

УДК 656.2.08

В.М. Самсонкін¹, В.А. Друзь², О.О. Самсонкін³, О.С. Федорович¹

¹ Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України, Київ

² Харківська державна академія фізичної культури, Харків

³ Українська державна академія залізничного транспорту, Харків

ІНФОРМАЦІЙНИЙ АСПЕКТ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ЛЮДИНО-МАШИННИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВІ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СТАТИСТИКИ ЇХ ПОВЕДІНКИ

В статті представлений теоретичний підхід, який дозволяє приймати ефективні управлінські рішення по профілактиці безпеки руху поїздів на залізничному транспорті. Цей метод засновується на статистичному підході до управління, який є ефективним з точки зору теорії керування великими системами. Сутність методу полягає у комплексному аналізі та постійній актуалізації закономірностей у статистиці безпеки руху залізничного транспорту як системи.

Ключові слова: безпека руху, статистика порушень, відмови технічних засобів, норма, контроль стану, управління.

Вступ

Добре відомі проблеми управління складними багатоконтурними людино-машинними системами (ЛМС), які пов'язані з розмірністю завдання, труднощами розробки ефективних моделей об'єктів таких систем, великим часом затримки та невизначеністю реакції системи на управлінське рішення. Тому в таких системах (наприклад – залізничний транспорт) використовується підхід, який заснований на передісторії поведінки системи.

Докторами наук Самсонкіним В.М. та Друзем В.А. було розроблено наукову методологію інформаційного забезпечення ефективних управлінських рішень і профілактики найважливішої складової кінцевого результату діяльності транспортних систем – безпеки руху – на прикладі залізничного транспорту. Цей теоретичний підхід було названо «метод статистичної закономірності» (МСЗ) і вперше повністю викладено в [1] в 2005 році.

У даній статті наведено характерні риси МСЗ для його розуміння.

Сутність МСЗ – у комплексному аналізі й постійній актуалізації закономірностей у статистиці безпеки руху залізничного транспорту як системи. Л. Заде ще в середині 70-х років ХХ сторіччя говорив про неможливість вирішення проблем гуманістичних систем традиційними математичними методами [2]. Залізничний транспорт – складна багато-контурна людино-машинна система, побудована по розпорядчому принципу. У такій системі рішення людини по визначенню відіграють надзвичайно суттєву роль на всіх її рівнях – від керування маневровим локомотивом до рішення глобальних галузевих завдань, до яких ставиться й безпека руху. Таким чином залізничний транспорт – по визначенню гуманістична система.

Останні роки в області дослідження людино-машинних систем інтенсивно розробляється *теорія самоорганізації* наприклад, [3 – 5], яка й стала теоретичним базисом МСЗ, поряд з іншими науковими знаннями. Тому представлений МСЗ – спроба рішення питань управління безпекою руху нетрадиційними методами.

Заснований МСЗ на статистичному підході до керування – найефективнішим і реальним підходом з погляду теорії керування великими системами. Як вхідна інформація використовується статистика порушень безпеки руху або транспортні події, зафіксовані в спеціальних облікових формах.

1. Основні поняття

Система. Під системою будемо розуміти об'єднання елементів, взаємовідношення й взаємодія яких здійснюється з метою одержання кінцевого результату, корисного для системи в цілому. Компонентами системи може бути як об'єднанням складових, так і системою більш низького рівня узагальнення.

З погляду теорії систем залізничний транспорт – це складна багаторівнева багатопов'язана людино-машинна система. Кінцевий результат її діяльності – безпечний перевізний процес. Безпека тут виступає як необхідна умова та головний системоутворюючий фактор діяльності.

Організація, самоорганізація. Говорячи про відносини й зв'язках між елементами системи, використовується поняття організація, яке використовується як еквівалент поняття впорядкованості, пов'язаної зі здійсненням конкретної функціональної діяльності, а з іншого боку – як динамічний процес формування структурно-функціональних відносин між елементами розглянутої системи.

Якщо цей процес здійснюється внутрішніми утворюючими процесами, тоді його прийнято розцінювати як той, що самоорганізується.

Системний підхід – це розгляд об'єктів як систем. Діяльність залізничного транспорту як системи

розглядається в 3-хвимірному динамічному просторі «структура – функція – ресурс».

