



## **ОЦЕНКА НА РИСКА ЗА ВЪЗНИКВАНЕ НА ИНЦИДЕНТИ ПО ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА**

**Мирена Тодорова, Сергей Филипов**  
[reni1760@abv.bg](mailto:reni1760@abv.bg), [s\\_filipov@yahoo.com](mailto:s_filipov@yahoo.com)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”  
гр. София, ул. „Гео Милев“ № 158  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

**Ключови думи:** железопътен транспорт, инциденти, риск, оценка на безопасността и анализ на риска

**Резюме:** Развитие на железопътния транспорт е приоритетна цел в транспортната политика на повечето европейски страни и ЕС. Като в европейски, така и в национален план се търсят способности и средства за противодействие на транспортния травматизъм и повишаване на безопасността при реализирането на железопътните превози. Приета е методика за оценка на риска за възникване на инциденти на участък от железопътна мрежа на Република България. Методиката се осъществява на три етапа: „Установяване на контекста“, „Оценяване на риска“ и „Третиране на риска“, като за категоризиране на риска се приема принципът ALARP.

Избраната методика е приложена за определен участък, като най-напред е определено текущото му състояние. Събраната статистическа информация за регистрираните събития по безопасността, възникнали в експлоатацията на системата от 2015 до 2020 г., е използвана за разделянето на събитията в три основни групи: произшествия, инциденти и ситуации, близки до инциденти. Възникналите събития са класифицирани чрез матрицата на риска според получените нива на тежест на честотата на поява и тежестта на последствията в три основни групи: допустим риск, допустим риск с условие и недопустим риск. Направена е проверка за въздействието на дадена опасност, като са използвани съответните комбинации за нискорискова, среднорискова и високорискова опасност. Опасностите са разпределени според получените резултати в Диаграма ALARP. В заключение се препоръчват мерки за намаляване на вероятността за възникване на инциденти, попадащи във високорискова зона.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

При съвременните условия железопътния транспорт играе важна роля като транспортна структура, която е изключително комплицирана система, заради нейната организационна и техническа сложност. Като част от TEN-T мрежата железопътния транспорт трябва да бъде максимално безопасен и сигурен както за пътниците, така и за товарите. Поради характерните особености на транспортния процес се предполагат наличието на риск за живота и здравето на хората, материалните ценности и околната

среда. Обикновено, инцидентите по време на експлоатация на системата са свързани с тежки наранявания, смърт, високи материални и икономически загуби. Тези произшествия в повечето случаи са причинени от технически неизправности (по подвижния състав или железния път.) или човешка грешка (неправилна манипулация със системите за управление, неправилна преценка довела до удар в друго съоръжение и т.н.). Това налага да се търсят ефективни методи и подходи при оценка на риска и повишаване на безопасността в транспортния процес.

Целта на настоящата статия е да се предложи и приложи методика за анализ на безопасността и оценка на риска от възникване на инциденти по железопътната инфраструктура, съобразена с новите Европейски нормативни изисквания.

## ЕТАПИ В ПРОЦЕСА НА УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА

Процесът на количествена оценка на риска започва с етап „*Установяване на контекста*“, както е показано на Фигура 1 [1]. Това включва идентифициране на обхвата на системата за управление на риска – дейности, физическо местоположение и граници, нормативен контекст и др. От особена важност на този етап е да се дефинират ясни критерии за значимост на риска, като се дефинират количествени стойности за нива на риска, които да се използват на етап - „*Преценяване на риска*“.



Фиг. 1. Процес по управление на риска [1]

Следващият етап, наречен „*Оценяване на риска*“ се състои от три части:

Първата част е „*Идентифициране на риска*“ - съобразно спецификата на железопътния транспорт, идентифицирането на възможните рискове се основава на експертния анализ за възможните заплахи и уязвимости в железопътната системата.

Втората част е „*Анализ на риска*“ - включваща количествена оценка на отделните рискове. На този етап е важно да се приложи *холистична система* при анализа на риска, която позволява съпоставяне и оценка на риска в различните аспекти. При разработването на тази част от методиката са отчетени спецификите в областта на оценката на риска в железопътната система, на база на извършен анализ, добри практики и др. В настоящата методика е приет метода за количествен анализ чрез „*Матрица на последствията и възможностите*“.

Третата част е „*Преценяване на риска*“ - процес на взимане на решение за това, кои от идентифицираните рискове са приемливи (може да се приемат така, както са и не е нужно да се предприемат действия) и кои от идентифицираните рискове са неприемливи. В методиката е приета концепцията за приемане на риска „Толкова ниско, доколкото е разумно приложимо“ (ALARP).

