

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

**БРУСЕНЦОВ Віталій Гаврилович**

УДК 65.015.11:656.2.007.1

**ЕРГОНОМІЧНІ ОСНОВИ КОНТРОЛЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ  
ЗАЛІЗНИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ ЯК ЗАСОБУ ПІДВИЩЕННЯ  
НАДІЙНОСТІ ЇХ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

05.01.04 – ергономіка

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис  
Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

**Науковий консультант:** доктор технічних наук, професор  
**Самсонкін Валерій Миколайович**, державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» Міністерства інфраструктури України, директор

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук  
**Буров Олександр Юрійович**, Інститут обдарованої дитини Національної Академії педагогічних наук України; заступник директора з наукової роботи;

доктор технічних наук, професор  
**Рева Олексій Миколайович**, Національний авіаційний університет, професор кафедри дистанційного навчання;

доктор технічних наук, професор  
**Мойсеєнко Валентин Іванович**, Українська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедрою «Спеціалізовані комп'ютерні системи».

Захист відбудеться 20 грудня 2013 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.059.03 Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12.

Автореферат розісланий 19 листопада 2013 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради

І. Е. Линник

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Найважливішим завданням ергономіки як науково-практичної дисципліни є забезпечення високої ефективності й безпеки систем «людина – машина» і «людина – докілья», а також безпеки, благополуччя та задоволення людини діяльністю в цих системах. Отже, питання безпеки є одними з пріоритетних. Особливо актуальними вони є для великих транспортних систем, до яких належить залізничний транспорт (ЗТ).

Статистичні дані й численні наукові дослідження свідчать про те, що найважливішим фактором, що визначає безпеку транспортного процесу, є професійна надійність людини, із вини якої стається більшість аварій. Ідеться, насамперед, про залізничних операторів (ЗО), передусім робітників локомотивних бригад (РЛБ) і працівників оперативного диспетчерського персоналу (ОДП), як найбільш значну професійну групу, безпосередньо пов'язану з безпекою транспортного процесу. Із точки зору ергономіки ці професії належать до одного класу – «оператор-спостерігач», тому розглядаються спільно.

Статистика останніх десятиліть відбиває той факт, що підвищення надійності технічної частини не має сенсу без підвищення надійності «людського фактора». Водночас людина є інтегрованою частиною ЗТ.

Питання підвищення професійної надійності людини поставали з часів зародження ергономіки. Раніше за інші на ЗТ почала вичерпно вирішуватися проблема психофізіологічного професійного відбору РЛБ. Наступною за значущістю можна вважати проблему контролю працездатності оператора (ПО). Вона має кілька аспектів, пов'язаних з впливом на надійність діяльності функціональних можливостей організму. Окремі аспекти цієї проблеми були предметом вивчення достатньо давно. Так, психофізіологічному професійному відбору передував відбір за медичними показниками, який давав змогу відсіювати від цієї діяльності людей із певними патологіями. Доволі давно, ще в 1965 році, були введені передрейсові медичні огляди, що мають на меті не допускати до роботи працівників з певними патологіями або незадовільним функціональним станом. Сьогодні спостерігається явна недостатність цих заходів. Практика свідчить про те, що більшість аварійних ситуацій створюють працівники які не мають претензій з боку медицини. Існує низка функціональних станів, які не належать до патологічних і, відповідно, їх не можливо виявити під час медичного контролю, вони, однак, істотно знижують професійну надійність людини. Трапляються випадки, коли працівник під час контролю знаходиться в достатньо задовільному функціональному стані, упродовж робочої зміни під впливом робочих факторів опиняється у стані зниженої надійності з наслідками, які з цього витікають. Таким чином, ідеться також про оцінювання рівня функціональних резервів. Отже, для забезпечення необхідного рівня професійної надійності ЗО необхідно виявляти функціональні стани, які

знижують професійну надійність людини, але не виходять за межі медичної норми. Досвід свідчить про те, що виявити такі стани можливо за допомогою методів ергономіки – більш тонких, ніж медичні.

Останніми роками демографічна ситуація у країні загострює проблему професійного довголіття працівників. Одним із засобів вирішення її є моніторинг показників трендової частини рівня ПО (рівня здоров'я й біологічного віку), що дає змогу своєчасно виявляти ще лише незначні тенденції в динаміці цих показників і відносно легко усувати їх за допомогою профілактичних заходів. Водночас за принципом біологічного зворотного зв'язку, така інформація змусить працівників відповідальніше ставитися до власного здоров'я, адже відомо, що воно більш ніж на 50 % залежить від способу життя.

Одним із важливих факторів трудового процесу є виробниче середовище, зокрема його вплив на здоров'я робітника. Наразі проблема контролю стану виробничого середовища вирішується за допомогою таких інструментів, як гранично допустима концентрація небезпечної або шкідливої речовини, гранично допустимий рівень небезпечного або шкідливого фактору тощо, що є недостатньо ефективними. Постійно з'являються нові фактори виробничого середовища (фізичні, хімічні, психофізіологічні), які суттєво впливають на здоров'я робітника, але мало вивчені й тому не контролюються. Певні поєднання факторів середовища можуть за принципом синергії створювати ефект, що істотно перевищує їхню сумарну дію. Це може дуже негативно позначитися на стані робітника, але не контролюється існуючими засобами. Універсальним засобом контролю впливу виробничого середовища на здоров'я працівника може стати контроль рівня ПО, особливо трендової її частини, зокрема рівня перевищення біологічного віку над метричним і рівня здоров'я.

У зв'язку з вищезазначеним забезпечення ефективного контролю рівня ПО у ЗО із застосуванням сучасних наукових досягнень є актуальним напрямом ергономічного забезпечення безпеки транспортних систем.

**Зв'язок із науковими програмами, планами і темами.** Роботу виконано відповідно до Державної програми підвищення безпеки руху на залізницях України на період 1997–2001 років від 22.04.1997 р. № 367, Державної програми впровадження технічних засобів безпеки руху на залізничному транспорті у 2008–2012 роках від 14.12.2007, галузевої програми розроблення і впровадження технічних засобів професійного відбору локомотивних бригад у локомотивних депо, внутрішньорейсового та передрейсового контролю психофізіологічного стану працівників локомотивних бригад, затвердженої 18.09.1998 р., галузевої програми із охорони праці (наказ від 28.12.2006 р. №1217).

Наукові результати дисертаційної роботи отримано під час виконання таких науково-дослідних робіт: «Проведення досліджень по визначенню експлуатаційної надійності локомотивних бригад депо Одеса-Застава» (№ ДР

0104U006298), «Розроблення систем професійного відбору операторів транспортних засобів» (№ ДР 0107U012901), «Розроблення систем професійного відбору операторів транспортних засобів» (№ ДР 0107U012901), «Розроблення теоретичних основ системи забезпечення експлуатаційної надійності машиністів локомотивів» (№ ДР 0106U004117).

**Мета та задачі дослідження.** Метою дисертації є розроблення теоретичних засад і практичного інструментарію контролю працездатності залізничних операторів як підґрунтя їхньої професійної надійності з урахуванням особистісних властивостей і впливу виробничого середовища.

Досягнення цієї мети передбачає розв'язання наступних задач:

1) узагальнити результати наукових досліджень з питань розроблення теоретичних засад і практичного інструментарію для контролю працездатності залізничних операторів;

2) визначити математичну залежність рівня професійної надійності залізничних операторів від показників складових трендової частини рівня працездатності, а саме: біологічного віку та рівня здоров'я;

3) дослідити вплив особистісних властивостей залізничних операторів на рівень їхньої професійної надійності;

4) дослідити вплив особистісних властивостей залізничних операторів на показники трендової частини рівня працездатності;

5) визначити наявний рівень показників працездатності у залізничних операторів, які працюють зараз і тих, що будуть працювати в найближчі роки щодо оцінки актуальності дослідження;

6) розробити засоби контролю функціонального стану залізничних операторів;

7) запропонувати засоби контролю трендової частини рівня працездатності залізничних операторів.

*Об'єкт дослідження* – процес функціонування транспортної системи «залізничний оператор – техніка – середовище».

*Предмет дослідження* – методи та моделі контролю працездатності залізничних операторів як підґрунтя їхньої професійної надійності з урахуванням особистісних властивостей і впливу виробничого середовища.

**Методи дослідження.** Із метою вирішення поставлених завдань застосовано такі методи:

– *загальнонаукові*: теоретичного пошуку (аналіз наукових джерел і документів, вивчення й узагальнення практичного досвіду), системно-структурні (порівняння, класифікація та систематизація), концептуально-порівняльного аналізу (установлення понятійно-категорійного апарату, визначення теоретичних і прикладних аспектів дослідження);

– *емпіричні*: ергономічний аналіз дій залізничних операторів і аналіз організації їхньої діяльності, застосовувані із метою виявлення психофізіологічних механізмів, що забезпечують надійність їхньої професійної діяльності;

– *математичні*: теорії ймовірностей, математичної статистики, нейроноподібних мереж, залучені для розроблення математичної моделі функціонального стану залізничних операторів, і методу кількісного оцінювання трендової складової рівня працездатності залізничних операторів;

– *проектувальні* методи використані для побудови автоматизованої технології оцінювання функціонального стану залізничних операторів.

Експериментальною базою дослідження є апаратні та програмні засоби, зокрема у виробничих умовах, лабораторне обладнання та комп'ютерні системи оброблення інформації.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що в дисертації вирішено науково-прикладну проблему розроблення теоретичних засад і практичного інструментарію для контролю працездатності залізничних операторів як підґрунтя їх професійної надійності з урахуванням особистісних властивостей і впливу виробничого середовища.

*Водночас уперше:*

1) встановлено математичну залежність рівня професійної надійності залізничних операторів від показників складових трендової частини рівня працездатності, а саме: біологічного віку та рівня здоров'я;

2) розроблено математичну модель залежності рівня професійної надійності залізничних операторів від особистісних властивостей, що визначаються факторами тесту Кеттелла;

3) виявлено залежності між факторами різного рівня в ієрархічній структурі факторів, що визначають рівень працездатності людини–оператора;

Окремими результатами є залежності:

– між фактором першого рівня – рівнем здоров'я, і факторами другого рівня – особистісними властивостями людини-оператора;

– між показниками самооцінювання стану власного здоров'я й особистісними властивостями. Водночас виявлено істотні гендерні відмінності;

4) встановлено математичні залежності темпу старіння людини-оператора від певних особистісних властивостей.

*Окрім того, удосконалено:*

1) метод контролю рівня працездатності залізничних операторів. Удосконалення полягає в тому, що на підставі отриманих даних – виявленої залежності рівня професійної надійності від складових трендової частини рівня працездатності та виявленого стану цих показників, а також ступеня відповідності психофізіологічних функцій у діючих операторів – до традиційного переліку контрольованих параметрів додано параметри рівня здоров'я та біологічного віку, що підпорядковуються інструментальному й експертному оцінюванню;

2) метод кількісного оцінювання трендової частини рівня працездатності залізничних операторів, що відрізняється тим, що з огляду на

психофізіологічні параметри, до яких належать біологічний вік і рівень здоров'я, на підставі числового експерименту за допомогою кластерного аналізу та методу головних компонентів одержано правило класифікації трендової частини рівня працездатності;

3) метод контролю функціонального стану залізничних операторів, який полягає в тому, що на відміну від існуючих результат враховує стан різних ієрархічних рівнів регуляції організму – фізіологічного та рівня вищої нервової діяльності. Ефективність методу підтверджена експериментально.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в такому: на підставі результатів дослідження доведено, що для підтримання безпеки транспортного процесу необхідно проводити контроль працездатності залізничних операторів, зокрема її трендової частини, шляхом використання розроблених засобів. Такий контроль дає змогу підвищити рівень професійної надійності ЗО, підвищити якість життя, а також сприяє подовженню їх професійного довголіття.

Результати досліджень були використані:

1) Головним управлінням безпеки руху Укрзалізниці для удосконалення системи управління безпекою руху на залізничному транспорті й охорони праці в частині забезпечення професійної надійності робітників локомотивних бригад та інших працівників із операторським характером діяльності;

2) локомотивним депо «Основа» (ТЧЗ) Південної залізниці для удосконалення передрейсового контролю функціонального стану робітників локомотивних бригад і контролю рівня працездатності робітників автотранспорту;

3) ТОВ «Науково-дослідний інститут профілактичної медицини» для удосконалення контролю рівня функціональної надійності робітників, які працюють в екстремальних умовах.

4) ТОВ «Українська ливарна компанія» – для удосконалення системи керування охороною праці і керування персоналом на підприємстві.

(Акти впровадження «ТЧЗ Південної залізниці», «Головного управління безпеки руху Укрзалізниці», ТОВ «Науково-дослідний інститут профілактичної медицини», ТОВ «Українська ливарна компанія»);

Крім того, наукові положення, висновки та рекомендації, наведені в дисертації, було застосовано під час викладання таких навчальних дисциплін: «Основи ергономіки», «Охорона праці», «Безпека життєдіяльності» на кафедрі охорони праці і навколишнього середовища Української державної академії залізничного транспорту (акт впровадження УкрДАЗТ).

**Особистий внесок здобувача.** Автору належать усі наукові результати, що виносяться на захист. В експериментальних дослідженнях дисертантом розроблено структуру експериментів; проведено експрес-оброблення даних, аналіз отриманих експериментальних даних; реєстрація фізіологічних

показників діяльності – у лабораторних дослідженнях спільно з А. В. Гончаровим, І. І. Бугайченком, О. В. Брусенцовим, у промислових дослідженнях спільно з Л. В. Аладишевою, В. Г. Пузирем.

У статтях, опублікованих у співавторстві, доробок здобувача полягає в такому: [1, 7, 10, 21-26, 28] – формулювання завдання, аналіз результатів; [15, 22, 23, 38, 40, 43] – встановлення залежності рівня професійної надійності залізничних операторів від показників складових трендової частини рівня працездатності; [2, 4, 9, 15, 22, 30, 38, 40, 43] – наукові та технічні аспекти побудови комп'ютерних систем, а також аналіз даних; [25, 45] – встановлення залежності між рівнем здоров'я й особистісними властивостями людини-оператора; [31-49] – встановлення залежності між показниками самооцінки стану власного здоров'я та особистісними властивостями; [8, 11, 31, 35] – застосування методу біологічного зворотного зв'язку для підвищення професійної надійності залізничних операторів; [4, 5, 7, 8, 27, 34, 43,] – принципи побудови систем контролю працездатності оператора і їхня реалізація; [2, 4, 5, 12-14, 28, 29, 30, 42, 51] – методичний підхід; [3, 16-18, 20, 26, 44, 50] – планування експерименту, оброблення даних, формулювання висновків; [2, 10, 19, 36, 38] – методологічні та методичні аспекти побудови і використання систем прогнозування працездатності оператора; [34, 36, 37, 39, 41, 42, 46-48] – методика дослідження; [52] – вплив особистісних особливостей залізничних операторів на рівень їхньої професійної надійності.

Технічна реалізація пристроїв, наведена в розділі 6, виконувалася під керівництвом дисертанта разом з А. В. Гончаровим, І. І. Бугайченком, О. В. Брусенцовим.

**Апробація результатів роботи.** Окремі положення дослідження, а також розробки отримані під час виконанні дисертаційної роботи, апробовано на:

– 3-я міжнародна конференція «Влияние человеческого фактора на безопасность движения на железнодорожном транспорте» (м. Луганськ, 1999);

– міжнародна конференція НТУ «ХП» «Безпека життєдіяльності» (Харків, 2002- 2007);

– XXXII науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і співробітників Харківської національної академії міського господарства «Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов» (Харьков, 2004);

– науково-методична конференція кафедр УкрДАЗТ «Нові навчальні технології – гарант забезпечення якісної підготовки фахівців залізничного транспорту» (Харків, 2002);

– науково-практична конференція «Психологічне забезпечення професійної діяльності працівників залізничного транспорту України» та II



міжнародна конференція «Людський чинник у транспортних системах (ЛЧТС – 2010) (Київ, 2010);

– III міжнародна науково-практична конференція «Якість технологій – якість життя» (Харків, 2011);

– міжнародна конференція НТУ «ХП» «Безпека людини в сучасних умовах» (Харків, 2009, 2011);

– четверта міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2012)» (Херсон, 2012).

**Публікації.** Основні теоретичні та практичні положення дисертаційної роботи викладено в 27 наукових статтях, що вийшли друком у фахових виданнях, які входять до переліку Департаменту атестації кадрів МОН України, 21 працях апробаційного характеру та 4 працях, які додатково відображають наукові результати дисертації.

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 359 сторінок. Обсяг основного тексту – 289 сторінок. Робота містить 71 рисунок, 23 таблиці, 3 додатки на 29 сторінках і список використаних джерел (407 позицій) на 41 сторінці..

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено об'єкт, предмет, мету, завдання, та методологічну базу наукового дослідження. Висвітлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Відображено наукову новизну і практичну цінність дисертації, наведено відомості про апробації та публікації результатів дослідження.

У першому розділі проаналізовано головні результати ергономічних досліджень і стан безпеки руху на ЗТ. Сам ЗТ розглядається як велика ергатична система, до складу якої входить велика кількість підсистем нижчого рівня. Важливими складовими таких підсистем є ЗО – ОДП і РЛБ. Відповідно до ергономічної класифікації вони належать до однієї групи – «оператор – спостерігач», тому розглядаються разом. Вивчається надійність системи «ЗО – техніка – середовище», вплив на неї всіх складових і робиться висновок про те, що визначальною складовою є ПО і, отже, її необхідно контролювати.

Важливою складовою системи «ЗО – техніка – середовище» є виробниче середовище, яке може суттєво впливати на людину-оператора. Вплив факторів середовища поєднується з особливостями роботи, а також з життєвими обставинами, що може призвести до виникнення у ЗО несприятливих із погляду професійної надійності функціональних станів. Із вищезазначеного витікає, що вимоги до рівня ПО РЛБ значною мірою визначаються характером роботи й типом локомотива. Водночас заходи з

контролю ПО, які існують сьогодні, неможливо вважати достатніми для РЛБ, які обслуговують магістральні локомотиви пасажирського руху, а особливо тих, які працюють без помічника й у швидкісному русі. Розглянуті аспекти свідчать про те, що стосовно таких РЛБ актуальними є дві проблеми: контроль рівня поточної працездатності та подовження професійного довголіття.

Розглянуто проблему ПО, виявлено ряд визначень поняття «надійність діяльності» людини-оператора (ЛО) щодо її операторських функцій, перш за все як імовірність успішного виконання завдання. Водночас одним із найважливіших є питання критеріїв надійності людини. Пошуки цих критеріїв припускають вивчення не лише наявних, але й потенційних якостей людини, аналіз її резервів, які змінюються у процесі життя та діяльності.

Значний внесок у розвиток проблеми забезпечення надійності ЛО зробили такі вчені, як Б. Ф. Ломов, В. Д. Небиліцин, А. І. Губінський, К. М. Гуревич, Г. М. Зараковський, М. В. Макаренко, А. Т. Ашерев, В. М. Львов, В. М. Самсонкін, О. М. Рева, Б. М. Герасімов, О. Ю. Буров, В. О. Пономаренко, О. О. Навакатикян, Л. С. Нерсесян, Є. К. Айдаркін, В. А. Бодров, Е. М. Псядло, А. В. Богомолів. Серед іноземних дослідників вирішенням цієї проблеми займалися Г. Міллер, А. Суейн, А. Чапаніс, Е. Холлнегел, Г. Салвенді, Е. Маккормик, Д. Мейстер та інші науковці.

Розглянуто ряд підходів до вирішення проблеми контролю професійної надійності ЛО. Особливе місце займає таке складне явище, як ПО, що складається з ряду складових: рівень здоров'я (РЗ), біологічний вік (БВ), функціональний стан (ФС) та ін. При цьому перші дві складові змінюються відносно повільно (сезон, роки), тому становлять так звану трендову (довгострокову) частину ПО.

Зниження РЗ нижче «безпечного рівня» підвищує ймовірність того, що робітник опиниться у стані зниженої ПО (стомлення, передхвороба або навіть хвороба), тому низький рівень професійного здоров'я є причиною значної частини помилок оператора. Актуальність питання посилюється тим, що в останні десятиріччя РЗ населення України значно знизився, особливо це властиво професійним групам зі складними умовами праці. Це повною мірою стосується ЗО, умови праці яких характеризуються поєднанням цілого комплексу шкідливих факторів. Оскільки більшість з них взаємодіє за принципом синергії, коли спільний вплив є набагато більшим, ніж сума окремих, здоров'я ЗО піддається великому ризику, що підтверджується медичною статистикою.

Небезпека підвищення БВ полягає в тому, що працездатність організму з віком швидко знижується і вже до 40 років інтегрально зменшується в середньому в три рази. В останні роки ця проблема набула особливої актуальності у зв'язку з тим, що в Україні темп старіння в багатьох людей істотно виріс.

З огляду на складність визначення БВ вікові зміни професійно важливих

психофізіологічних якостей визначають також через такі поняття, як професійне старіння операторів, професійний вік і т. п.

Проаналізовано вплив на рівень ПО особистісних властивостей людини.

**У другому розділі** проведено ергономічний аналіз діяльності ЗО, на підставі якого зроблено висновок про пріоритетний вплив на надійність їхньої професійної діяльності вищих психічних функцій, до яких належать мислення, увага, оперативна пам'ять. Зазначені функції дуже вразливі й істотно погіршуються за несприятливих функціональних станів: стомлення, емоційна напруженість і т. п. Саме ці стани періодично виникають унаслідок особливостей праці, пов'язаних із високим рівнем відповідальності, високим напруженням інтелектуальних функцій на тлі таких потенційно небезпечних факторів професійної діяльності як професійний стрес, десинхроноз, гіподинамія та ін. Відомо, що через відсутність «запасу міцності» у людей з низьким рівнем ПО такі несприятливі стани настають швидше та перебігають у більш важкій формі. На підставі аналізу в дисертації сформульовано гіпотезу про необхідність здійснення контролю двох складових ПО ЗО: трендової, або довгострокової, як параметри контролю використовуються БВ і РЗ, і поточної, параметр контролю – ФС.

Обґрунтовано вибір методів вимірювання цих складових, розроблено вимоги до їхнього практичного застосування в умовах залізничного транспорту. Дослідження О. Ю. Бурова засвідчило той факт, що коли йдеться про вікові зміни професійно важливих психофізіологічних якостей, більше коректно говорити не про БВ, а про рівень професійного старіння операторів, професійний вік.

Аналіз великої кількості методів оцінювання цих якостей дав змогу дійти висновку, що із наявних методів вимірювання вікової працездатності для даного дослідження найбільше відповідає вимогам і умовам практичного застосування методика, розроблена в Київському інституті геронтології, а саме її експресний варіант.

Із великої кількості методів вимірювання РЗ найбільше відповідають завданням дослідження інтегративні методи, що враховують цілий ряд параметрів. Зроблено висновок про те, що з застосовуваних наразі інтегративних методів кількісного оцінювання здоров'я найбільш прийнятним є метод Г. Л. Апанасенка, що має найбільшу чутливість і не потребує застосування складної техніки й рідко застосовуваних складних медичних процедур.

Оскільки методи кількісного оцінювання рівня здоров'я займають відносно багато часу, а також потребують фізичних навантажень від обстежуваного, що впливає на його стан, з'явилася потреба у виборі експрес-методів, вільних від цих недоліків. Найкращим з таких визнано метод визначення «рівня фізичного стану» (РФС), розроблений Е. А. Піроговою зі співавторами. Установлено високу інформаційну цінність для діагностики ФС показників варіативності серцевого ритму і психомоторних реакцій.

Розглянуто проблему математичного забезпечення діагностики стану ЗО й направи її вирішення. Зазначено, що завдання об'єктивного оцінювання рівня ПО належать до класу завдань із розпізнавання образів. На підставі аналізу методів класифікації та специфіки наявних даних зроблено висновок про те, що для вирішення завдань дослідження найбільш адекватними методами діагностування є чотири групи методів: структурні (геометричні), нормативні, варіаційні, нейромережеві. Оскільки особливість цього дослідження полягає у відсутності апріорної інформації про стан обстежуваних, зафіксовано прийнятність застосування структурних і нейромережевих методів класифікації.

Розглянуто питання ідентифікації порядку в системі «людина – об'єкт управління – середовище» на залізничному транспорті, як у системі, що самоорганізується. Ідея належить В. М. Самсонкіну, науковому консультанту цієї роботи. Із цією метою розглянуто динамічну систему, що складається з  $k$  пов'язаних один із одним динамічних об'єктів. Стан кожного  $j$ -го динамічного об'єкта ( $j = 1, 2, 3 \dots, k$ ) у конкретний момент часу  $t$  визначається вектором

$$\bar{x}^{(j)} = \{x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, \dots, x_{r_j}^{(j)}\},$$

компоненти якого є координатами об'єкта у фазовому просторі системи.

Стан системи загалом визначається векторами,

$$\bar{x}^{(1)}, \bar{x}^{(2)}, \dots, \bar{x}^{(k)},$$

а також вектором зв'язку між об'єктами

$$\bar{h} = \{h_1, h_2, \dots, h_H\}.$$

Таким чином фазовий простір розглянутої системи

$$(r_1 + r_2 + \dots + r_k + H) - \text{мірно.}$$

Уважається, що система робить синхронний рух, якщо її фазові координати змінюються за законом:

$$\begin{aligned} x_i^{(j)} &= a_i^{(j)} \omega t + y_i^{(j)} (b_i^{(j)} \omega t); \\ h_s &= a_\rho \omega t + d_\rho (b_\rho \omega t), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\omega > 0$  – константа;

$a_i^{(j)}, a_\rho, b_i^{(j)}, b_\rho$  – взаємопрості цілочисельні константи;

$(b_i^{(j)}, b_\rho > 0)$ ;

$y_i^{(j)}, d_\rho$  – періодичні функції з періодами  $2\pi / b_i^{(j)}$  і  $2\pi / b_\rho$

відповідно;

$$i = \overline{1, r_j}; j = \overline{1, k}.$$

Варто зазначити, що поділ системи на об'єкти і зв'язки є умовними. Згідно з (1) маємо диференційні рівняння:

$$\left\langle \frac{dx_i^{(j)}}{dt} \right\rangle = a_i^{(j)} \omega; \left\langle \frac{dh_\rho}{dt} \right\rangle = a_\rho \omega,$$

$$\text{де } \langle \dots \rangle = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} \dots d\tau \text{ – оператор усереднення за «безрозмірним$$

часом»  $\tau = \omega t$ .

Із огляду на це синхронними рухами системи будемо називати коливальні або рівномірні в середньому рухи по кожній з фазових координат із однаковими або кратними для всіх координат частотами.

Якщо для будь-яких  $i$  і  $j$  ( $i = \overline{1, r_j}; j = \overline{1, k}$ )

$$\begin{cases} a_i^{(j)} = \{0, \pm 1\}; \\ b_i^{(j)} = 1, \end{cases} \quad (2)$$

то мають місце прості рухи. Якщо умови (2) не виконуються – кратні руху.

Якщо система пов'язаних об'єктів допускає хоча б один стійкий синхронний рух, то об'єкти мають тенденцію до синхронізації. Таким чином, самоорганізація через коливання можлива, коли «пов'язані» об'єкти коливаються з однаковими або кратними власними парціальними частотами. Водночас область стійкості синхронних режимів у фазовому просторі системи «звужується» із зростанням чисел  $a_i^{(j)}$ . Найкращі умови в зазначеному сенсі зазвичай відповідають простій синхронізації, коли частоти є однаковими, проте можливі винятки.

Стійким синхронним рухам відповідає мінімум потенційної функції. У математиці в цьому разі часто використовується принцип Гамільтона – Остроградського. Не порушуючи спільності суджень, розглянуто коливальну систему, що самоорганізується з двох динамічних об'єктів, стан яких описується однокомпонентними векторами:

$$\overline{x}^{(1)} = \{x_1^{(1)}\}; \overline{x}^{(2)} = \{x_1^{(2)}\}.$$

Якщо уявити, що має місце кратність парціальних частот, що дорівнює

$$(a_1^{(1)} = a_1^{(2)} = 0, b_1^{(1)} = b_1^{(2)} = 1).$$

$$x_1^{(1)} = A \cdot \sin(\omega t + \psi^{(1)});$$

$$x_1^{(2)} = B \cdot \sin(\omega t + \psi^{(2)}).$$

Коливання, що вийшло внаслідок накладання двох коливань

$$\begin{aligned} x_0 &= x_1^{(1)} + x_1^{(2)} = A \cdot \sin(\omega t + \psi^{(1)}) + B \cdot \sin(\omega t + \psi^{(2)}) = \\ &= C \cdot \sin(\omega t + \psi_0). \end{aligned} \quad (3)$$

Це, очевидно, гармонійне коливання з амплітудою

$$C = \sqrt{\left[ A \cos \psi^{(1)} + B \cos \psi^{(2)} \right]^2 + \left[ A \sin \psi^{(1)} + B \sin \psi^{(2)} \right]^2}$$

і фазою

$$\psi_0 = \operatorname{arctg} \frac{A \sin \psi^{(1)} + B \sin \psi^{(2)}}{A \cos \psi^{(1)} + B \cos \psi^{(2)}}.$$

Таким чином, у разі синхронізації системи результуюче коливання (3) є гармонійним.

У випадку, якщо  $A=B$ , будуть мати місце чисті биття (рис. 1).

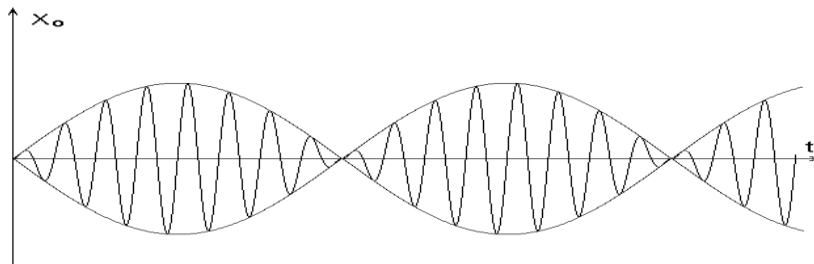


Рис. 1. Результуюче коливання за умови  $A=B$

Частота биття – різниця частот:

$$f_b = \frac{1}{\tau_b} = \frac{\omega_1}{2\pi} - \frac{\omega_2}{2\pi}, \quad (4)$$

Таким чином, наявність биття вказує на виниклу неузгодженість у системі, вихід фазової траєкторії із замкненої орбіти на іншу траєкторію (замкнену типу центр, але з іншим радіусом, або розімкнену). Якщо вдається ідентифікувати биття, то тим самим вдається діагностувати вихід системи за межі функціонального оптимуму або норми. Зазначена задача належить до задач із виявлення прихованих періодичностей. Із цією метою запропоновано використовувати розроблену в роботі В.М. Самсонкіна систему цифрових самоналагоджувальних вузькосмугових фільтрів.

У **третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень впливу параметрів ПО на рівень професійної надійності ЗО, а також наявного

рівня показників трендової частини ПО нині діючих ЗО як важливої складової їхньої професійної надійності. Із цією метою обстежено групу РЛБ локомотивного депо «Одеса-Застава» (чоловіки у віці від 25 до 50 років), у яких визначалися такі показники: експертна оцінка рівня професійної надійності «Н» (експертами виступили машиністи-інструктори, які давно і добре знають обстежуваних); БВ; РФС. Ступінь узгодженості експертних оцінок визначено за коефіцієнтом конкордації Кендалла.

Модель для експертного оцінювання професійної надійності «Н» отримано за допомогою метода множинного регресійного аналізу. Відбір значущих факторів для включення в модель проведено за рівні  $F = 1$ , що забезпечує рівень значущості коефіцієнтів  $p < 0,30$ , а вірогідність  $1 - p > 0,70$ . Коефіцієнти моделі РФС і БВ є значущими, достовірними (для РФС  $p < 0,05$ , для БВ  $p < 0,001$ ). Отримано лінійне рівняння регресії:

$$H = 0,0614 + 2,1133X_{\text{РФС}} + 0,0664X_{\text{БВ}}. \quad (5)$$

Графік регресійної залежності прогнозованої експертної оцінки «Н» наведено на рис. 2.

Отримані результати свідчать про те, що професійна надійність

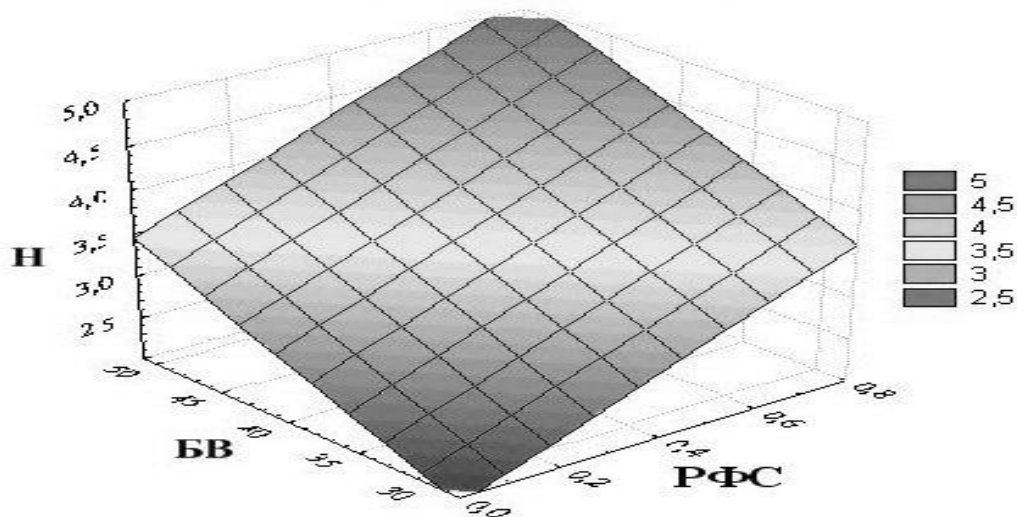


Рис. 2. Графік залежності рівня професійної надійності «Н» від БВ і РФС

людини-оператора залежить від рівня здоров'я та біологічного віку, які є складовими трендової частини рівня ПО, звідки витікає, що для контролю рівня професійної надійності ЗО необхідно контролювати рівень їхньої ПО, зокрема складові її трендової частини.

Інше дослідження присвячено визначенню наявного рівня показників трендової частини ПО нині діючих ЗО як важливої складової їхньої професійної надійності, підґрунтям чого є роботи, які показали, що «трудова потенціал» покоління, які сьогодні працюють, і особливо тих, що

вступають у трудову діяльність, значно нижчий, ніж у покоління, які приступали до діяльності 20–30 років тому.

Професійну надійність ЛО можна подати як взаємовизначальне співвідношення низки факторів: природної схильності до виконуваної роботи ( $P$ ), рівня підготовленості ( $Y$ ) та поточного функціонального стану ( $C$ ), що може бути виражено у вигляді добутку ступеневих одночленів:

$$\Phi_n = P^a Y^b C^c \quad (6)$$

із якого видно, що кінцевий еквівалентний результат можна отримати за різної варіації трьох його складових. Таким чином, існує здатність до компенсації недостатнього рівня одних складових підвищенням рівнем інших. Із цього випливає висновок про те, що знижений рівень одних складових висуває підвищені вимоги до інших складових.

Важливою складовою професійної надійності ЛО є відповідність психофізіологічних якостей конкретного робітника вимогам професії. У випадках, якщо вона виражена слабо, суттєво зростають вимоги до рівня ПО. У зв'язку з цим важливо виявити стан відповідності психофізіологічних якостей ЗО, які працюють сьогодні та тих, хто буде працювати завтра, і таким чином оцінити актуальність проблеми контролю з цього боку.

Із метою оцінювання потенційної професійної надійності ЗО з погляду відповідності їхніх психофізіологічних якостей вимогам професії було обстежено більш ніж 300 робітників ОДП (більше 1000 обстежень). Застосовано методи, які виявляють психофізіологічні якості, професійно важливі для операторської роботи: оцінювання оперативної пам'яті, коректурна проба Бурдона–Анфімова (рівень уваги), особистісний опитувальник Айзенка, методика диференційного діагностування депресивних станів Зунге, тест Лірі (методика діагностування міжособистісних відносин), самооцінювання рівня здоров'я, тест Тейлора, тест Спілбергера, тест РХТ (риса характеру й темпераменту), що оцінює 10 якостей: 1–силу нервових процесів з боку збудження; 2–чутливість нервової системи; 3–силу нервових процесів з боку гальмування; 4–рухливість нервових процесів; 5–емоційну лабільність; 6–рівень розвитку 1-ї сигнальної системи; 7–рівень розвитку 2-ї сигнальної системи; 8–рівень нервовості; 9–рівень домагань; 10–рівень щирості (даний показник є технологічним). За результатами досліджень (рис. 3) встановлено, що значна частина обстежених має незадовільний рівень розвитку професійно важливих якостей. Зокрема, більш ніж у 15 % обстежених виявлено незадовільний рівень розвитку таких важливих для операторської діяльності якостей, як рівень уваги й оперативна пам'ять. Ще більша частина має несприятливі для операторської роботи показники таких якостей вищої нервової діяльності, як сила нервової системи, рухливість нервових процесів і ряд особистісних якостей: емоційна врівноваженість, особистісна тривожність, тому зроблено висновок про необхідність підвищення вимог до рівня ПО ЗО.



Із метою оцінювання наявного рівня ПО ЗО було обстежено дві групи ЗО: група ОДП і група РЛБ.

Під час обстеження визначалися такі характеристики: БВ – за скороченим варіантом «київської» методики, РФС – як показник «рівня здоров'я». Із огляду на високу цінність для діагностування рівня здоров'я самооцінювання, що визнано в Європейській медицині, проведено тестування за «Гісенським опитувальником» і за тестом «Суб'єктивний рівень захворювання».

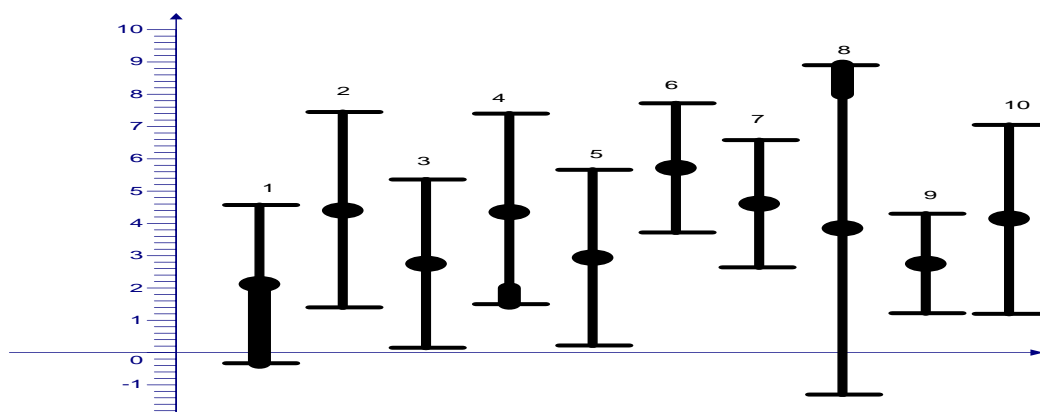


Рис. 3. Результати обстеження за тестом РХТ (потовщеними ділянками показано рівні, очевидно несприятливі для професійної діяльності ЛО)

Із метою урахування гендерного аспекту оброблення результатів проводилося окремо для чоловіків і жінок. Результати обчислень показали, що більше 40 % чоловіків і 30 % жінок мають РФС «нижче середнього» і «низький рівень», що свідчить про небезпечно низький рівень здоров'я (рис. 4, 5). Це той рівень, що ставить людей у положення між здоров'ям і захворюванням і спричиняє дуже низький «запас міцності».

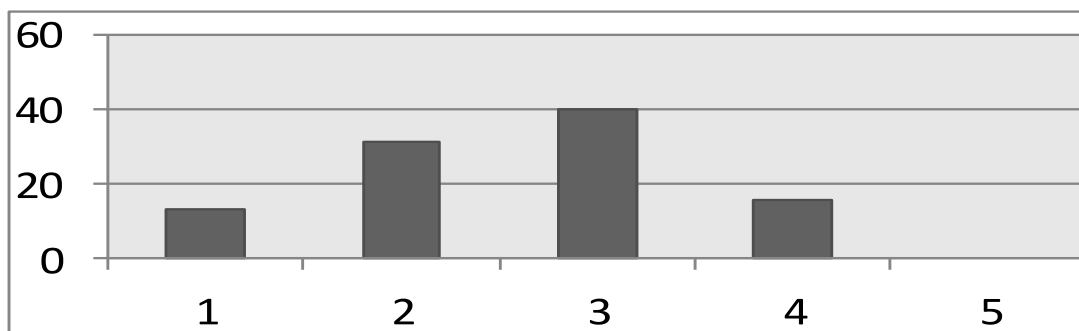


Рис. 4. Розподіл класів РФС у чоловіків: за віссю абсцис – рівні РФС: 1 – «низький»; 2 – «нижче від середнього»; 3 – «середній»; 4 – «вище від середнього»; 5 – «високий». За віссю ординат – процент обстежених

БВ переважної більшості обстежених значно перевершує метричний вік (МВ) (рис. 6). Водночас середній МВ випробуваних склав близько 20 років а середнє значення БВ – 32,7 року.

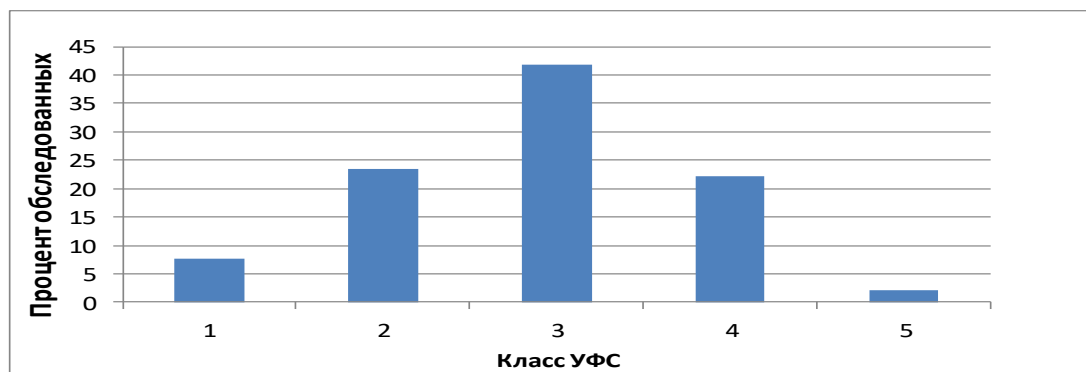


Рис. 5. Розподіл класів РФС у жінок: за віссю абсцис – рівні РФС: 1– «низький»; 2 – «нижче від середнього»; 3 – «середній»; 4 – «вище від середнього»; 5 – «високий». За віссю ординат – процент обстежених

Оскільки БВ істотно визначає рівень працездатності, це також може значно знижувати «запас міцності» і бути підставою для більш жорсткого контролю за цією якістю.

Результати за Гісенським тестом (рис. 7) показали, що за самопочуттям більше 40 % обстежених ближчі до пацієнтів, ніж до здорових.

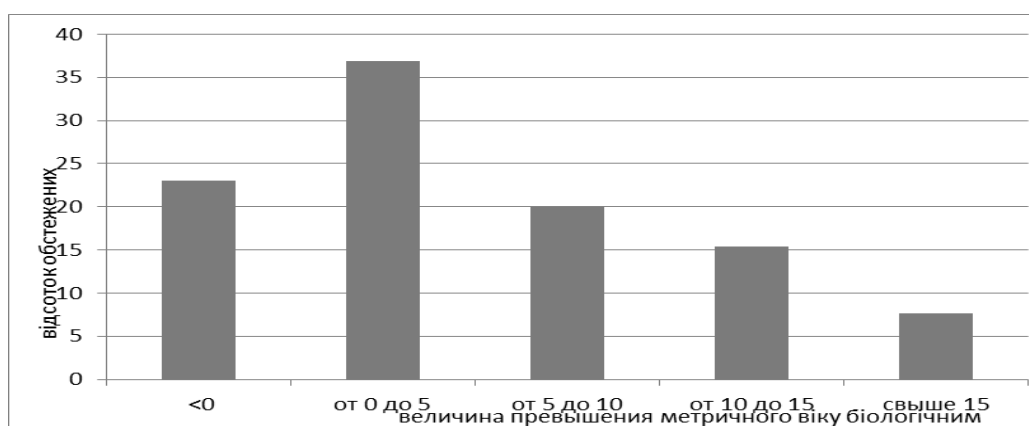


Рис. 6. Розподіл перевищення БВ над МВ (роки) у групі ОДП

Результати у 20 % обстежених виглядають аналогічно до пацієнтів, що свідчить про високу ймовірність того, що вони вже мають невиявлені захворювання. При цьому переважна більшість обстежених виявила надмірно високий рівень стомлення за тестом «Суб'єктивний рівень стомлення».

За результатами обстежень РЛБ (рис. 8, 9) встановлено, що більше 40 % обстежуваних мають РФС на рівні «нижчий від середнього» і «низький», БВ у середньому по групі перевищує МВ на 10,2 роки.

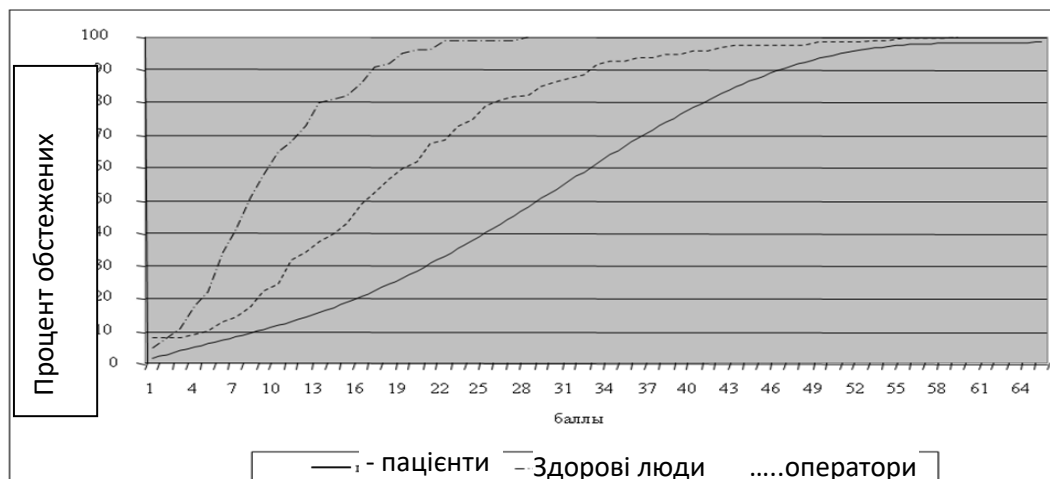


Рис. 7. Розподіл балів у групах «здорові», «пацієнти», «оператори» за тестом «Гісенський опитувальник»

Привертає увагу той факт, що випередження БВ особливо виражене в обстежуваних у віці до 30 років, у яких воно склало в середньому 14 років (рис. 9).

Таким чином, результати дослідження свідчать про те, що значна частина нині діючого контингенту, а також тих, хто працюватиме завтра, мають знижений рівень ПО. Це означає, що вони мають низький «запас міцності» та істотно підвищений ризик захворювання й настання несприятливого функціонального стану.

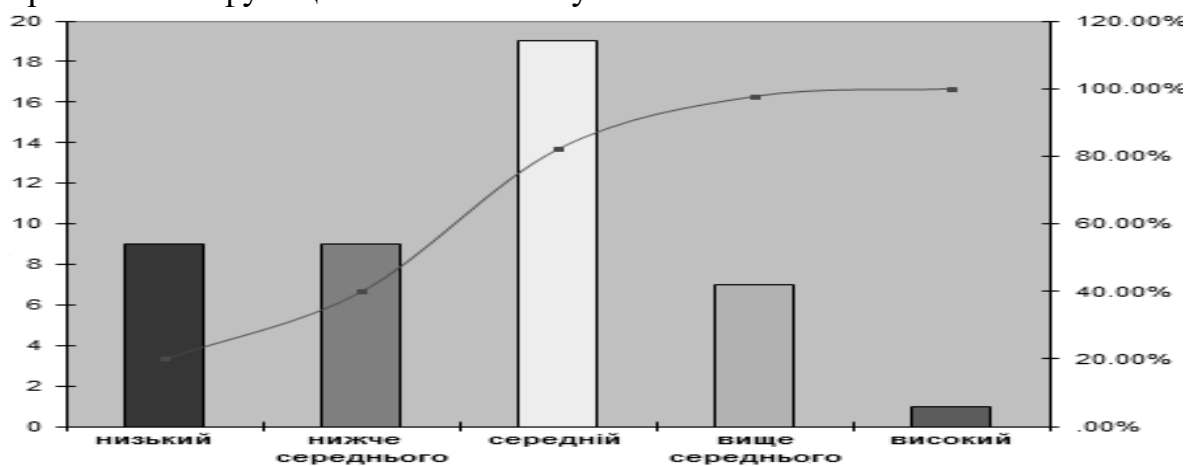


Рис. 8. Розподіл РФС у робітників локомотивних бригад

Це особливо небезпечно з огляду на невідповідність рівня професійно важливих психофізіологічних якостей вимогам професії у значної частини ЗО (як було показано).