• Структура означає:

а) загальну ієрархічну 3-рівневу вертикаль керування (Державна адміністрація залізничного транспорту України „Укрзалізниця” – залізниця – лінійний рівень);

б) галузеві вертикалі (головне управління – служба – дистанція, депо, ділянка, підприємство, завод, проектний інститут, конструкторське бюро, ін.) по господарствах, які безпосередньо беруть участь у перевізному процесі (локомотивне, вагонне, колії, пасажирське та ін.), і функціональним службам (фінансово-економічна, кадри, охорони праці, постачання, т.ін.);

в) рівневі піраміди кожного з 3-х рівнів загальної ієрархії керування.

Структури носять яскраво виражений «вертикальний» характер.

Існують численні «горизонтальні» зв'язки між елементами, які належать різним вертикалям (локомотивна бригада – диспетчер, електромеханік СЦБ – черговий по станції, ін.). Вони обумовлені необхідністю забезпечення безпечного перевізного процесу й обов'язково відбиті у відповідних наказах і розпорядженнях.

• Функція.

У кожного структурного утворення свої функції. Найважливішою в соціально-економічному плані є функція перевезення пасажирів і вантажів. Існує й безліч допоміжних функцій.

• Ресурс буває людський, матеріально-технічний, фінансовий, інформаційний.

Стан системи – рівень активності її елементів, відбитий в одержанні кінцевого результату. Кількісно стан системи визначається чисельним значенням одного або декількох найбільш важливих параметрів, які характеризують її діяльність – параметрів контролю.

Кілька слів про кількість параметрів контролю. Уважається, що їх збільшення робить оцінку стану більш точною. Однак це не так. При зміні середовища в одних параметрів збільшується діапазон прояву, в інших – зменшується. Прагнення врахувати все приводить до розширення норми й включенню в перелік нормальних усе більшого числа станів, насправді такими, що не являється.

Норма поведінки системи. Оцінка стану системи проводиться шляхом порівняння параметра контролю з нормою поведінки системи. Якщо параметр контролю відповідає цій нормі, говорять про нормальний стан.

Норма – це:

а) процес, що визначає оптимальний режим функціонування системи у взаємодії із середовищем, тобто її функціональний оптимум;

б) інтервал оптимального функціонування системи з рухомими границями, у межах яких зберігається оптимальний зв'язок системи із середовищем і погоджене виконання всіх її функцій.

Границі варіації параметра кінцевого результату залежать від інтенсивності функціональної діяльності системи й можуть статистично характеризувати норму. Зростання напруженості стану приводить до зменшення дисперсії параметра кінцевого результату навколо середнього. Нульова напруженість стану навпаки буде характеризуватися максимальною дисперсією, тому що в цьому випадку спостерігається максимальна взаємозамінність компонентів.

Сутність принципу «рухомих границь» у тому, що в живих системах норми змінюються протягом життя. При цьому враховується вся «передісторія» поведінкової діяльності системи. Таким чином «рухомі границі» – це синонім змінюючих у часі величини і місця розташування центру зони функціонального оптимуму.

Життєздатність. Безпека системи, як здатність здійснити її задану функціональну діяльність, безпосередньо визначають поняття надійності й стійкості. Надійність означає здатність системи зберігати на заданому рівні свої найбільш істотні властивості – безвідмовність і ремонтпридатність. Під стійкістю будемо розуміти здатність системи вертатися у вихідний (початковий) або близький до нього стан з певної околиці станів після припинення дії причини (збурювання), що спонукала систему змінити свій стан. Вихідний стан при цьому називають стаціонарним (рівноважним).

Ремонтпридатність або ремонтспроможність – здатність елементів системи відновлювати свої експлуатаційні характеристики. Це означає, що в будь-який момент часу можлива заміна окремого елемента системи при безперервному її функціонуванні.

Толерантність розуміється в сенсі “нерозрізненість, неточність”. Більша (висока) *толерантність* розуміється як широкий діапазон прояву параметра (мала точність). Мала толерантність еквівалентна високій точності й розрізненню. Мова, таким чином, іде про неоднозначність, неточність роботи технічних засобів, діяльності людини та стану середовища.