В етап „*Третиране на риска*“ се формулират мерки за третиране по отношение на неприемливите рискове и тези, които могат да се толерират, но при определени условия. Тези мерки може да включват намаляване, избягване, прехвърляне на риска и др., за да се сведе количествената оценка на неприемливите рискове до ново, приемливо ниво. Методиката използва опростен начин за анализ на разходи и ползи, позволяващ приоритизиране на мерките, като в същото време се отчитат фактори, като броя на аспектите на риска, в които мярката има благоприятно въздействие [1].

## **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА РИСКА ЗА УЧАСТЪК ОТ ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА МРЕЖА**

В анализа и оценката на риска за изследвания участък са включени следните основни процедури:

- определяне състоянието на изследвания жп участък;
- събиране на статистическа информация за регистрирани събития по безопасността, възникващи в експлоатацията за пет годишен период от 2015 до 2020 г.;
- обосноваване на приемлив риск;

Понятието приемлив риск е едно от основните в обхвата на системната безопасност, където за такъв се смята всеки, свързан с идентифицирана опасност риск, за която по определен критерий се приема, че може да съществува без предприемане на преднамерени действия за отстраняването ѝ или редуциране на последствията след евентуалната ѝ поява [2].

Приемливостта на риска на оценяваната система се определя с помощта на един или няколко от следните принципи за приемливост на риска:

а) *прилагането на практически правилници* - Национално и/или Европейско законодателство;

б) *сравнение с подобни системи* – анализира се дали една, повече или всички опасности са обхванати от подобна система, която може да бъде приета като референтна система;

в) *конкретно изчисление на риска* – когато опасностите не са покрити от един от двата принципа за приемливост на риска, установени в подточки а) и б), доказването на приемливостта се извършва чрез конкретно изчисление и определяне на риска. Рисковете, произтичащи от тези опасности, се изчисляват количествено или качествено, или при необходимост както количествено, така и качествено, като се отчитат съществуващите мерки за безопасност [3].

- избор на подходящ метод (методи) за оценка на риска;
- разработване на препоръки за намаляване на риска.

## **МЕТОД ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА**

За анализ и оценка на риска е използван принципа ALARP за категоризиране на риска. ALARP е съкращение на израза най-ниското разумно осъществимо (As Low As Reasonably Practicable) и основната максима се състои в това, че рисковете от функционирането на дадена система, които притежават потенциал за смърт и нараняване на хора (и/или загуба на материални ценности) трябва да бъдат редуцирани (и поддържани) до най-ниското практически реализуемо ниво. Това означава, че практически разумни са тези мероприятия за редуциране нивото на риска, прилагането

на които реално е довело до намаляването му, и ползите от това са значителни в сравнение с вложените средства [4].

Принципа ALARP изисква:

– определяне нивата на тежест на последиците от опасността;

◆ Ниво на тежест: *Честота*

1 – Необичайни - един път на 100 години;

2 – Редки - един път на 10 години;

3 – Случайни - един път годишно;

4 – Чести - случват се един път месечно;

5 – Постоянни - тези, които се случват един път дневно.

◆ Ниво на тежест: *Тежест на последиците*

1 Пренебрежими - щети под 1 000 лева;

2 Слаби - дерайлиране или щети над 1 000 лева;

3 Средни - дерайлиране или удар довели до щети над 20 000 лева или травми водещи до загуба на работно време повече от 20 работни дни;

6 Високи - пожар, дерайлиране или удар довели до щети над 400 000 лева или повече от едно тежко ранено лице;

8 Тежки - при смъртен случай, повече от пет тежко ранени лица или щети над 4 000 000 лева [4].

– съставяне на матрица на Риска;

Матрица на риска представена в Таблица 1, представлява таблица с три цвята на тежест:

– Зелен - незначителен риск – безусловно приет риск, не са необходими преднамерени мерки за намаляването му;

– Жълт - принципно приемлив риск – рискът се приема само при условие, че съществува доказана полза от дейността, с която той е свързан. Необходим е анализ за това дали е налице значителна диспропорция между вложените средства за редуциране (поддържане) нивото на риска и получените ползи от това редуциране;

– Червен - неприемлив риск – приемането на риска е неприемливо. Загубите от съществуването на риска далеч надвишават евентуалните ползи от дейността, с която той е свързан.

Таблица № 1. Определяне нивото на риска [4]

1 - 7,49	зелено	Допустим
7,5 - ≤20	жълто	Допустим с условие
>20 - 40	червено	Недопустим

След като се попълнят числените стойности за последиците и честотата на поява, може да се пресметне съответната количествена стойност на риска, ползвайки матрицата от Таблица № 2. [4]:

Таблица № 2 .Матрица на количествената стойност на риска [4]

	1	2	3	6	8
5	5	10	15	30	40
4	4	8	12	24	32
3	3	6	9	18	24
2	2	4	6	12	16
1	1	2	3	6	8

На матрицата в Таблица 2 най-отгоре по хоризонтал е нивото на тежестта на последиците (1,2,3,6,8), а по вертикала най в ляво е нивото на тежестта на честотата (1,2,3,4,5).

- класифициране според получения критерий на тежест;
- проверка въздействието на дадена опасност върху нивото на безопасността;

За определяне въздействието на дадена опасност върху нивото на безопасността и класифицирането ѝ като високорискова, среднорискова и нискорискова се проверява, чрез определени комбинации дадени в Таблица 3 [4]:

Таблица № 3. Комбинации за проверка въздействието на дадена опасност

Нискорискова		Среднорискова		Високорискова	
Пренебрежими	+ Необичайни	Слаби	+ Чести	Високи	+ Чести
	+ Редки		+ Постоянни		+ Постоянни
	+ Случайни	Средни	+ Случайни	Тежки	+ Случайни
	+ Чести		+ Чести		+ Чести
	+ Постоянни		+ Постоянни		+ Постоянни
Слаби	+ Необичайни	Високи	+ Редки		
	+ Редки		+ Случайни		
	+ Случайни	Тежки	+ Необичайни		
Средни	+ Необичайни				
	+ Редки				
Високи	+ Необичайни				

- подреждане на класифицираните опасности в Диаграма ALARP.

Диаграмата - ALARP или също известна като „Диаграма на морковите“ (The carrot diagram) е разделена в три основни зони [5]. В по-широката горна част са разположени високорисковите опасности. В средната част са среднорисковите опасности, а на върха на „моркова“ се намират опасностите от нискорисковата група – Широко приемливия риск. Пространството между върха и основата е най-вече признат за „най-ниския, доколкото е разумно практически осъществим“ – така наречената „зона ALARP“.

### ПРИЛАГАНЕ НА ОПИСАНАТА МЕТОДИКА ЗА ИЗБРАН УЧАСТЪК

Териториалния обхват на методиката включва IX-та главна железопътна линия Русе -Каспичан. В методиката не е включено отклонението и Самуил - Силистра. В гара Русе-разпределителна линията прави връзка с главна жп линия 4 (за Горна Оряховица и Стара Загора) и чрез Дунав мост с железопътната мрежа на Румъния, от гара Самуил – с жп линия № 91 за Силистра и в гара Каспичан – с Главна жп линия 2 за Варна и София. Тя се явява част от първата железопътна линия (Варна- Русе), построена в днешните български земи, открита на 7 ноември 1866 г.

Изследвания участък е с дължина 137,5 км, като по протежение на участъка са разположени 12 гари и 9 спирки. За осигуряване безопасността на движение на влаковете се използват системите РПАБ, РУКЗ, ЕМЦ и ЕГБ [6,7]. Железния път преминава през хълмист терен със смесен профил. Максималните наклони достигат – 19.1 ‰ до + 17,2 ‰. Релсите по линията са подменени порез 60-те години на XX век с тип 49 kg/m и са положени на стоманобетони траверси. Взимайки параметрите на железния път максималните скорости за движение към графика за 2020/2021 са: за пътнически влакове 100 km/h и за товарни влакове 80 km/h [8]. Наблюдават се множество пресичания на железния път с пътни платна (прелези), което от своя допринася за по-ниска скорост и допълнителни мерки за безопасност. Голяма част от прелезите са осигурени с табла за далечна информация (ТДИ), които са монтирани общо в осем гари [4].

През участъка за 2020 г. са преминали 15 250 влака общо, като превозените пътници са 375 276 [9].

Предоставените регистрирани събития по безопасността - дадени в Таблица 4, са класифицирани основно в три групи: Произшествия – Това е нежелано събитие, характеризиращо се с пълно или частично разрушаване на транспортно средство или друго транспортно съоръжение и/или човешки жертви; Инциденти; Ситуации близки до инциденти.