Із зазначеного можна зробити висновок, що заради підтримання

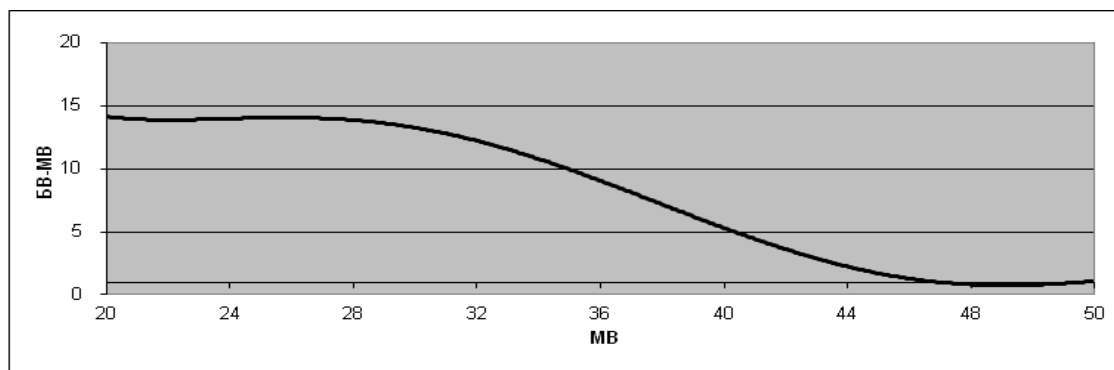


Рис. 9. Залежність різниці біологічного (БВ) і метричного (МВ) віку (роки) від МВ у робітників локомотивних бригад

належного рівня професійної надійності ЗО необхідно контролювати їхній рівень ПО.

**Четвертий розділ** присвячено встановленню закономірностей впливу особистісних властивостей ЗО на їхню професійну надійність і ПО, що важливо з огляду на розмаїтість як індивідуальних особливостей людини (конституційних, нейрофізіологічних і т. п.), так і способів їхнього впливу на професійну надійність і ПО. Питання оцінювання особистісних властивостей добре розроблено у психології, де накопичено багато інформації, існують добре відпрацьовані й апробовані методики. Зокрема, відомо, що особистісні властивості, будучи константними, базисними характеристиками конкретного індивіда, значною мірою визначають індивідуальні поведінкові реакції і психічні стани, що впливають на ефективність професійної діяльності. У зв'язку з цим розглянуто підходи до оцінювання особистісних властивостей людини, методи їхнього оцінювання. Як найбільш адекватний для даного дослідження засіб оцінювання особистісних властивостей визначено 16-факторний опитувальник Кеттелла.

Експериментальна частина розділу містить два дослідження.

У першому – обстежено групу РЛБ, чоловіків у віці від 25 до 50 років, було протестовано за тестом Кеттелла й надано експертну оцінку рівня їхньої професійної надійності. Ступінь узгодженості думок експертів визначався за коефіцієнтом конкордації Кендалла. За результатами дослідження отримано регресійне рівняння:

$$H = 4,7520 - 0,2649 \cdot A - 0,0814 \cdot L + 0,1520 \cdot Q_3, \quad (7)$$

де  $A$ ,  $L$  і  $Q_3$  – фактори тесту Кеттелла.

Коефіцієнт детермінації моделі « $H$ » за факторами  $A$ ,  $L$  і  $Q_3$  становить  $R^2=0,964$ . Із рівняння (7) випливає, що високому рівню професійної надійності РЛБ сприяють такі особистісні якості, як замкненість, ригідність (фактор  $A$ ), терпимість до інших людей (фактор  $L$ ), а також розвинений самоконтроль і точність виконання соціальних вимог (фактор  $Q_3$ ). Таким чином, виявлено зв'язок між рівнем професійної надійності РЛБ і рядом

факторів тесту Кеттелла, на що необхідно зважати в системі професійного відбору.

У другому дослідженні встановлено закономірності впливу особистісних властивостей на показники ПО, для чого обстежено групу ОДП (чоловіків і жінок). Оскільки в сучасній медицині важливу роль в оцінюванні стану здоров'я відводять самооцінці, проведено також тестування за тестом «Гісенський опитувальник соматичних скарг» (ГОС). Визначалися такі характеристики стану: частота серцевих скорочень у спокої сидячи (ЧСС); артеріальний тиск систолічний (АДс); артеріальний тиск діастолічний (АДд); зріст; вага; БВ. За результатами вимірів для кожного обстеженого було обчислено показники РФС, належний біологічний вік (НБВ) і різниця (БВ - НБВ). Кореляційний аналіз отриманих даних було проведено окремо для чоловіків і жінок. За результатами виявлено значущі зв'язки показників ПО з рядом особистісних властивостей, при цьому виявилися виражені гендерні відмінності. Отримано рівняння регресії, що об'єднує показники трендової частини ПО з факторами тесту Кеттелла:

а) для чоловіків:

$$РФС = 0,4491 + 0,0011 \cdot A + 0,0023 \cdot E - 0,0021 \cdot F - 0,0014 \cdot H + 0,0013 \cdot M + 0,0010 \cdot N + 0,0022 \cdot O - 0,0022 \cdot Q_1 + 0,0008 \cdot Q_2, \quad (8)$$

$$БВ - НБВ = 3,9171 + 0,4981 \cdot B - 0,0289 \cdot C - 0,1079 \cdot E - 0,0378 \cdot F - 0,0401 \cdot G + 0,1285 \cdot H - 0,0373 \cdot I - 0,0240 \cdot L + 0,1296 \cdot M + 0,0419 \cdot N + 0,8508 \cdot O + 0,1069 \cdot Q_1 + 0,0275 \cdot Q_2 - 0,1394 \cdot Q_4 - 0,0641 \cdot MD. \quad (9)$$

б) для жінок:

$$РФС = 0,4905 - 0,0016 \cdot B - 0,0038 \cdot C + 0,0008 \cdot E - 0,0017 \cdot F + 0,0008 \cdot G + 0,0015 \cdot H + 0,0008 \cdot I + 0,0003 \cdot L + 0,0019 \cdot N - 0,0018 \cdot O + 0,0087 \cdot Q_1 + 0,0014 \cdot Q_2 + 0,0002 \cdot Q_3 + 0,0014 \cdot Q_4 - 0,0005 \cdot MD, \quad (10)$$

$$БВ - НБВ = - 8,5139 + 0,0359 \cdot A - 0,0885 \cdot B - 0,4408 \cdot C - 0,1093 \cdot E - 0,0864 \cdot F + 0,07328 \cdot G + 0,2466 \cdot H + 0,3841 \cdot I - 0,0845 \cdot L + 0,0615 \cdot M + 0,2384 \cdot N - 0,1621 \cdot O + 0,05010 \cdot Q_1 + 0,1326 \cdot Q_2 + 0,0536 \cdot Q_3 - 0,1688 \cdot Q_4 - 0,0613 \cdot MD. \quad (11)$$

Таким чином, виявлено значущі зв'язки РФС із особистісними властивостями й водночас зафіксовано гендерні розходження.

У чоловіків високому рівню здоров'я сприяє вираженість таких якостей, як критичність, наявність інтелектуальних інтересів, аналітичне мислення, прагнення бути добре поінформованим, що цілком узгоджується з даними про тісний зв'язок рівня інтелекту з рівнем здоров'я.

У жінок більш високому рівню здоров'я сприяють такі особистісні якості, як розвинений самоконтроль, зорієнтованість на власний внутрішній світ, високий творчий потенціал, схильність швидше недооцінювати свої можливості, ніж їх переоцінювати, незадоволеність собою внаслідок високої мотивації, життєрадісність, енергійність, динамічність.

Іншою важливою складовою ПО є БВ і, насамперед, перевищення (БВ – НБВ). Виявлено значущі зв'язки перевищення БВ над НБВ з особистісними властивостями, водночас зафіксовано істотні гендерні відмінності. Звідси випливає, що наявність певних особистісних властивостей, з високою імовірністю, призводить до прискореного старіння залізничних операторів. Встановлено, що у жінок і чоловіків це дещо різні якості. В обох групах передчасному старінню сприяє вираженість фактора С, за якого притаманні такі риси характеру, як низька толерантність щодо фрустрації.

Не виявлено зв'язків факторів тесту з МВ, що підтверджує те, що ці фактори оцінюють достатньо стабільні характеристики особистості. Установлені залежності можуть мати важливе значення для прогнозування рівня ПО ЗО, а також застосовуватися при професійному відборі та при контролі рівня ПО на індивідуальному рівні.

Виявлено зв'язок факторів тесту Кеттелла з показниками самооцінки власного здоров'я, водночас також встановлено гендерні відмінності. Як у чоловіків, так і у жінок з наявністю хворобливих відчуттів пов'язаний фактор С. У жінок, крім того, спостерігається негативний зв'язок між вірогідністю наявності відчуття болю та рівнем інтелекту й самооцінкою.

Одержано рівняння регресії (де залежним фактором є рівень тиску скарг за ГОС, незалежними факторами – результати тесту Кеттелла) за

$p > 0,5$ :

а) для жінок:

$$T = 0,4983 \cdot A + 0,3228 \cdot I - 0,3446 \cdot C + 0,3341 \cdot E - 0,4035 \cdot F; \quad (12)$$

б) для чоловіків:

$$T = -0,8484 \cdot F + 0,4510 \cdot N + 0,4101 \cdot Q_3 - 0,3524 \cdot L - 0,2972 \cdot E. \quad (13)$$

де Т – тиск скарг за ГОС.

За результатами досліджень з'ясовано, що на особистісні властивості потрібно враховувати при професійному відборі, а контроль працездатності проводити, насамперед, на базі індивідуальної норми.

**П'ятий розділ** присвячено розробленню методу оцінювання трендової частини рівня ПО ЗО, що необхідно для отримання міри оцінювання складної комплексної величини, яка складається з різнорідних складових. Розглянуто математичні методи, які можна застосовувати з цією метою. Проведено дослідження ефективності використання методу нейронних мереж для контролю ПО ЗО. Із цією метою обстежено групу РЛБ за комплексом методів, до якого належали РФС, БВ, «Реакція на рухомий об'єкт», «Показники варіабельності серцевого ритму», «Оперативна зорова пам'ять». Крім того, кожен працівник був оцінений експертами за показниками ступеня його професійної надійності, теоретичної та практичної підготовки. Отримані дані були вихідними масивами даних, що пред'являлися нейроно-мережній моделі (рис. 10).

За допомогою цієї мережі одержано ряд графіків, один із них показано на рис. 11. Із метою обмеження простору пошуку під час навчання була

проведена мінімізація цільової функції помилки нейронної мережі за методом найменших квадратів:

$$E(W) = \frac{1}{2} \cdot \sum_{j=1}^p (y_j - d_j)^2, \quad (14)$$

де  $y_j$  – значення  $j$ -го виходу нейронного ланцюга;  
 $d_j$  – цільове значення  $j$ -го виходу;  
 $p$  – число нейронів у вихідному шарі.

Навчання нейронної мережі проводилося за допомогою методу градієнтного спуску, тобто на кожній ітерації зміна ваги здійснювалася за формулою:

$$\Delta W_{ij} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial W_{ij}}, \quad (15)$$

де  $\eta$  – параметр, що визначає швидкість навчання залізничних операторів.

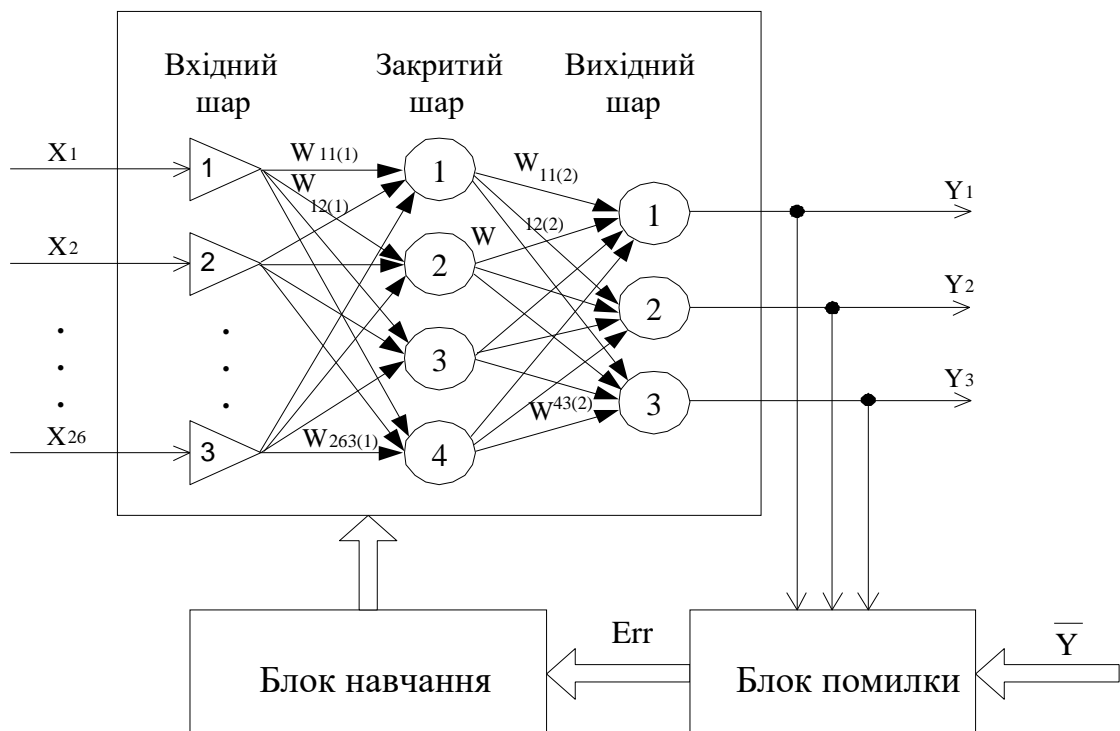


Рис. 10. Структура модельованої нейронної мережі

Кінцевий вираз (15) у розгорненому вигляді:

$$\Delta W_{ij}^{(n)}(t) = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot x_i^{(n)} + \mu \cdot \Delta W_{ij}^{(n)}(t-1), \quad (16)$$

де:  $\mu$  – момент навчання;

$$\delta_j^{(n)} = (y_i^{(n)} - d_i) \cdot \frac{dy_i}{dS_i} - \text{допоміжна змінна.}$$

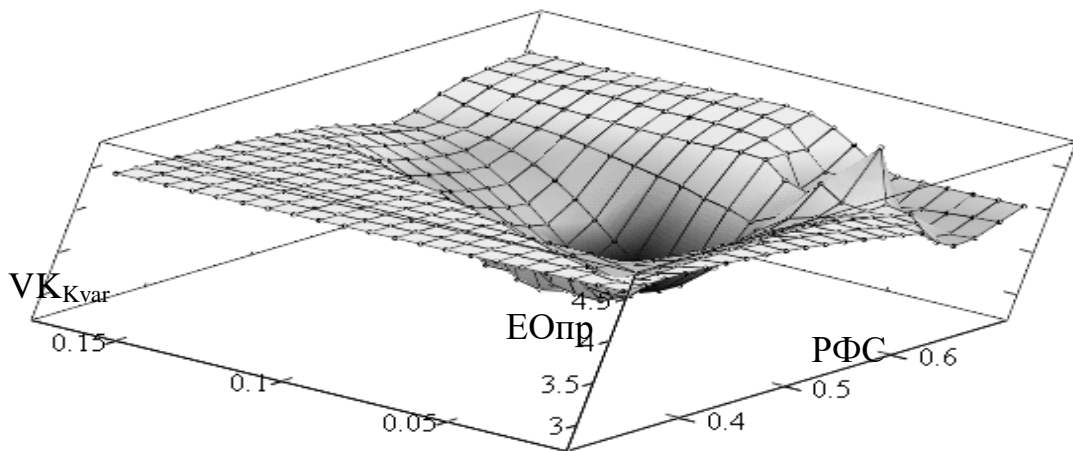


Рис. 11. Графік варіації експертної оцінки «надійність» (ЕОпр) залежно від РФС і коефіцієнта варіації ряду кардіоінтервалів ЕКГ ( $VK_{Kvar}$ ) в обстежених

Першим етапом вирішення задачі математичної моделі трендової частини рівня працездатності залізничних операторів є вибір міри близькості між класифікованими об'єктами – метрики (як відомо, метрика – кількісна міра відстані, що задовольняє чотирьом вимогам: нерозрізнюваність ідентичних об'єктів; розрізнюваність нетотожних об'єктів; симетрія; нерівність трикутника).

