

# ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА БЕЗОПАСНОСТТА НА ЧОВЕКО-МАШИНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ДВИЖЕНИЕТО В ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ

## STUDY AND ANALYSIS OF SAFETY OF MAN-MACHINE SYSTEMS FOR TRAFFIC MANAGEMENT IN RAILWAY TRANSPORT

гл. ас. маг-инж. Хаджиев Е. Н. Висше Транспортно Училище „Т. Каблешков”- София, Република България

**Abstract:** The man-machine system is an interaction between two components - the operator and the machine. Subject of study is the safety of the human-machine system in controlling the movement of transport vehicles. It is futile to search for solutions as a result of which the human operator to be removed from the control, because and in the most modern systems there are tasks which solution could not be found without the human help or these tasks are solved but in the presence of unacceptably high costs. That is why today it is considered that the operator - train driver, the pilot, the train dispatcher, head of train traffic, the driver - is and will remain an integral component from the human-machine complex managing the traffic. It is necessary the train driver to be discharged from the normal operations and responsible routine actions and to be focused on taking decisions which it is difficult or impossible for the machine to take. For this purpose the operator's working place is subject of optimization and the machine takes his responsibilities concerning the safety of the controlled process.

**Keywords:** MAN-MACHINE SYSTEM, SAFETY, MOTION, OPERATOR, RESPONSIBILITY, CONTROLLED PROCESS.

### 1. Увод

Железопътният транспорт се разглежда като система, определена в пространството и функционираща непрекъснато във времето. Тя е сложна, изградена като йерархична структура система, включваща голям брой свързани по между си и зависими в работата си подсистеми, подчинени на общата цел на дейността на системата – реализирането на транспортен процес [1].

За да се повиши нивото на безопасността на превозите е необходимо да продължи работата за повишаване квалификацията на персонала, зает в управлението и осигуряването на влаковото движение, да се засили контролът върху работата на експлоатационния персонал, да се подобрят условията на работната среда и информационната обезпеченост, постоянно да се актуализира и усъвършенства нормативната уредба. За да се намали влиянието на субективния фактор, е необходимо да продължи съоръжаването на гарите и междугарията с осигурителна техника, отговаряща на съвременните изисквания, в това число и пресъоръжаване на най-натоварените прелези – от охрана с прелезопазач, на охрана с автоматични бариери.

За подобряване на дейността по управление на системите за контрол и безопасност на движението е необходимо постепенното модернизиране на тези системи на базата на високите технологии, създаване на съвременна организация за профилактика и поддържане в постоянна изправност. Необходим е и качествено нов подход при подготовката и подбора на експлоатационния персонал за тези системи. Въвеждането на нови системи за контрол и безопасност налага и постоянното развитие и хармонизиране с европейските стандарти на нормативната уредба по безопасността на движението на влаковете.

Най-честите грешки, които се допускат са свързани с разрешаването и преустановяването на маневрената дейност в гарите. Също така висок е и процентът на грешките, дължащи се на неправилни манипулации и действия. При локомотивните машинисти най-голям е дялът на грешките, свързани с неточни, ненавременни действия при извършване на определени операции. Особено характерни са пропуските, свързани с управление на спиращата система, които обуславят реализирането на такива опасни ситуации като: подминаване на затворен входен сигнал; закриване на дистанция; дерайлиране вследствие на превишена скорост; грешки на възприятието. Не винаги ефектът от надеждната работа на транспортните обекти може да се оцени директно. Ефектът от

намаляване на жертвите и пострадалите трудно може да се оцени в пари и не винаги може да се прогнозира и управлява. Един от най-важните и сложни въпроси за решаване в железопътния транспорт е осигуряването на безопасността на пътниците и товарите [2].

Пропуските в дейността на оператора в железопътния транспорт не бива да се разглеждат сами за себе си, откъснати от процеса на оперативно управление на движението, характеризиращ се с висока динамика на изменение на определени параметри. В този смисъл те биха могли да се обобщят в следните три типа: грешки при оценки на ситуацията; грешки при изпълнение на определени операции и грешки на възприятието.

Натрупаният експлоатационен опит показва, че проблемът за обезпечаване на безопасността на превозните процеси става все по-актуален и с по-високи изисквания за практическа реализация. Той се отнася към най-сериозните проблеми на съвременността, обхващайки определени интереси не само на държавата, но и на обществото като цяло. Неговото успешно решаване зависи от голям брой, различни по вид, влияние и характер фактори, по-голяма част от които имат случаен характер и трудно подлежат на изследване и прогнози. Броят на допуснатите железопътни произшествия достига няколко десетки годишно, щетите от тях не са малки, и в ред случаи са налице човешки жертви: убити и ранени. Тази не голяма аварийност и разходите свързани с нея, изискват решаването на задачата за оптимално ниво на безопасна работа на отделните железопътни подсистеми. Когато се говори за безопасност на железопътното движение, трябва да се има предвид комплексната безопасност, защото в процеса на осигуряване движението на влаковете и маневрената работа, при приета определена организация и управление задължително участват два взаимно свързани компонента - човекът и техническите средства [3].

### 2. Предпоставки и начини за разрешаване на проблема

Гаровите централизации са технически устройства, чрез които се осъществява дистанционен контрол и управление на стрелките и сигналите в гарите, като се създават необходимите за безопасността на движението взаимозависимости между тях.

Видът и броят на произшествията за две календарни години в Районна Инспекция по безопасност на превозите – София, както и щетите от тях, е показан в табл.1.

Табл. 1. Вид, брой и щети от произшествия

| Вид произшествие   | Брой        | Щети, лв.      |
|--|-------------|----------------|
| Удар на ПЖПС   | 62          | 88289          |
| Дерайлиране на ПЖПС  | 61          | 275741         |
| Срязана стрелка  | 9           | 18356          |
| Приет влак на зает коловоз                                   | 0           | 0              |
| Изпуснат влак  | 0           | 0              |
| Запалване на ПЖПС и товари                                   | 26          | 142764         |
| Удар на прелез   | 17          | 84318          |
| Ранени или загинали граждани                                 | 52          | 10756          |
| Приет влак на зает коловоз без удар                          | 2           | 0              |
| Подминат затворен сигнал                                     | 3           | 1580           |
| Изпратен влак на заето междугарие или в погрешно направление | 8           | 176            |
| Преминаване на влак през прелез с неспуснати ръчни бариери   | 5           | 0              |
| Не осигурен влак със спирачна маса                           | 0           | 0              |
| Оставен ПЖПС без открита дистанция                           | 0           | 0              |
| Повреда на ПЖПС – превозвач                                  | 323         | 101780         |
| Повреда на ПЖПС  | 6           | 440            |
| Повреда на железен път                                       | 13          | 4279           |
| Повреда на осигурителна техника                              | 40          | 5083           |
| Повреда на контактна мрежа                                   | 70          | 115667         |
| Неправилни и несъгласувани действия                          | 1           | 163            |
| Прекъсване на движението вследствие на природни бедствия     | 47          | 76686          |
| Оставен влак   | 342         | 79904          |
| Издаден вагон  | 45          | 4932           |
| Несвоевременно върнат прозорец                               | 21          | 9422           |
| Прегазени животни  | 50          | 3491           |
| Поставени предмети на железния път                           | 38          | 6190           |
| Замеряне на ПЖПС с предмети и други злонамерени действия     | 122         | 98818          |
| Скъсан влак  | 24          | 3648           |
| <b>Всичко</b>  | <b>1386</b> | <b>1132483</b> |

Изследват се средствата за сигнализация, централизация и блокировка. Те служат за осигуряване на безопасност на движението и маневрената работа. Към тях се отнасят гаровите централизации и блокировки, междугаровите средства за блокировка, диспечерската централизация и различните видове сигнални средства.

Безопасността на влаковото движение е способността системата за експлоатация на железопътния транспорт, определена със своите елементи (железен път, осигурителни системи, подвижен състав, експлоатационни кадри, организация на движението и т.н.) да не допуска опасности за живота и здравето на хората или загуба на материални и духовни ценности, поради влиянието на обективни, субективни, вътрешни или външни дестабилизиращи фактори. Тежки железопътни произшествия са тези, които са настъпили в резултат на дерайлиране или удар на подвижен железопътен състав, довели до човешки жертви, пълна негодност на подвижния състав или до значителни материални или екологични вреди. Произшествия са дерайлиране, удар на подвижен състав или друго събитие, причинили повреди на дълготрайни материални активи до състояние, позволяващо възстановяване, с пострадали хора, когато не отговарят на определението за тежко железопътно произшествие. Инциденти са всички произшествия в железопътния транспорт, които не отговарят на понятията за тежки и средни железопътни произшествия, т.е. повреди по съоръжения, подвижен състав и др.

Гаровите централизации осигуряват принудителен контрол относно правилната подготовка на маршрутите за приемане и изпращане на влаковете и отваряне на сигнал, осигуряват отваряне на светофорите със светлинни показания (по съответния вид сигнализация) със сигнално показание, строго съответстващо на подредения маршрут (влаков или маневрен).

Основните задачи на гаровите централизации се състоят в осигуряване на безопасността на движението и повишаване пропускателната способност на гарите. Всички придвижвания се осъществяват по маршрут, охраняван от сигнал, във веригите на управлението на които се забранява изпълнението на заповеди, допускащи аварийни последиствия.

Когато не предстои приемане, изпращане или пропускане на влакове в гарата, постоянните гарови сигнали са затворени, а стрелките могат свободно да се обръщат. При отваряне на сигнала, т.е. приважането му в разрешително за движението показание, е необходимо да са налице условия за безопасност, като: стрелките да са обърнати и заключени в необходимото за маршрута положение и да се контролира непрекъснато тяхната изправност; свободно състояние на стрелките и на пътните участъци включени в маршрута и др. Това състояние се запазва до преминаване на влака или железопътното возило по установения маршрут, след което основните гарови сигнали преминават в забранително показание, а стрелките се приважат в нормално положение.

### 3. Изследване и анализ на реакциите на човека-оператор при критични условия на работа със системите на осигурителната техника в железопътния транспорт

За да се анализира влиянието на организацията на движението върху надеждността, трябва да се изясни същността, структурата и критериите за надеждност в работата на човека-оператор (локомотивен машинист, дежурен ръководител, влаков диспечер и др.). Надеждността в работата на човека се определя както от неговите специфични индивидуални психически качества, така и от целостта и надеждността на останалите елементи на системата – състояние на техническите средства и експлоатационна обстановка.

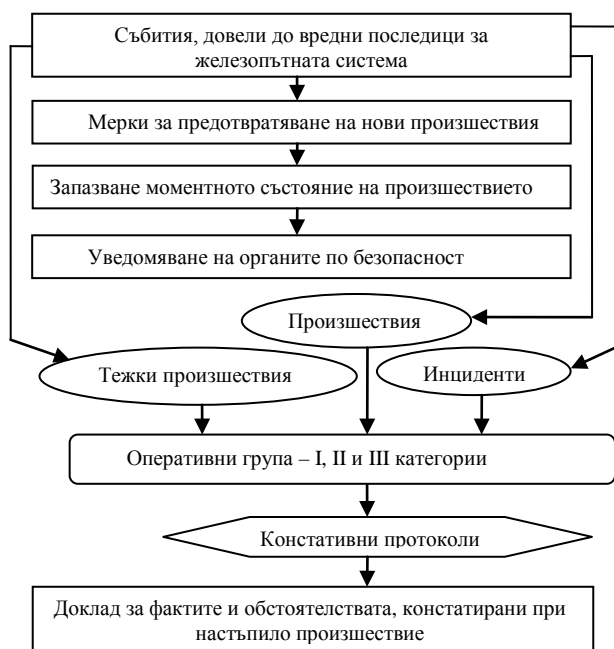
Вероятността, че тази работа или поставена задача ще бъде изпълнена успешно в течение на определено време и при определени условия съдържа три основни свойства –

безотказност, бързо възстановяване на силите и устойчивост (издръжливост).

Основен показател за надеждността в работата на субекта с оглед безопасността на движението е характерът и честотата на допуснатите грешки. С цел разкриване същността или изучаване последиците от погрешните действия, правилно е те да сумират и класифицират в зависимост от характера си като:

- закономерни и случайни;
- предвидими и непредвидими;
- отстранявани и неотстранявани;
- с възможност за корекция или без такава.

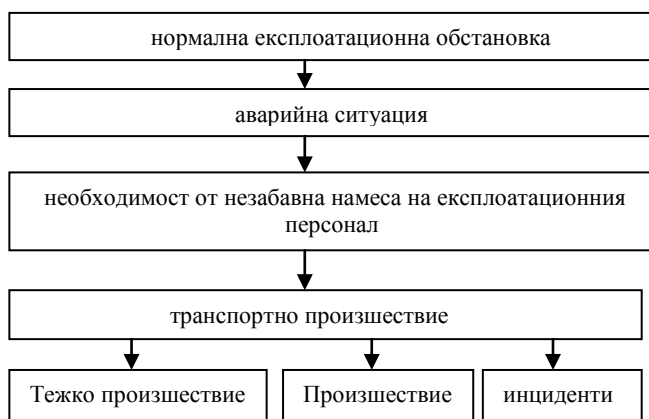
Модел за управление на безопасността и методите за оценка на риска при отчитане влиянието на субективния фактор са показани на фиг. 1.



Фиг. 1. Ред за действие на служителите при произшествие

На това ниво се предлагат промени в системата, които да намалят влиянието на субективния фактор върху надеждното функциониране на системата, например: нова технология на работа, повишаване квалификацията на персонала (включително подобряване на процедурите, свързани с подбора и обучението), подобрен административен контрол, въвеждане на осигурителни системи за намаляване влиянието на човешките грешки върху цялостното функциониране на системата.

На фиг. 2 е показан редът за действие при произшествие на служителите, както и необходимите документи и комисии.



Фиг. 2. Влияние на техническите откази и грешки на човека

Транспортното произшествие е всяко нежелано събитие, възникнало в процеса на движение на транспортно средство при превоз на пътници и товари, вследствие на което е причинена смърт или нараняване на хора, повредени са товари, транспортни средства (пътни съоръжения и устройства) или са нанесени щети на околната среда. За да бъде събитието транспортно произшествие, трябва да има поне едно транспортно средство в движение. Например при скачане на човек от спрян вагон на коловоз се получи нараняване или смърт, това няма да е транспортно произшествие, а злополука. За всяко произшествие по безопасността на движението, намиращият се на мястото работник или служител от железопътната инфраструктура, превозвачите или от строителните и ремонтите предприятия, задължително вземат мерки за предотвратяване на други произшествия, както и за запазване моментното състояние на произшествието и веднага информира преките си ръководители, които пък от своя страна уведомяват по-висшестоящите органи, занимаващи се с безопасността на движението.

При събития, възникнали при извършване на железопътен превоз на пътници и/или товари, довели до вредни последици за железопътната система и/или за обществото или околната среда имащо признаците на тежко произшествие, произшествие или инцидент се назначава оперативна група (съответно I, II и III категория), която съставя констативни протоколи за състоянието на железния път, осигурителната техника, контактната мрежа и подвижния състав по специални образци. Всички констативни протоколи се прилагат към Доклад за фактите и обстоятелствата, констатирани при настъпило произшествие. При съставянето им, първо се изготвя констативния протокол за състоянието на осигурителната техника, а при произшествие на прелез – констативния протокол за състоянието на прелезното устройство. За всяко железопътно произшествие оперативната група, която го разследва, съставя Доклад за фактите и обстоятелствата, констатирани при настъпило произшествие.

При разследването оперативната група изяснява следните въпроси:

- дата, час и място на произшествието, както и атмосферни условия;
- действия на длъжностните лица преди произшествието;
- физическо състояние на длъжностните лица, имащи пряко или косвено отношение към произшествието – време за почивка, инструктаж преди започване на работа, преди смяната предпътен медицински преглед, употреба на алкохол или други упойващи вещества и медикаменти, натрупано наднормено работно време, хронични заболявания и професионални болести;
- обстоятелства, предшестващи произшествието – състоянието на железния път, осигурителната техника, контактната мрежа, подвижния състав и други, отразено в съответната документация;
- причини за произшествието и тяхното детайлно анализиране;
- последици от произшествието – убити, ранени, щети, разходи;
- длъжностни лица от експлоатационния персонал, имащи пряко или косвено отношение към случая;
- становище на комисията относно виновността им;
- предложения за осъществяване на организационно – технически и други мероприятия с оглед недопускане произшествия по същите причини.

При изясняване на причините за произшествието назначената оперативна група събира всички образци, книги, дневници и писмени обяснения, аудио и видео записи, фотографски и други материали, както и налични части от подвижния състав, констативни протоколи за състоянието на устройствата на осигурителната техника, железния път, контактната мрежа и съоръженията, които могат да послужат за установяване причините за произшествието.

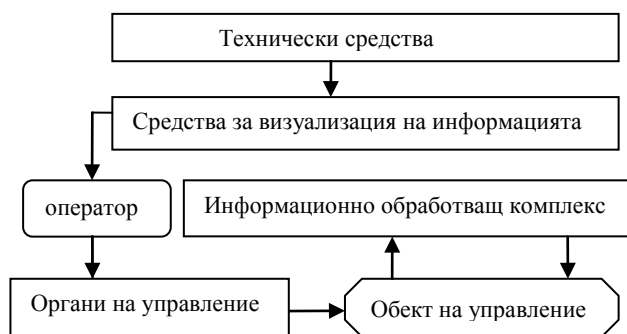
#### 4. Резултати и дискусия

Човешката грешка се разглежда като възникващо нежелано събитие в рамките на конкретна дейност, поради което не се постига предварително очакван резултат. Нежеланото събитие се разглежда като критерий за поява на човешката грешка. Подобен подход за дефиниране на критерий за възникване (разглеждан като основна характеристика на грешката) не е напълно коректен и изисква особено внимание, защото в немалко случаи, допуснатата човешка грешка може да бъде коригирана посредством следващи възстановителни действия, като в крайна сметка желаният резултат отново се постига. Това, че една грешка може да бъде поправена, не означава, че тя изобщо не бива да се разглежда като такава, защото при други обстоятелства нейното коригиране може да бъде невъзможно.

Значимостта е третата основна характеристика на субективната грешка. Тя се определя и изцяло зависи от възможните последици. Даден вид човешка грешка не би трябвало да бъде особено „специална“ за да причини произшествие със значителни последици. Дори и елементарни грешки, в зависимост от условията, при които се появяват, могат да доведат до сериозен краен резултат [4].

Субективна грешка в транспорта е всяка невъзможност на човека да изпълни адекватно и в съответствие с установените нормативни и изисквания специфично действие (или да изпълни непозволено действие), вследствие на която възникват опасности за транспортния процес, а при определени условия могат да доведат до реализиране на произшествие. В съответствие с това определение, субективна грешка възниква, когато работник от съответната транспортна система (водач на транспортно средство, диспечер, ръководител на движението, т.н.) при извършване на целенасочено действие категорично не е имал намерение да извършва погрешно действие, но при определени условия го допуска, вследствие на което не се постига желан резултат - надеждно и безопасно движение [5].

Характерна особеност на субективните грешки в транспорта е тяхното значително разнообразие от видове, форми на проявление и значимост (резултат). С цел установяване на известен ред в многообразието от грешки, както и за улесняване на изследователската работа, грешките трябва да бъдат класифицирани в изградена въз основа на определени признаци йерархична система. Изследване на човешките грешки при експлоатация на осигурителната техника в железопътния транспорт е показана на фиг.3.



Фиг. 3. Система технически средства – човек – оператор

#### 5. Заключение

Настоящото ниво на техническо развитие и обществено съзнание предполагат определено активна роля на субекта в осигуряване на безопасно движение и предопределят наложителни изследвания в тази област със следните основни задачи:

- анализ на функцията на човека в комплекса оператор – технически средства в условията на оперативно управление в експлоатацията на железопътния транспорт;

- изследване на процесите на преобразуване на информацията в процеса на експлоатация (приемане, преработка и вземане на решения, управляващи команди);

- изследване влиянието на психологически фактори върху ефективността на взаимодействие на субекта с техниката, както и изграждане на необходимото ниво на сигурност на съответните технологии;

- разработване на принципи и методи за професионална подготовка (подбор, обучение);

- разработване на детайлни методики за изследване ролята на субективния фактор, както и моделиране на специфични произшествия, възникнали заради него;

- повишаване квалификацията на персонала, зает в управлението и осигуряването на влаковото движение, за да се повиши нивото на безопасността на превозите;

- подобряване условията на работната среда, да се актуализира заплащането на труда и редовността за получаването му.

- съоръжаване на гарите и междугарията с осигурителна техника, отговаряща на съвременните изисквания, за да се намали влиянието на субективния фактор, например подмяната на най-натоварените охраняеми прелези с автоматични баристри.

- недостатъчно е изследвано влиянието на технико-икономическите и експлоатационните показатели върху безопасността на движението;

- липсва единна методика за анализ на причините за железопътни произшествия, както и за оценка ефикасността на провежданите профилактични мероприятия и мерки за повишаване на безопасността на железопътното движение;

- независимо от острата необходимост, липсват методи и модели за работа на отделните железопътни подсистеми, позволяващи да се оцени влиянието на изграждащите ги елементи (техническите средства и оператора) върху надеждността и безопасността на железопътното движение.

От предоставените данни се придобива обща представа за техническата безопасност на инфраструктурата, но не и за конкретните причини довели до жп произшествие. Вследствие на неадекватното заплащане на труда в системата, голяма част от квалифицирания персонал намира реализация в други отрасли на икономиката, което довежда до рязък спад на квалификацията на оператора в железопътния транспорт.

#### 6. Литература

[1] Георгиев Н., Метод на относително категоризиране на опасностите, сп. Железопътен транспорт, бр.4/2005.

[2] Георгиев Н., Основи на теорията на надеждността, ВТУ, София, 2009. ISBN: 978-954-12-01 74-9.

[3] Георгиев Н., Ролята на субективния фактор за осигуряване на безопасност на влаковото движение. Трета научно-техническа сесия, Част-I, 1992, стр. 26-33.

[4] Георгиев Н., Е. Хаджиев, „Ергономичен аспект на надеждността и безопасността в транспорта – същност, проблеми, задачи на теорията и практиката”, 19-та международна конференция "trans&MOTAUTO'11", 28.06 – 01.07.2011, стр. 32-35.

[5] Георгиев Н., Е. Хаджиев, „Изследване причин аварии и ошибок субъективного фактора в эксплуатации транспорта”, Международна научна конференция „Безопасността на човешкия живот, като условие за устойчиво развитие на съвременното общество”, Киев, Украйна, 08.06.-09.06.2011 стр.283-287.

Докладът се публикува с подкрепата на проект ВГО51РО001-3.3.06-0043 „Повишаване, усъвършенстване и разгръщане на научния потенциал на ВТУ „Тодор Каблешков”, чрез подкрепа за развитието на докторанти, постдокторанти, специализанти и млади учени в областта на транспорта, енергетиката и ИКТ в транспорта”, по Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз.