

М.І. Ворожбіян¹, В.Г. Брусенцов², М.Ю. Іващенко¹, О.С. Скрипник¹

¹Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

²Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ЕРГОНОМІКА ЯК ФАКТОР БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ

Розглянуто роль «людського фактора» в забезпеченні безпеки залізничної галузі та здатність ергономіки вирішувати проблему підвищення його надійності на системному рівні. Запропоновано підхід у вирішенні об'єктивної оцінки рівня функціональної надійності (як важливої складової професійної надійності) працівників операторського профілю, перш за все працівників локомотивних бригад.

Ключові слова: безпека, ергономіка, діагностика, професійна надійність, рівень функціональної надійності, трендова складова.

Постановка проблеми

Пріоритетним та найважливішим завданням діяльності залізничного транспорту є безпека транспортного процесу, яка на сьогодні визначається «людським фактором», тому що на його частку припадає від 40 до 90 % випадків помилок [1]. У системі «людина-технічна система-виробниче середовище» людина є «слабшою ланкою», визначаючи надійність та безпеку функціонування системи в цілому. Поряд із поняттям «особистісний фактор», почали використовуватися поняття «людський фактор», під яким розуміли сукупність професійних, антропометричних, фізіологічних, психологічних, соціальних можливостей та обмежень людини, характерних для професійного контингенту в цілому, неврахування яких у конструкції техніки, організації робочого місця, змісту та умов діяльності може призводити до помилкових дій, браку в роботі та аварій.

Було науково доведено, що причиною помилкових дій людини-оператора можуть бути як його індивідуально-психологічні особливості, так і ергономічні недоліки техніки, недосконалість організації умов праці. Зменшення впливу людського фактора на залізничному транспорті дозволить знизити ризики економічної шкоди, суттєво вплинувши як на частоту травмування працівників, так і на безпеку перевізного процесу загалом. Безумовно, це досить актуально, в тому числі, з огляду на найвищий ступінь зносу основних засобів в усіх підрозділах та господарствах «Укрзалізниці» [2].

Оскільки безпека транспортного процесу може вирішуватися тільки на системному рівні, та використовувати потенціал різних наук, що допомагають вирішенню проблеми, в край

необхідно, однією з них є ергономіка. Згідно визначення (ДСТУ 3899-13), найважливішим завданням ергономіки є «забезпечення ефективності та безпеки життєдіяльності людини» [3]. Рівень професійної надійності працівника визначається його функціональними можливостями для досягнення поставленої мети у виконанні виробничих завдань. При цьому вона як системна якість включає ряд підсистем, з яких найбільш важливою можна вважати функціональну надійність, зниження якої є причиною до 90% помилкових дій оператора [4]. Таким чином, важливо розглядати проблему безпеки функціонування залізничного транспорту, у тому числі з позиції ергономіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ергатична система функціонування якої притаманно залізничному транспорту, забезпечує можливість взаємодії працівників різної спеціальності для вирішення поставлених задач. Схематично дану взаємодію можна представити на рисунку 1.

Виходячи із наведеної схеми взаємодії в ергатичній системі, можна розуміти який взаємний вплив має кожна із складових на надійну роботу системи в цілому. Безумовно в цій системі «людина-оператор» є визначальною ланкою. Якщо розглядати операторські професії на залізниці, то безумовно це відноситься до працівників диспетчерської служби та працівників локомотивних бригад (ПЛБ).

Ця система, яка розглядається, постійно знаходиться під дією шкідливих та небезпечних факторів робочого середовища. До такої негативної дії слід віднести: вібрація, шум, електромагнітне випромінювання параметри мікроклімату, склад повітряного середовища в робочій зоні та інші, які

безумовно впливають безпосередньо, як на людину так і на технічну складову системи.

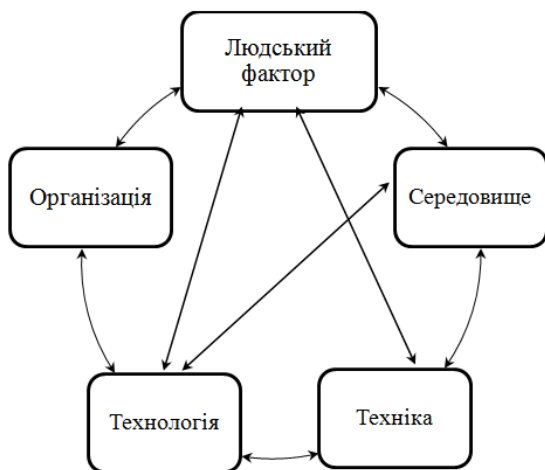


Рис.1. Залізничний транспорт як ергатична система

Важливою складовою системи є технічні засоби, обладнання, технологічні системи. Дуже важливим є надійність кожного з елементів системи. На сьогодні стан цієї складової на Укрзалізниці має високий рівень зносу, а отже ще й більше ускладнює роботу «людини-оператора». Особливо багато проблем виникає у зв'язку з переходом на швидкісний рух, який дуже ефективний економічно, але значно посилює вимоги до ПЛБ.

Організаційна складова може негативно впливати на систему при нераціональній організації змінної роботи, на біологічні ритми людини, та створити додаткові навантаження на психофізіологічний стан працівників. Це явище найбільш притаманне в пунктах обороту машиністів локомотивних бригад, що призводить до не достатнього відпочинку, а отже до накопиченню втоми. Цьому ж сприяють перевищення норм робочого дня, які є, незважаючи на багаторічну з ними боротьбу [5].

Інформаційна взаємодія в системі «людина-машина» визначається багатьма індивідуальними характеристиками, безпосередньо самої людини. Надійність взаємодії в системі залежить як від людини (людського чинника), так і від характеристик машини. Чим складніший, потужніший і рухливіший технічний пристрій, чим менша стійкість режимів його роботи і гірша керованість, тим вище робочі навантаження оператора, рівень його нервово-психічного та емоційного напруження.

Науково-технічна революція докорінно змінила характер взаємодії між людиною та машиною. Інтенсивність змін по автоматизації технологічних процесів, складність по реагуванню на інформацію та прийняття рішень не завжди враховує граничні

можливості людини-оператора, в незалежності від зростання його професійної кваліфікації. Тобто відбувається розрив між реальними можливостями адекватно реагувати та приймати рішення людиною-оператором та створеними системами, які весь час ускладнюються. Цей розрив створює так звану «зону небезпеки» де можуть проявитися помилки людини-оператора. Необхідно це враховувати при відборі кандидатів на такі види робіт, давати необхідну підготовку таким кадрам, і весь час моніторити їх професійну надійність. Одним з параметрів, який характеризує вплив людини, як фактора на безпеку виробництва, є коефіцієнт значимості людського фактору у технологічних катастрофах, так для автомобільного транспорту він складає 0,8, а для залізничного транспорту в інтервалі від 0,5 до 0,75 [19].

Експериментальними дослідженнями встановлено що безпосередньо знижує рівень функціональної надійності «людини-оператора». До таких станів, які необхідно виявляти, відносяться, перш за все – втомлення, стреси та граничні стани (між здоров'ям і хворобою). Такі показники можуть бути індикатором високої небезпеки такого актуального для транспортної галузі явища як раптова ішемічна смерть [6, 7].

Дослідженнями рівня втоми в рамках робочої зміни займалися автори [8]. В результаті досліджень виявлялись не припустимі рівні втоми, які визначались як індивідуальні для кожного працівника.

Вітчизняна та зарубіжна статистика показує, що головною причиною аварій на транспорті є «людський фактор», на частку якого припадає 40-90 % усіх випадків [9].

Вищенаведене призводить до висновку, що «будь-яке порушення правильності функціонування системи, по-перше, по-друге і по-третє, походить від людини». За офіційною статистикою, в Україні цей відсоток становить близько 80% [10, 11].

Формулювання мети статті

З великою ймовірністю, відсоток аварій з причин «людського фактору» підвищиться з ускладненням технічних засобів, якщо до цього не буде підготовлена людина. Це дуже актуально з огляду на найвищий ступінь зносу основних засобів, зміни швидкісного режиму на підприємствах ПАТ «Укрзалізниця». При цьому транспортні події завдають істотних матеріальних збитків та приводять до травмувань й людських жертв.