Оскільки стратегія розроблення більшою мірою визначається конкретними даними, його доцільно проводити числовим методом, тобто для конкретної хмари даних. Із огляду на вищезазначене на базі набору методів, що дають інформацію про показники трендової частини ПО, було обстежено групу ЗО. Оскільки технологія синтезу математичного забезпечення визначається за допомогою описування вихідних даних, а вони задані автоасоціативними (без зазначення оцінки поточного стану) наборами показників. Із метою синтезування процедури діагностування стану проведено розвідницький аналіз вихідних даних. Він припускає виконання таких етапів оброблення масиву описів стану людини: вибір методу виділення класів об'єктів (описів стану); розроблення алгоритму визначення належної кількості класів; розроблення методики інтерпретації класів; формування правила діагностування ФС.

Аналіз описової статистики масиву показників свідчить про необхідність їхнього нормування, яке було проведено за показниками  $\sigma$  і  $R$ . Вирішення завдання класифікації припускає побудову правила віднесення об'єкта класифікації (опису стану людини) до однієї або декількох груп (класів, категорій, таксонів) і опис виділених класів. Аналіз показав, що для розглянутого в даному дослідженні випадку кращим є кластерний аналіз.



Після вибору методу виділення класів було вирішено завдання вибору метрики, найбільш прийнятною виявилася евклідова метрика. Наступним важливим кроком є визначення належної кількості класів, для чого було проведено кластерний аналіз, який виявив природні скупчення точок у вихідній хмарі даних. За результатами проведення кластерного аналізу було побудовано три дендрограми (методом ближнього сусіда, методом дальнього сусіда і методом Уорда) і діаграму зміни коефіцієнта злиття кластерів (рис. 12, 13).

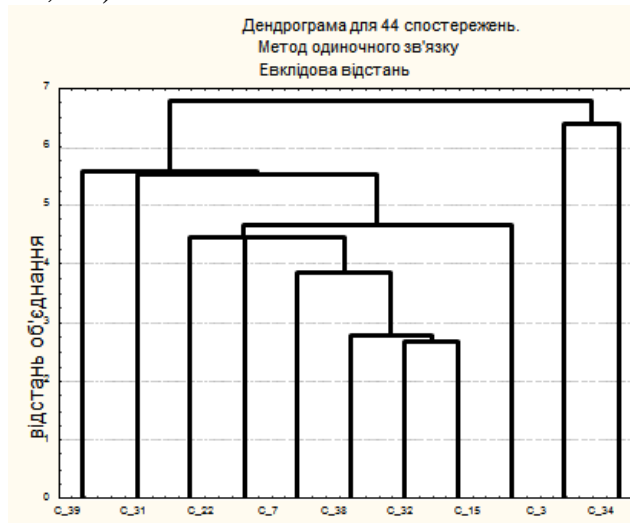


Рис. 12. Дендрограма злиття кластерів методом ближнього сусіда

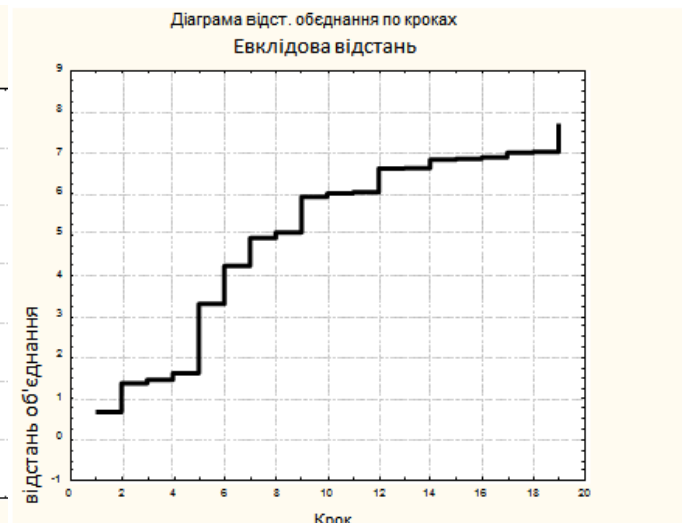


Рис. 13. Динаміка зміни коефіцієнта злиття кластерів

Розбиття хмари даних чотирма способами засвідчило той факт, що оптимальною кількістю є чотири класи. Перевірку гіпотези про рівність коваріаційних матриць для розбиття простору ознак на чотири класи всіма чотирма способами кластеризації проведено за критерієм Бартлетта.

Аналіз показав, що розбиття простору об'єктів на класи необхідно здійснювати за допомогою методу Уорда. Із метою зменшення розмірності простору було застосовано «метод головних компонентів».

Під час розроблення виявлено, що існують «зони невизначеності», коли за різними показниками один і той самий оператор може потрапляти до різних груп рівня ПО. Із огляду на це було вирішено звести всі показники до єдиного, який однозначно свідчив би про статус ПО ЗО, для чого було використано два підходи: перший – спрощений, із залученням дискримінантного аналізу й урахування трьох основних складових, другий – з використанням нейронних мереж і з розширеним складом параметрів.

Дискримінантний аналіз за допомогою показників АДд, БВ та РФС дав таке правило класифікації:

$$K = -27,983 + 1,060 \cdot АДд - 176,867 \cdot РФС + 1,465 \cdot БВ, \quad (17)$$

де АДд – артеріальний тиск діастоли;

К – клас стану.

Із метою синтезування інтегрального показника довгострокового складника рівня ПО найбільш доцільним визнано метод штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона. Після проведення аналізу наявних нейронних мереж було обрано штучну нейронну мережу з 8 вхідними шарами, 10 закритими шарами та одним вихідним шаром. Саме такий тип нейронної мережі забезпечує найкращі результати під час використання для класифікації за наявності апріорної інформації. Модель такої мережі наведено на рис. 14.

Після навчання нейронної мережі було отримано дані її функціонування:

- середнє значення даних – 3,704545;
- стандартне відхилення даних – 0,3962;
- середнє значення похибки – 0,0050;
- стандартне відхилення похибки – 0,0314;
- середнє значення абсолютної похибки – 0,0236;
- співвідношення стандартних відхилень – 0,0794;
- кореляція – 0,9976.

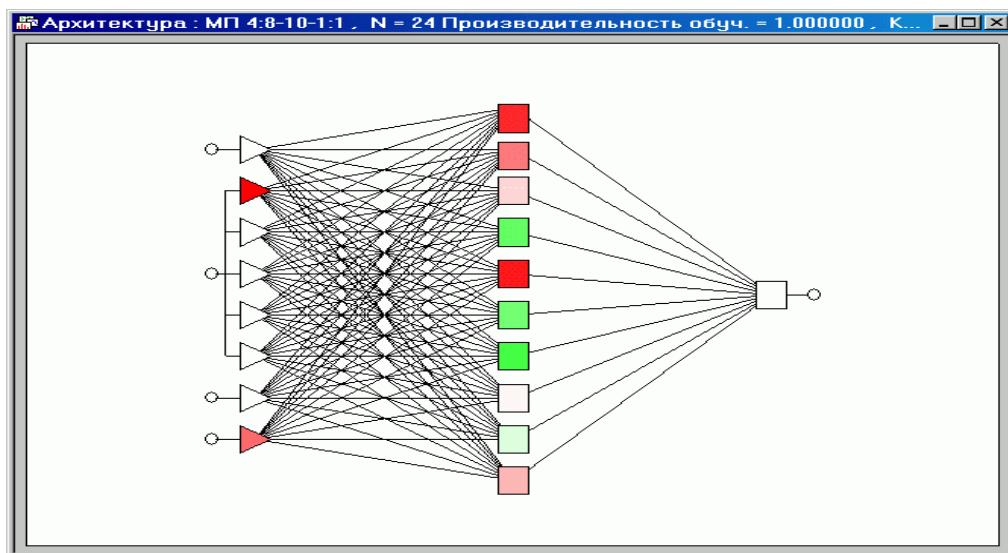


Рис. 14. Схема побудованої нейронної мережі для синтезу інтегрального показника рівня ПО

Таким чином, отримано науковий результат – розроблено метод визначення трендової складника рівня ПО ЗО.

У шостому розділі розроблено засоби контролю ФС ЗО на прикладі інформаційно-експертної системи для передрейсового контролю РЛБ. Відомо, що без такого контролю неможливо забезпечити припустимий рівень безпеки на залізничному транспорті. Наявний сьогодні передрейсовий медичний контроль використовує декілька найпростіших медичних параметрів, що не відповідає сучасним вимогам. Такий контроль з певною вірогідністю дає змогу виявити певні патологічні стани, він, однак, не може

виявляти стани, що знижують професійну надійність РЛБ, проте ще не належать до класу патології. Практика показала, що саме такі стани є найбільш небезпечними з погляду підтримання належного рівня професійної надійності.

Виявляти такі стани дають змогу методи ергономіки в поєднанні з відповідними методами математичного аналізу. Головною метою передрейсового контролю є оцінювання рівня ПО та його прогнозування на період робочої зміни. Іншою не менш актуальною метою є моніторинг рівня здоров'я як важливої складової заходів щодо продовження професійного довголіття ЗО. Аналіз існуючих наразі, потенційно придатних для цих цілей засобів показав, що вони не дають змоги досягти необхідних результатів, що викликає необхідність у створенні таких засобів. Під час їхнього розроблення виникла необхідність вирішення низки завдань: визначення методології контролю; формування комплексу методів обстеження; реалізація цього комплексу у вигляді апаратно-програмного устрою; розроблення математичної моделі ФС.

Вирішення завдань ускладнено специфікою застосування засобів: обмеженим часом обстеження (до 5 хв), необхідністю застосування в умовах за межами лабораторії, за наявності потужних індустриальних перешкод (електромагнітних, вібраційних та ін.).

Аналіз можливостей різних методів контролю дозволяє дійти висновку про те, що для цілей передрейсового контролю РЛБ доцільно застосувати контроль, що містить поведінкові, фізіологічні та психологічні методи.

Розглянуто методичні підходи до діагностування ФС. Найбільш адекватною для вищенаведених цілей на сьогодні є теорія функціональних систем, згідно з якою організм розглядають як складну, ієрархічну систему саморегуляції, що має декілька рівнів ієрархії. Науковці виділяють різну кількість таких ієрархічних рівнів: від восьми до чотирьох і менше. Водночас із огляду те, що рівні регуляції послідовно виникли на різних етапах еволюції, існують певні закономірності їхньої взаємодії, на які необхідно зважувати. Вони різняться як за ступенем впливу на стан (від часткових моментів до глобальних), так і за швидкістю початку та закінчення процесів. Еволюційно «старіші» рівні повільніше починають і повільніше завершують регулювання та відрізняються більш широкою дією. «Молодші» значно раніше починають регулювання, раніше його закінчують, проте мають меншу кількість наслідкових явищ. Із погляду ієрархічної підпорядкованості «старі» значно сильніше впливають на «нові», ніж навпаки. Звідси можна зробити важливий для діагностики ФС висновок: для раннього виявлення небезпечних станів більш інформативними є еволюційно новіші рівні регуляції як лабільніші та такі, що раніше реагують на ці стани. Із метою контролю ж виходу з цих станів перевагу доцільно надавати більш консервативним рівням.

Для діагностування ФС ЗО важливе значення має, які психофізіологічні механізми забезпечують структуру конкретної діяльності насамперед. Відомо, що навіть невеликі зміни параметрів основної функціональної системи, яка безпосередньо реалізує професійну діяльність, можуть призвести до зниження працездатності оператора. Водночас параметри фізіологічних систем і функцій, що мають менше значення, можуть змінюватися в широкому діапазоні, і навіть багаторазово, без втрати якості виконуваної професійної діяльності та стану здоров'я. Для такої складної системи, як організм людини, здобуття оцінки ФС вимагає комплексного підходу, що реалізується шляхом інтеграції окремих показників стану функціональних систем в оцінку ФС із застосуванням математичних методів.

Відомо, що реальне діагностування ФС здійснюється ефективніше за принципом виявлення конкретних станів, найбільш актуальних за певних умов. Найбільш актуальними, з погляду зниження надійності професійної діяльності ЗО станами, є стомлення, стрес, тривожність, пограничні стани. Із огляду на це проаналізовано такі стани для встановлення діагностичних ознак, що дають змогу їх виявляти.

Частіше за інших зустрічається стомлення, водночас визначено, що сьогодні немає навіть однозначного визначення самого терміна «стомлення», існує близько ста його визначень. Із позицій забезпечення професійної надійності ЗО найбільш вираженими та істотними ознаками стомлення є порушення уваги: звужується її обсяг, страждають функції перемикання та розподілу уваги. З погляду діагностування важливо знати прояви стомлення, які можна фіксувати. Це фізіологічні показники: зміни у варіативності серцевого ритму, зокрема поява повільних хвиль, зниження чутливості аналізаторів. Виділяють високу інформативність суб'єктивних симптомів, які здебільшого випереджають об'єктивні показники, що вказує на високий потенціал психологічних тестів для діагностування стомлення.

Одним із найважливіших із погляду професійної надійності ЗО, видів ФС є стрес, і в цьому понятті теж спостерігається істотна невизначеність. На сьогодні немає загальновизнаної концепції стресу, і навіть саме визначення фахівці вважають за краще замінювати поняттям «психічна напруга». Залежно від характеру впливу на діяльність розрізняють два її види: напругу і напруженість. Установлено особливості «професійного» стресу, який призводить до багатьох негативних наслідків для здоров'я у фізичній і психічній сферах. Розглянуто прояви стресу, які спостерігаються на рівні поведінкових реакцій у вигляді змін у сфері пізнавальних процесів і психомоториці, змін протяжності та безпомилковості сенсомоторних реакцій, змін показників пам'яті й уваги, зрушень у фізіологічних функціях. Зазначено, що ці реакції є вельми специфічними й індивідуальними. Вегетативні реакції на стан напруженості найбільш виражені в показниках електричної активності шкіри та показниках варіативності серцевого ритму. Зроблено висновок про те, що для оцінювання психоемоційної напруги

(стресу) найбільш прийнятним є використання фізіологічних і психофізіологічних методів із оцінюванням змін показників ФС відносно їхнього вихідного рівня.

Під час розгляду такого потенційно важливого класу станів, як пограничні, тобто ті, що перебувають на межі норми та патології, розглядається питання «норми», порівнюється ефективність підходів на ґрунті групової й індивідуальної норми. Наразі ефективнішим вважається підхід із використанням поняття «індивідуальна норма», це пов'язано з тим, що спостерігаються достовірні відмінності індивідуальних норм одної від іншої в рамках середньої норми, можливе істотне відхилення від індивідуальної норми для окремого оператора в межах середньої норми.

Розглянуто вимоги до вихідних даних, визначено, що для використання математичних методів діагностування описи ФС мають подаватися у вигляді наборів даних (характеристик ФС) або із зазначенням оцінки поточного ФС (гетероасоціативні вибірки), або без зазначення оцінки поточного ФС (автоасоціативні вибірки). Із метою забезпечення коректності математичного забезпечення діагностування ФС людини під час збирання вихідних даних, необхідно гарантувати їхню однорідність, репрезентативність, достатність, відсутність аномальних спостережень. Під час розгляду математичних методів оброблення інформації, застосовуваних для завдань діагностування ФС, за основу взято концепцію математичного забезпечення діагностування ФС фахівців операторського профілю, представлену А. В. Богомолвим зі співавторами. Підґрунтям концепції є узагальнення науково-технічних, математичних і медико-біологічних методів, що дає змогу синтезувати логічну схему вибору математичного методу оцінювання ФС і включити його в систему ухвалення рішень про приналежність поточного ФС. Відповідно до цієї концепції вихідними ознаками для діагностування поточного ФС людини можуть бути лише динамічні ряди та статичні набори характеристик ФС (якісних і кількісних).

Синтез математичного забезпечення діагностування ФС оператора, характеристик, описаних динамічними рядами, має здійснюватися на базі методів аналізу автоколивальних процесів в організмі, аналізу хаосу, штучних нейронних мереж, багатовимірного статистичного, кореляційного, спектрального аналізів, часових рядів, вейвлет-аналізу, реалізованих у вигляді комп'ютерних методик.

Оскільки ефективність діагностування ФС більшою мірою визначається інформаційною цінністю застосовуваних методів, було сформовано комплекс методів. Відповідно до сучасних вимог застосовувані методи мають інтегрально надавати інформацію про стан найважливіших підсистем організму, насамперед тих, які максимально визначають успішність конкретної діяльності. Не менш важливо також мати інформацію про наявність функціональних резервів.

