

УДК 351/354-502.5/8 (075.8)-504 (575.2) (04)  
 УДК 624.012.045-628.1+628.32.001.7 (575.2) (04)

## УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИРОДНОГО ИЛИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

С.Т. Иманбеков

Приведена методология управления безопасностью функционирования инженерных систем при чрезвычайных ситуациях.

*Ключевые слова:* стихийные бедствия; чрезвычайные ситуации; управление безопасностью; риски.

В Кыргызской Республике вопросы управления безопасностью функционирования объектов народного хозяйства в кризисных ситуациях природного и техногенного характера имеют особую актуальность. Территория Кыргызской Республики относится к зоне с высокой сейсмической активностью и характеризуется в основном 8- и 9-балльной сейсмичностью. Из 194 населенных пунктов, включенных в действующий нормативный документ по сейсмостойкому строительству (СНиП КР 20-02:2009 “Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования”), 74 находятся в зонах возможных очагов землетрясений с интенсивностью сейсмических воздействий 9 и более баллов [1].

В числе указанных населенных пунктов находятся 9 городов, 16 районных центров и поселков городского типа, 49 сел. Кроме того, 27 населенных пунктов, расположенных в зоне с расчетной сейсмичностью 9 баллов, имеют неблагоприятные инженерно-геологические условия (просадочные грунты, высокий уровень грунтовых вод, тектонические разломы, сложный рельеф и т. д.). В указанных населенных пунктах проживает около 3 млн человек, т. е. почти 63 % населения республики. Таким образом, риск возникновения чрезвычайной ситуации в результате стихийного бедствия или техногенной аварии реален и весьма высок.

Анализ информации показывает, что в среднем за год происходит от 46 (1991 г.) до 439 (2010 г.) чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий, экономический ущерб от кото-

рых составляет от 14168,0 тыс. сом. в 1999 г. до 100078,0 тыс. сом. в 2008 [2].

Используя математическое выражение (1) можно определить прогнозируемый уровень экономического ущерба (Ущ<sub>г</sub>) от возможных чрезвычайных ситуаций:

$$Ущ_{г} = 2,1924 \cdot t^4 - 46,097 \cdot t^3 + 327,29 \cdot t^2 - 879,33 \cdot t + 3327,5, \quad (1)$$

где  $t^n$  – период времени, который определяется по формуле

$$t^n = t_{\text{тек}} - t_{\text{исх}}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{тек}}$  – текущий период времени (рассматриваемый год);  $t_{\text{исх}}$  – период времени (отчетный год, с которого ведется расчет ущерба).

Частота (количество) произошедших землетрясений на территории Кыргызской Республики составляет от 3 в 1993 г. до 44 в 2008 [2]. Среднее количество ожидаемых землетрясений за год можно рассчитать по полиномиальному выражению (3):

$$N_{\text{земл}} = 0,0004 \cdot t^4 - 0,0207 \cdot t^3 + 0,3912 \cdot t^2 - 2,4622 \cdot t + 15,04, \quad (3)$$

где  $t^n$  – период времени, определяемый по формуле (1).

Управление безопасностью функционирования инженерных систем в кризисных ситуациях природного и техногенного характера необходимо разделить на четыре блока: оценка рисков; оценка факторов влияния и их значимость; оценка ущербов; выбор методов управления рисками. В соответствии с [3] указанные блоки определяются следующим образом:

*Оценка рисков.* Риск – совокупный фактор вероятности возникновения нежелательного события и его последствий. Показателями риска являются: частота свершения опасных событий (рисков), допустимая и недопустимая частота опасных событий. При этом допустимый риск это нормативно-определенная, т. е. установленная официальным нормативным документом, величина риска, а риск недопустимый это величина риска, превышающая допустимую максимальную норму [4].

Для обеспечения качества анализа риска необходимо выполнение следующих общих требований: планирование и организация работ; идентификация опасностей; оценка риска; разработка рекомендаций по уменьшению риска (управлению риском).

Оценка риска на основе вероятностного метода проводится по разным методикам. Это *статистическая методика*, когда вероятности определяются по имеющимся статистическим данным (при их наличии); *теоретико-вероятностная*, используемая для оценки рисков от редких событий, когда статистика практически отсутствует; *эвристическая*, основанная на использовании субъективных вероятностей, получаемых с помощью экспертного оценивания (используется при оценке комплексных рисков от различных опасностей, когда отсутствуют не только статистические данные, но и математические модели либо модели слишком грубы, т. е. их точность низка).