Принципи самоорганізації:

- єдність системи й середовища її існування;
- опосередкування результату функціональної діяльності системи;
- ізоморфізм;
- варіантність формування кінцевого результату;
- статистична організація прояву дії;
- принцип дихотомії в організації керування динамічними системами;

- найменшої дії;
- «вузького місця».

Класифікація причинно-наслідкових зв'язків.

Авторами МСЗ обґрунтовано перехід від традиційної формули аналізу випадків порушення безпеки руху «ПРИЧИНА → ПОДІЯ → НАСЛІДКИ» до формули «ПЕРЕДУМОВА → ПРИЧИНА → ПОДІЯ → НАСЛІДКИ».

Класифікатор – систематичне уявлення (перелік) явищ або понять, по якому зручно знайти опис кожного з них.

У кожній ланці залізничної системи змістовий бік порушень різний й вимагає систематизації й складання спеціального каталогу несправностей і наслідків, які можуть виникати. Такого роду впорядкований каталог дозволить точно контролювати й установлювати природу порушень із визначенням рівня відповідальності. Такий каталог, що представляє собою сукупність класифікаторів, є основою контролю й відповідальності за станом безпеки залізничної системи.

До сих пір при модернізації класифікатора використовується принцип наступності. Автори зіштовхнулися з необхідністю дати науковий підхід до побудови класифікаторів і їх наступної адаптації до мінливих умов середовища. Визначено два основних принципи побудови класифікаторів: а) «рівневий» принцип; б) принцип «плаваючого класифікатора».

2. Сутність методу статистичної закономірності

На рис. 1 показана структурна схема МСЗ. Вона складається із трьох груп функціональних блоків: «Оцінка стану», «Аналіз», «ПУР по БР (прийняття управлінських розв'язків з питань безпеки руху)». У якості параметра контролю кінцевого результату, що характеризує рівень безпеки руху, розглядається кількість порушень БР за тиждень. Розглянемо послідовне призначення зазначених груп блоків.

1. «Оцінка стану»

Вирішення питання підвищення безпеки функціонування залізничного транспорту вимагає знання його поточного стану й рівня надійності кожного з компонентів. Отже, розробка методики контролю й оцінки безпеки вимагає введення міри ризику виникнення аварії.

Необхідна паспортизація всіх елементів, які впливають на процес руху поїздів. Їхні взаємообумовлені відносини й визначають можливість досягнення кінцевого результату. На практиці сьогоденного дня використовується середньостатистична характеристика надійності, і на її основі здійснюються планові профілактичні огляди й ремонти. Завищення цих характеристик приводить до відмови якого-небудь елемента, тобто до погіршення рівня

БР. Зниження – до зростання витрат на утримування, тобто погіршує економічні показники діяльності. Вихід - перехід від планово-запобіжного принципу змісту технічних засобів до принципу «по стану».

У даному підході діапазон можливих станів елементів залізничної системи і її самої представляється шкалою з дев'ятьма градаціями, як це показано на рис. 2.