За результатами психофізіологічного аналізу діяльності 30 визначено, що найбільш важливою підсистемою організму, яка визначає успішність їхньої діяльності, є центральна нервова система, що забезпечує функції вищої нервової діяльності: психічні процеси, пов'язані зі сприйняттям і аналізуванням інформації, що надходить, ухваленням рішення і його реалізацією. Оскільки ці функції дуже вразливі та істотно погіршуються за несприятливих ФС, важливо мати інформацію про «запас міцності» вегетативних систем, що їх забезпечують. Розглянуто методи різних класів, які потенційно можуть надавати потрібну інформацію. Визначено, що найбільш важливу інформацію можна одержати з сигналів серцевої діяльності. Особливе значення наразі мають показники варіативності серцевого ритму (BCP), які застосовують як мірило запасів енергії регуляторних систем організму, їхню стійкості до екстремальних факторів, ресурсів для одужання в разі хвороб і ризику катастрофічних порушень здоров'я, аж до раптової смерті. Метод базується на розпізнаванні та вимірюванні часових інтервалів між R-R – інтервалами електрокардіограми, побудові динамічних рядів кардіоінтервалів (кардіоінтервалограми) і подальшому аналізі отриманих числових рядів різними математичними методами.

У цьому випадку простота знімання інформації поєднується з можливістю одержання з отриманих даних великої кількості інформації про нейрогуморальну регуляцію фізіологічних функцій і адаптаційні реакції цілісного організму. Одними з високоінформативних показників стану людини є показники електричної активності шкіри (ЕАШ), що широко застосовуються в ергономічних дослідженнях як високочутливий, простий і технічно порівняно легко одержуваний показник рівня активності симпатичної нервової системи, а також як складова оцінювання нейропсихічної напруги людини. Розглянуто методичні й технічні аспекти їхньої реєстрації та аналізу. Із двох сучасних методів – Тарханова і Ферре, перевагу надано останньому, як більш практичному в застосуванні.

Розглянуто методи оцінювання стану рухового аналізатора; цінність такого класу методів полягає в тому, що руховий аналізатор є інтегратором, на рівень функціонування якого впливають усі нейрофізіологічні механізми, що, за Е.І. Бойком, визначає успішність операторської діяльності. За величиною латентного періоду можна судити про функціональний стан організму та лабільність центральної нервової системи. Сенсомоторні реакції добре відпрацьовані методично й достатньо легко реалізуються технічно, їхніми перевагами є можливість здобуття кількісних даних і простота метрологічного забезпечення, також через їхню об'єктивність унеможлиблюється свідоме завищення результату. Із методів цього класу здебільшого застосовуються вимірювання сенсомоторних реакцій (простої, складної, на об'єкт, що рухається).

Одним із важливих і перспективних параметрів ФС людини є білатеральна асиметрія (БА), сутність якої полягає в тому, що головний мозок є парним органом, який складається з двох півкуль. Півкулі здійснюють так звану контралатеральну регуляцію, тобто права півкуля більшою мірою управляє лівою половиною тіла, і навпаки. Білатеральні зв'язки розглядають як особливий механізм, який можна назвати горизонтальним контуром регулювання, що доповнює основну, вертикальну ієрархічну систему регулювання. Зроблено висновок, що показники БА доцільно використовувати в комплексі діагностування функціонального стану ЛО, до того ж найбільш доцільним є застосування показників електричної активності шкіри та сенсомоторних реакцій.

Сформульовано вимоги до методів, які потрібно додати до цього комплексу. Вони включають такі позиції, як валідність, надійність, короткостроковість, звання на особливості діяльності ЗО, простота реєстрації параметрів (використання методів, що не потребують спеціальної підготовки випробовуваних), відсутність особливо складного устаткування, відсутність процедур, що рідко застосовуються, застосовність при масовому обстеженні, документування результатів вимірювань і збереження інформації.

За результатами аналізу великої кількості методів різних класів на їхню відповідність сформованим вимогам було сформовано комплекс методів, що включає: 1) параметри серцево-судинної системи: пульс, артеріальний тиск (систоличний, діастоли та середній пульсовий), показники ВСР: коефіцієнт варіації тривалостей кардіоінтервалів ( $Kvar$ ), потужність сигналу серцевого ритму в усьому діапазоні частот ( $TP$ ), потужність сигналу серцевого ритму в низькочастотному діапазоні ( $Lf$ ), потужність сигналу серцевого ритму у високочастотному діапазоні ( $Hf$ ), відношення потужностей сигналу серцевого ритму в діапазонах ( $LF/HF$ ); 2) психомоторні реакції (реакція на рухомий об'єкт; складна рухова реакція – реакція вибору); 3) шкірно-гальванічна реакція (тонічна і фазична складові); 4) білатеральна асиметрія (за руховими реакціями та показниками електричного опору шкіри); 5) оперативна зорова пам'ять; 6) рівень фізичного стану; 7) біологічний вік; 8) рівень здоров'я.

Було сформульовано вимоги до розроблювального пристрою і на їхній підставі визначено вибір елементної бази і складу пристрою; з огляду на великий обсяг та обмежений час обчислень до складу комплексу включено персональний комп'ютер. Апаратна частина системи становить мікропроцесорний контролер, який дає змогу знімати електрофізіологічні сигнали, перетворювати їх на доступний для комп'ютерного оброблення вигляд і вводити в комп'ютер за допомогою інтерфейсу, сумісного з одним зі стандартних інтерфейсів вводу-виводу персонального комп'ютера. Структурна схема мікроконтролера наведена на рис. 15.

Значну увагу приділено зніманню сигналу електрокардіограми (ЕКГ), що необхідно для одержання параметрів варіативності серцевого ритму.

Задачу суттєво ускладнює необхідність робити це поза лабораторією, за наявності потужних індустріальних перешкод. Розглянуто питання апаратної реалізації (насамперед, вхідного каскаду), апаратної й машинної фільтрації сигналу, перетворення аналогового сигналу ЕКГ на цифровий. Вирішено складне завдання автоматичного виділення  $R$ -піків ЕКГ у спотвореному сигналі. Це необхідно для здобуття часових характеристик ритму серцевої діяльності, але значно ускладнено наявністю великої кількості артефактів на реальному сигналі.

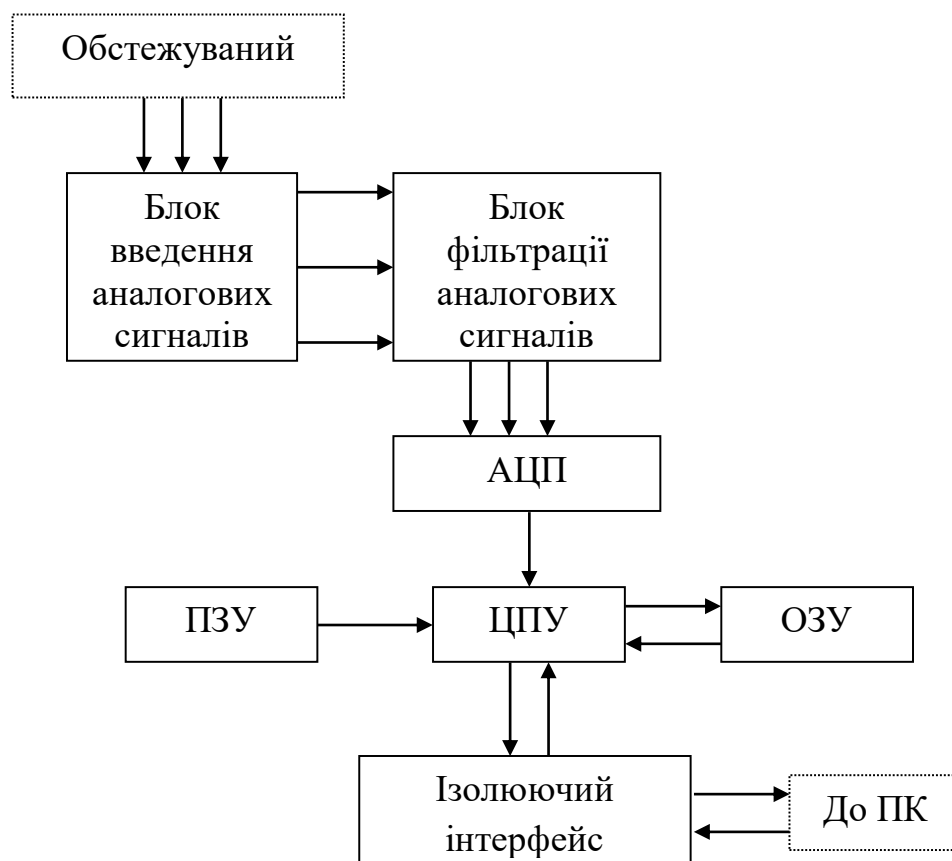


Рис. 15. Структурна схема мікроконтролера

Розроблено математичну модель оцінювання функціонального стану людини-оператора для передрейсового контролю РЛБ. Оскільки про ФС ми одержуємо множинну та різноаспектну інформацію (що збільшує надійність результату, але підвищує невизначеність оцінки), для практичного застосування необхідно мати один показник. Із цією метою обрано підхід, за якого організм розглянуто як складну систему, що складається з ряду підсистем  $ФС_1, ФС_2, \dots, ФС_i$ , де кожна  $ФС_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) має свою адекватну вихідну функцію  $F_i$ . Вихідна функція може визначатися одним або декількома показниками функціонування даної системи  $k_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Оскільки неможливо застосувати формули, засновані на причинно-



наслідковому зв'язку між  $k_j$ , інтегральну оцінку можна побудувати на базі лінійного зваженого підсумовування вимірюваних показників.

$$F_i = \sum_{j=1}^{m_i} \alpha_j k_j, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (18)$$

Головним для побудови таких оцінок має визначення вагових коефіцієнтів, які оцінюють внесок кожного показника в адекватну вихідну функцію. Підсумовування показників  $k_j$ , що мають різну розмірність, може бути проведено лише після приведення їх до безрозмірного вигляду. Вагові коефіцієнти  $\alpha_j$  можуть бути поставлені у відповідність з варіабельністю показників. Водночас:

$$\sum_{j=1}^{m_i} \alpha_j = 1. \quad (19)$$

Вищезазначене стосується побудови оцінки адекватної функції (стану) кожної фізіологічної системи. Комплексна оцінка стану організму має будуватися на інформації про стан кожної з систем, тобто на інформації, що міститься в  $F_i$ . У такому випадку, якщо існує теорія взаємозалежного функціонування розглянутих фізіологічних систем, комплексну оцінку стану організму можна побудувати на підставі цього взаємозв'язку в замкнутій формі, тобто у вигляді відповідної формули. Оскільки під час побудови діагностики стану необхідні дані відсутні, побудову оцінок проводимо за формулою (18). Якщо фізіологічні системи  $\Phi C_i$  належать до одного рівня ієрархії, то вагові коефіцієнти для кожної  $F_i$  визначають на підставі значущості кожної системи на цьому рівні. Оцінка може мати вигляд:

$$d = \sum_{i=1}^n \beta_i F_i, \quad (20)$$

де  $\beta_i$  - вагові коефіцієнти фізіологічних систем.

Розрахунок оцінки  $d$  може бути остаточним для визначення фізичного стану організму загалом. Якщо фізіологічні системи  $\Phi C_i$ , за показниками яких діагностується стан організму, належать до різних ієрархічних рівнів, оцінки, розраховані для кожного ієрархічного рівня  $d_\mu$  ( $\mu = 1, 2, \dots, N$ , де  $N$  - кількість рівнів ієрархії), зводяться до комплексної оцінки:

$$D = \sum_{\mu=1}^N \gamma_\mu d_\mu, \quad (21)$$

де  $\gamma$  - вагові коефіцієнти рівнів ієрархії.

Для оцінки ваги ієрархічних рівнів використано варіабельність оцінок  $d_\mu$ . Діагностика стану істотно спрощується, якщо для кожної  $\Phi C_i$  буде відома її адекватна вихідна функція. Водночас відпадає потреба у вимірюванні окремих показників  $k_j$  ( $j=1, \dots, m_i$ ), і кожна  $\Phi C_i$  у комплексних оцінках стану  $d$  і  $D$  буде представлена одним показником у відносних одиницях. Приведення кожного показника до безрозмірного вигляду безпосередньо пов'язано з побудовою певної шкали й може здійснюватися за формулою:

$$\bar{y} = \frac{y - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (22)$$

тобто, визначенням діапазонів, у яких конкретне його значення може набути якісної характеристики, наприклад, погано, задовільно, гарно і тощо.

Загальну оцінку ФС РЛБ визначаємо таким чином: неприпустиме зниження статусу кожного з двох рівнів має викликати адекватне зниження оцінки загального психофізіологічного стану. Отже, інтегральний показник функціонального стану обчислюється за формулою:

$$d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{y}_i \quad (23)$$

За розглянутим алгоритмом на підставі отриманих даних за більш ніж 500 обстежень РЛБ було розраховано інтегральний показник ФС РЛБ.

Із метою подавання інформації медичному працівникові створено графічну інтерпретацію цього показника (рис. 16).

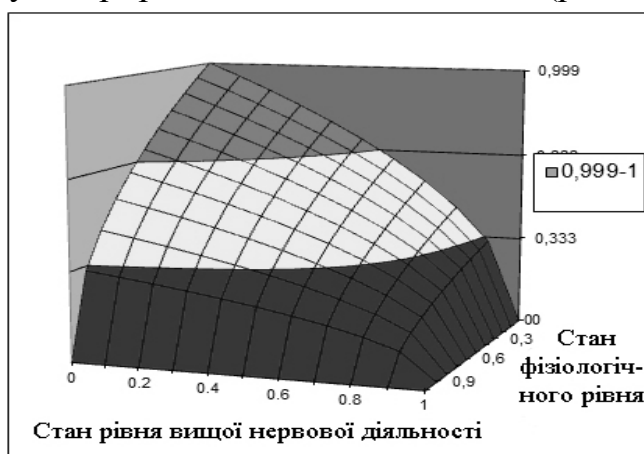


Рис. 16. Графічне зображення інтегрального показника функціонального стану

Для зручності користувача графік зроблено триколіровим: зелений колір свідчить про те, що працездатність цього працівника сумнівів не викликає, жовтий – необхідне уважніше ставлення (можливо, більш ґрунтовніше обстеження), червоний – працівник не може бути допущений (не рекомендований) до

роботи. Така реалізація дає змогу медичному працівникові під час проведення передрейсового контролю оперативно приймати рішення в умовах браку часу.

Розглянуто питання розроблення програмного забезпечення. Структура бази даних наведена на рис. 17.

Проведено експериментальну перевірку ефективності розробленої системи на прикладі оцінки рівня стомлення. Поставлено задачу визначити, чи здатна вона виявити рівень стомлення, що накопичується внаслідок робочої зміни. Обстежено стан 198 РЛБ депо «Жовтень» Південної залізниці. Із них 124 особи, виходили в рейс, і 74 – прийшли з рейсу. У кожного робітника заміряно 27 психофізіологічних показників, на підставі яких розраховано розроблений інтегральний показник функціонального стану  $d$ . Водночас передбачено, що такий рівень стомлення робить певну частину

працівників недостатньо надійними, і розроблена система має це виявити.

Оцінку здійснено за рівнем групової норми. Природно припустити, що така оцінка на базі індивідуальної норми буде вираженішою, однак для її використання необхідна певна статистика на кожного працівника.

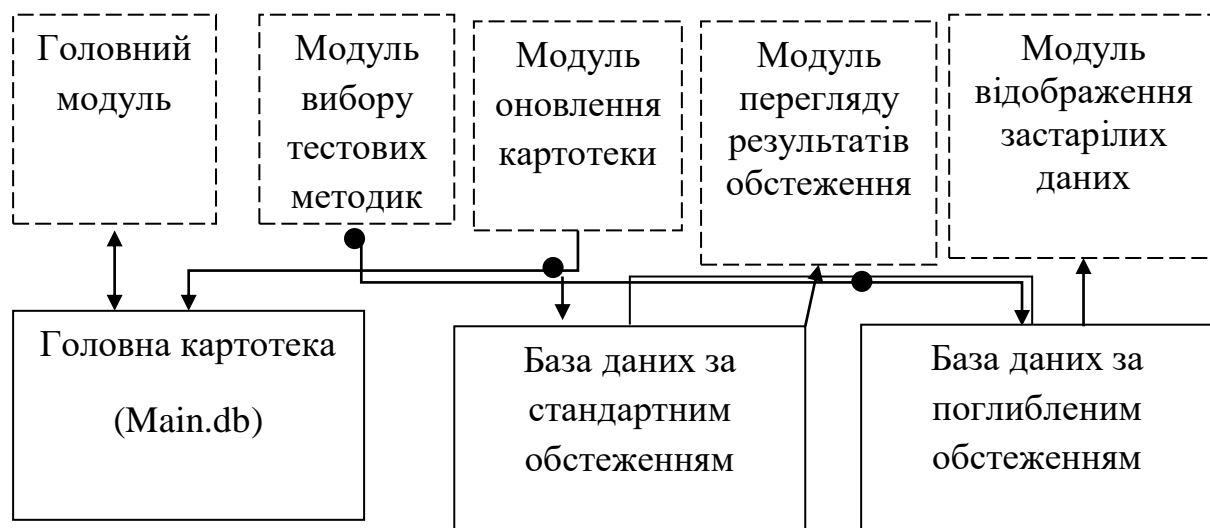


Рис. 17. Структура бази даних

Цінність групової норми порівняно з індивідуальною полягає в тому, що вона може працювати й за відсутності певної попередньої статистики.

