

Кількісний аналіз ризику дозволив оцінити і порівняти різні небезпеки за єдиними показниками при:

- обґрунтовуванні і оптимізації заходів безпеки;
- оцінці небезпеки крупних аварій на небезпечних виробничих об'єктах, що мають однотипні технічні пристрої (наприклад, магістральні трубопроводи);
- комплексній оцінці небезпек аварій для людей, майна і навколишнього природного середовища.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бегун В.В. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): навч. посіб. / Бегун В.В., Науменко І.М. – К., 2011. – 344с.
2. Концепція управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, прийнята Розпорядженням Кабінету Міністрів України за № 37-р від 22 січня 2014 р.
3. Про ідентифікацію та декларування безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07 2002 р. N 956 із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України.
4. Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки. Постанова КМУ від 29 лютого 2012 р. № 306.
5. Дранишников Л.В. Оценка риска возникновения аварии / Дранишников Л.В., Найверт А.В. // Проблеми математичного моделювання: міждерж. наук.-метод. конф., 26-28 травня 2004р.: тези доп. – Дніпродзержинськ: ДГТУ, 2004. – С.56-57.

*Надійшла до редколегії 25.09.2018.*

УДК 65.015.11

DOI 10.31319/2519-2884.33.2018.210

ТРИКІЛО А.І., к.т.н., доцент

ЛЕВЧУК К.О., к.е.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### **ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА**

**Вступ.** У загальному вигляді діяльність оператора в автоматизованій системі управління (АСУ) визначають наступним чином: людина повинна сприйняти й оцінити інформацію, що надходить, та прийняти своєчасне, а, головне, правильне рішення, тобто здійснити необхідну оперативну діяльність відповідними органами управління. Оператор позбавлений можливості безпосередньо спостерігати за об'єктами, якими управляє, і змушений користуватися інформацією, що надходить до нього по каналах зв'язку, тобто людина має справу не з реальними об'єктами управління, а з їх відображенням або інформаційними моделями. Тому перед дослідниками стоїть завдання вивчення надійності оператора і підвищення його стійкості під час функціонування в системі «оператор – людина – середовище».

Під надійністю оператора слід розуміти його властивості виконувати функції, продиктовані йому в даній системі, без помилок протягом певного часу в заданих умо-

вах. Найважливішим у теорії надійності є поняття відмови – повної чи часткової втрати здатності виконувати задані функції. В оператора відмовами є помилка під час сприймання інформації, прийняття рішень, виконанні керуючих дій і припиненні робіт під впливом стресових дій, а також порушення часових режимів роботи тощо.

**Постановка задачі.** Визначення критеріїв, за допомогою яких можливо було б визначити рівень працездатності та рівень безпечної діяльності людини й прогнозування її стану на період робочого циклу (чергування) або виконання певного завдання.

**Результати роботи.** Діяльність оператора можна зобразити з позицій розгляду так званого «чорного ящика». Це поняття введено в кібернетиці. Воно являє собою абстракцію, що відображає не будь-який об'єкт, а відношення дослідника і об'єкта, причому таке відношення, яке в чистому вигляді ніколи не здійснюється. При такому розгляді дослідника цікавить лише сукупність сигналів на вході та відповідних реакцій на виході у вигляді статистичних або динамічних характеристик «чорного ящика». У цьому разі виникає ряд проблем. Зокрема, треба визначити характеристику оператора шляхом співставлення сигналів на вході й відповідних реакцій на виході і, таким чином, розробити алгоритм спостереження [1-3].

На основі аналізу реакцій і вже відомої характеристики оператора можна відновити сигнал і передбачити реакції при заздалегідь відомій його характеристиці.

Сенс функціонування системи полягає в здійсненні такого кругообігу інформації і з таким ритмом, які потрібні для нормального функціонування об'єкта: дії, що управляють, видаються на об'єкт управління по каналах прямого зв'язку, результати цієї дії сприймаються спеціальною системою датчиків і передаються в систему, що управляє, по каналах зворотного зв'язку, передані дані разом з раніше накопиченою інформацією перетворюються системою, що управляє, в нові дії, що управляють, після чого процес обміну інформацією триває. Схема взаємодії «оператор-ЕОМ» показана на рис. 1.