Таблица № 4. Възникнали събития по вид за периода от 2015 до 2020

вид	Събития по безопасността	Брой регистрирани случаи
Произшествия	Дерайлиране на ПЖПС	26
	Произшествие на прелез	5
	Произшествие с хора	4
	Пожар в ПЖПС	3
	Сблъсък на влак с препятствие	34
Инциденти	Задминаване на сигнал за опасност	6
	Счупена релса	5
	Деформиран железен път	10
Ситуации	Повреда ПЖПС на ЖИ, причинила закъснение	5
	Повреда на железен път	52
	Повреда на ОТ	7
	Повреда на контактна мрежа	24
	Неспуснати ръчни бариери за влак	2
	Прекъсване на движението поради природни бедствия	22

Тежестта от последиците на дадената опасност е определена според броя регистрирани случаи в изследвания период, нивото на тежест на честотата на поява и тежестта на последствията, както е показано в Таблица № 5.

Таблица № 5. Определяне нивото на тежестта на последиците от опасността

Събития по безопасността	Регистрирани случаи 2015-2020	Ниво тежест на Честота	Тежест на последствията	Тежест на последиците от опасността	Ниво на риска
Дерайлиране на ПЖПС	26	4	6	24	Недопустим
Произшествие на прелез	5	3	6	18	Допустим с условие
Произшествие с хора	4	3	3	9	Допустим с условие
Пожар в ПЖПС	3	3	2	6	Допустим
Сблъсък на влак с препятствие	35	4	2	8	Допустим с условие
Задминаване на сигнал за опасност	6	3	1	3	Допустим
Счупена релса	4	3	2	6	Допустим
Деформиран железен път	9	3	2	6	Допустим
Повреда ПЖПС на ЖИ, причинила закъснение	6	3	1	3	Допустим
Повреда на железен път	54	4	2	8	Допустим с условие
Повреда на ОТ	9	3	1	3	Допустим
Повреда на контактна мрежа	28	4	2	8	Допустим с условие
Неспуснати ръчни бариери за влак	1	2	3	6	Допустим
Прекъсване на движението поради природни бедствия	22	4	1	4	Допустим

В Таблица № 6, за тежест на последствията са получени високи, средни, слаби и пренебрежими според определените нива на тежест. Нивата на честотата са: чести, случайни и редки. В последната колонка събитията са класифицирани като високорискови, среднорискови и нискорискови в зависимост от комбинацията която съдържат от Таблица № 3.



Таблица № 6. Получените резултати и проверката на въздействието

Събития по безопасността	Тежест на последиците от опасността	Ниво тежест на Честота	Проверка на въздействието
Дерайлиране на ПЖПС	Високи	чести	високорискова
Произшествие на прелез	Високи	Случайни	среднорискова
Произшествие с хора	Средни	Случайни	среднорискова
Пожар в ПЖПС	Слаби	Случайни	Нискорискова
Сблъсък на влак с препятствие	Слаби	чести	среднорискова
Задминаване на сигнал за опасност	Пренебрежими	Случайни	Нискорискова
Счупена релса	Слаби	Случайни	Нискорискова
Деформиран железен път	Слаби	Случайни	Нискорискова
Повреда ПЖПС на ЖИ, причинила закъснение	Пренебрежими	Случайни	Нискорискова
Повреда на железен път	Слаби	чести	среднорискова
Повреда на ОТ	Пренебрежими	Случайни	Нискорискова
Повреда на контактна мрежа	Слаби	чести	среднорискова
Неспуснати ръчни бариери за влак	Средни	Редки	Нискорискова
Прекъсване на движението поради природни бедствия	Пренебрежими	чести	Нискорискова

След направената проверка относно въздействието на дадена опасност върху нивото на безопасността и класифицирането ѝ, чрез използваните комбинации за високорискова, среднорискова и нискорискова опасност, става ясно, че данните съвпадат напълно с първоначалните изчисления от Матрицата на риска - Таблица 5.



Фиг. 2. Диаграма ALARP с опасности според получената класификация

Получената класификация на опасностите е разпределена в съответната зона в диаграмата ALARP, както е показано на Фигура 2.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От получената схема се вижда, че в зоната с неприемлив риск попадат само дерайлиранятия на ПЖПС, като е необходимо за тях да се приложат мерки за намаляване на риска. След като мерките за намаляване на риска бъдат приложени, рискът може да бъде преоценен, за да се определи дали новият изчислен риск може да се счита за приемлив. Някои от мерките могат да бъдат:

– Зачестеното измерване параметрите на железния път и железопътните стрелки в натоварено състояние с пътеизмерителна лаборатория, освен нормативно заложените два пъти годишно. В този аспект е необходимо да се насочат усилията и към цифровизация на процесите с цел да се намали влиянието на субективния фактор. Като такава цифровизация може да бъде вграждане на дефектоскопски детайли във вагон-лабораторията, които да се онагледяват пукнатини и счупвания по целите линейни участъци по време на измервания.

