

**ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**Кафедра охорони праці та навколишнього середовища**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**та завдання до контрольної роботи  
з дисципліни**

***«ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ»***

**Харків – 2015**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри охорони праці та навколишнього середовища 13 лютого 2015 р., протокол № 9.

Рекомендуються для студентів факультету УПП заочної форми навчання.

Укладачі:

старш. викл. І.І. Бугайченко,  
асистенти А.В. Гончаров,  
О.В. Брусенцов

Рецензент

доц. М.О. Мороз

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

та завдання до контрольної роботи  
з дисципліни

*«ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ»*

Відповідальний за випуск Бугайченко І.І.

Редактор Ібрагімова Н.В.

---

Підписано до друку 24.03.15 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

У процесі вивчення дисципліни «Основи ергономіки» студент повинен виконати контрольну роботу, що складається з теоретичної (відповіді на два контрольні питання) і практичної (розв'язання двох задач) частин. Обсяг теоретичної частини не має перевищувати більше 10 сторінок.

Контрольна робота виконується за варіантом, який визначається двома останніми цифрами навчального шифру студента. До захисту не допускається контрольна робота студента, що не відповідає його шифру.

Робота має бути підписана виконавцем і вказана дата виконання.

### 1 Контрольні питання для письмової відповіді

Варіанти теоретичної частини (номери питань) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для виконання теоретичної частини

Остання цифра шифру	Передостання цифра шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1, 13	2, 14	3, 15	4, 16	5, 17	6, 18	7, 19	8, 20	9, 21	10, 22
2	11, 23	12, 24	13, 25	14, 26	15, 27	16, 28	17, 29	18, 30	19, 31	20, 32
3	21, 33	22, 34	23, 35	24, 36	25, 37	1, 26	2, 27	3, 28	4, 29	5, 30
4	6, 31	7, 32	8, 33	9, 34	10, 35	11, 36	12, 37	1, 20	2, 21	3, 22
5	4, 23	5, 24	6, 25	7, 26	8, 27	9, 28	10, 29	11, 30	12, 31	13, 32
6	14, 33	15, 34	16, 35	17, 36	18, 37	4, 19	5, 20	6, 21	7, 22	8, 23
7	9, 24	10, 25	11, 26	12, 27	13, 28	14, 29	15, 30	16, 31	17, 32	18, 33
8	19, 34	20, 35	21, 36	22, 37	1, 7	2, 8	3, 9	4, 10	5, 11	6, 12
9	7, 13	8, 14	9, 15	10, 16	11, 17	12, 18	13, 19	14, 20	15, 21	16, 22
0	17, 23	18, 24	19, 25	20, 26	21, 27	22, 28	23, 29	24, 30	25, 31	26, 32

## **Перелік контрольних питань**

- 1 Що таке ергономіка? Назвати причини виникнення.
- 2 Міждисциплінарні зв'язки ергономіки.
- 3 Хто така людина-оператор? Що таке інформаційна модель?
- 4 Група і колектив. Психологічна сумісність.
- 5 Система «людина-машина-середовище».
- 6 Приймання інформації людиною.
- 7 Нервові аналізатори – склад і робота.
- 8 Задачі ергономіки.
- 9 Що таке тест? Тести особисті, інтелекту, окремих психічних функцій.
- 10 Класифікація і параметри засобів відображення інформації.
- 11 Організація раціональних режимів трудової діяльності оператора.
- 12 Характеристики напруженості роботи оператора.
- 13 Надійність системи «людина-машина».
- 14 Контроль стану оператора, види контролю.
- 15 Професійний відбір – завдання та методи.
- 16 Професійна підготовка операторів.
- 17 Тренажерна підготовка оператора – задачі і методи.
- 18 Групова діяльність операторів, засоби та методи вивчення.
- 19 Характеристики складності алгоритму діяльності оператора.
- 20 Типологічні особливості вищої нервової діяльності.
- 21 Ергономічна оцінка робочого місця.
- 22 Біоритми та їхнє значення в забезпеченні надійності діяльності.
- 23 Особливості ергономіки на залізничному транспорті.
- 24 Специфіка діяльності транспортних операторів.
- 25 Виробниче середовище, значення і роль у забезпеченні надійності діяльності оператора.
- 26 Психічні функції, що визначають успішність операторської діяльності.
- 27 Роль людського чинника в забезпеченні надійності системи «людина-машина».

28 Роль фізичної активності в забезпеченні надійності діяльності.