Австралійський лікар К.Марбе вважав однією з основних причин схильності до нещасних випадків спроможність до «переключення», яка різниться у людей і є природженою якістю. Переключення – це швидка оцінка обставин і пристосовність до їх раптової зміни. Можуть бути переключення пам'яті, уваги, з розумової праці на фізичну тощо. Вважається, що до травм схильні люди з повільним переключенням.



Рисунок 1 – Схема взаємодії «оператор-ЕОМ»

Під працездатністю людини необхідно розуміти здатність організму витримувати навантаження у процесі праці. Чим більше навантаження у вигляді збудження здатні витримати функціональні одиниці, тим вищою є працездатність людини.

На думку більшості дослідників фізична працездатність є інтегральним показником функціонального стану організму і залежить від морфологічного та функціонального стану основних систем життєзабезпечення і, в першу чергу, від стану серцево-судинної і дихальної систем.

В якості основної фізіологічної характеристики людини розглядаються його відчуття, які перетворюють сигнали довкілля в кількісні і якісні показники процесу прийому і часткової переробки інформації нею, а також рухи, що управляють, забезпечують взаємодію людини з довкіллям.

Наближена модель взаємодії людини-оператора з ЕОМ може бути представлена спрощеною структурною схемою, яка наведена на рис.2.

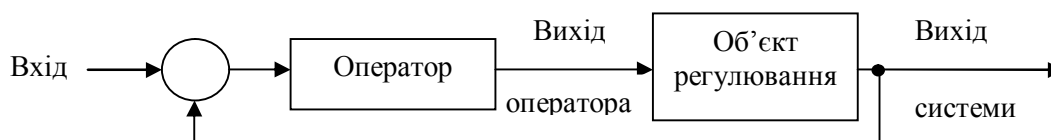
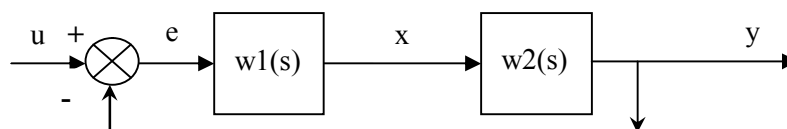


Рисунок 2 – Структурна схема «оператор-машина»

Для такої схеми виявилось можливим характеризувати діяльність оператора структурною блок-схемою розімкненої системи управління (рис.3).



$w_1(s)$  – передатна функція ланки, що характеризує інертність нервового тракту оператора і проходження імпульсу по нервовому зоровому тракту;  
 $w_2(s)$  – передатна функція ланки, що характеризує інертність м'язового тракту оператора

Рисунок 3 – Блок-схема розімкненої системи управління

Розглянемо порядок визначення перехідного процесу наведеної системи. Визначаємо передатні функції з періодичною ланкою першого порядку:

$$w_i(s) = \frac{k_i}{1 + T_i \cdot s},$$

де  $k_i$  – коефіцієнт підсилення;  $T_i$  – постійна часу;  $i = 1, 2$ .

Узагальнена передатна функція еквівалентної системи має вигляд:

$$w(s) = \left( \frac{k_1}{1 + T_1 \cdot s} \right) \cdot \left( \frac{k_2}{1 + T_2 \cdot s} \right) = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + (T_1 + T_2) \cdot s + (T_1 \cdot T_2) \cdot s^2} = \frac{k_0}{1 + T_{01} \cdot s + T_{02} \cdot s^2}.$$

Передатна функція еквівалентної системи являє собою вже коливальну ланку другого порядку.