Отримані результати наведено на рис. 18 – 19.

Із рис. 19 видно, що розподіли інтегрального показника функціонального стану близькі до нормального, водночас з вираженим зрушенням у бік зменшення величини показника у варіанті «після роботи». Більш показові відмінності виявлено з графіка інтегрального розподілу показника функціонального стану  $d$  у працівників локомотивних бригад «до рейсу» та «після рейсу» (рис. 20). Так, у зоні низьких значень (0,167–0,333) перебувають 21,6% «після рейсу» і 12,09% «до рейсу». Таким чином, імовірність перебування в зоні низьких значень для працівника «після рейсу» майже вдвічі вища, ніж «до рейсу». У зоні 0,167–0,5 перебувають 64,7% «після рейсу» і 40% «до рейсу». Отже, імовірність перебування в цій зоні для працівників «після рейсу» вища більш ніж у півтора разу. Зворотна картина спостерігається в зоні підвищених рівнів інтегрального показника функціонального стану. У зоні вище 0,667 перебувають 35% «після рейсу» і 49,6% із групи «до рейсу», таким чином, імовірність для останніх вища в 1,4 разу. Ще більш виражена різниця в діапазоні 0,833 і вище. Тут перебуває

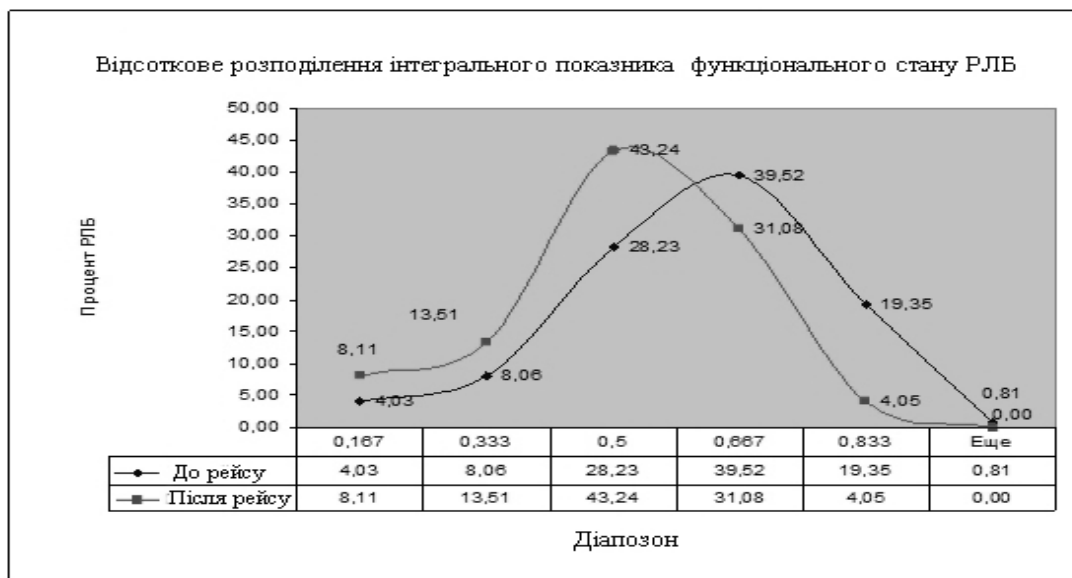


Рис. 18. Розподіл інтегрального показника функціонального стану  $d$  у працівників локомотивних бригад «до рейсу» та «після рейсу»

близько 20 % групи «до рейсу» і лише 4 % «після рейсу», тобто ймовірність перебування в цій зоні для працівників з першої групи вища у 5 разів, тому спостерігаємо більш ніж значущі відмінності.

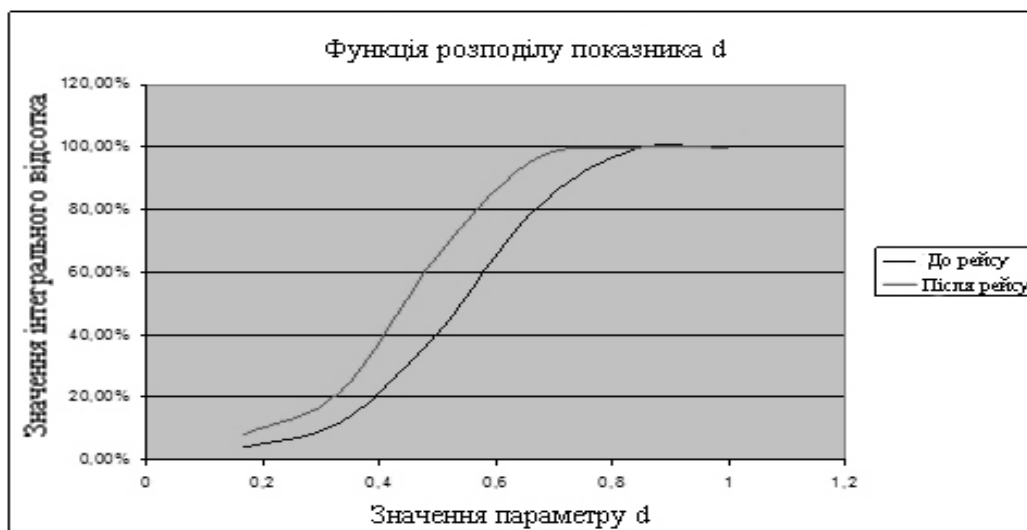


Рис. 19. Інтегральний розподіл показника функціонального стану  $d$  у працівників локомотивних бригад «до рейсу» та «після рейсу»

Наявність таких відмінностей дає змогу проводити ефективну діагностику, наприклад, застосовуючи відому формулу Байєса. Таким чином, розподіли значень інтегрального показника функціонального стану у групах «до рейсу» та «після рейсу» характеризуються значеннями:

«до рейсу» –  $d = 0,5096$ , –  $\sigma_d = 0,1617$ ;

«після рейсу» –  $d = 0,4262$ , –  $\sigma_d = 0,1635$ .

Аналіз за t-критерієм Ст'юдента показав, що ці відмінності статистично достовірні ( $t = 3,722$ ,  $p = 0,05$ ).

Проведено порівняльний аналіз ряду показників, потенційно придатних для оцінювання ступеня стомлення, для яких також визначалася здатність виявляти ступінь стомлення, що виникає внаслідок впливу робочої зміни. Із цією метою використовували такі показники, як пульс, час складної рухової реакції, кількість помилок у складній руховій реакції, БВ, РФС, електричний опір шкіри, показники ВСР (коефіцієнт варіації ряду кардіоінтервалів –  $CV$ , загальна потужність спектра –  $TP$ , потужність спектра в діапазонах  $LF$  і  $HF$  і співвідношення  $LF/HF$ ).

За результатами зроблено висновки: розроблена експертна система засвідчила здатність ефективно одержувати необхідну інформацію, зокрема в реальних умовах оздоровчого пункту локомотивного депо. Розроблений інтегральний показник функціонального стану  $d$  дає змогу виявляти рівень стомлення працівників локомотивних бригад, яке накопичується протягом робочої зміни, а інформаційна цінність розробленого інтегрального показника  $d$  значно вища, ніж в інших показників, тому що він має інтегральний характер, що дає змогу зважити на різні рівні саморегуляції організму.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень вирішено важливу науково-прикладну проблему обґрунтування методів і засобів контролю рівня працездатності залізничних операторів.

На основі проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

1) аналіз причин і передумов транспортних подій у перевізному процесі на залізничному транспорті України засвідчив, що сьогодні вони більш ніж на 80% визначаються професійною надійністю залізничних операторів, передусім, працівників локомотивних бригад і працівників диспетчерського профілю. Одночасно дотепер не повністю вирішена проблема контролю працездатності залізничних операторів як підґрунтя їхньої професійної надійності з урахуванням особистісних властивостей і впливу виробничого середовища;

2) встановлено математичну залежність рівня професійної надійності залізничних операторів від показників складових трендової частини рівня працездатності (рівня фізичного стану та біологічного віку), водночас залежність від рівня фізичного стану складає близько 25 %, а від біологічного віку – близько 45 %. Зважання на встановлену залежність вказує на необхідність контролю цих показників як умову забезпечення необхідного рівня професійної надійності залізничних операторів. На сьогодні такого

контролю на залізничному транспорті не проводиться. Одночасно, такий контроль допоможе, за рахунок біологічного зворотного зв'язку, вирішувати актуальну проблему подовження професійного довшоліття ЗО;

3) на підставі отриманих даних удосконалено метод контролю рівня працездатності залізничних операторів за рахунок включенням до традиційного переліку контрольованих параметрів додатково параметрів рівня здоров'я та біологічного віку, що підпорядковуються інструментальному й експертному оцінюванню. Врахування цих параметрів дозволяє об'єктивно оцінити «запас міцності» конкретного працівника і на цій основі давати прогноз працездатності на певний період.

4) запропонований метод контролю рівня працездатності залізничних операторів дозволяє розбудувати універсальну систему контролю впливу виробничого середовища, яка може виявляти негативний вплив на здоров'я людини незалежно від джерела та якості негативного впливу.

5) виявлена залежність рівня професійної надійності залізничних операторів від особистісних властивостей, що визначаються 16-факторним тестом Кеттелла. Доведено, що вона на 37,65 % визначається фактором А, на 32,62 % – фактором Q<sub>3</sub> і на 26,13 % – фактором L. Врахування виявленої залежності дає змогу підвищити ефективність і надійність професійного відбору;

6) встановлено залежності складових рівня працездатності людини-оператора, зокрема рівня фізичного стану та само оцінювання стану власного здоров'я, а отже і дійсно рівня здоров'я, від особистісних властивостей людини-оператора. Зокрема:

– між фактором першого рівня – рівнем фізичного стану і факторами другого рівня – особистісними властивостями людини-оператора;

– між показниками самооцінки стану власного здоров'я й особистісними властивостями. Водночас виявлено істотні гендерні відмінності – у чоловіків рівень фізичного стану більшою мірою визначається факторами тесту Кеттелла *E*, *F*, *O*, *Q* а у жінок – факторами *C*, *Q<sub>1</sub>*, *N*, *O*. Зважання на ці залежності дає змогу підвищити ефективність контролю професійної надійності залізничних операторів, зокрема професійного відбору;

7) встановлено залежність темпу старіння залізничних операторів від певних особистісних властивостей, які визначаються факторами тесту Кеттелла, при цьому виявлено істотні гендерні відмінності. У чоловіків це фактори *B* та *O*, а у жінок – фактори *C* та *I*. Врахування цих залежностей дає змогу підвищити ефективність контролю професійної надійності залізничних операторів, зокрема професійного відбору. Це особливо актуально у зв'язку з виявленим фактом прискореного біологічного старіння населення України в цілому та залізничних операторів зокрема;

8) удосконалено метод кількісного оцінювання трендової частини рівня працездатності залізничних операторів, що відрізняється тим, що з огляду на 20 психофізіологічних параметрів, до яких належить біологічний вік, рівень

здоров'я та показники функціонального статусу, на реальному інформаційному масиві одержаному в результаті експерименту, з використанням кластерного аналізу і методу головних компонентів одержано правило класифікації трендової частини рівня працездатності. Таким чином одержана можливість віднести кожного оператора до певного класу по набору якісно різнорідних складових;

9) набув подальшого розвитку метод контролю функціонального стану залізничних операторів. Розвиток полягає в тому, що результат враховує стан різних ієрархічних рівнів регуляції організму – фізіологічного і вищої нервової діяльності (із використанням показників варіативності серцевого ритму та часу складної рухової реакції). Завдяки цьому підвищено ефективність і надійність контролю, оскільки рівень вищої нервової діяльності дає змогу виявляти ранні ознаки входження в несприятливий стан, а фізіологічний рівень дає змогу з високим ступенем вірогідності визначати ступінь виходу з небезпечного стану. Графічна інтерпретація методу, зокрема із залученням кольорів, дає змогу суттєво полегшити процес прийняття рішення експерту, що важливо за браком часу під час передрейсового контролю. Ефективність його підтверджена експериментально.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

1. Брусенцов В. Г. Средства и методы психологического профессионального отбора машинистов с целью повышения безопасности движения / [В. Г. Брусенцов, А. М. Кривной, Л. С. Нерсесян, и др.]. // Железнодорожный трансп. Серия: Безопасность движения – М., 1991. – Вып. 4. – С. 6–15.
2. Пат. 2037207 Российская Федерация, МПК G09B9/00. Устройство для обучения операторов [Текст] / [Брусенцов В. Г., Кочетков А. А., Чернышев М. М., Баландин В. И., Нерсесян Л. С., Кривной А. М., Иванов Б. Т.]; заявитель и патентообладатель науч.– исслед. и проектно –конструкт. ин-т средств автоматизации на ж–д. трансп. – №4395654/24; заявл. 25.02.1988 ; опубл. 09.06.1995. Бюл. № 23 (II ч.).
3. Брусенцов В. Г. Методы тестирования при предрейсовом контроле / В. Г. Брусенцов // Информ. – керуючі сист. на залізн. трансп. 1996. – №5 С. 24–26.
4. Брусенцов В. Г. Система контролю надійності локомотивних бригад / В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров // Зб. наук. пр. – Х. : ХарДАЗТ, 2000. – Вып. 42. – С. 123–125.
5. Брусенцов В. Г. Контроль надійності залізничних операторів /

В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров. // Зб. наук. пр. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – Вип. 47. – С. 34–40.

6. Брусенцов В. Г. К вопросу о создании средств диагностики надежности человека – оператора / В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров // Информ. – керуючі сист. на залізн. трансп. – 2002. – № 6. – С. 62–66.

7. Брусенцов В. Г. Объективная оценка функционального состояния человека – оператора / В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров, Д. С. Козодой // Информ. – керуючі сист. на залізн. трансп. – 2003. – № 3. – С. 38–42.

8. Брусенцов В. Г. Повышение надежности деятельности машинистов средствами БОС / В. Г. Брусенцов, А. В. Шапка, И. И. Бугайченко // Стр –во, материаловед., машиностр. : Сб. науч. тр. – 2004. – Вып. 28. – С. 67–71.

9. Брусенцов В. Г. Методичні передумови засобів контролю наявності інтоксикацій при передрейсовому контролі локомотивних бригад / В. Г. Брусенцов, М. С. Шуляк // Зб. наук. пр. – Х. : УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 59. – С. 85–90.

10. Брусенцов В. Г. Обрис студента УПП з точки зору потенціалу професійної надійності / [В. Г. Брусенцов, А. В. Шапка, А. В. Гончаров, І. І. Бугайченко] // Зб. наук. пр. – Х. : УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 57. – С. 63–67.

11. Брусенцов В. Г. Модель корекції функціонального стану працівників локомотивних бригад / В. Г. Брусенцов, І. І. Бугайченко // Зб. наук. пр. – Х. : УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 68. – С. 73–80.

12. Брусенцов В. Г. Кластеризация и визуализация параметров функционального состояния машинистов локомотивов / В. Г. Брусенцов, И. И. Бугайченко // Коммунальное хоз –во городов. –2005. – Вип. 64. – С. 106–110.

13. Брусенцов В. Г. Нейросетевая модель оценки и прогнозирования эксплуатационной надежности работников локомотивных бригад / В. Г. Брусенцов, И. И. Бугайченко // Удосконалення упр. експлуатаційною роботою з–ць: – Х. : 2005. Вип.60. – С. 143–151.

14. Брусенцов В. Г. Функциональная надежность работников локомотивных бригад / В. Г. Брусенцов // Зб. наук. пр. – Х. : УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 72. – С. 78–81.

