

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-100-104>

УДК 656.23.03

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Мірошникова М.В.

IMPROVEMENT TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT SYSTEM ON RAILWAY TRANSPORT

Chernetskaya-Beletskaya N.B., Baranov I.O., Miroshnykova M.V.

Проведений аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні. Визначені проблеми розвитку єдиної залізничної мережі Європи в галузі експлуатаційної сумісності та безпеки при організації міжнародних перевезень. Призначення єдиної системи менеджменту безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні полягає в реалізації єдиної стратегії і постійно діючих механізмів досягнення і підтримки позитивних тенденцій в забезпеченні безпеки руху; координації діяльності національних залізничних адміністрацій щодо реалізації цієї стратегії і механізмів; організації обміну досвідом та впровадження передового досвіду. Розроблено проєкт єдиної системи менеджменту безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні і реалізовано підхід «системи управління». Складені шість основних принципів єдиної системи менеджменту безпеки руху на залізничному транспорті, які відповідають міжнародній практиці і стандартам в галузі залізничної безпеки.

Ключові слова: безпека руху, система, залізничний транспорт, управління, стратегія.

Вступ. Формування ефективних методів управління безпекою руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні має відбуватися на основі глибокого і всебічного аналізу стану безпеки, що включає оцінку існуючої системи забезпечення безпеки руху у міжнародному сполученні та наявних статистичних даних з безпеки, а також аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду управління ризиками порушень безпеки руху.

У роботі ставиться завдання, на підставі вітчизняної та зарубіжної практики забезпечення безпеки руху в міжнародному сполученні, розробити проєкт єдиної системи менеджменту безпеки руху (ЄСМБР) на залізничному транспорті в міжнародному сполученні та реалізації підходу «системи управління»: сформулювати призначення і принципи побудови

ЄСМБР, її структуру та функції, склад і опис компонентів ЄСМБР і вимог до них.

Постановка проблеми. До початку 2010 року розвиток єдиної залізничної мережі Європи був пов'язаний з вирішенням наступних значних проблем в галузі експлуатаційної сумісності та безпеки при організації міжнародних перевезень [1]:

- в експлуатації знаходилося більше 20-ти різних і несумісних між собою систем управління рухом поїздів;
- в кожній країні діяли свої правила експлуатації залізниць, які суперечили один одному;
- в кожній країні діяли свої національні вимоги щодо сертифікації безпеки;
- в кожній країні використовувалися свої системи підготовки та ліцензування машиністів;
- застосовувалися п'ять різних систем тягового електропостачання;
- використовувалися вісім різних і несумісних між собою систем зв'язку і радіозв'язку;
- діяла своя мова майже в кожній країні.

Зазначені проблеми і їх наслідки (простоті на кордонах, значні витрати і, як наслідок, високі тарифи) різко знижували конкурентоспроможність і привабливість залізничного транспорту в порівнянні з автомобільним для перевезень пасажирів і вантажів у міжнародному сполученні. Одним з виходів з ситуації, що склалася стало створення єдиної Європейської системи забезпечення експлуатаційної сумісності та безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні.

На цій основі вдалося сформувати основні компоненти нової системи [2]:

- органи проєктування безпеки;
- регулюючі та консультативні органи;
- нормативна база безпеки;
- системно-технічні рішення.

Регулюючими і консультативними органами щодо забезпечення безпеки руху на залізницях Єв-

ропи є Європейська комісія і Європейське залізничне агентство (European Railway Agency, ERA) [3]. При цьому в кожній державі Європейського Союзу (ЄС) існують свої національні органи регулювання залізничної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні показує, що вітчизняна система управління безпекою будувалася на адміністративних принципах з використанням «жорсткої» (строго обов'язкової) нормативної бази, а в ЄС безпека на залізницях забезпечується за допомогою узгодження місій, цілей і політик національних залізниць за допомогою «гнучкої» (добровільно-обов'язкової) нормативної бази (рис.1.) [3,4].

З вітчизняних та закордонних вчених значний внесок в розвиток концепції управління ризиками порушень безпеки руху на залізничному транспорті внесли Гапанович В.А., Красковський А.Е., Лисенков В.М., Anders E., Vraband J., Smith David J.

Призначення ЄСМБР на залізничному транспорті в міжнародному сполученні полягає в реалізації наступних напрямків діяльності:

- розробка єдиної стратегії і постійно діючих механізмів досягнення і підтримки позитивних тенденцій в забезпеченні безпеки руху;
- координація діяльності національних залізничних адміністрацій щодо реалізації цієї стратегії і механізмів [5];
- організація обміну досвідом та впровадження передового досвіду.

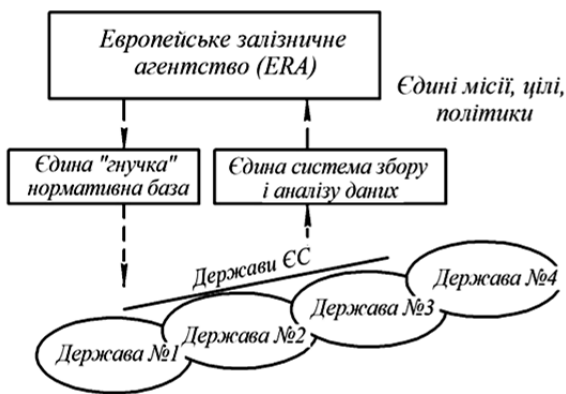


Рис. 1. Управління безпекою руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні в країнах ЄС

Метою роботи є розробка проекту єдиної системи менеджменту безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні та реалізація підходу «системи управління» (розробити принципи побудови ЄСМБР, її структуру та функції, склад, опис компонентів ЄСМБР і вимог до них.

Результати досліджень. Цілі в галузі безпеки руху повинні бути спрямовані на підвищення рівня безпеки перевезень в міжнародному сполученні

[6,7]. За рахунок придбання найкращої практики в міжнародному сполученні передбачається підвищення рівня безпеки руху в цілому і на рівні національних транспортних систем.

До переваг ЄСМБР відносяться створення єдиного інтеграційного простору в питаннях забезпечення безпеки руху, використання сучасних управлінських механізмів і стандартів, можливість уніфікації нормативної бази, можливість гармонізації з європейською системою управління безпекою руху, обмін досвідом, а також отримання економічного ефекту від оптимізації інвестиційних планів і експлуатаційних витрат [7,8].

Відповідно до міжнародної практики і стандартів в області залізничної безпеки в основу ЄСМБР закладаються шість основних принципів:

1. Орієнтація на результат – підвищення рівня безпеки руху за рахунок використання переваг ЄСМБР [9].
2. Добровільність участі національних залізничних адміністрацій в ЄСМБР.
3. Обов'язковість рішень ЄСМБР для національних залізничних адміністрацій в сфері компетенції ЄСМБР за умови їх участі в проєкті.
4. Використання наукового підходу до формування ЄСМБР.
5. Облік найкращої практики національних і світових транспортних систем.
6. Оцінка результативності в досягненні цілей і постійний розвиток ЄСМБР.

Одним з найважливіших завдань ЄСМБР є розробка номенклатури ключових показників і контроль результативності діяльності по досягненню цілей. Застосування процесного підходу і постійна увага до вдосконалення процесів має забезпечити позитивні тренди в розвитку ЄСМБР [10].

На рис.2. наведена схема двох рівнів управління в ЄСМБР – наднаціонального і національного.



Рис. 2. Два рівня управління в ЄСМБР

На національному рівні необхідно розглядати ті чи інші небезпечні події, пов'язані з діяльністю залі-

значного транспорту, і на всіх етапах його життєвого циклу передбачати захист від цих подій.

Для оцінки ефективності управління з урахуванням наявності двох рівнів, може бути запропонована наступна система диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ay - b(x - X), \\ \frac{dy}{dt} = -k(x - X) \end{cases}; x, X, y, a, b, k > 0 \quad (1)$$

де: X – відповідно, фактичне і цільове значення кількості порушень безпеки руху у міжнародному сполученні;

y – коефіцієнт, що характеризує вплив управління верхнього рівня – ЄСМБР, на нижній рівень – система забезпечення безпеки руху (СЗБР);

a – коефіцієнт, що характеризує реакцію СЗБР на керуючий вплив ЄСМБР;

b – коефіцієнт, що характеризує здатність СЗБР досягти цільового значення кількості порушень безпеки руху у міжнародному сполученні, визначеного в рамках ЄСМБР;

k – коефіцієнт, що характеризує реакцію ЄСМБР на фактичне значення кількості порушень безпеки руху у міжнародному сполученні.

Виконавши диференціювання за часом першого рівняння системи і підставивши в нього друге, отримаємо наступне диференціальне рівняння другого порядку:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + ak(x - X) = 0 \quad (2)$$

для вирішення якого, в свою чергу, складемо і вирішимо наступне квадратне рівняння:

$$\lambda^2 + b\lambda + ak = 0 \quad (3)$$

$$\lambda_{1,2} = -\frac{b}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - ak} \quad (4)$$

Якщо дискримінант $D = \left(\frac{b}{2}\right)^2 - ak > 0$, то корені рівняння є дійсними числами, і рішення рівняння буде мати такий вигляд:

$$x(t) = c_1 e^{\lambda_1 t} + c_2 e^{\lambda_2 t} \quad (5)$$

c_1, c_2 – будь-які дійсні числа.

Якщо дискримінант $D < 0$, то корені рівняння є комплексними числами

$$\lambda_{1,2} = -\frac{b}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - ak} = \alpha \pm \beta i \quad (6)$$

тоді рішення рівняння буде мати вигляд:

$$x(t) = e(c_1 \cos \beta t + c_2 \sin \beta t) \quad (7)$$

Отримані математичні вирази, що встановлюють взаємозв'язок між впливами ЄСМБР на СЗБР і реакцією на ці дії, дозволяють визначати ступінь зміни стану безпеки руху в міжнародному сполученні при зміні керуючих впливів з боку ЄСМБР.

Основою для формування організаційної структури ЄСМБР повинна стати процесно-орієнтована модель, відповідна принциповій моделі ЄСМБР. Взаємодія компонентів ЄСМБР відбувається в рамках реалізації циклу PDCA (рис.3.).

Стратегічні документи, нормативна база з безпеки руху (як національна, так і наднаціональна), а також організаційна структура ЄСМБР представляють собою основу управління для планування і реалізації процесів життєвого циклу залізничних систем, контролю їх показників (результативність, ефективність, контрольні показники) і прийняття необхідних коригувальних і попереджуючих заходів [11].

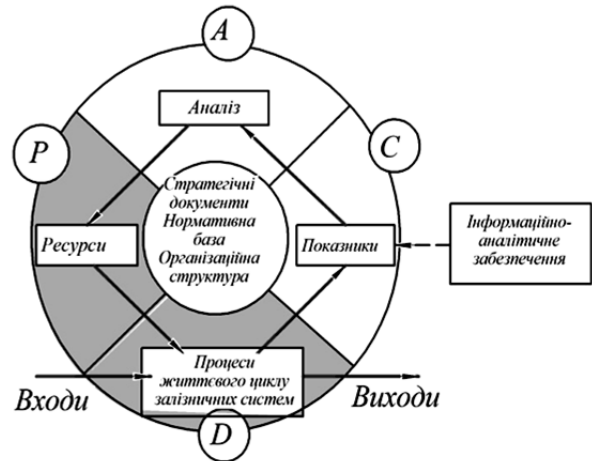


Рис. 3. Взаємодія компонентів ЄСМБР

Стратегічні документи, нормативна база з безпеки руху (як національна, так і наднаціональна), а також організаційна структура ЄСМБР представляють собою основу управління для планування і реалізації процесів життєвого циклу залізничних систем, контролю їх показників (результативність, ефективність, контрольні показники) і прийняття необхідних коригувальних та запобіжних заходів.

Висновок. В якості організаційної системи заходів для подолання негативних тенденцій стану безпеки доцільно сформувати єдину систему менеджменту безпеки руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні, що має два рівні управління (ЄСМБР – національні системи забезпечення безпеки руху, включаючи залізничну інфраструктуру і рухомий склад) і реалізовану на процесній основі (процеси управління, життєвого циклу транс-

портних систем, ресурсного забезпечення та вихідного контролю). Процесна організація управління безпекою руху у міжнародному сполученні дозволить ставити досяжні економічно обґрунтовані цілі з безпеки і перетворювати їх на процеси життєвого циклу залізничних систем.

Показано, що система забезпечення безпеки руху в міжнародному сполученні з введенням наднаціонального рівня управління стає більш стійкою за рахунок'єднання зворотних зв'язків національних систем з єдиним центром.

Ефективною технологією управління безпекою на кожному етапі життєвого циклу залізничних систем є методологія PDCA, – планування (Plan), виконання (Do), контроль (Check), коригування (Act), – що дозволяє планувати і забезпечувати виконання вимог безпеки руху у міжнародному сполученні не тільки на етапі безпосередньої експлуатації (використання за призначенням), а й на етапі створення систем.

Оптимізація здійснюється на основі постановки та декомпозиції по етапах життєвого циклу економічно обґрунтованих цілей з безпеки і контролю їх досягнення, а також аналізу і прогнозу стану безпеки руху в міжнародному сполученні.

Л і т е р а т у р а

1. Шабельников, А.Н. Современные методы организационного и технологического управления / А.Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – №11 (11). – С. 18-23.
2. Alexandrovskaya L.N. Safety and reliability of technical systems / L.N. Aleksandrovskaya and others - M.: University book, Logos, 2008.-376 p.
3. Anders E. Systems of automation and telemechanics on the world's railways: a textbook for higher educational institutions of railways. transport / E. Anders and others; per. from English; ed. G. Teega and S. Vlasenko. - M.: Intekst, 2010. -- 496 p.
4. Belyaev V.M. Fundamentals of transport management / V.M. Belyaev et al. - M.: Publishing Center "Academy", 2010. - 320 p.
5. Buralev Yu.V. Transport management / Yu.V. Buralev and others; under total. ed. N.N. Gromov and V.A. Persianov. - M.: Publishing Center "Academy", 2010. - 528 p.
6. Gapanovich V.A. Promising technologies for ensuring the safety of train traffic and the safety of transported goods / V.A. Gapanovich et al. - M.: GOU "Educational-methodical center for education in railway transport", 2008. - 220 p.
7. Lisenkov V.M. Social and economic aspects of the regulation of safety and risk indicators // Economy of railways. - 2010. - No. 2. - P. 81-86.
8. Braband J. The CENELEC standards regarding functional safety / J. Braband at alias. - Hamburg (Germany): Eurailpress, 2006. - 216 P.
9. Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Мірошникова М.В. Розробка систем контролю відповідальних параметрів руху поїздів. Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля № 5 (261) 2020, С. 81–85.
10. Баранов І.О., Пшикун В.В., Мішуков Є.О. Підвищення ефективності управління процесами перевезень на міських автобусних маршрутах. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського // Видавничий дім «Гельветика». Серія: Технічні науки. Том 31 (70) № 5. 2020. С. 189–194.
11. Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Мірошникова М.В., Кужель С.Г. Теоретичне обґрунтування вдосконалення системи «машиніст-поїзд-диспетчер». Наукові праці Вінницького національного технічного університету, Машинобудування та транспорт, № 3 Вид-во ВНТУ, м. Вінниця, 2020, С. 1–9.

References

1. Shabel'nikov, A.N. Sovremennye metody organizacionnogo i tekhnologicheskogo upravleniya / A.N. Shabel'nikov // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2017.-№11 (11).-S. 18–23.
2. Alexandrovskaya L.N. Safety and reliability of technical systems / L.N. Aleksandrovskaya and others - M.: University book, Logos, 2008.-376 p.
3. Anders E. Systems of automation and telemechanics on the world's railways: a textbook for higher educational institutions of railways. transport / E. Anders and others; per. from English; ed. G. Teega and S. Vlasenko. - M.: Intekst, 2010. -- 496 p.
4. Belyaev V.M. Fundamentals of transport management / V.M. Belyaev et al. - M.: Publishing Center "Academy", 2010. - 320 p.
5. Buralev Yu.V. Transport management / Yu.V. Buralev and others; under total. ed. N.N. Gromov and V.A. Persianov. - M.: Publishing Center "Academy", 2010. - 528 p.
6. Gapanovich V.A. Promising technologies for ensuring the safety of train traffic and the safety of transported goods / V.A. Gapanovich et al. - M.: GOU "Educational-methodical center for education in railway transport", 2008. - 220 p.
7. Lisenkov V.M. Social and economic aspects of the regulation of safety and risk indicators // Economy of railways. - 2010. - No. 2. - P. 81-86.
8. Braband J. The CENELEC standards regarding functional safety / J. Braband at alias. - Hamburg (Germany): Eurailpress, 2006. - 216 P.
9. Chernec'ka-Bilec'ka N.B., Baranov I.O., Miroshnykova M.V. Rozrobka system kontrolju vidpovidal'nyh parametriv ruhu poi'zdiv. Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo Nacional'nogo universytetu imeni Volodymyra Dalja № 5 (261) 2020, S. 81–85.
10. Baranov I.O., Pshykun V.V., Mishukov Je.O. Pidvyshhennja efektyvnosti upravlinnja procesamy perevezen' na mis'kyh avtobusnyh marshrutah. Vcheni zapysky Tavrijs'kogo nacional'nogo universytetu imeni V.I. Vernads'kogo // Vydavnychyj dim «Gel'vetyka». Serija: Tehnichni nauky. Tom 31 (70) № 5. 2020. С. 189–194.
11. Chernec'ka-Bilec'ka N.B., Baranov I.O., Miroshnykova M.V., Kuzhel' S.G. Teoretychne obgruntuvannja vdoskonalennja systemy «mashynist-poi'zd-dyspetcher». Naukovi praci Vynnyck'kogo nacional'nogo tehnicnogo universytetu, Mashynobuduvannja ta transport, № 3 Vyd-vo VNTU, m. Vinnycja, 2020, S. 1–9.

Chernetskaya-Beletskaya N.B., Baranov I.O., Miroshnykova M.V. Improvement traffic safety management system on railway transport.

As an organizational system measures overcome negative trends in safety, it is advisable form single system traffic safety management in railway transport in international traffic, which has two levels management. Process organization traffic safety management in international traffic will allow set achievable economically justified safety goals and turn them into life cycle processes of railway systems.

The analysis domestic and foreign experience in ensuring safety of railway transport in international traffic. The problems development single European railway network in field interoperability and safety in organization international transport are identified. The purpose unified traffic safety management system for railway transport in international traffic is implement unified strategy and permanent mechanisms for achieving and maintaining positive trends in ensuring traffic safety; coordinating activities of national railway administrations implement this strategy and mechanisms; organization exchange experience and implementation best practices. A project unified traffic safety management system for railway transport in international traffic was developed and "control system" approach was implemented. Six basic principles unified railway traffic safety management system have been drawn up, which correspond international practice and standards in field of railway safety. It is shown that system traffic safety in in-

ternational traffic with introduction supranational level government becomes more stable by combining feedback national systems with single center.

An effective safety management technology at every stage life cycle of railway systems is the PDCA methodology - planning (Plan), execution (Do), control (Check), adjustment (Act) - which allows you plan and ensure compliance with traffic safety requirements in international traffic. Not only stage direct operation (intended use), but also at stage creating systems. Optimization is carried out on basis setting and decomposition by stages life cycle economically justified safety goals and control of achievement, as well analysis and forecast traffic safety in international traffic.

Keywords: traffic safety, system, railway transport, management, strategy.

Чернецька-Білецька Наталія Борисівна – д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Баранов Ігор Олегович – к.т.н., доценткафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля, e-mail: baranov_90@ukr.net

Мірошникова Марія Володимирівна – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СХУ ім. В. Даля.

Стаття подана 28.04.2021.