«Людський фактор» це, зрештою, рівень професійної надійності працівників, який залежить від багатьох факторів, котрі необхідно враховувати, а отже стає очевидним, що проблема його контролю у залізничних операторів є однією з головних у

забезпеченні безпеки залізничного транспорту, а тому потребує досліджень для вирішення цієї проблеми.

Виклад основного матеріалу

Для мінімізації ризику негативного впливу людського фактору в ергономічній системі потрібно враховувати наступне: характер людини та особливості її робочого місця, забезпечувати професійну надійність за рахунок моніторингу психофізіологічного стану «людини-оператора» для прогнозування функціонального стану працівника.

Таким чином, для ефективного забезпечення безпеки професійної діяльності працівників небезпечних професій необхідна багаторівнева комплексна динамічна система моніторингу людського фактору, що дасть змогу значно знизити ризику виникнення небезпек.

Високий рівень професійної надійності дозволяє працівникові мати певний «запас міцності» та залишатися достатньо надійним у ускладнених умовах праці. Навпаки – низький рівень свідчить, що працівник може досить швидко у ході роботи стати недостатньо надійним. Це системна якість, яка обумовлює ефективне функціонування всієї системи «оператор – машина – середовище» на будь-якому етапі її функціонування [12].

Професійна надійність тісно пов'язана з психофізіологічними показниками, тобто здатність до виконання певного виду роботи з якістю, не виходячи за межі психофізіологічних можливостей. Визначення «професійна надійність» людини, як система, включає ряд підсистем, а саме: медико-біологічну, психофізіологічну, кваліфікаційно-освітню та ін.

Рівень медико-біологічної надійності визначається за результатами медичного огляду, на підставі якого робиться висновок про можливість працювати людині на конкретному робочому місці, враховуючи стан його здоров'я. Психофізіологічна складова системи відповідає за професійний відбір, основою якого є визначення психофізіологічних властивостей людини, які необхідні для виконання певних професійних завдань. Кваліфікаційно-освітня підсистема забезпечує професійне навчання, підвищення кваліфікації та інші заходи для працюючого персоналу.

На сьогоднішній день працівники ряду професій обов'язково проходять медичний огляд перед початком роботи, так званий «передробочий медичний контроль», який безумовно фіксує стан працівника лише в даний момент і не може гарантувати рівень професійної надійності на весь період робочого дня. У плані забезпечення рівня працездатності на сьогоднішній день такі заходи мають дуже обмежений і явно недостатній рівень.

У свою чергу, найважливішою складовою функціональної надійності є функціональний стан. Це підтверджується тим, що його порушення спричиняє до 50% випадків порушень працездатності операторів [13].

Рівень працездатності людини визначають, як властивість функціональних систем забезпечувати його динамічну стійкість у виконанні професійного завдання протягом певного часу та із заданою якістю [14]. «Це системна якість організму, детермінована структурою, співвідношенням та рівнем компонентів функціональних резервів, що забезпечують професійну працездатність, ефективність та надійність робочої діяльності, системогенез яких, закономірності витрачання та відновлення суттєво залежать від рівня спеціальної підготовки, функціонального та фізичного статусу, віку та стану здоров'я, а також ступеня зміни реактивності під впливом несприятливих факторів професійного середовища» [15, стр.383].

Стан людини впливає на: ефективність її діяльності, спілкування, фізичне і психічне здоров'я. Вирішення проблем, пов'язаних з впливом на людину несприятливих факторів – основний напрямок забезпечення нормального психофізіологічного стану людини і її безпечної життєдіяльності.

Проблеми забезпечення нормальної життєдіяльності працівників небезпечних професій у сучасних соціально-виробничих умовах зумовлені насамперед інтенсивним впливом негативних соціальних, професійних та інших факторів, що спричиняють розвиток несприятливих психічних станів та перенапруження психофізіологічних функцій.

Необхідно обов'язково враховувати вплив політичних та економічних процесів, які відбуваються останнім часом в нашій країні, в тому числі локдауну з епідемії коронавірусу, а останній рік повномасштабна війна. Все це породжує стресові ситуації, як взагалі в суспільстві, так й для кожної людини. Безумовно це має вплив і на професійну діяльність, особливо тих, хто виконує відповідальні обов'язки в рамках своєї професії. Це безумовно нові виклики, які приводять до стресів, а отже впливають і на професійну надійність, і відповідно на безпеку руху. Необхідно мінімізувати вплив негативних факторів на рівень професійної надійності. Крім вищевказаних стресів важливе місце в діяльності «людини-оператора» займає професійний стрес, який постійно присутній. Відомо, що серйозні стресові навантаження, які діють відносно тривалий час, призводять до виснаження, з'являються реакції тривожності, хронічні захворювання та розлади, тобто до трифазної стереотипної реакції [16], а це означає,

що необхідно враховувати наявність ризиків виникнення стресів у виробничому циклі для забезпечення безпечної роботи.

На виробництві приходиться стикатися з наступними групами стресів: інтенсивність праці; терміни виконання роботи; одноманітна і монотонна праця; недостатня рухова активність; негативний зовнішній вплив (шуми, вібрації, високі температури та ін.). Кожний із названих факторів окремо, а часто і їх поєднання, породжує екстремальні умови діяльності, що приводить до стресових станів [13].

Психофізіологічні фактори потенційної небезпеки поділяються на постійної та тимчасової дії. Факторами постійної дії слід вважати: недоліки органів відчуття; порушення зв'язку між сенсорними та моторними центрами; дефекти координації рухів; підвищена емоційність; відсутність мотивації до трудової діяльності. Факторами тимчасової дії слід вважати: брак досвіду; необережність; втома; емоційні явища, в тому числі стреси.

Стрес в сучасних поглядах умовно поділяють на фізіологічний стрес та стрес емоційний. Фізіологічний та емоційний стрес взаємопов'язані та впливають один на одного. Таким чином, можна зробити висновок, що навіть одиничний, короткочасний стрес – явище надзвичайно складне, що стосується всіх рівнів функціонування організму, починаючи від фізіологічного і закінчуючи психологічним. Тривалий або хронічний стрес є небезпечним для здоров'я.

Системний вплив стресу має як оперативний так й відтермінований характер. Оперативний проявляється в погіршенні професійно важливих психофізіологічних функцій, що може різко знизити працездатність робітника. Відтермінований – у зниженні рівня здоров'я й прискоренні біологічного старіння, що приводить до скорочення професійного довголіття. Рівень здоров'я значною мірою визначає рівень функціональної надійності, а отже й професійної надійності «людини-оператора», її «запас міцності», що дозволяє зберігати оптимальний функціональний стан, зокрема й в надзвичайних ситуаціях [17].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, 45% усіх захворювань пов'язано зі стресом, а деякі фахівці вважають, що ця цифра вдвічі більша.

Дослідження показують, що робота машиніста в умовах швидкісного руху передбачає високий рівень напруги нервових аналізаторів, а також функцій пам'яті та уваги, що призводить до їх швидкого стомлення. Як в прямому, так і зворотному рейсах відбувається виражене зниження акомодатії кришталика. Разом зі зниженням функціонального стану периферичної ланки

зорового аналізатора зафіксовані виражені зміни і його центральної ланки [18].

Ефективним засобом боротьби з накопиченою втомою може бути моніторинг рівня функціональної надійності працівника, для своєчасного реагування на зміни в здоров'ї та проведенню лікувальних заходів [17, 19].

Зазначені фактори показують, що забезпечення необхідного рівня професійної надійності працівників локомотивних бригад в умовах швидкісного руху можливо при застосуванні ряду додаткових заходів ергономічного характеру: 1) посилення вимог психофізіологічного професійного відбору з огляду на динамічні характеристики вищої нервової діяльності і монотоностійкості; 2) об'єктивної оцінки та моніторингу рівня функціональної надійності, що включає рівень здоров'я і біологічний вік, у тому числі контроль залишкового стомлення [20].

Функціональна надійність – запорука певного рівня працездатності, яка залежить від психічних та фізіологічних функцій, а також механізмів їх регуляції у нормальних та екстремальних умовах.

Можна виділити як складові рівня працездатності – повільну та оперативну. Повільна (трендова) досить тривалого часу, протягом місяця або року, є не змінною, а оперативна, яку прийнято враховувати як функціональний стан, може змінюватись щогодини або щодня, тобто бути не рівномірною. Виходячи з цього, інтегральна оцінка рівня працездатності є комбінацією трендової та оперативної складових.

Трендова складова характеризує повільні зміни функціонального стану в процесі професійної діяльності і в певний період характеризує функціональний стан працівника. Характер змін трендової складової обумовлений зміною біологічного віку та рівня здоров'я.

Враховуючі вищенаведені стреси сьогодення, крім постійно діючих професійних, необхідно це враховувати як в оперативній складовій, так й особливо в трендовій складовій.

Однакові коливання функціонального стану при різних рівнях трендової складової можуть призводити до різних результатів. В результаті експериментальних досліджень певних груп операторів встановлено динаміку зміни трендової складової з визначенням недопустимого рівня працездатності. Як показано на рис. 2. у разі високого рівня трендової складової (оператор 1) рівень працездатності у будь-якому випадку залишається на рівні вище за допустимий. При середньому рівні (оператор 2) може бути на рівні нижче допустимого і при низькому рівні (оператор 3) це відбувається з достатньою ймовірністю легко і часто.

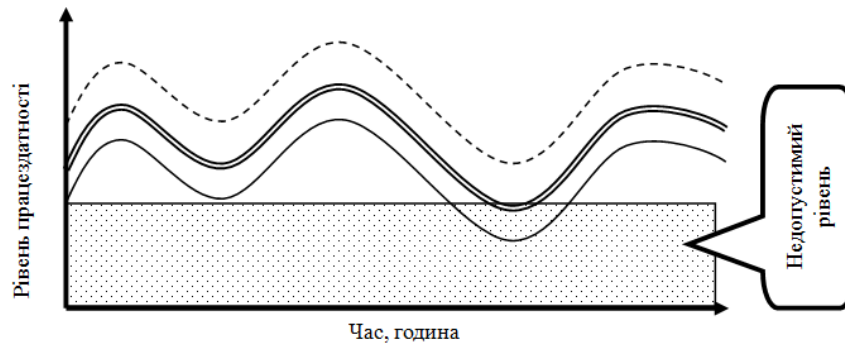


Рис. 2. Динаміка рівня працездатності залежно від рівня трендової складової:
 - - - - оператор 1 (високий рівень ТС); — — — оператор 2 (середній рівень ТС);
 — оператор 3 (низький рівень ТС).

Таким чином, отримана залежність зміни оперативного рівня працездатності, як характеристики трендової складової, свідчать про важливість моніторингу показників стану здоров'я операторів, в тому числі працівників локомотивних бригад, їх психофізіологічного стану, для можливого виявлення критичних показників функціонального стану, які не сумісні з подальшим виконанням професійних обов'язків даної категорії працівників.

Висновки

Безпека на залізничному транспорті можлива лише при бездоганному функціонуванні ергатичної системи, що в першу чергу залежить від «людини-оператора», тобто виконанні операторських функцій, в тому числі диспетчерів та працівників локомотивних бригад.

Професійна надійність операторів залежить від функціонального стану, тобто від психофізіологічних показників, на які в першу чергу впливають ряд небезпечних факторів, в тому числі стреси. Для зниження ризиків виникнення небезпек на тлі професійних стресів необхідний комплексний моніторинг саме функціонального стану працівників, як складової ергатичної системи «людина-машина».

Сьогодення привнесло різке збільшення стресів за рахунок політичних та економічних чинників (ковід, локдаун, війна), що безумовно впливає на професійну надійність «людини-оператора», і як наслідок на безпеку руху, а отже необхідно враховувати це в оперативній складовій.

Функціональний стан людини забезпечує певний рівень працездатності, зміни якої можна поділити на оперативну (тобто в певний момент часу) та повільну (трендову, що змінюється з часом).

Рівень професійної надійності контролюється лише в деяких професійних груп, а саме у працівників локомотивних бригад і водіїв

вантажних автомобілів, і лише як оперативна складова, тобто функціональний стан у вигляді попереднього медичного огляду.

Повільна (трендова) складова найбільше впливає на інтегральний рівень професійної надійності, не контролюється в жодній професійній групі. Особливо потрібно враховувати вплив стресів в трендовій складовій.

Звідси випливає – для підтримки належного рівня безпеки транспортного процесу необхідно впроваджувати контроль рівня працездатності залізничних операторів, у тому числі її трендової частини, враховуючи наявність постійних стресів сьогодення.

Література

1. Самсонкін В. М. Теорія безпеки на залізничному транспорті: монографія [Текст] / В. М. Самсонкін, В. І. Мойсєєнко. – Київ : Видавництво «Каравела», 2014. – С. 5-12.
2. Eurostate EU statistical and analytical base [Electronic resource]. – Режим доступу: \www/ URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
3. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 3899:2013. – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ: Український науково-дослідний інститут дизайну та ергономіки НАУ, 2014. – 22 с.
4. Dhillon B. S. Human Reliability and Error in Transportation Systems (Springer Series in Reliability Engineering) / B. S. Dhillon. – London: Springer, 2007. – 198 p.
5. Fan J. A Preliminary Review of Fatigue Among Rail Staff / J. Fan, A. P. Smith. – *Frontiers in Psychology*, 2018. – Vol.9:634 – doi: 10.3389/fpsyg.2018.00634.
6. Hillebrand S, Gast KB, de Mutsert R. et al. Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: meta-analysis and dose-response meta-regression [Electronic resource] / *EP Europace*, 2013. – Vol. 15, Issue 5. – P. 742–749. – Режим доступу: \www/ URL: <https://academic.oup.com/europace/article/15/5/742/673395>
7. Lledó A.G., Rodríguez E.V., Valc M.O. Heart Disease and Vehicle Driving: Novelties in European and Spanish Law [Electronic resource] / *Revista Española de Cardiología*, 2018. – Vol. 71. Núm. 11. – P. 892-894. – Режим доступу: \www/ URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30029976/>

8. Брусенцов В.Г. Шляхи зниження ризиків нещасних випадків при роботі «людини-оператора» / В.Г. Брусенцов, М.І. Ворожбіян, М.Ю. Іващенко // *Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми безпеки на транспорті, енергетики, інфраструктури»*, 8-11 вересня 2021, Морський інститут імені контр-адмірала Ф. Ф. Ушакова. м. Херсон. – с.213-215.
9. Мойсеєнко В. І. Оцінювання стану безпеки руху залізничного транспорту / В.І. Мойсеєнко, М.М. Чепцов, С.В. Панченко, В.М. Самсонкін. – Донецький інститут інженерів залізничного транспорту. (Зб. науков. праць.) вип. 28. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – С. 63-87.
10. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2014 рік [Електронний ресурс] / Міністерство інфраструктури України. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/files/%D0%90%D0%9D%D0%90%D0%9B%D0%86%D0%97%20%D0%B7%D0%B0%202014%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf>
11. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті О. Погорілого за 2019 рік [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit_2019/zvit-2019-ukrtransbezpeka.pdf
12. Брусенцов В.Г. Исследование взаимосвязи индивидуальных особенностей и показателей уровня функциональной надежности у железнодорожных операторов / В.Г. Брусенцов, О.В. Брусенцов, М.И. Ворожбян, В.Г. Пузырь, М.Ю. Иващенко // *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Серия: БЖД / ГВУЗ «Приднепр. гос. академия строительства и архитектуры»*; под общей редакцией В.И. Большакова. – г. Днепр, 2018. – Вып. 105. – С. 111-117.
13. Смирнова І.Л. Поняття професійної надійності в контексті підготовки майбутніх авіадиспетчерів / І.Л. Смирнова, О.О. Приз. // *Вісник Національного авіаційного університету*. – К., 2016 – С. 156-160.
14. Шалимов П.М. Функциональные резервы и функциональная надежность человека / П.М. Шалимов // *Успехи физиологических наук*. – 1995. – № 1. – С. 111–112.
15. Wilson G.F. Operator functional state classification using multiple psychophysiological features in an air traffic control task / G.F. Wilson, C.A. Russell // *Human Factors*, 2003. – Vol. 45, № 3. – P. 381-389.
16. Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів XX Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), м. Київ, 13-15 травня 2014 р. – К.: Основа, 2014. – 370 с.
17. Брусенцов В.Г. Метод оценки функциональной надежности человека-оператора / В.Г. Брусенцов, О.В. Брусенцов // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2009. – №3/4 (39). – С. 42-45.
18. Живаев А.С. Физиологические аспекты обеспечения безопасности движения в высокоскоростном движении / А.С. Живаев // *Актуальные проблемы транспортной медицины*. – 2008. – № 1 (11). – С. 76-81.
19. Самсонкин В.Н. Исследование особенностей деятельности машиниста поезда в современных условиях: взгляд изнутри профессии / В.Н. Самсонкин, Я.П. Петин // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – № 6/3(78). – С. 40-45
20. Брусенцов В.Г. Ергономічне забезпечення діяльності машиністів у швидкісному русі / В.Г. Брусенцов, М.І. Ворожбіян, В.Г. Пузир, О.В. Брусенцов // *Збірник наукових праць УкрДУЗТ: Харків, 2016. – Вип. 160. – С. 120-123.*

References

1. Samsonkin V.M., Moiseyenko V.I. (2014). *Theory of safety in railway transport*. Kyiv: "Caravela" Publishing House.
2. Eurostate EU statistical and analytical base. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
3. Design and ergonomics. Terms and definitions of basic concepts: ДСТУ 3899:2013. (2013). Kyiv: Ukrainian Research Institute of Design and Ergonomics of NAU.
4. Dhillon B.S. (2007). *Human Reliability and Error in Transportation Systems (Springer Series in Reliability Engineering)*. London: Springer.
5. Fan J., Smith A.P. (2018). A Preliminary Review of Fatigue Among Rail Staff. *Frontiers in Psychology*, 9:634.
6. Hillebrand S, Gast KB, de Mutsert R. et al. (2013). Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: meta-analysis and dose-response meta-regression. *EP Europace*, 15(5), 742–749. Retrieved from <https://academic.oup.com/europace/article/15/5/742/673395>
7. Lledó A.G., Rodríguez E.V., Valc M.O. (2018). Heart Disease and Vehicle Driving: Novelty in European and Spanish Law. *Revista Española de Cardiología*, 71 (11), 892–894. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30029976/>
8. Brusentsov V.G., Vorozhbyan M.I., Ivashchenko M. Yu. (2018). Ways to reduce the risk of accidents during the work of the «human operator». *Materials of the 1st International scientific and practical conference «Actual problems of safety in transport, energy, infrastructure»*, 213-215.
9. Moiseenko V.I., Cheptsov M.M., Panchenko S.V., Samsonkin V.M. (2011). Assessment of the state of railway traffic safety. *Donetsk Institute of Railway Transport Engineers. (Collection of scientific papers)*, (28), 63-87.
10. Analysis of the state of traffic safety, flights, navigation and transport accidents in Ukraine for 2014. (2014). Retrieved from <https://mtu.gov.ua/files/%D0%90%D0%9D%D0%90%D0%9B%D0%86%D0%97%20%D0%B7%D0%B0%202014%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf>
11. Public report of the Head of the State Transport Safety Service of Ukraine O. Pohorily for 2019. (2019). Retrieved from https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit_2019/zvit-2019-ukrtransbezpeka.pdf
12. Brusentsov V.G., Brusentsov O.V., Vorozhbyan M.I., Puzyr V.G., Ivashchenko M.Yu. (2018). Research on the relationship between individual characteristics and indicators of the level of functional reliability of railway operators. *Construction, materials science, mechanical engineering: collection of scientific. works. Series: BJD*, (105), 111-117.
13. Smirnova I.L., Prize O.O. (2016). The concept of professional reliability in the context of training future air traffic controllers. *Bulletin of the National Aviation University*, 156-160.
14. Shalimov P.M. (1995). Functional reserves and functional reliability of a person. *Advances in the physiological sciences*, (1), 111-112.
15. Wilson G.F., Russell C.A. (2003). Operator functional state classification using multiple psychophysiological features in an air traffic control task. *Human Factors*, 45(3), 381-389.
16. Problems of labor protection, industrial and civil safety: Collection of materials of the 20th All-Ukrainian scientific and methodical conference (with the participation of students). (2014). Kyiv: Osnova, 370 p.
17. Brusentsov V.G., Brusentsov O.V. (2009). Method for assessing the functional reliability of a human operator. *East European Journal of Advanced Technologies*, 3/4 (39), 42-45.

18. Zhivaev A.S. (2008). Physiological aspects of ensuring traffic safety in high-speed traffic. *Actual problems of transport medicine*, 1 (11), 76-81.
19. Samsonkin V.N., Petinov Y.P. (2015). Investigation of the peculiarities of the train driver's activity in modern conditions: a view from within the profession. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, 6/3(78), 40-45.
20. Brusentsov V.G., Vorozhbiyan M.I., Puzyr V.G., Brusentsov O.V. (2016). Ergonomic support of the activities of drivers in high-speed traffic. *Collection of scientific works of UkrDUZT*, 160, 120-123.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.В. Хворост, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ВОРОЖБІАН Михайло Іванович
доктор технічних наук, професор
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – vmi53@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3286-6218>

Автор: БРУСЕНЦОВ Віталій Гаврилович
доктор технічних наук, професор
Український державний університет залізничного транспорту
E-mail – brusencov.vitaly@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7003-9889>

Автор: ІВАЩЕНКО Марина Юріївна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – marina.sh.225@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9202-6448>

Автор: СКРИПНИК Олена Сергіївна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – elenases2015@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5926-755X>

ERGONOMICS AS A SAFETY FACTOR IN THE RAILWAY INDUSTRY

M. Vorozhbiian¹, V. Brusentsov², M. Ivashchenko¹, O. Skrypnyk¹

¹O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

²Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

Railway transport is a huge energetic system, the functioning of which is determined by the coordinated work of thousands of employees of various specialties, including dispatchers and locomotive drivers. In the "man-technical system-production environment" system, a person is the "weakest link", determining the reliability and safety of the system's functioning as a whole.

Studies show that the driver's work in conditions of high-speed traffic involves a high level of stress on the nervous analyzers, as well as the functions of memory and attention, which leads to their rapid fatigue. The level of fatigue obtained as a result of the work shift is unacceptable for most workers, monitoring the level of functional reliability of the worker can be an effective means of combating accumulated fatigue.

The problems of ensuring the normal life of workers in dangerous professions in modern social and industrial conditions are caused primarily by the intense influence of negative social, professional and other factors that cause the development of adverse mental states and overstrain of psychophysiological functions. All this creates stressful situations, both in society in general and for every person. Of course, in addition to the above-mentioned stresses, an important place in the activity of a human operator is occupied by professional stress, which is constantly present.

The systemic impact of stress has both an immediate and remote nature. Experimental studies have established that it reduces the level of functional reliability of the "human operator". Such states include, first of all, fatigue, stress and borderline states (between health and illness). Such indicators can be an indicator of high danger of such a relevant phenomenon for the transport industry as sudden ischemic death.

A distinction is made between the slow and operational components of performance, while the slow (trend) does not change for a long time (month, years), and the operational (functional state) changes in the form of "peaks", "declines" or a relatively flat "plateau" during hours.

It follows from this that in order to maintain the appropriate level of safety of the transport process, it is necessary to implement control of the level of efficiency of railway operators, including its trending part, taking into account the presence of constant stresses today. It is necessary to conduct monitoring as a prediction of early diagnosis of changes in the functional state of operators, and therefore the state of professional reliability.

Keywords: safety, ergonomics, diagnostics, professional reliability, level of functional reliability, trend component.