15. Брусенцов В. Г. Биологический возраст как фактор функциональной надежности операторов – на примере работников локомотивных бригад / [В. Г. Брусенцов, А. В. Шапка, И. И. Бугайченко, О. В. Брусенцов] // Буд–во, матеріалозн., машинобудувань. : наук.–техн. зб. – 2007. – С. 112–116.

16. Брусенцов В. Г. Оценка функциональной надежности локомотивных бригад в процессе предрейсового контроля / В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузырь, В. Н. Самсонкин // Залізничний трансп. України. – 2008. – № 1. – С. 3–5.

17. Брусенцов В. Г. Профессиональный стресс и функциональная надежность железнодорожных операторов / В. Г. Брусенцов // Вестн. нац. техн. ун–та «ХПИ». – 2008. – № 27. – С. 105–109.



18. Брусенцов В. Г. Дослідження структури функціональної надійності працівників локомотивних бригад / [В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузир, М. І. Ворожбіян та ін.]. // Зб. наук. пр. – Х. : УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 99. – С. 117 – 119.
19. Брусенцов В. Г. Надежность железнодорожных операторов как фактор обеспечения безопасности движения / [В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбіян, О. В. Брусенцов и др.] // Информ.-керуючі системи на залізничному трансп. – 2009. – №2. – С. 68–72.
20. Брусенцов В. Г. Метод оценки функциональной надежности человека – оператора / В. Г. Брусенцов, О. В. Брусенцов // Східно-Європ. журн. передових технологій. – 2009. – № 3/4 (39). – С. 42–45.
21. Брусенцов В. Г. Наявное состояние функциональной надежности резерва операторов –диспетчеров / [В. Г. Брусенцов, О. В. Брусенцов, В. Н. Самсонкин, П. А. Воронько] // Залізничний трансп. України. – 2009. – № 5. – С. 23 – 25.
22. Брусенцов В. Г. Уровень здоровья работников локомотивных бригад Украины как предпосылка их профессиональной надежности / [В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбіян, О. В. Брусенцов и др.] // Коммунальное хоз–во городов. –2010. –Вип. 91. – С. 404–407.
23. Брусенцов В. Г. Функциональная надежность студентов как предпосылка профессиональной надежности будущих операторов железнодорожного транспорта // [В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбіян, О. В. Брусенцов, И. И. Бугайченко ] // Зб. наук. пр. – Х. : УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 127. – С. 24–28.
24. Пат. 67894 Україна, МПК G09В 9/00. Пристрій для навчання операторів [Текст] / [В. Г. Брусенцов, О. В. Брусенцов, И. И. Бугайченко, А. В. Гончаров].; № u 2011 09472 ; заявл. 28.07.2011 ; опубл. 12.03.2012, бюл. № 5.
25. Брусенцов В. Г. Повышение эффективности контроля функциональной надежности железнодорожных операторов / В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбіян, О. В. Брусенцов // Вестн. Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-та, 2012. – С. 174 –177.
26. Брусенцов В. Г. Уровень функциональной надежности человека как универсальный показатель при оценке влияния производственной среды / В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбіян, О. В. Брусенцов // Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. залізнич. трансп, 2012. – Вип. 134. – С. 48–52.
27. Брусенцов В. Г. Внедрение системы контроля функциональной надежности железнодорожных операторов / В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузырь // Вісн. СНУ ім. В. Даля. 2012 – № 5 (176). – Ч. 2. – С. 167–169.

*Опубліковані праці апробаційного характеру*

28. Брусенцов В. Г. Компьютеризация психологических методик контроля состояния машинистов / В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров, Е. В. Карпинская // 3-я междунар. конф. : Влияние человеческого фактора на безопасность движения на ж-д. транспорте: сб. тезисов. – Луганск, 1999. – С. 21.

29. Брусенцов В. Г. Впровадження комп'ютерної техніки при вивченні курсу „Основи ергономіки” / В. Г. Брусенцов // Нові навчальні технології – гарант забезпечення якісної підготовки фахівців залізничного транспорту: тези доп. наук.-метод конф. УкрДАЗТ: – Х. : 2002. – С. 79–80.

30. Брусенцов В. Г. Средства контроля состояния здоровья населения / [В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров, Л. В. Аладышева, А. В. Шапка] // Безопасность жизнедеятельности : тези доп. наук.-метод. конф. – Х. : 2002. – С. 61–63.

31. Брусенцов В. Г. Применение психофизиологических устройств для контроля и коррекции состояния человека / [В. Г. Брусенцов, А. В. Шапка, А. В. Гончаров и др.] // Безопасность жизнедеятельности : тези доп. наук.-метод. конф. – Х., 2003. – С. 34.

32. Брусенцов В. Г. Застосування методу біологічного зворотного зв'язку для підвищення надійності локомотивних бригад. / [В. Г. Брусенцов, О. В. Шапка, І. І. Бугайченко та ін.] // Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов : XXXII научн.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьк. нац. акад. гор. хоз : тезисы докл. Ч. 2. – Х. : ХНАМІ, 2004. – С. 96-97.

33. Брусенцов В. Г. Вариативность сердечного ритма как метод контроля функционального состояния машинистов локомотивов / В. Г. Брусенцов // Безопасность жизнедеятельности : тези доп. наук.-метод. конф.: – Х., 2004. – С. 99.

34. Брусенцов В. Г. Метрологические вопросы методики контроля состояния сердечно-сосудистой системы / В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров В. М. Сударский //Безопасность жизнедеятельности : тези доп. наук.-метод. конф. – Х., 2005. – С. 66–80.

35. Брусенцов В. Г. Средства и методы контроля и поддержания надежности работников локомотивных бригад / В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузир, Н. В. Заикина // Медичні аспекти безпеки руху : матер. наук.-практ. конф. – 21 квітня 2005. – К., 2005. – С. 25–26.

36. Брусенцов В. Г. Средства контроля надежности локомотивных бригад / [В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузир, А. В. Гончаров, І. І. Бугайченко] // Перспективи впровадження техн. засобів безпеки руху на з-цях України : Зб. доп. – Судак, 2005. – С. 72.

37. Брусенцов В.Г. Надійність локомотивних бригад - на системну основу. / [В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузир, А. В. Гончаров, І. І. Бугайченко] // Залізничний транспорт України. Спец. випуск 3/1-2005. Наука в транспортному вимірі : матер. міжнар. наук.-практ. конф. 11-13 травня 2005 – К., 2005. – С. 6.

38. Брусенцов В. Г. Биологический возраст как фактор функциональной надежности операторов на примере работников локомотивных бригад /

В. Г. Брусенцов // Безпека життєдіяльності : тези доп. наук.-метод. конф. – Х., 2006. – С. 73.

39. Брусенцов В. Г. Контроль уровня утомления как фактор поддержания функциональной надежности операторов / [В. Г. Брусенцов, А. В. Шапка, О. В. Брусенцов] // Безпека життєдіяльності : тези доп. наук.-метод. конф. – Х., 2007. – С. 32.

40. Брусенцов В. Г. Уровень здоровья студентов факультета управления процессами перевозок, как предпосылка функциональной надежности железнодорожных операторов / В. Г. Брусенцов, О. В. Брусенцов // Наукова думка інформаційного віку –2007: матер.ІІ між нар.наук.-практ. конф.– Д. : Наука та освіта, 2007.– С. 51–54.

41. Брусенцов В. Г. Контроль функциональной надежности работников локомотивных бригад при предрейсовом контроле / В. Г. Брусенцов // Научное пространство Европы – 2007: матер. междунар. научн.-практ. конф. – Д. : Наука и образование, 2007. – С. 57–59.

42. Брусенцов В. Г. Система контроля функциональной надежности железнодорожных операторов / В. Г. Брусенцов, И. И. Бугайченко, О. В. Брусенцов // Проблеми та перспективи розвитку трансп. систем в умовах реформуван. залізничного трансп. : управління, економіка і технології : IV міжнар. наук.-практ. конф. – К., 2008. – С. 124–125.

43. Брусенцов В. Г. Состояние функциональной надежности резерва железнодорожных диспетчеров / В. Г. Брусенцов // Людський чинник в транспортних системах : тези доп. 1 –ї міжнар. наук. конф.– Яремче, 2008 – С. 10.

44. Брусенцов В. Г. Гиподинамия и здоровье студентов / В. Г. Брусенцов // Безпека людини у сучасних умовах : матеріали міжнар. конф. – Х. : НТУ «ХП», 2009. – С. 36.

45. Брусенцов В. Г. Исследование взаимосвязи личностных, особенностей железнодорожных операторов с показателями функциональной надежности / В. Г. Брусенцов, О. В. Брусенцов, А. М. Павленко. // Психологічне забезпечення професійної діяльності працівників залізничного транспорту України : наук.-практ. конф.– К. , 2010. – С. 20 –24.

46. Брусенцов В. Г. Контроль функциональной надежности железнодорожных операторов как средство повышения их качества жизни / В. Г. Брусенцов // Качество технологий – качество жизни : III міжнар. наук. – практик. конф. – Х., 2011. – С.13–14.

47. Брусенцов В. Г. Контроль функциональной надежности человека – оператора как средство повышения уровня безопасности производства / В. Г. Брусенцов // Безпека людини в сучасних умовах: матер. міжнар. конф.. – Х. : НТУ «ХП», 2011. – С.173 –174.

48. Брусенцов В. Г. Контроль функциональной надежности железнодорожных операторов как основа повышения безопасности движения / В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбян, О. В. Брусенцов // Сучасні інформ. та

інновац. технол. на трансп. (MINTT – 2012). матер. четверт. міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 2012. – Том 2. – С. 26–28.

*Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації*

49. Брусенцов В. Г. Микроэлектронная система предрейсового контроля машинистов локомотивов / В. Г. Брусенцов // Проблемы железнодорожной медицины: человеческий фактор в вопросах безопасности на железнодорожном транспорте. 1995. – С. 22–25.
50. Брусенцов В. Г. Исследование методов контроля стресса у спортсменов / [В. Г. Брусенцов, А. В. Гончаров, В. Н. Разінков и др.] // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту – 2000. – № 17.– С. 26–30.
51. Брусенцов В. Г. Контроль «надежности» локомотивных бригад / В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузырь, А. В. Гончаров // Локомотив-информ. – 2006. – № 2. – С. 38–40.
52. Брусенцов В. Г. Основи ергономіки на залізничному транспорті [Текст] : / [В. Г. Брусенцов, О. В. Брусенцов, І. І. Бугайченко, С. О. Кисельова]. – Х. : УкрДАЗТ, 2010. –142 с.

## АНОТАЦІЯ

**Брусенцов В. Г. Ергономічні основи контролю працездатності залізничних операторів як засобу підвищення надійності їх професійної діяльності. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.01.04 – ергономіка. – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. Харків, 2013.

Дисертація містить нові теоретичні та практичні результати досліджень можливостей контролю функціональної надійності операторів залізничного транспорту (робітників локомотивних бригад і оперативного диспетчерського персоналу). Виявлено й формалізовано залежність професійної надійності операторів залізничного транспорту від показників трендової частини рівня їхньої працездатності – рівня здоров'я та біологічного віку. Таким чином, уперше експериментально доведено необхідність контролю рівня здоров'я та біологічного віку.

Зафіксовано й описано залежність професійної надійності та працездатності залізничних операторів від їхніх особистісних властивостей, одночас виявлено значні гендерні відмінності на які необхідно зважати при професійному відборі та під час контролю функціонального стану.

Удосконалено систему передрейсового контролю працівників локомотивних бригад шляхом введення показників «стану вищої нервової діяльності» – (психомоторних реакцій) і варіативності серцевого ритму.

Розроблено математичну модель функціонального стану людини–оператора для цілей передрейсового контролю працівників локомотивних бригад й експериментально доведено її ефективність.

Розроблено метод визначення трендової частини рівня працездатності залізничних операторів.

**Ключові слова:** залізничні оператори, професійна надійність, система «залізничний оператор–техніка–середовище», працездатність, рівень здоров'я, біологічний вік, функціональний стан, математичні моделі, засоби та методи контролю.

## АННОТАЦІЯ

**Брусенцов В. Г. Ергономические основы контроля работоспособности железнодорожных операторов как средства повышения надежности их профессиональной деятельности. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.01.04 – эргономика. Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, 2013.

Диссертация содержит новые теоретические и практические результаты исследований возможностей контроля работоспособности операторов железнодорожного транспорта (работников локомотивных бригад и оперативного диспетчерского персонала). Проведен анализ влияния профессиональной надежности операторов железнодорожного транспорта на безопасность транспортного процесса.

Выявлена и формализована зависимость уровня профессиональной надежности операторов железнодорожного транспорта от показателей трендовой части уровня их работоспособности - уровня здоровья и биологического возраста.

Впервые экспериментально определён уровень работоспособности у ныне действующих железнодорожных операторов и выявлено, что уровень физического состояния у 40 % из них находится на уровне «ниже среднего» и «низкий», а биологический возраст, в среднем, превышает метрический на 10,2 года. Эти уровни представляют угрозу безопасности транспортного процесса. Вышеизложенное дает основание утверждать, что уровень здоровья и биологический возраст должны контролироваться.

Выявлена и формализована зависимость уровня профессиональной надёжности и работоспособности железнодорожных операторов от их личностных особенностей, определяемых 16-факторным тестом Кеттелла. При этом зафиксированы существенные гендерные различия, которые необходимо учитывать при профессиональном отборе и при предрабочем

контроле.

Выявлена и формализована зависимость скорости биологического старения операторов от определенных личностных особенностей, Учет этой зависимости позволяет повысить эффективность контроля профессиональной надежности железнодорожных операторов, в частности профессионального отбора.

Разработана математическая модель функционального состояния человека-оператора для целей предрейсового контроля работников локомотивных бригад, отличающаяся тем, что учитывает состояние различных уровней регуляции организма (физиологического уровня и уровня высшей нервной деятельности), при этом недопустимое снижение статуса каждого из данных уровней приводит к неудовлетворительной оценке общего состояния, что особенно важно при предрейсовом контроле.

Разработан графический интерфейс идентификации функционального состояния работников локомотивных бригад для медицинских работников. Для удобства пользователя график сделан трехцветным по принципу светофора, что в условиях временного дефицита позволяет быстрее принимать решения о допуске к работе. Экспериментально доказано, что разработанный интегральный показатель функционального состояния позволяет выявлять уровень утомления работника локомотивной бригады, получаемого в результате рабочей смены. При этом показано, что его информационная ценность значительно выше, чем у других показателей, вследствие интегрального характера, учитывающего различные уровни саморегуляции организма.

Разработан метод определения трендовой части уровня работоспособности железнодорожных операторов. Частичным результатом является предложенный способ выделения кластеров состояния работоспособности (оптимального для данного набора данных). Кроме того предложен метод распознавания состояния трендовой составляющей работоспособности человека-оператора.

**Ключевые слова:** железнодорожные операторы, система «железнодорожный оператор–техника–среда», профессиональная надежность, работоспособность, уровень здоровья, биологический возраст, функциональное состояние, математические модели, средства и методы контроля.

## ANNOTATION

**Brusentsov V. G. Ergonomic arrangements to monitor efficiency of railway operators as a means of improving the reliability of their professional activities. – The manuscript.**

The Dissertation for the degree of Doctor of Science majoring 05.01.04 – Ergonomics, Kharkiv National Academy of Municipal Economy, Kharkov, 2013.

The thesis provides new theoretical and practical results of research opportunities to control the functional reliability of railway transport operators (workers locomotive crews and operational control personnel). Determined and formalized dependency professional reliability of railway transport operators obtained from the base of their level of functional reliability – a level of health and biological age. Thus, for the first time experimentally demonstrated the need to control the level of health and biological age.

Determined and formalized dependency professional and functional reliability of railway operators on the characteristics of their personalities, while found significant gender differences that must be considered when selecting a professional and in control of the functional state.

The system control workers locomotive crews before rail run, by introducing indicators «of higher nervous activity» and heart rate variability was improved.

A mathematical model of the functional state of the human operator for the purposes of monitoring employees' locomotive crews before rail run was developed and experimentally proved its effectiveness.

A method for determining the baseline level of functional reliability of rail operators was developed.

Keywords: railway operators, professional reliability, functional reliability, health, biological age, functional status, mathematical models, tools and methods of control.

**БРУСЕНЦОВ Віталій Гаврилович**

**Ергономічні основи контролю працездатності залізничних операторів як засобу підвищення надійності їх професійної діяльності**

Спеціальність 05.01.04 – ергономіка

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Відповідальна за випуск І. Е. Линник

Підп. до друку 25.10.2013	Формат 60x84/16
Друк на ризографі	Ум. друк. арк. 2,0
Тираж 100 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач: