

УДК 658.012.23

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, Ю.А. БЕЛОКОНЬ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***АНАЛИЗ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОПЕРАТОРА В ПРОЕКТЕ УТИЛИЗАЦИИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ**

*Предложен подход, основанный на элементах причинного анализа, который позволяет осуществлять оценку риска неблагоприятного воздействия на окружающую среду и оператора в проекте утилизации сложной техники с учетом взаимодействия отдельных факторов риска. Предложено системное представление внутренних рисков проекта утилизации, в рамках которого выделены неблагоприятные факторы, свойственные конкретным этапам жизненного цикла проекта. Большое внимание уделено составляющим риска неблагоприятного воздействия на окружающую среду и оператора, и возможным последствиям их возникновения. Проанализировано взаимодействие всех элементов иерархической структуры рисков и проведена оценка их влияния на конечные результаты проекта утилизации сложной техники.*

**Ключевые слова:** утилизация сложной техники, причинный анализ, структурная диаграмма, структурные коэффициенты, управление рисками проектов утилизации.

**Введение**

Осуществление проектов утилизации сложной техники неизбежно связано с возникновением типовых рисков проектов, наиболее характерными из которых являются [1]: политические и экономические риски (непредвиденные меры государственного регулирования в сферах материально-технического снабжения, охраны окружающей среды, проектных и производственных нормативов, землепользования, налогообложения; изменение внешнеэкономической ситуации; инфляция); рыночные (ухудшение возможности получения сырья, в том числе составляющих сложной техники, подлежащих утилизации, рост цен на сырье, материалы, перевозки); предпринимательские риски (возникновение непредвиденных расходов, нарушение обязательств контрагентами и пр.); организационные риски, связанные с ошибками менеджмента компании, ее сотрудников, проблемами системы внутреннего контроля, плохо разработанными инструкциями по проведению работ и пр. Кроме того, в случае утилизации, например, боеприпасов или сложной техники, когда выдвигаются требования соблюдения секретности, возможно возникновение форс-мажорных обстоятельств.

Специфика проекта по утилизации сложной техники связана с риском неблагоприятного воздействия процесса утилизации (НВПУ) на окружающую среду и непосредственных участников процесса (операторов). Риск НВПУ относится к технико-производственным [1] или технико-экологическим

рискам [2], включающим промышленные (возникновение аварий, пожаров, поломок; нарушение функционирования объекта вследствие ошибок при проектировании, монтаже и пр.) и экологические риски (нанесение ущерба окружающей среде). Но при таком рассмотрении не учитывается профессиональный риск непосредственных участников процесса утилизации [3]. Рассмотрение риска НВПУ представляет значительный интерес наряду с анализом типовых рисков проекта. Величина данного риска зависит, в первую очередь, от объекта и технологии утилизации, а также от принятых мер по обеспечению безопасности проведения соответствующих процессов. Предпосылки возникновения риска НВПУ могут проявиться уже на этапе планирования и разработки проекта и могут быть связаны с организационными рисками проекта. Последствиями же такого риска могут быть, как и в случае с типовыми рисками, недостижение целей проекта, превышение сметной стоимости, а также возникновение гражданско-правовой ответственности предприятия и невозможность дальнейшего осуществления проекта.

Таким образом, возникновение производственных рисков, к которым, безусловно, относится риск НВПУ, в большой степени влияет на конечные результаты проекта, и, следовательно, своевременное их парирование является приоритетной задачей для руководства предприятия.

**Постановка задачи исследования.** На отдельных этапах анализа и оценки рисков проекта утилизации сложной техники с различным успехом при-

меняются следующие методы [1, 2]: построения дерева решений с применением вероятностного подхода; построения «дерева отказов»; метод экспертных оценок; нормативный метод; HAZOP–метод (метод «события – последствия»), а также их сочетания.