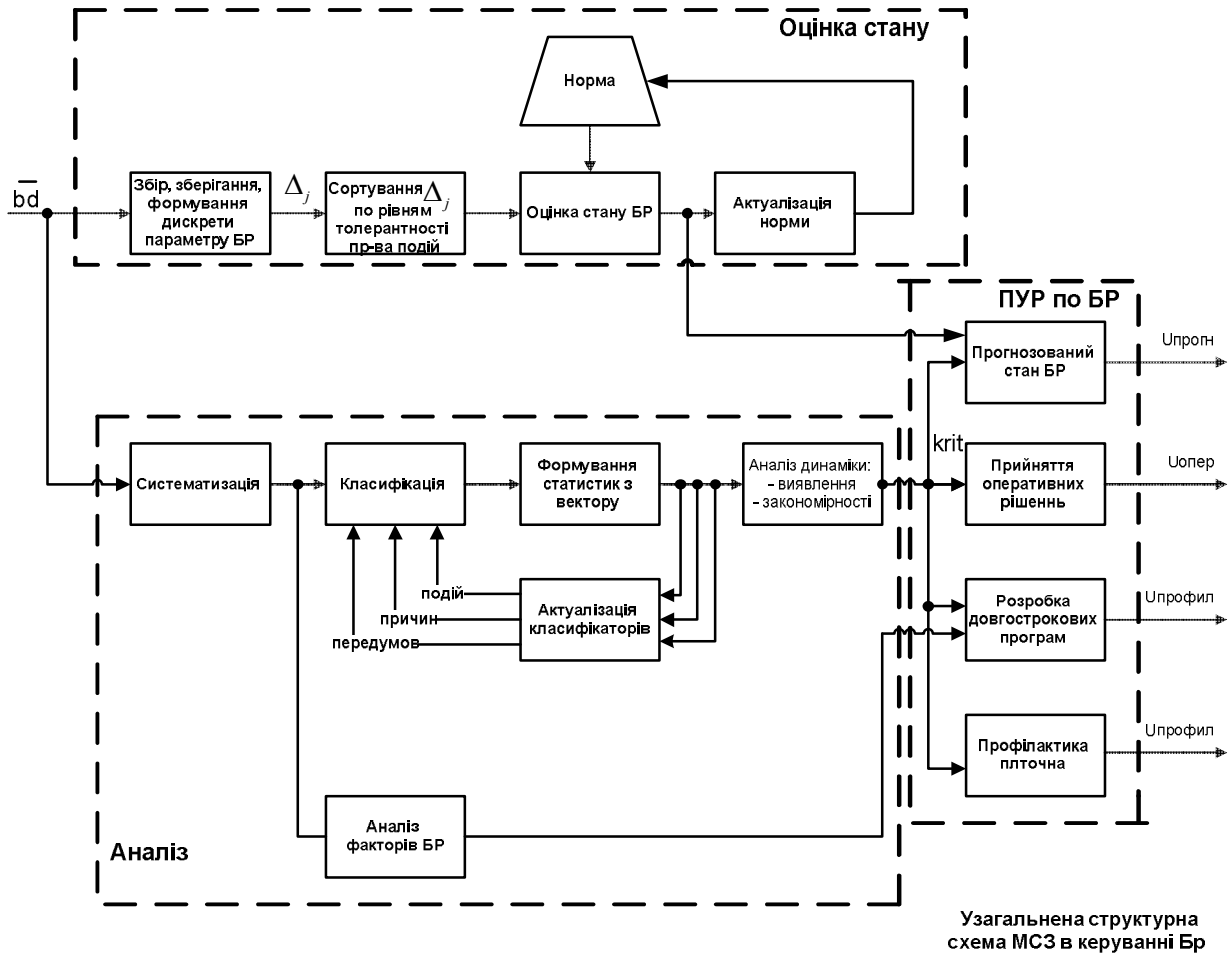


Рис. 1. Узагальнена структура методу статистичної закономірності

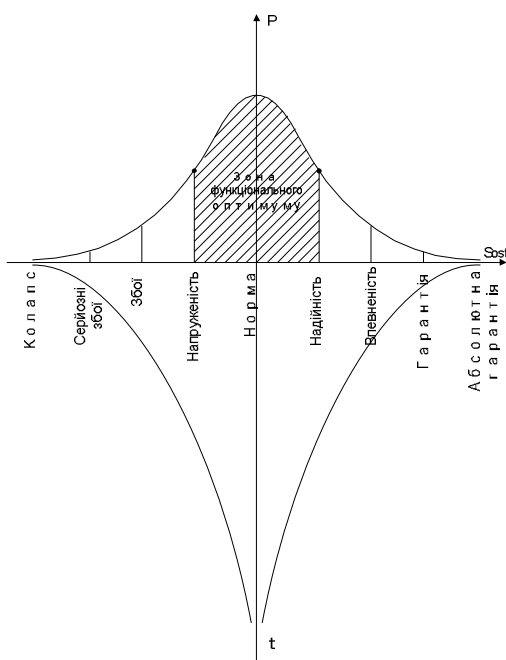


Рис. 2. Стани елементів залізничної системи

На рис. 2:

P – імовірність;

Sost – стан залізничного транспорту, еквівалентний стану безпеки руху;

t – час перебування залізничного транспорту як функціональної системи у тому чи іншому стану (описують дві експоненти, які надані у нижній часті рисунка).

Тоді залежно від масштабу розподілу цього діапазону можна вказати градацію, після якої слід приділяти особливу увагу профілактичним заходам. Таким критичним рівнем виступає стан, при якому зусилля по підтримці безпеки ще здатні забезпечити її заданий рівень. Такий стан повинний оцінюватися як тривожний, що вимагає вживання заходів по зменшенню його напруженості. Уведення такого роду заходів повинний бути загальним для будь-якої ланки залізничної системи.

Враховуючи, що кожний стан визначається конкретними зусиллями, спрямованими на його збереження, існують дві точки («напруженість» і

«надійність»), робота за межами яких стає збитковою. Відстань між цими точками визначає зону функціонального оптимуму.

Наближення до цих точок з боку норми повинне викликати тривогу й вживання заходів по стабілізації нормального стану. Точки, що визначають границі функціонального оптимуму, характеризуються високою напругою, коли ще вдається зберегти рівність придбань і втрат. Цей факт дозволяє встановити той стан у ланках залізничної системи, при якому необхідно застосовувати заходи стабілізації положення, тобто, стан підвищеної заклопотаності. За її границями спостерігається неузгодженість між можливостями й потребами галузі, окремої її ланки або ділянки.

Формалізовано поняття норми. Норма – це границі *зони функціонального оптимуму* $[\bar{x}_I - \sigma_I, \bar{x}_I + \sigma_I]$ I-го рівня напруженості стану,

де \bar{x}_I – середнє арифметичне;

σ_I – середньоквадратичне відхилення;

I – рівень толерантності

А для сукупності станів $I \in [-II, II]$ ця характеристика й буде являти собою функціональний оптимум, як норму поведінки.

Актуалізація норми – це постійне уточнення норми поведінки в часі в міру нагромадження статистичних даних про параметр контролю стану.

2. «Аналіз»

містить у собі декілька блоків. Розглянемо їх послідовно.

Систематизація

– це процес опису кожного випадку порушення БР однаковою структурою. Кожна подія представляється в просторі восьми параметрів $\{ЩО, ДЕ, КОЛИ, ЯК, ЧОМУ, ХТО, НАВИЩО, КОМУ\}$.

Параметр «ЩО» характеризує подію згідно з існуючим класифікатором транспортних подій (він постійно переглядається, на момент написання – це [6]).

Оцінка географічного місця події (приналежність до дороги, дирекції, станції, ділянки, перегону, блок - посту, кілометру, пікету) здійснюється параметром *ДЕ*.

Параметр «КОЛИ» розкриває час що відбувся події (дата, пора року, ін. тимчасові показники, що характеризують особливості що склалися для певного процесу).

Обставини події містяться у відповіді на запитання «ЯК» це трапилось. У ньому міститься якісна характеристика події: інформація про склад поїзда (номер поїзда, кількість вагонів, тоннаж, кількість осей), локомотиву, вагонах (загальне кількість приймаючих участь у транспортній події, з них порожніх і навантажених), погодних умовах (опа-

ди, освітленість, обледеніння, природні катаклізми й ін.), стані рухомого складу (показання бортових засобів реєстрації, наземного обладнання контролю, візуальна оцінка очевидців, дотримання графіків ремонту й огляду), стані інфраструктури (насамперед колії), дотриманні графіка руху й ПТЕ, стані здоров'я локомотивної бригади, наявності на колії руху поїзда сторонніх предметів, людей і технічних засобів та ін. Головна мета аналізу інформації з даного – визначення передумов, через які стала можлива подія.

Параметр «ЧОМУ» дає відповідь на запитання про можливу причину транспортної події що відбулася.

Систематизація по параметру «ХТО» повинна містити інформацію про особистість порушника, його посади, приналежності до лінійного підприємства, господарства, дирекції, дороги, компанії або організації.

Відповідь на запитання «НАВИЩО» повинен пояснити навмисність або випадковість дії людини (людей) в обстановці, яка привела до транспортної події. Якщо має місце навмисні дії, то дана подія стає предметом розслідування правоохоронних органів.

Параметр систематизації «КОМУ» повинен містити інформацію про наслідки нанесеної втрати постраждалому (обсяг ремонту втрата вантажу, час затримки руху й ліквідації наслідків).

Класифікація.

Це застосування класифікаторів по кожному з 8 параметрів систематизації інформації про транспортні події.

Формування статистик.

Мова йде про диференціацію транспортних подій та формування множин по ділянках маршрутів, часу транспортних подій, що трапилися, винним, покаранням, тяжкості наслідків, передумов, причин, подій.

Актуалізація класифікатора.

Під актуалізацією класифікатора слід розуміти оновлення або модернізацію класифікатора у зв'язку зі зміною середовища існування системи. Це відповідає принципу «плаваючого класифікатора», який було введено авторами.

Причини актуалізації: поява нового рухомого складу призводить до нових «образів» (причин) порушень і до зникнення деяких старих; застосування загороджувальних пристроїв на переїздах призведе також до нових подій, пов'язаних з неможливістю для автомобіля покинути залізничну колію; підвищення рівня освіченості та культури персоналу призведе до зникнення таких передумов до порушень як халатність і т.д.

Проведений аналіз на основі прийнятої класифікації подій може призводити до того, що одна і

та ж подія систематично настає при ряді причин. В цьому випадку цей ряд можна об'єднати в один клас. При нульовому прояві будь-якого класу його можна виключити з класифікації. Якщо результат один, а причини, що призводять до його прояву, різні, то це вказує на мультиплікативну природу виникнення події і вимагає складання повного каталогу причин та їх поєднань.

Випадки, коли однаковий набір причин і рівнів їх прояву призводить до різних результатів, свідчать про недостатню повноту класифікації простору подій і необхідності його доповнення. Для цього необхідно зменшити масштаб виміру наявних причин, деталізувати деякі з них. У цьому випадку вводиться ще один рівень класифікації. Накопичення статистичного матеріалу і його подальша обробка за описаним принципом дозволяє забезпечити в автоматизованому режимі «плаваючий класифікатор» і «плаваючий масштаб» виміру контрольованих ознак.

Аналіз динаміки: виявлення закономірностей.

Даний блок являє собою мультинаправлений аналіз динаміки зміни накопиченої інформації з усіх параметрів систематизації {ЩО, ДЕ, КОЛИ, ЯК, ЧОМУ, ХТО, НАВІЩО, КОМУ}. Напрямки аналізу:

- a) по параметрах;
- b) за складовими параметрів;
- c) у просторі двох - трьох параметрів систематизації;

d) аналіз «в глибину» до обґрунтованого рівня толерантності або неподільності (наприклад, для технічних засобів – це неподільований при ремонті в умовах експлуатації блок, для місця подій – це конкретний пікет або блок-ділянка).

Мета аналізу – оцінка закономірностей (тенденції, тренда) зміни параметрів процесу перевезення в часі. *Кінцева мета – виявлення негативної динаміки, її причин і передумов (реалізація принципу «вузького місця»).*

При цьому концепція аналізу однакова:

- якщо на підставі графічного уявлення зареєстрованих параметрів спостерігається рівномірний (однаковий) прояв (тобто відсутнє виражене «вузьке місце»), то джерела поліпшення ситуації слід шукати в площині організації технологічного процесу в цілому;

- якщо має місце різні кількісні прояви окремих складових параметра систематизації, то для поліпшення рівня БР слід звернути увагу на найбільші «викиди»;

- динаміка змін має негативну тенденцію до збільшення прояву.

Виявлення передумов виникнення транспортних подій здійснюється з використанням взаємопов'язаних класифікаторів.

3. «ПУР по БР (прийняття управлінського рішення з питань безпеки руху)»

Профілактика поточна.

На основі оцінки стану безпеки руху виробляється комплекс профілактичних заходів щодо зниження кількості браків в роботі (порушень встановлених вимог при виконанні робіт, які в кінцевому підсумку призводять до порушень безпеки руху). Вони, в свою чергу, є можливими причинами більш тяжких пригод. Оцінка загального стану безпеки виконується за кількістю транспортних подій, які привели до деяких втрат і зафіксовані за відповідними підрозділами. До втрат можуть приводити різні види транспортних подій, тому профілактика повинна зводитися до заходів з попередження усіх можливих порушень БР. У даному контексті під профілактикою слід розуміти заходи загального характеру, спрямовані на підвищення якості виконання всіх робіт, в першу чергу тих, які безпосередньо пов'язані із забезпеченням руху.

Прийняття оперативних рішень.

Входом даного блоку є безліч критичних з точки зору неблагополучної динаміки зміни та чисельного значення «звичайних втрат». Головне завдання даного блоку – розробка заходів з профілактики причин і передумов порушень БР. Загальновідомо, що лікування тоді ефективно, коли воно спрямоване не на прояв хвороби, а на її причину. Але причина, як правило, буває не одна. Тому головне завдання управління безпекою руху в транспортних системах – усунення передумов.

В умовах обмеженого фінансування розробляються програми щодо зменшення впливу відповідних причин і передумов. Першорядно увагу звертають на найбільш значущі події за нанесеною економічною втратою. **Усунення критичних причин і передумов доцільно тоді, коли вартість витрат на їх усунення менше, ніж наноситься ними шкоди.** Ця відома формула, як правило, справедлива. Однак існують винятки, які пов'язані з проблемою престижу, гострої суспільної реакцією - у цьому випадку можливе порушення наведеної формули.

Прогнозування.

Внаслідок масштабності структури залізничного транспорту та інерційності процесів управління, особливу роль у підвищенні ефективності профілактичної роботи відіграють засоби прогнозування. В силу тих же причин прогнозування стану безпеки є завданням складним і мало використовуваним. Призначення прогнозу – визначення напрямів, вузьких місць, на яких слід зосередити профілактичні зусилля.

Розробка довгострокових програм.

Це підвищення рівня безпеки руху по виявлених «вузьких місцях» технічних засобів, технологій, роботи людини (насамперед операторських професій), попередження шкідливих впливів середовища.

Список літератури

1. Самсонкин В.Н. Метод статистической закономерности в управлении безопасностью движения на железнодорожном транспорте / В.Н. Самсонкин, В.А. Друзь. – Донецк: ДонИЖТ, 2005. – 160с.

2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

3. Лесков Л.В. Нелинейная Вселенная: новый дом для человечества / Л.В. Лесков. – М.: Экономика, 2003. – 446 с.

4. Николис Г. Самоорганизация в равновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин. – М.: Мир, 1979. – 512 с.

5. Хакен Г. Информация и самоорганизация / Г. Хакен. – М.: Мир, 1991. – 240 с.

6. Положення про класифікацію транспортних подій на залізницях України / Наказ Міністерства інфраструктури України від 12.01.2012 № 12. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 26 січня 2012 р. за № 117/20430.

Надійшла до редколегії 4.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.І. Приходько, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИНЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СТАТИСТИКИ ИХ ПОВЕДЕНИЯ

В.Н. Самсонкин, В.А. Друзь, А.А. Самсонкин, Е.С. Федорович

В статье представлен теоретический подход, который позволяет принимать эффективные управленческие решения по профилактике безопасности движения поездов на железнодорожном транспорте. Этот метод основывается на статистическом подходе к управлению, который является эффективным с точки зрения теории управления большими системами. Сущность метода заключается в комплексном анализе и постоянной актуализации закономерностей в статистике безопасности движения железнодорожного транспорта как системы.

Ключевые слова: безопасность движения, статистика нарушений, отказы технических средств, норма, контроль состояния, управление.

INFORMATIVE ASPECT OF MANAGEMENT THE DIFFICULT MAN-MACHINE SYSTEMS ON THE BASIS OF CONFORMITIES TO THE LAW OF STATISTICS OF THEIR CONDUCT

V.M. Samsonkin, V.A. Druz', O.O. Samsonkin, O.S. Fedorovich

This article presents a theoretical approach that allows to take effective management solutions for the prevention of traffic safety on the railways. This method is based on a statistical approach to management, which is effective from the point of view of the management of large systems. The essence of the method consists in complex analysis and constant actualization regularities in the statistics of traffic safety of railway transport as systems.

Keywords: safety of motion, derailment, computer modeling, factors of derailment, decomposition, technical state of wagon, the state is maintenance of track, chart of train forming, mode of train conduct, risk of derailment.