– Внедряване на Система за мониторинг и контрол на параметри на подвижен железопътен състав в движение – „Train checkpoint“.

В заключение може да се направи извода, че нивото на риска трябва да е възможно най-ниско, но в повечето случаи той не може да бъде намален до пренебрежимо ниско ниво, без да се обезсмисли самото извършване на дейността, водеща до риска. Следователно целта на управлението на риска е да се постигне приемлив риск. Принципа който разгледахме за управление на риска „Толкова ниско, доколкото е разумно приложимо” (ALARP), ще се прилага за да бъдат отразени случаите, в които част от рисковете могат да се толерират само ако приложените към тях мерки за контрол осигуряват намаляване на риска до ниво в зоната ALARP, и нивата на тези рискове не могат да се намалят повече, без прилагане на явно непропорционални разходи или прекъсване на дейността.

#### ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Kamen Ivanov. Methodology for the integration of risk management in logistics processes in inland PORTS<sup>17</sup>. PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE. FRI-2.203-2-TMS-04. 2019, volume 58, book 4. [conf.uni-ruse.bg](http://conf.uni-ruse.bg)
- [2] Николай Георгиев. Монография „Интегриран и системен подход към експлоатационната безопасност на железопътния транспорт“, София. 2015 г. [old.vtu.bg](http://old.vtu.bg)
- [3] РЕГЛАМЕНТ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ (ЕС) № 402/2013 НА КОМИСИЯТА от 30 април 2013 година относно общия метод за безопасност за определянето и оценката на риска и за отмяна на Регламент (ЕО) № 352/2009 [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)
- [4] „Методика за определяне, оценка и управление на риска“ от 01.09.2021 г., версия 6. Процедура по безопасност на ДП НКЖИ. [www.rail-infra.bg](http://www.rail-infra.bg)
- [5] Николай Георгиев, Виолина Вельова, „Възможности за подобряване на безопасността в железопътните предприятия“, Научна конференция с международно участие „Устойчиво развитие на транспортните системи“. Факултет „ТМ“. ВТУ „Тодор Каблешков“, София. 2018, Научно списание Механика Транспорт Комуникации, ISSN 1312-3823 (print) ISSN 2367-6620 (online) том 16, брой 3/1, Научен доклад ID 1611, <https://mtc-aj.com/library/1611.pdf>
- [6] Технологии на железопътните гари. ДП НКЖИ. [www.rail-infra.bg](http://www.rail-infra.bg)
- [7] Референтен документ на железопътната мрежа 2020 - 2021. ДП НКЖИ. [www.rail-infra.bg](http://www.rail-infra.bg)
- [8] Схеми на железопътните гари. ДП НКЖИ. [www.rail-infra.bg](http://www.rail-infra.bg)
- [9] Статистически данни за превозени пътници и извършена работа от железопътния транспорт по тримесечия от 2018 - 2021 г. Национален статистически институт. [www.nsi.bg](http://www.nsi.bg)
- [10] Наредба № 59 от 5.12.2006 г. за управление на безопасността в железопътния транспорт. Последно изменение 2020 г. [www.iaja.bg](http://www.iaja.bg)



# INCIDENT RISK ASSESSMENT ON RAILWAY INFRASTRUCTURE

**Mirena Todorova, Sergey Filipov**  
reni1760@abv.bg, s\_filipov@yahoo.com

***Todor Kableshkov University of Transport,  
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.  
THE REPUBLIC OF BULGARIA***

***Key words:*** railway transport, accidents, risk, safety assessment and risk analysis

***Abstract:*** Railway development is a priority objective in the transport policy of most European countries. Methods and means are sought both on European and national levels in order to counter transport traumatism and increase safety with railway transportation. A methodology for incident risk assessment on a section of railway network of the Republic of Bulgaria has been adopted. The methodology is carried out in three stages: "Establishing the context", "Risk assessment" and "Risk treatment" applying ALARP principle for risk categorization.

The methodology chosen is applied to a specific section, first determining its current state. The collected statistical information about the registered safety-related events that occurred in the system of operation in 2015-2020 is used to divide the events into three main groups: accidents, incidents and incident-like situations. The events that occurred are classified by a risk matrix according to the obtained severity levels of occurrence frequency and the severity of consequences into three main groups: permissible risk, permissible risk under a certain condition and unacceptable risk. The hazard impact has been verified using appropriate combinations of low-risk, medium-risk and high-risk hazards. Hazards are distributed according to the results obtained in the ALARP Chart. In conclusion, a number of measures are recommended to reduce the probability of occurrence of incidents falling into a high-risk area.