Перехідний процес цієї передатної функції описується виразом:

$$h(t) = b_0 \cdot (e^{-b_1 t} \cdot e^{-b_2 t}) \cong b_1 \cdot t \cdot e^{-b_2 t}.$$

Враховуючи затримку часу ( $\tau_i$ ) проходження сигналу, обумовлену рівнем функціонального стану ЦНС людини, рівняння матиме вигляд:

$$\Phi C_i = b l_i \cdot (t - \tau_i) \cdot e^{-b_2 i (t - \tau_i)}.$$

На підставі значень ФС, отриманих в результаті тестування студентів, що виконували практичні роботи на ЕОМ, визначено межі рівнів функціонального стану ЦНС людини. Значення коефіцієнтів рівняння наведено в табл. 1.

Діагностика функціонального стану центральної нервової системи (ЦНС) людини і прогнозування її працездатності заснована на аналізі динамічних характеристик часу простої зорово-моторної реакції [2].

Методика, розроблена М.П.Мороз, була реалізована у вигляді комп'ютерної програми, в якій на екрані монітора з'являється у випадковому порядку зоровий подразник у вигляді засвічення частини екрану. Фіксується час від появи подразника до моменту його погашення за допомогою натиснення відповідних клавіш на клавіатурі. Процедуру повторюють не менше 10 разів продовж години. На основі вимірюваних зна-

чень часу зорово-моторної реакції побудовано розподіл вірогідності часу реакції на світловий сигнал (рис.4), апроксимований розподілом Релея

$f(x; s) = \frac{x - \tau}{s^2} \exp\left(-\frac{(x - \tau)^2}{2s^2}\right)$ ,  $x \geq 0$ ,  $\tau \geq 0$ ,  $s > 0$ , отриманих значень по розрядах з інтервалом в 50 мс.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів рівняння

РФС ЦНС	$\Phi C_1$	$\Phi C_2$	$\Phi C_3$	$\Phi C_4$	$\Phi C_5$	$\Phi C_i$
$b_1$	400	200	100	50	25	$=800 e^{-0,693 \cdot \Phi C}$
$b_2$	144	89	55	34	21	$=233 e^{-0,481 \cdot \Phi C}$
$\tau$	0,12	0,15	0,17	0,19	0,20	$=0,12 \cdot \Phi C^{0,322}$

За параметрами аналізу розподілу часу реакції людини визначають мінімальну затримку часу  $\tau_0$ , значення часу затримки, при якому вірогідність має max значення, та параметр масштабу розподілу Релея, які наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Параметри розподілу Релея

$\Phi C$	$\Phi C_1$	$\Phi C_2$	$\Phi C_3$	$\Phi C_4$	$\Phi C_5$	$\Phi C_i$
$\tau_0$	25	50	75	100	125	$t/25$
<b>max</b>	105	170	235	300	365	$(\text{max}-40)/65$
<b>s</b>	80	120	160	200	240	$(s-40)/40$

Значення рівня функціонального стану визначаємо за допомогою математичної формули:

$$\Phi C = 0,05 \text{max} + 0,08s + 0,013t - 0,538.$$

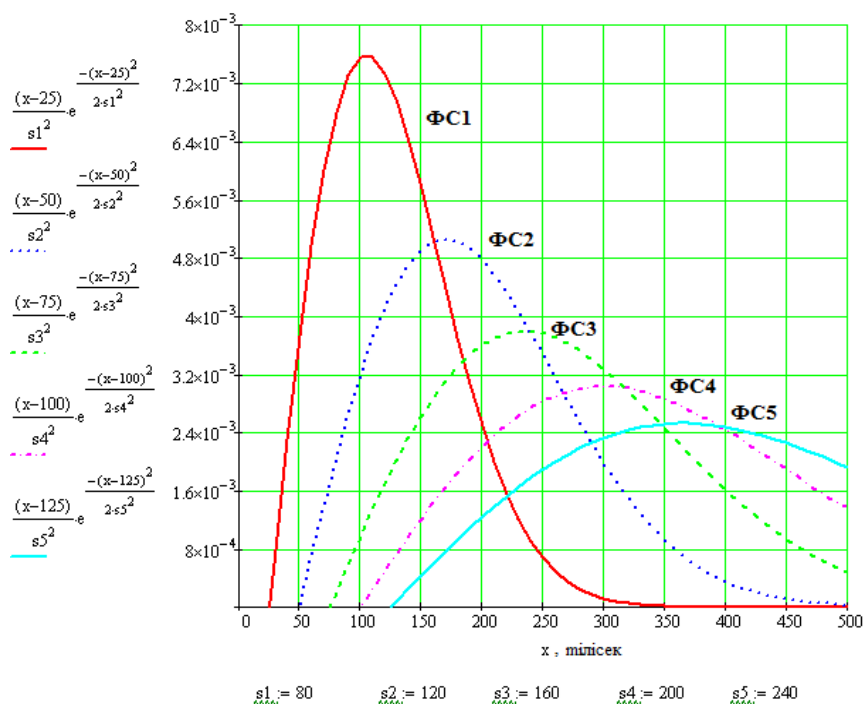


Рисунок 4 – Щільність розподілу часу реакції на світловий сигнал, апроксимована розподілом Релея

Рівень функціонального стану ЦНС оцінюється за імовірнісними статистичними параметрами розподілу показників часу орієнтовної зорово-моторної реакції наступним чином:

t=25	max=105	s=80	$0,05 \max + 0,08s + 0,013t - 0,538 = 1$
t=75	max=235	s=160	$0,05 \max + 0,08s + 0,013t - 0,538 = 3$
t=125	max=365	s=240	$0,05 \max + 0,08s + 0,013t - 0,538 = 5$

За величиною ФС можна оцінити рівень функціонального стану ЦНС, готовності оператора до роботи, ступінь його втоми, а у ряді випадків і наявність патологічних функціональних порушень або органічних розладів діяльності центральної нервової системи.

На підставі середніх значень ФС, отриманих в результаті тестування студентів, що виконували практичні роботи на ЕОМ, визначено межі рівнів функціонального стану ЦНС (рис.4):

- 1) якщо ФС max(105 мс) при часі затримки до 25 мс – рівень ФС оцінюється як обмежений;
- 2) якщо ФС max(170 мс) при часі затримки до 50 мс – рівень ФС оцінюється як оптимальний;
- 3) при ФС max(235 мс) та часі затримки до 75 мс – рівень ФС оцінюється як трохи знижений;
- 4) при ФС max(300 мс) та часі затримки до 100 мс – рівень ФС оцінюється як знижений;
- 5) при ФС max(365 мс) та часі затримки більше 125 мс – рівень ФС оцінюється як істотно знижений.

**Висновки.** У даній статті отримано перехідну функцію процесу проходження сигналу та запропоновано методику визначення часу затримки його проходження.

В результаті проведених досліджень підтверджено, що фізична працездатність є інтегральним показником функціонального стану організму і залежить від морфологічного та функціонального стану більшості основних систем життєзабезпечення.

На підставі отриманих результатів тестування студентів визначено межі рівнів функціонального стану ЦНС людини, які дозволили визначити щільність розподілу часу реакції на світловий сигнал, апроксимовану розподілом Релея.

Також отримано формулу, за допомогою якої можна визначити рівень функціонального стану оператора.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кулаков М.В. Некоторые вопросы моделирования автоматизированных человеко-машинных систем / М.В.Кулаков, Л.Н.Пученков // Информатика и системы управления в XXI веке. – М: МТГУ. – 2004. – № 3.
2. Методика экспресс-диагностики работоспособности и функционального состояния человека (разработана М.П.Мороз) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://showtodaytv.com/play-vip-\\_tvaR9IYafRPVE](http://showtodaytv.com/play-vip-_tvaR9IYafRPVE).
3. Поплавська О.М. Ергономіка: навч. посіб. / Поплавська О.М. – К.: КНЕУ, 2006. – 320 с.

Надійшла до редколегії 03.10.2018.