Метод построения дерева решений связан со сложностью выделения факторов риска и оценки (как правило, экспертным методом) степени их влияния на увеличение или уменьшение рисков проекта, однако при правильном подборе экспертов или при наличии фактических данных позволяет произвести достаточно точную оценку риска. Метод построения «дерева отказов» применим, в первую очередь, для анализа технических систем с достаточным объемом исходной информации и, так как анализ риска начинается с рассмотрения результирующего (головного) события, то велика вероятность того, что отдельные риски могут быть не учтены. Нормативный метод находит свое применение только для отказа от явно неприемлемых решений, в частности для отказа от технологий, применение которых заведомо связано с получением разрешения от регулирующих органов на проведение работ. Метод HAZOP применяется для качественного анализа рисков проекта и может быть полезен для анализа взаимосвязи рисков, вызывающих их факторов и возможных последствий.

Приведенные ограничения и недостатки этих методов не позволяют проводить комплексную оценку риска НВПУ.

Таким образом, разработка методов анализа и оценки рисков в проектах утилизации сложной техники является актуальной научно-прикладной задачей. При этом качественная и количественная оценка риска НВПУ и его влияния на результаты проектов по фазам жизненного цикла имеет важное методическое и практическое значение.

В настоящее время большинство научных разработок ведется в области оценки риска НВПУ без учета его взаимодействия с другими рисками проекта. Некоторые работы посвящены определению ущерба только от экологического риска. Поэтому необходимо разработать системное представление рисков проекта утилизации сложной техники, позволяющее выявить взаимосвязь факторов, вызывающих риски, рисков и их последствий, а также разработать подход, позволяющий оценить причины возникновения риска НВПУ и его влияние на результаты проекта.

### Решение задачи

Для количественной оценки влияния риска НВПУ на результаты проекта утилизации сложной

техники предлагается использовать метод, основанный на элементах теории причинного (путевого) анализа [4, 5].

Согласно предложенному подходу, оценка риска выполняется поэтапно. На первом этапе осуществляется построение структурной диаграммы (графа связей), определяются частные риски, вызывающие их факторы и возможные последствия возникновения рисков. Взаимосвязи между этими составляющими отображаются в виде графа связей. При этом факторы рисков анализируются с точки зрения времени проявления и приписываются соответствующим этапам жизненного цикла проекта утилизации, которые отображены в системном представлении риска НВПУ (рис. 1). Тогда на каждом этапе реализации проекта можно видеть, какие факторы могут проявиться, какие риски они спровоцируют и каковы будут их последствия для проекта.

Так как количество взаимосвязей между факторами рисков и рисковыми событиями велико, то для удобства последующего анализа факторы и связанные с ними риски представим в виде таблицы (табл. 1), присвоив каждому из рисков соответствующий идентификационный номер.

Рискам возникновения чрезвычайной ситуации присвоим идентификационный номер в соответствии с [6]: 10100 – транспортные аварии; 10200 – пожар, взрыв; 10310 и 10500 – аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных химических веществ и радиоактивных веществ соответственно.

Согласно теории причинного анализа [4], знание структуры причинной системы может быть использовано для преобразования статистического описания входов в описание выходов.

Для этого сформируем рекурсивную систему уравнений, изоморфную структурной диаграмме, коэффициенты которой выступают как коэффициенты влияния. В нашем случае в качестве коэффициентов влияния выступают вероятности проявления конкретных событий (факторов, рисков, последствий).

Пусть  $a_i, 0 \leq a_i \leq 1$  – вероятность возникновения  $i$ -го фактора риска;  $b_{ij}, 0 \leq b_{ij} \leq 1$  – вероятность возникновения  $j$ -го риска в случае возникновения  $i$ -го фактора;  $c_{jk}, 0 \leq c_{jk} \leq 1$  – вероятность возникновения  $k$ -го последствия в случае реализации  $j$ -го риска;  $S_k$  – возможные виды потерь (рис. 1).

Тогда суммарные потери в случае возникновения  $i$ -го фактора риска  $S^{(i)}$  вычисляются по формуле:

$$S^{(i)} = a_i \sum_j b_{ij} \sum_k (c_{jk} S_k). \quad (1)$$

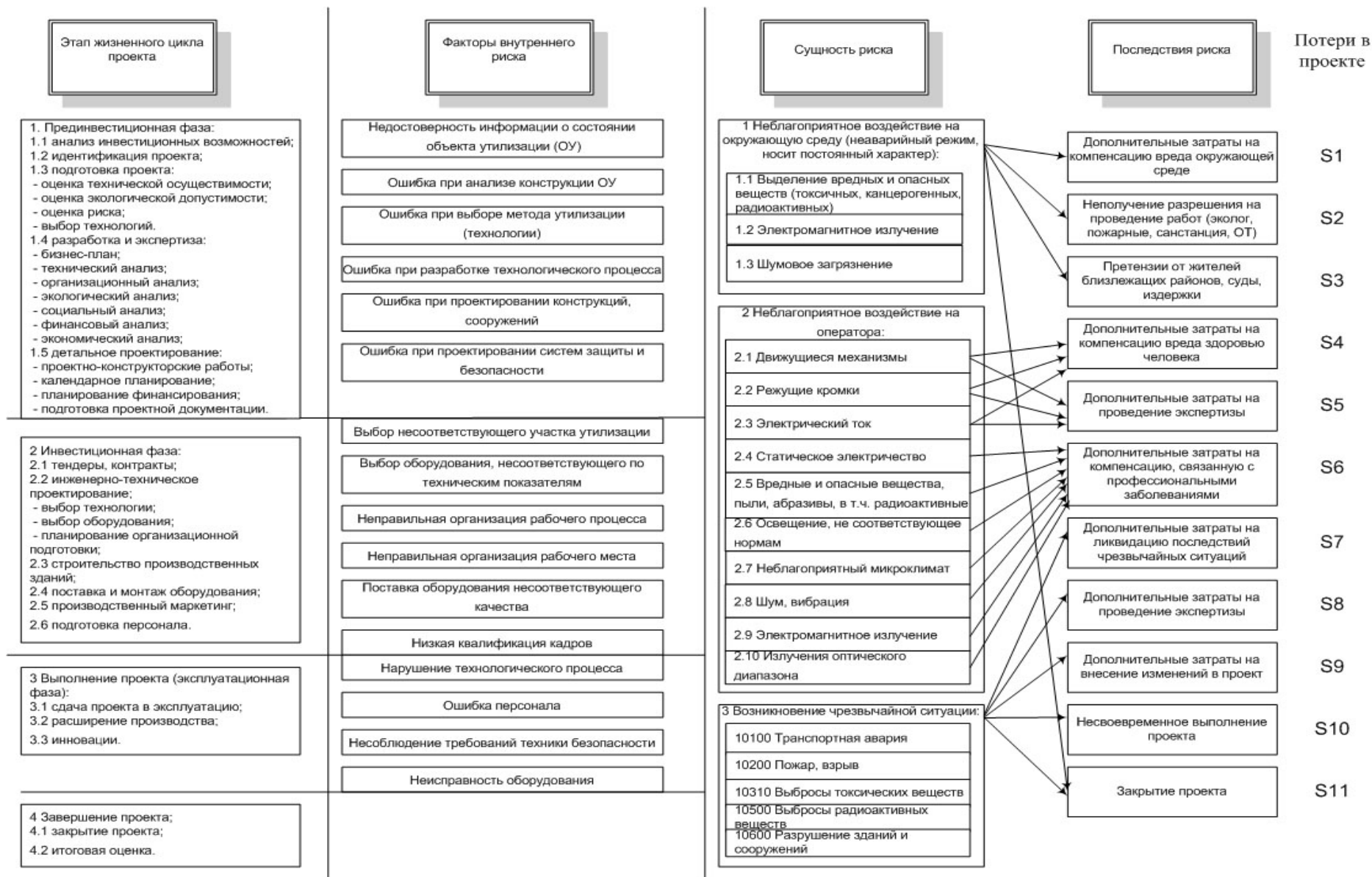


Рис. 1. Системное представление риска неблагоприятного воздействия на окружающую среду и оператора

Таблица 1  
Взаимосвязь факторов и рисков в проекте  
утилизации сложной техники

Фактор риска	Идентификационный номер
1. Недостоверность информации о состоянии объекта утилизации	10200, 10310, 10500
2. Ошибка при анализе конструкции объекта утилизации	10200, 10310, 10500
3. Ошибка при выборе метода утилизации	10200, 10310, 10500
4. Ошибка при разработке технологического процесса	2.5, 2.8, 10200, 10310, 10500
5. Ошибка при проектировании конструкций и сооружений	2.1, 2.2, 2.7, 2.8, 10310, 10600
6. Ошибка при проектировании систем защиты и безопасности	1.1, 1.2, 1.3, 2.1-2.10, 10100, 10200, 10310, 10500
7. Выбор несоответствующего участка утилизации	1.1, 1.2, 1.3, 2.6, 2.7, 10100, 10600
8. Выбор оборудования, несоответствующего по техническим показателям	1.3, 2.3, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.10, 10200
9. Неправильная организация рабочего процесса	2.1, 2.2, 2.3, 2.5, 2.8, 2.9, 2.10, 10200
10. Неправильная организация рабочего места	2.1-2.10, 10100, 10200
11. Поставка оборудования несоответствующего качества	1.3, 2.3, 2.4, 2.5, 2.8, 10310
12. Низкая квалификация кадров	2.3
13. Нарушение технологии утилизации	1.1, 1.2, 1.3, 2.3, 2.5, 2.10, 10200, 10310, 10500
14. Ошибка персонала	2.1, 2.2, 2.3, 2.5, 2.9, 2.10, 10100, 10200, 10310, 10500
15. Несоблюдение требований техники безопасности	1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.8, 2.9, 2.10, 10100, 10200, 10310, 10500
16. Неисправность оборудования	1.1, 1.2, 1.3, 2.1-2.8, 2.10, 10100, 10200, 10310, 10500

Так, в соответствии с системным представлением риска в случае, если присутствует фактор риска «недостоверность информации о состоянии объекта утилизации», общий ущерб вычисляется сле-

дующим образом:

$$S^{(1)} = a_1 \begin{bmatrix} b_{1,10200}(c_{10200,7}S_7 + c_{10200,8}S_8 + \\ + c_{10200,9}S_9 + c_{10200,10}S_{10} + c_{10200,11}S_{11}) \\ + b_{1,10310}(c_{10310,7}S_7 + c_{10310,8}S_8 + \\ + c_{10310,9}S_9 + c_{10310,10}S_{10} + c_{10310,11}S_{11}) \\ + b_{1,10500}(c_{10500,7}S_7 + c_{10500,8}S_8 + \\ + c_{10500,9}S_9 + c_{10500,10}S_{10} + c_{10500,11}S_{11}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

На рис. 2 представлена иерархическая структура для анализа последствий возникновения рассматриваемого фактора риска.

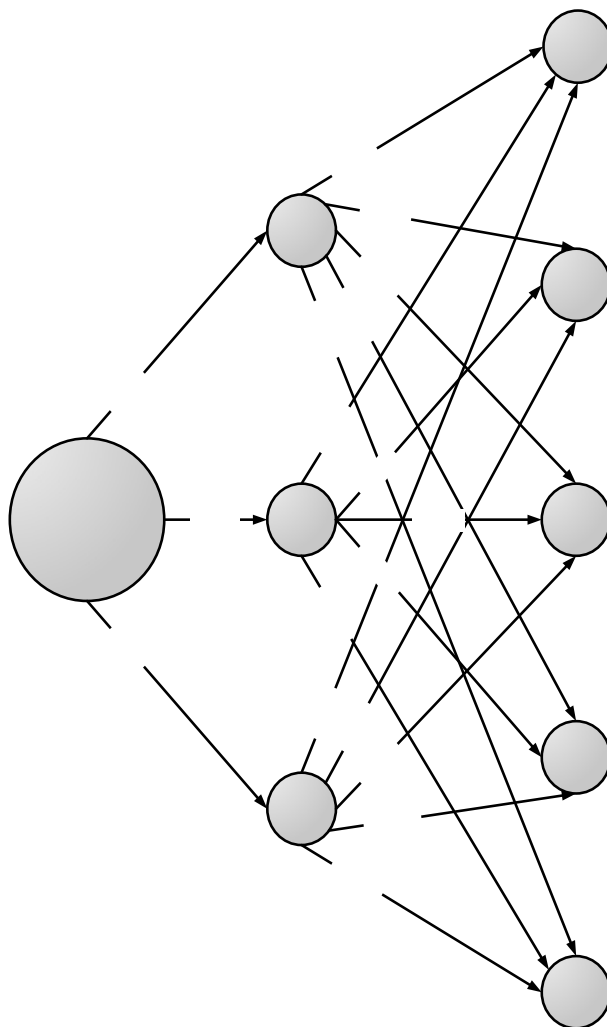


Рис. 2. Пример структурной диаграммы для фактора риска «недостоверность информации о состоянии объекта утилизации»

Таким образом, зная вероятности возникновения факторов риска, рисков событий и последствий, а также причинно-следственные зависимости между ними, можно определить величины потерь при возникновении неблагоприятного события и учесть их на соответствующем этапе жизненного цикла проекта утилизации сложной техники.

Вероятности  $a_i$ ,  $b_{ij}$  и  $c_{j,k}$  можно определить объективным (на основании статистических данных) или субъективным методом (путем экспертных оценок). Значения вероятностей рисков событий  $b_{ij}$  берутся из статистических данных, так, например, для производственного травматизма и несчастных случаев на производстве имеется статистика Фонда социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний Украины (ФСС).

Следовательно, рассматривая фактор риска на конкретном этапе, можно проследить возможные последствия его возникновения, дать их количественную оценку и разработать меры по управлению риском.

Для анализа потерь как последствий возможных рисков следует оценить потенциальные дополнительные затраты.

Дополнительные затраты на компенсацию вреда окружающей среде (потери  $S_1$ ) представляют собой систему отчислений, величина которых определяется в соответствии с законодательством Украины.

В настоящее время в Украине введен институт платности природопользования, рассчитанный на компенсацию вреда, причиненного окружающей среде при нормальных режимах эксплуатации объектов, а также ведется разработка методических основ экологического страхования [7].

Дополнительные затраты на компенсацию вреда здоровью человека (потери  $S_4$  и  $S_6$ ) связаны с отчислением страховых взносов в ФСС в процентах от суммы фактических затрат на оплату труда наемных работников в зависимости от класса профессионального риска производства [8].

При возникновении несчастного случая на производстве и необходимости компенсации вреда здоровью человека обязанности возмещения вреда возлагаются на ФСС. Затраты на проведение экспертизы по установлению причин несчастного случая на производстве (потери  $S_5$  и  $S_8$ ) несет работодатель [9].

Если проект утилизации связан с использованием, переработкой или транспортировкой опасных веществ, то предприятие-исполнитель признается объектом повышенной опасности. В этом случае потери  $S_7$ , связанные с дополнительными затратами на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций, несет субъект хозяйственной деятельности, и в соответствии с [10] эти потери также подлежат обязательному страхованию. Потери  $S_{11}$ , связанные с закрытием проекта, определяются количеством средств, вложенных в проект к моменту его закрытия.

## Заключение

Предложенный подход позволяет осуществлять количественную оценку влияния риска неблагоприятного воздействия на окружающую среду и оператора на результаты проекта утилизации сложной техники с учетом вызывающих его факторов. В связи с тем, что отдельные факторы рисков анализируются на соответствующем этапе жизненного цикла проекта, становится возможным выявлять последствия их возникновения на всех последующих этапах, определять потенциальные потери, а также принимать меры по управлению рисками уже на начальных этапах проекта. С экономической точки зрения затраты на экологическую проработку проектов, в том числе и на оценку риска НВПУ, более эффективны, если они проводятся на более ранних стадиях реализации проектов. Основной проблемой в применении предложенного метода является сложность получения статистических данных о вероятностях возникновения составляющих риска НВПУ, вызывающих их факторов и последствий.

## Литература

1. Романов В. С. Механизм управления рисками предприятия в современных условиях хозяйствования: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Романов Валерий Сергеевич; Ульяновский гос. ун-т. – Ульяновск, 2002 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.big.spb.ru/publications/other/finmanagement/meh\\_upr\\_risk\\_predpr.shtml](http://www.big.spb.ru/publications/other/finmanagement/meh_upr_risk_predpr.shtml).
2. Олейник К. Экологические риски хозяйственной (предпринимательской) деятельности: сущность, основные виды / К. Олейник // Управление риском. – 2000. – № 3. – С. 42-44.
3. Роик В. Профессиональный риск: проблемы анализа и управления / В. Роик / Человек и труд. – 2003. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chelt.ru/2003/3-03/roik-3-3.html>.
4. Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях: пер с англ. / Д. Хейс. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 255 с.
5. Малеева О.В. Анализ взаимодействия внутренних и внешних рисков на основе причинно-следственной диаграммы / О.В. Малеева, Н.И. Сытник // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – №1. – С. 73-76.
6. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019-2001 чинний від 01.03.2002 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mintrans.gov.ua/uk/moke\\_zakon2/890.html](http://www.mintrans.gov.ua/uk/moke_zakon2/890.html).
7. Козин Э.Г. Экономическое страхование как инструмент экономико-правового механизма охраны окружающей среды / Э.Г. Козин // Вісник Сум-

ДУ. Серія Економіка. – 2007. – Т. 2, №1. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://visnyk.sumdu.edu.ua/arhiv/2007/1\(105\)/9\\_Kozin.pdf](http://visnyk.sumdu.edu.ua/arhiv/2007/1(105)/9_Kozin.pdf).

8. Про страхові тарифи на загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності: закон України чинний від 23.09.1999 р. № 1105-XIV. – ст. 47, ч.3 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1105-14>.

9. Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві: постанова Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 р. № 1112. – ст. 47 –

[Електронний ресурс]. – Режим доступу до постанови: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?page=2&nreg=1112-2004-%EF>.

10. Про затвердження Порядку і правил проведення обов'язкового страхування цивільної відповідальності суб'єктів господарювання за шкоду, яка може бути заподіяна пожежами та аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки, включаючи пожежовибухонебезпечні об'єкти та об'єкти, господарська діяльність на яких може призвести до аварій екологічного і санітарно-епідеміологічного характеру: постанова Кабінету Міністрів України від 16.11.2002 р. № 1788 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1788-2002-%EF>.

Поступила в редакцію 26.11.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. кафедри інформатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского Харьковский авиационный институт», Харьков.

#### АНАЛІЗ РИЗИКУ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ОПЕРАТОРА В ПРОЕКТІ УТИЛІЗАЦІЇ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ

*О.С. Федорович, Ю.А. Білокін*

Наведено підхід, який базується на елементах причинного аналізу і дозволяє здійснювати оцінку ризику шкідливого впливу на оточуюче середовище та оператора в проекті утилізації складної техніки, враховуючи взаємодію між окремими факторами ризику. Запропоновано системне зображення внутрішніх ризиків проекту утилізації, в рамках якого виділено негативні фактори, що притаманні етапам життєвого циклу проекту. Значну увагу приділено складовим ризикам шкідливого впливу на оточуюче середовище та оператора, а також можливим наслідкам їх прояву. Проведено аналіз взаємодії всіх елементів ієрархічної структури ризику та оцінку їх впливу на кінцеві результати проекту утилізації складної техніки.

**Ключові слова:** утилізація складної техніки, причинний аналіз, системне зображення, структурна діаграма, структурні коефіцієнти, управління ризиками проекту.

#### RISK OF HARMFUL INFLUENCE ON ENVIRONMENT AND OPERATOR IN THE RECYCLING OF SOPHISTICATED MACHINERY PROJECT ANALYSIS

*O.Ye. Fedorovich, J.A. Bilokin*

The method, based on the causal analysis, is proposed. It allows realizing risk assessment of harmful influence on environment and operator in the recycling of sophisticated machinery project. The interaction of separate risk factors is taken into account. The system presentation of internal risks in recycling project is proposed. The harmful factors, which characterize each stage of project life cycle, the components of the risk of harmful influence on environment and operator and their possible consequences are singled out within the framework of system presentation. The interaction of elements of risk breakdown structure is analyzed. The possible losses are evaluated in the recycling of sophisticated machinery project.

**Key words:** recycling of sophisticated machinery, causal analysis, system presentation, structural diagram, structural coefficients, risk management.

**Федорович Олег Евгеньевич** – д-р техн. наук, проф., заведуючий кафедрой информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Белоконь Юлия Анатольевна** – аспирант каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.