*Факторы влияния.* Оценка факторов влияния основывается на определении их совокупности, порождаемой соответствующими источниками. Применительно к проблеме безопасности функционирования инженерных систем такими событиями могут быть отказы элементов, авария на сооружениях технической системы, загрязнение экологической системы и, как следствие, материальный ущерб от реализовавшихся опасностей. К факторам можно отнести: природные явления (землетрясения, наводнение, ураган и пр.); непрофессионализм персонала; транспортные коммуникации; недостаточный запас прочности элементов; отсутствие технических средств безопасности; нарушение регламента и режима работы и эксплуатации и др.

*Оценка ущерба.* Для оценки величины ущерба используется “Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера” [5], разработанная на основе проводимых ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

многолетних исследований по анализу и управлению риском чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

В соответствии с существующей классификацией возникающих ущербов юридическая и нормативно-техническая документация по оценке ущерба от чрезвычайных ситуаций разделяется на четыре блока, применение которых производится отдельно в соответствии с масштабами и объемами ущерба, причиненного чрезвычайной ситуацией, или в полной совокупности при установлении факта причинения комплексного ущерба. Ущерб подразделяется на *прямые* (выраженные в стоимостной форме затраты, потери и убытки, обусловленные именно этим воздействием в данное время и в данном конкретном месте. Это единовременные затраты, направленные на проведение спасательных работ; затраты по эвакуации, временному размещению, переселению людей из зоны бедствия, оказанию им срочной медицинской помощи; единовременные выплаты пострадавшим и их семьям; стоимость разрушенных или нарушенных природных ресурсов; остаточная стоимость всего движимого и недвижимого имущества. К *косвенным* ущербам относятся вынужденные затраты, потери, убытки, обусловленные вторичными эффектами (действиями или бездействиями, порожденными первичным действием) природного или техногенного характера. Косвенный ущерб, в отличие от прямого, может проявляться через *длительный*, от момента первичного действия; *главной составляющей* косвенного ущерба является упущенная непосредственно выгода в связи с прекращением или приостановкой деятельности вследствие чрезвычайных ситуаций техногенного или природного) и *полный*.

Полный ущерб может быть определен как сумма прямого и косвенного экономического ущерба. Расчетные зависимости представлены формулой

$$U = U^p + (A \cdot U^k), \quad (4)$$

где  $A$  – коэффициент приведения разновременных затрат (коэффициент дисконтирования);  $U$  – экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций;  $U^p$  – прямой экономический ущерб;  $U^k$  – косвенный экономический ущерб.

*Прогноз ущерба.* Анализ и прогнозирование экономического ущерба от чрезвычайной ситуации осуществляется с разными целями и для решения самых различных прикладных задач, в том числе и для научно-исследовательских целей, и для обоснования практических решений, принимаемых при обосновании и осуществле-

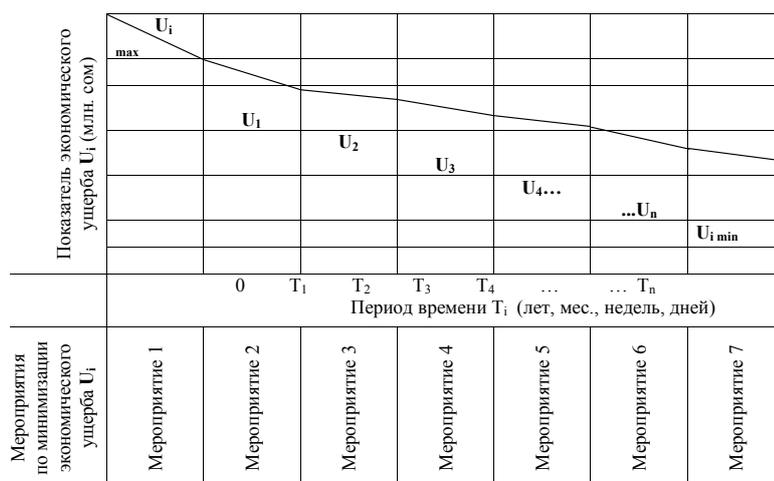


Рисунок 1 – Мероприятия по управлению риском  $R_i$  и минимизацией ущерба  $U_i$  в зависимости от времени  $T_i$

нии мероприятий, направленных на предупреждение и ликвидацию чрезвычайной ситуации при выделении на эти цели соответствующих ассигнований.

К числу основных практических задач, использующих результаты анализа и прогнозирования экономического ущерба от чрезвычайной ситуации, относятся:

- обоснование ассигнований бюджетов всех уровней, а также средств из внебюджетных источников на осуществление мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации;
- обоснование инвестиционных проектов по предупреждению чрезвычайной ситуации;
- лицензирование деятельности опасных производственных объектов; страхование рисков гражданской ответственности; возмещение ущерба вследствие чрезвычайной ситуации;
- обоснование любых инвестиционных проектов в части учета в них рисков чрезвычайной ситуации и т. д.

*Выбор метода управления рисками.* Основой для определения приемлемой степени риска в общем случае должны служить [1, 3]:

- законодательство по промышленной безопасности;
- правила, нормы безопасности в анализируемой области;
- дополнительные требования специально уполномоченных органов, влияющие на повышение промышленной безопасности;
- сведения об имеющихся аварийных событиях и их последствиях;

- опыт практической деятельности.

Разработка рекомендаций по уменьшению риска (управлению риском) – заключительный этап анализа риска. Рекомендации могут признавать существующий риск приемлемым или указывать меры по уменьшению риска (или, в общем случае, меры по его управлению).

Меры по уменьшению риска могут иметь технический или организационный характер. В выборе типа меры решающее значение имеет общая оценка действенности мер, влияющих на риск.

При разработке мер по уменьшению риска необходимо учитывать, что вследствие возможной ограниченности ресурсов должны разрабатываться простейшие и связанные с наименьшими затратами рекомендации, а также меры на перспективу.

Во всех случаях, где это возможно, меры уменьшения вероятности аварии должны иметь приоритет над мерами уменьшения последствий аварий. Это означает, что выбор технических и организационных мер для уменьшения опасности имеет следующие приоритеты: а) меры уменьшения вероятности возникновения аварийной ситуации; б) меры уменьшения тяжести последствий аварии, которые, в свою очередь, имеют следующие приоритеты.

Для управления рисками чрезвычайных ситуаций следует развивать:

- систему мониторинга, анализа риска и прогнозирования чрезвычайных ситуаций как основы деятельности по снижению рисков чрезвычайных ситуаций;

- систему предупреждения чрезвычайных ситуаций и механизмы государственного регулирования рисков;
- систему ликвидации чрезвычайных ситуаций, включая оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации, технические средства и технологии проведения аварийно-спасательных работ, первоочередного жизнеобеспечения и реабилитации пострадавшего населения;
- систему подготовки руководящего состава органов управления, специалистов и населения в области снижения рисков и уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций.

В качестве примера ниже приведен график плана мероприятий по снижению показателя ущерба ( $U_i$ ) от временного параметра ( $T_i$ ) [3]. Данный график (рисунок 1) показывает динамику уменьшения величины расчетного ущерба и перечень конкретных мероприятий по снижению ущерба ( $U_i$ ) в течение определенного времени ( $T_i = 1 - 10$  лет), которые должны выполняться в расчетные промежутки времени ( $\Delta T_i$ ).

## *Литература*

1. Проектирование зданий и сооружений в сейсмических районах: Справочное пособие. С.К. Уранова, С.Т. Иманбеков, Г.В. Косивцов и др.; под ред. чл.-корр. НАН КР [Т.О. Ормонбекова]. Бишкек, 1996. 212 с.
2. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Изд. 8. Бишкек: МЧС КР, 2011. 718 с.
3. *Иманбеков С.Т.* Управление рисками в инженерных системах / С.Т. Иманбеков, К.Д. Бозов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2011. 180 с.
4. Постановление Правительства КР “Классификация чрезвычайных ситуаций и критерии их оценки” № 702 от 29 ноября 2000 года.
5. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004 г. (Утверждена и одобрена на XXII заседании Межгосударственного Совета по ЧС природного и техногенного характера в 2008 году).