основі даних моніторингу. / Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. –Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 3 (48). – С.142-145.
2. Голован Ю.В., Козырь Т.В. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Организационно-методический комплекс. – Издательство «Проспект», Дальневосточный государственный технический университет, 2015. – 219 с.
3. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI / Голос України. – 2012.– листопад (№ 220 (5470)). – С.4-20.
4. Тютюник В.В., Іванець Г.В., Горелишев С.А. Методика оцінювання рівня техногенно-природно-соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України. / Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харків 2016. – Випуск 1 (27). – 79 с., С.30-37.
5. Григорий Иванец, Станислав Горелышев. Оценка уровня техногенно-природно-социальной опасности регионов государства на основе метода векторно-статистического анализа с учетом площади их территории и

- количества населения. / Научный журнал «Власть и общество» (История, Теория, Практика). – Тбилиси, Грузия: Ассоциация открытой дипломатии, 2016. – №3(39). – С.162-174. Режим доступа <http://odageorgia.ge/?page=gamosemebi>.
6. Іванець Г.В., Горелишев С.А., Баулін Д.С. Методика оптимізації територіальних структур силових відомств з урахуванням рівня техногенно-природних загроз на територіях адміністративно-територіальних одиниць України. / Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х.: Національна академія Національної гвардії України, 2016. – Випуск 2(28). – С.39-43.
7. Рогозін А.С. Формалізація залучення сил цивільного захисту для ліквідації надзвичайних ситуацій на території України. / А.С. Рогозін, С.О. Склярів // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 1 (117). – С.241-243.
8. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций. Учебное пособие. / В.Г. Шаптала, В.Ю. Радоуцкий, В.В. Шаптала. – Белгород: 2010. – 166 с.
9. Грибенюк А.Г., Тарасенко А.В. Оцінка готовності формувань до відмобілізування: критерії та засади. /Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – Вип. 2(118). – С.269-272.
10. Неклонський І.М., Самарін В.О., Харламов В.В. Спектральний підхід до оцінювання готовності аварійно-рятувальних підрозділів до дій за призначенням. / Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – Вип. 23. – С.113-120.
11. Катеринчук І.С., Гулеватий Д.Ю. Показники та критерії оцінки ефективності організації взаємодії суб'єктів прикордонної безпеки. / Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 4 (49). – С.28-31.
-