29 Основні причини помилкових дій оператора.

30 Антропометричні характеристики в проектуванні робочого місця.

31 Диспетчерські системи управління на залізничному транспорті.

32 Особливості операторської праці.

33 Заходи, що підвищують надійність діяльності операторів.

34 Економічна ефективність ергономічних розробок.

35 Ергономічні вимоги до робочого місця користувача персональним комп'ютером.

36 Нормування операторської діяльності.

37 Напрямки підвищення надійності людини-оператора.

## **2 Задача 1. Визначення кількісних характеристик діяльності людини-оператора**

Людина-оператор, яка розглядається в ергономіці, є специфічною ланкою в системі «людина-машина» (СЛМ) і характеризується низкою показників: швидкодія, надійність, точність. Ці показники мають свої аналоги в машинній частині системи. Крім того, оператор характеризується специфічними характеристиками, такими як, наприклад, психофізіологічна напруженість. Ці показники не мають аналогів у машинній частині.

Показником **швидкодії** служить час роз'язання задач оператором; тобто час від моменту появи сигналу до моменту закінчення здійснення керуючих дій. У найпростішому випадку цей час пропорційний кількості обробленої людиною інформації і визначається як

$$\tau_{on} = a + b \cdot I, \quad (1)$$

де  $I$  – кількість обробленої інформації, біт;  
 $a, b$  – константи, які мають певний фізичний зміст:  
 $a$  – прихований час реакції, що залежить від модальності сигналу й приблизно дорівнює 0,2 с;  
 $b$  – величина, обернена швидкості переробки інформації оператором, дорівнює  $0,15 \div 0,35$  с/біт;

У разі надходження декількох сигналів оператор приступає до обробки певного сигналу через деякий час, тобто сигнал чекає своєї обробки, на що витрачається певний час  $\tau_{чек}$ . У цьому випадку швидкодія переробки інформації оператором характеризується двома складовими:

$$\tau'_{on} = \tau_{чек} + \tau_{on}, \quad (2)$$

а тривалість циклу регулювання становить

$$T_y = \sum_{i=1}^n t_i + \tau'_{on}, \quad \dots\dots\dots(3)$$

де  $T_y$  – тривалість циклу управління;  
 $t_i$  – час затримки сигналу в  $i$ -й ланці машини;  
 $n$  – кількість машинних ланцюгів.

При заданому  $T_y$  і відомих  $t_i$  від операторів вимагається така швидкодія:

$$\tau'_{on} \leq T_y - \sum_{i=1}^n t_i. \quad (4)$$

Під **точністю** роботи оператора розуміють ступінь відхилення деякого параметра, що вимірюється, настраюється або регулюється від свого істинного, заданого або номінального значення. Кількісно точність роботи оператора оцінюється величиною похибки, з якою оператор вимірює, встановлює або регулює параметр;

$$\gamma = X_n - X_{on}, \quad (5)$$

де  $X_n$  – істинне або номінальне значення параметра;

$X_{on}$  – фактично виміряне або відрегульоване оператором значення параметра.

У роботі оператора розрізняють випадкову і систематичну похибки. Випадкова похибка оператора оцінюється величиною середньоквадратичної похибки. Систематична похибка залежить як від умов роботи оператора, так і від його стану.

Величина похибки може мати як позитивний, так і негативний знак. Поняття помилки і похибки близькі, але не тотожні. Так, доки величина похибки не виходить за допустимі межі, вона не є помилкою і навпаки. Поняття похибки найбільш важливо для тих випадків, коли параметр, що вимірюється або регулюється, являє собою аналогову або безперервну величину.

Випадкова похибка оператора визначається виразом

$$\gamma = \sqrt{\gamma_{on}^2 + \sum_{i=1}^k \gamma_i^2}, \quad (6)$$

де  $\gamma_{\Sigma}$  – похибка всієї системи;

$\gamma_{on}$  – похибка, з якою оператор вимірює, встановлює або регулює параметр;

$\gamma_i$  – похибка  $i$ -ї машинної ланки системи.

З формули випливає, що для зменшення підсумкової випадкової похибки, у першу чергу, необхідно зменшити похибки тих ланок системи, де вона найбільша. Це дасть значно більший ефект, ніж прийняття аналогічних заходів до ланок, що мають меншу похибку.

**Надійність** діяльності оператора характеризується звичайно імовірністю правильного розв'язання задачі. Для оцінки цієї імовірності застосовується формула

$$P_{on} = \frac{M}{N}, \quad (7)$$

де  $M$  – кількість правильно розв'язаних задач;  
 $N$  – загальна кількість задач, що розв'язуються.

Необхідна надійність оператора при послідовному з'єднанні ланок визначається надійністю всієї системи, яка здійснює цикл управління:

$$P_{\psi} = P_{on} \prod_{i=1}^n P_i(T_{\psi}), \quad (8)$$

де  $P_i(T_{\psi})$  – надійність роботи  $i$ -ї ланки машини протягом часу;  
 $P_{on}$  – надійність всієї системи, яка здійснює управління.

При заданому  $P_{\psi}$  і відомих  $P_i(T_{\psi})$  машинних ланок необхідна надійність роботи оператора визначається виразом

$$P_{on} \geq \frac{P_{\psi}}{\prod_{i=1}^n P_i(T_{\psi})}. \quad (9)$$

## 2.1 Зміст завдання

Визначити потрібні кількісні характеристики діяльності людини-оператора в системі управління виробничим процесом, що включає в себе оператора і три з'єднаних послідовно машинних ланки.

Вимагається визначити:

1) чи забезпечить оператор за заданих умов необхідну швидкодію СЛМ?

2) які вимоги мають висуватися до надійності роботи оператора?

3) чи буде забезпечена за цих умов необхідна похибка циклу регулювання?



Вибір вихідних даних для розрахунку виконується за останньою цифрою навчального шифру (таблиця 2).

Таблиця 2 – Вихідні дані СЛМ

Остання цифра навчального шифру	$\gamma_{on}$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$V_{on}$	$I$	$\tau_{чек}$
1	3	1,5	2,5	0,8	0,99	0,98	0,97	2	5	7	2	20	2
2	4	2	3	2	0,98	0,96	0,95	5	3	1	2	10	2
3	2	0,8	1	3	0,97	0,97	0,99	7	1	3	3	15	2,5
4	1	1,5	2,5	3	0,97	0,97	0,95	1	7	5	3	25	1,5
5	3	2	0,5	3	0,99	0,98	0,95	3	5	6	4	30	3
6	1	2	2	1	0,98	0,97	0,96	2	4	3	3	10	3
7	2	1,5	1	2	0,99	0,95	0,99	4	1	3	4	15	2
8	3	1	3	2	0,98	0,98	0,98	1	5	2	2	30	2,5
9	4	1,5	1,5	2	0,99	0,99	0,99	3	2	5	3	20	2
0	1	2	2,5	3	0,99	0,95	0,96	5	3	4	3	25	1,5

Вимоги до системи  $T_u \leq 15$  с,  $P_u \geq 0,95$ ,  $\gamma_u \leq 9$  біт.

**Приклад.** Характеристики технічних ланок складають:

$$\begin{array}{lll}
 \tau_1 = 1,5 \text{ с}; & \tau_2 = 2 \text{ с}; & \tau_3 = 0,8 \text{ с}; \\
 P_1 = 0,99; & P_2 = 0,97; & P_3 = 1; \\
 \gamma_1 = 2 \text{ біт}; & \gamma_2 = 5 \text{ біт}; & \gamma_3 = 7 \text{ біт}; \\
 V_{on} = 2 \text{ біт/с}; & \tau_{чек} = 2 \text{ с}; & \gamma_{on} = 3 \text{ біт}; \\
 T_u \leq 15 \text{ с}; & P_u \geq 0,95; & \gamma_u \leq 9 \text{ біт}; \quad I = 20 \text{ біт}.
 \end{array}$$

Визначаємо швидкодію, С, оператора за даних умов:

$$\tau_{\ddot{u}} = \tau_{\ddot{a}\ddot{e}} + \frac{I}{V_{\ddot{u}}} = 2 + \frac{20}{2} = 12 .$$

Необхідна швидкодія, С, оператора за даних умов

$$\tau_{ii} \leq \dot{O}_o - \sum_{i=1}^3 \tau_i = 15 - (1,5 + 2,0 + 0,8) = 10,7 .$$

Отже, швидкодія оператора не забезпечує допустиму тривалість циклу управління.

Для забезпечення цієї умови необхідно застосувати більш швидкодійучі технічні ланки, зменшити кількість обробленої інформації або організувати спеціальне навчання оператора (збільшити  $V_{on}$ ).

Необхідна надійність оператора дорівнює:

$$P_{on} = \frac{P_u}{\prod_{i=1}^n P_i(T_u)} = \frac{0,95}{0,99 \cdot 0,97 \cdot 1} = 0,99.$$

Таким чином, оператори повинні бути навчені і натреновані так, щоб вони припускали в середньому не більше однієї помилки при проведенні ста циклів управління.

Визначимо підсумкову середньоквадратичну випадкову помилку СЛМ, біт:

$$\gamma_u = \sqrt{\gamma_{on}^2 + \sum_{j=1}^k \gamma_{Mj}^2} = \sqrt{3^2 + 2^2 + 5^2 + 7^2} = 9,4.$$

Як видно, точність проведення циклу управління не задовольняє задані вимоги. Для виконання умов необхідно, у першу чергу, зменшити похибку, що вноситься третім машинним ланцюгом.

### **3 Задача 2. Аналіз складності алгоритму діяльності людини-оператора**

В інженерній психології для опису структури діяльності людини-оператора застосовується цілий ряд методів.

Одним із найпоширеніших є метод алгоритмічного опису, що спирається на положення про те, що кожне управління здійснюється за допомогою переробки інформації, що виконується за відповідними правилами – алгоритмами. Поняття «алгоритм» визначається як сукупність елементарних актів переробки інформації.

За найпростіші складові алгоритму беруться оперативні одиниці, що використовуються людиною в її роботі як щось цілісне. Такими одиницями (елементарними діями) є сприйняття або витягування із пам'яті образів, понять, суджень, а також дії: прості або складні, але такі, що мають закінченість у діяльності людини.

Оперативні одиниці можуть бути двох видів. По-перше, це логічні умови (образ, поняття, судження), які фігурують як інформаційні одиниці в процесі формування або вибору умови; по-друге, «оператори», тобто ті або інші дії людини. Зазначимо, що поняття «оператор» як складова алгоритму береться в лапки, поняття оператор стосовно людини використовується без лапок. Робочий процес розглядається як сукупність елементарних оперативних одиниць переробки інформації.

Для запису алгоритму застосовуються дві основні форми:

- логічна схема;
- блокова (структурна) схема.

У логічній схемі алгоритму прописними (великими) латинськими літерами позначаються «оператори», малими літерами – логічні умови, що визначають вибір того чи іншого типу «оператора». Кожна логічна умова має два можливих результати. Від кожного символу логічної умови починається нумерована стрілка ( $\overset{3}{\uparrow}$ ), що закінчується біля іншого символу ( $\overset{3}{\downarrow}$ ). Робота логічної схеми алгоритму починається з того, що спрацьовує перший елемент схеми з лівого боку. Після цього визначається, який елемент має спрацювати після нього. Якщо першим був «оператор», то за ним має спрацювати той елемент схеми, що безпосередньо іде за ним, тобто другий. Якщо ж перший елемент схеми – логічна умова, то можливі два варіанти: або логічна умова виконується (тоді спрацьовує наступний член алгоритму), або ж вона не виконується (у цьому випадку спрацьовує той член, до якого веде нумерована

стрілка, що починається після даної логічної умови). Подальша робота схеми відбувається аналогічно. Ситуація, коли логічна умова виконується, позначається як «1», а коли не виконується – як «0».

Аналіз схеми алгоритму дозволяє одержати деякі кількісні характеристики трудової діяльності оператора: показники стереотипності, логічної складності, швидкість переробки інформації, динамічну інтенсивність.

**Показник стереотипності** оцінюється за наявністю в алгоритмі безперервних послідовностей без логічних умов, а також за тривалістю цих послідовностей. Цей показник визначається за формулою

$$Z = \sum_{n=1}^k P_n^{(o)} \cdot X_n^{(o)}, \quad (10)$$

де  $X_n^{(o)}$  – кількість послідовних елементів у групі без логічних умов з 1, 2, ..., k членів;

$P_n^{(o)}$  – імовірність появи таких груп.

Показник стереотипності досягає максимального значення, що дорівнює  $k$ , коли в алгоритмі немає логічних умов, тобто, послідовність дій оператора однозначно детермінована і не залежить від жодних умов. Мінімальне значення цього показника буде дорівнювати 1, якщо після кожного «оператора» слідом йде логічна умова. Отже, у цьому випадку  $X_n^{(o)} = 1$ ,  $P_n^{(o)} = 1/k$ ,  $Z = 1$ . Діяльність оператора при цьому має максимальну кількість можливих варіантів дій, тобто низьку стереотипність.

