

---

## **УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ВЪЗ ОСНОВА НА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОКАЗАТЕЛИТЕ НА ОПАСНОСТТА, ПОРОДЕНА ОТ СИСТЕМАТА „ЧОВЕК-МАШИНА”**

**Ц. Симеонова**

[ts.b.simeonova@abv.bg](mailto:ts.b.simeonova@abv.bg)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”, катедра “СОТС”  
ул. “Гео Милев” 158, София 1574,  
БЪЛГАРИЯ*

**Ключови думи:** система „човек-машина”, алгоритъм, риск, прелез, опасност, човешки фактор

**Резюме:** Цел на изследването е управление на риска посредством описване на показателите на опасността, водещи до определяне и нормиране на индивидуалния риск, породен от системата „човек-машина”. Във връзка с това е разработен разширен итеративен алгоритъм за управление на риска, чрез който тези показатели са проследени, като се отчитат действащите експлоатационни параметри при съществуваща и нововъвеждаща се система, с което се разширява областта на приложение. Показана е връзката между показателите на безопасността и показателите на риска на техническата система, въз основа на изведените съотношения. Показателите включват и отчитат също и човешкия фактор, като по този начин се постига доказване на безопасността по един свързан с риска начин.

### **УВОД**

Осигурителните системи (ОС) се характеризират с това, че човекът-оператор (ЧО) се явява също управляваща подсистема, т.е. това са човеко - машинни (ергатични) системи.

Параметрите могат да бъдат свързани с апаратурата и с оператора. Отказите на ергатичната система се причиняват както от отказ на техническата система, така и от неадекватни действия на човека [1].

Грешката на ЧО е неизпълнение на поставените задачи или изпълнение на забранено действие, след което настъпва отказ на техническия обект или се нарушава нормалния ход на планираната операция.

Основното различие между отказите причинени от действията на ЧО (като се отчита квалификация, подготовка и опит) се изразява в броя им (интензивността) и в предизвиканите последици (в риска).

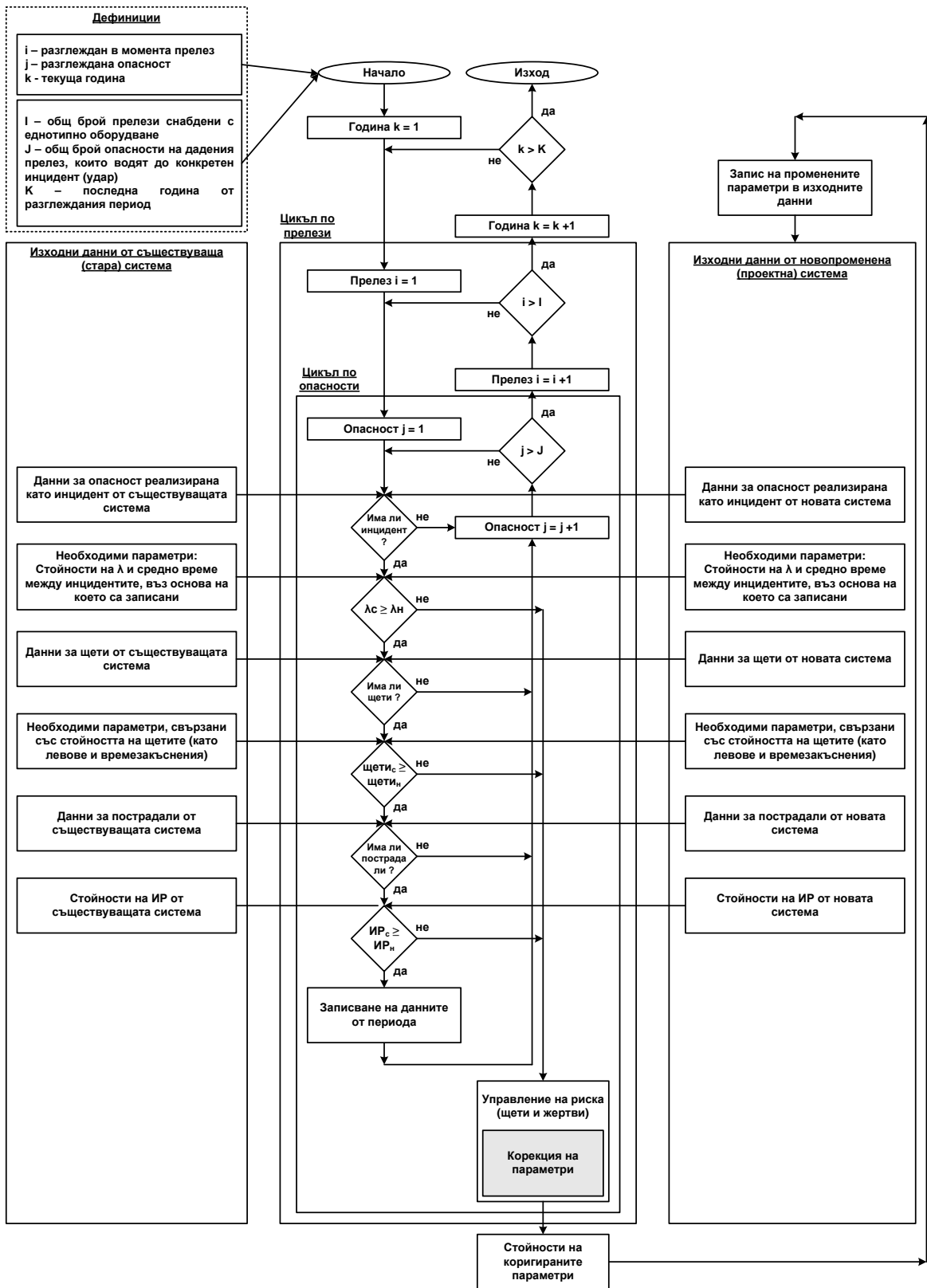
Цел на изследването е управление на риска посредством описване на показателите на опасността, водещи до определяне и нормиране на ИР, породен от СЧМ. Във връзка с това е специално разработен нов, разширен итеративен алгоритъм за управление на риска, чрез който тези показатели са проследени, като се отчитат

действащите експлоатационни параметри при съществуваща и нововъвеждаща се система, с което се разширява областта на приложение.

**1. Алгоритъм за управление на риска, чрез коригиране на параметри въз основа на тяхната съпоставка между съществуваща и нововъвеждаща се система.**

В разработения алгоритъм (фиг. 1) се прави съпоставка на параметри на съществуващата система и нововъвежданата, като се извършва разделяне на опасностите и според характера на причините (технически или човешка грешка в защитно положение или само човешка грешка при недостатъчна защита от неправилна намеса) - при проверките може да се наложи управление на риска (промени на параметрите) с цел ИР да е в рамките на допустимата си стойност. Подобен алгоритъм от гледна точка на проектиране е разгледан например в [4]. Настоящият алгоритъм отчита и действащите експлоатационни параметри при съществуваща и нововъвеждаща се система, което разширява областта на приложение.

С помощта на разработения алгоритъм, въз основа на статистически данни, се извършва съпоставка на стойностите на едноименните параметри на съществуваща и нововъвеждаща се система (с цел изпълнение на изискванията в EN 50126 [5]), като се използва последователност от проверки. Тази последователност е обособена на два клона – от гледна точка на настъпването на събитие (инцидент, наличие на щети и др.), както и с оглед на извършването на съпоставка на параметрите и съответната им корекция.

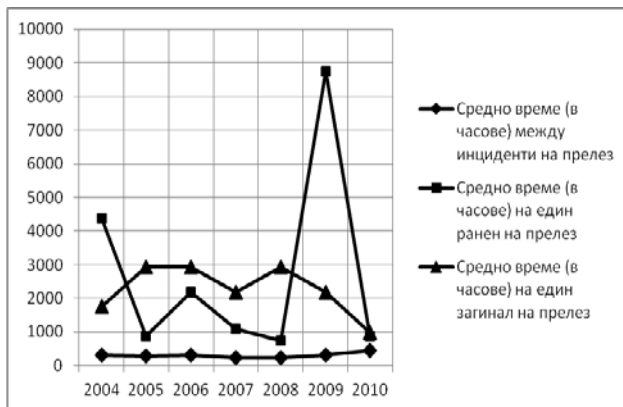


Фиг. 1. Алгоритъм за управление на риска чрез коригиране на параметри въз основа на тяхната съпоставка между съществуваща и нововъвеждаща се система.

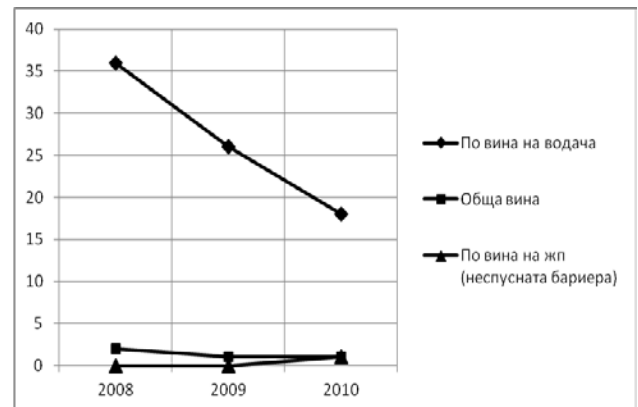
На база на статистически данни при експлоатация на жп системата в РБългария, илюстрирани на фиг. 2 и фиг. 3 може да се направи извода, че човешката грешка (вина)

се оказва основна причина и е определяща за наличието или не на инциденти. Средните времена между инцидентите, ранените и загиналите също се формират основно на база на човешка грешка.

От казаното следва, че въз основа на показаните стойности, е необходимо извършване на целеви инвестиции, така че системата да не допуска човешка грешка (например поставяне на цели бариери, използване на сензори, цялостно преобразуване на използваните прелези в път на две нива). Тогава заложените условия в алгоритъма ще бъдат изпълнени.



**Фиг.2. Разпределение на средното време за по инцидент, раняване, смърт.**



**фиг. 3. Разпределение на инцидентите отношение на вината (за прелез)**

## 2. Параметри на човешкия фактор и тяхното влияние върху ИР.

Заедно с характеристиките на ОС трябва да се разгледа и човешкият фактор. Опасността може да се изрази посредством вероятностни параметри [6] описващи безопасността и надеждността на ОС, оператора и останалите участници, допринасящи за опасността, както следва.

### 2.1. Вероятност за грешно решение, като източник на опасност.

Необходимо е да се определи вероятността за грешно решение, което е източник на опасност за случаите, когато системата е в защитно или работоспособно състояние.

Надеждността характеризира безгрешността (правилността) при решаването на задачите, изпълнявани от СЧМ. Правилността се оценява от вероятността за правилно решение на задачите, която (въз основа на статистически данни) се определя чрез съотношението

$$(2) \quad P_{np} = 1 - \frac{m_{gp}}{N},$$

а вероятността за грешно решение се определя чрез съотношението

$$(3) \quad P_{gp} = \frac{m_{gp}}{N},$$

където (и в двете съотношения):

$P_{np}$  - вероятност човек да вземе правилно решение;

$P_{gp}$  - вероятност човек да вземе грешно решение (поради което може да възникне опасността  $j$ );

$m_{gp}$  - брой грешни решения;

$N$  - общ брой решени задачи.

Ако допуснем, че вероятността за опасност може директно да заместим с  $P_{zpj}$ , (възниква опасността  $j$ ), се получава (това е за случая когато се *изключва* възможността за възникване на опасност от технически характер):

$$(4) \quad IRF_i^h = \sum_{\text{опасност}H_j} Nj \cdot \left( \left( \frac{m_{zp}}{N} \right)_j \cdot \sum_{\text{инцидент}A_k} C_{jk} \cdot F_{ik} \right).$$

Ако допуснем, че вероятността за опасност може директно да заместим и с двете вероятности  $P_{zpj}$  или  $P_{jtex}$ , се получава (това е за случая когато се *включва* и възможността за възникване на опасност от технически характер):

$$(5) \quad IRF_i^h = \sum_{\text{опасност}H_j} Nj \cdot \left( \left( P_j^o + P^3 \left( \frac{m_{zp}}{N} \right)_j \right) \cdot \sum_{\text{инцидент}A_k} C_{jk} \cdot F_{ik} \right),$$

където:

$P_{jtex}$  – вероятност за възникване на отказ в техническата система, предизвикваща опасност  $j$ ;

$P^3$  - вероятност системата да е в защитно състояние;

$j$  – поредна опасност;

Точността на работата на оператора се определя от степента на отклонение на даден параметър (измерван, настройван или регулиран от оператора) от действителната, зададената или номиналната му стойност. Количествено точността на работа на оператора се оценява чрез стойността на грешката, с която операторът реално измерва, настройва или регулира дадения параметър.

Не всяка грешка на оператора води до опасен отказ, докато не се превишат нормите за безопасно функциониране на СЧМ. Случайните грешки на оператора се определят чрез стойността на средно квадратичното отклонение на грешките, а систематичните грешки – от стойността на математическото очакване на отделните грешки [6].

## 2.2. Определяне на вероятността за правилно и навременно решаване на задачите.

Навременното решаване на задачата от СЧМ се оценява с вероятността  $P_{cg}$ , която показва, че поставената на СЧМ задача ще бъде изпълнена за време, не превишаващо допустимото  $T_\delta$ .

$$(6) \quad P_{cg} = P\{Tn \leq T_\delta\} = \int_0^{T_\delta} \sigma(T) \cdot dt,$$

където:

$\sigma(T)$  - функция на плътността на времето за решаване на задачата от СЧМ.

Тази вероятност (въз основа на статистически данни) е

$$(7) \quad P_{cg} = 1 - \frac{m_{nc}}{N},$$

където:

$m_{nc}$  - брой не навременно решени задачи.

Като общ показател на надеждността на СЧМ се използва вероятността  $P_{счм}$  за правилно и навременно решаване на задачите:

$$(8) \quad P_{счм} = P_{пр} \cdot P_{св}.$$

### 2.3. Вероятност за безопасна работа на човека в системата

Вероятността за безопасна работа на човека в СЧМ се оценява чрез вероятността за безопасна работа  $P_{бр}$ :

$$(9) \quad P_{бр} = 1 - \sum_{y=1}^n P_{вос\ y} \cdot P_{ндо\ y}.$$

Вероятност за опасна работа  $P_{ор}$  на човека (като част от системата):

$$(10) \quad P_{ор} = \sum_{y=1}^n P_{вос\ y} \cdot P_{ндо\ y},$$

където:

$P_{вос\ y}$  – вероятност за възникване на опасна (или вредна) за човека ситуация от тип  $y$ ;

$P_{ндо\ y}$  – вероятност за неправилни действия на оператора при ситуация от тип  $y$ ;

$n$  – брой възможни ситуации с опасност от травми.

Ако допуснем, че вероятността за опасност може директно да заместим с  $(P_{jtex} + P_{opj})$ , тогава възможния ИР вследствие на опасност предизвикана от човека е:

$$(11) \quad IRF_i^h = \sum_{опасностH_j} N_j \cdot \left( (P_{jtex} + P_{opj}) \cdot \sum_{инцидентA_k} C_{jk} \cdot F_{ik} \right) \leq TIR = 10^{-6}.$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Съобразно поставената цел е разработен итеративен алгоритъм (спомагащ за изпълнение на EN 50126 при съществуваща достъпна база данни) за управление на риска, чрез който на базата на конкретни данни и последователни проверки, се извършва коригиране на параметри (ако е необходимо) въз основа на тяхната съпоставка между съществуваща и нововъвеждаща се система. На базата на анализ и оценка на риска, се получава цялостен резултат в процеса на управление на риска, като са отчетени особеностите на параметрите на ОС на прелезите, променящи се във времето.

2. Основавайки се на описание на показателите на опасността (проследени с помощта на специално разработения за целта алгоритъм), е извършено определяне на ИР, породен от СЧМ. За целта е използван математически модел за оценка на безопасността на ОС на база на максимално допустимия ИР при представените условия. Резултатите от прилагането на този подход могат да бъдат използвани за намиране на параметри при нововъведени и подобряване на съществуващи системи (определяне на приоритетите за поддръжката, ремонта и обновяването и др). По такъв начин се получава ефективна възможност за управление на риска в ОС (в частност при прелезите).

3. Описването на опасностите на прелеза налага да се разгледат подробно проблемите на интерфейса човек - машина. Показана е връзката между показателите на безопасността (техническа и на оператора) и показателите на риска на техническата система, въз основа на изведените съотношения (формули в т. 2). Показателите

включват и отчитат също и човешкия фактор (като източник на риск), като по този начин се постига доказване на безопасността по един свързан с риска (загубите) начин.

Независимо от масовото внедряване на защитни системи във влаковете (както и това, че тези системи имат доказан ефект), човешките грешки са все още доминиращата причина водеща основно до инциденти в Европейския ж.п. транспорт.

### **Литература**

[1] Гиндев Е. Увод в теорията и практиката на надеждността. Част 1 Основи на приложната надеждност. Академично издателство „Проф. Марин Дринов”, 2000.

[2] Христов Х. Основи на осигурителната техника, Техника, С., 1990.

[3] Mokkapatil C. A practical risk and safety assessment methodology for safety critical systems. Ansaldo Signal Union Switch & Signal Inc., 1000 Technology Drive Pittsburgh, PA 15219.

[4] A Practical Risk Assessment Methodology for Safety-Critical Train Control Systems. Research Results US Department of Transportation RR 09-17, September 2009. Contact: (Terry Tse Federal Railroad Administration, Office of Research and Development, 1200 New Jersey Ave. SE, Mail Stop 20 Washington, DC 20590, [www.fra.dot.gov/downloads/Research/rr0917.pdf](http://www.fra.dot.gov/downloads/Research/rr0917.pdf))

[5] EN 50126. Railway Applications – The specification and demonstration of dependability – reliability, availability, maintainability and safety (RAMS). CENELEC. September 1999.

[6] Ветошкин А. Г. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Пенза, 2003.