**Показник логічної складності** визначається за формулою

$$L = \sum_{n=1}^m P_n^{(l)} \cdot X_n^{(l)}, \quad (11)$$

де  $X_n^{(l)}$   $P_n^{(l)}$  – кількість логічних умов, що перевіряються, у групі з 1, 2, ..., m таких умов;

$P_n^{(l)}$  – імовірність появи таких груп.

Цей показник визначає необхідність перебудови системи дій у випадку зміни системи сигналів. Він дає характеристику зворотну стереотипності і може бути використаний для оцінки динамічного компонента діяльності оператора. Можливі межі зміни  $0 \leq L \leq m$ .

**Ентропія «операторів»** всіх видів, тобто середня кількість інформації, що переробляється людиною-оператором при виконанні керуючих дій, біт, обчислюється за формулою

$$H_o = -\sum_{i=1}^m P_i \cdot \log_2 P_i, \quad (12)$$

де  $P_i$  – імовірність 1, 2, ...,  $i$ -го виду «оператора».

**Ентропія логічних умов**, тобто середня кількість інформації, що переробляється оператором при перевірці логічних умов в алгоритмі, біт, визначається так:

$$H_l = -\sum_{j=1}^m P_j \cdot \log_2 P_j, \quad (13)$$

де  $P_j$  – імовірність 1, 2, ...,  $j$ -ї логічної умови.

Середня інформація за всіма кроками трудового процесу дорівнює сумі ентропії «операторів» і логічних умов. Останній показник є характеристикою невизначеності очікування різних членів алгоритму.

**Середня швидкість переробки інформації**, біт/с, визначається за формулою

$$S = \frac{H_o + H_l}{\tau}, \quad (14)$$

де  $\tau$  – час виконання алгоритму.

**Напруженість (інтенсивність) виконання алгоритму**, операція/с, визначається кількістю елементарних оперативних одиниць, які виконуються в одиницю часу. Цей показник оцінюється за формулою

$$V_a = \frac{k + m}{\tau}, \quad (15)$$

де  $k$  та  $m$  – загальна кількість «операторів» і логічних умов в алгоритмі.

Розглянуті показники виконання алгоритму визначають складність роботи оператора й можуть використовуватися для порівняльної оцінки однотипних видів операторської діяльності.

*Примітка.* Обчислення двійкових логарифмів має певні труднощі. Можна скористатися заміною підстави 2 на 10, тобто

$$\log_2 P = \frac{\lg P}{\lg 2} = \frac{\lg P}{0,3010}. \quad (16)$$

При розв'язанні задачі необхідно, використовуючи методи інженерної психології, зробити порівняння двох алгоритмів на основі кількісних характеристик трудової діяльності оператора за цими алгоритмами.

### 3.1 Зміст завдання

Зробити порівняльний аналіз складності двох алгоритмів діяльності чергового по станції під час пропускання поїзда через обгінний пункт на двоколінійній ділянці, обладнаній автоблокуванням. Для цього необхідно визначити показники складності окремих алгоритмів:

- показник стереотипності;
- показник логічної складності;
- ентропія операторів;
- ентропія логічних умов;
- середня швидкість переробки інформації;
- інтенсивність виконання алгоритму.

За результатами порівняння цих показників зробити висновок про напруженість роботи чергового з урахуванням можливостей людини.

Тривалість зміни прийняти  $\tau_{з,м} = 12 \text{ год} = 43200 \text{ с}$ .

Повний алгоритм діяльності чергового по станції має вигляд:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc}
 6 & & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 2 & 6 & 3 & 5 & 6 & 4 & 1 & 6 & 7 & 7 & 6 \\
 \downarrow \mathbf{A} \mathbf{B} \mathbf{D} & \mathbf{c} & \uparrow \downarrow & \mathbf{f} & \uparrow \mathbf{E} & \uparrow \downarrow & \mathbf{h} & \uparrow \mathbf{F} & \uparrow \downarrow & \mathbf{f} & \uparrow \mathbf{G} & \uparrow \downarrow & \downarrow \mathbf{h} & \uparrow \downarrow & \mathbf{l} & \uparrow \mathbf{Q} & \uparrow & \dots
 \end{array} \quad (17)$$

Опис «операторів» і логічних умов наведено в таблицях 3,4.

Таблиця 3 – Опис «операторів» чергового по станції

Номер з/п	Символ	Зміст «операторів»
1	<b>A</b>	Очікування черговим повідомлення про відправлення до нього поїзда
2	<b>B</b>	Одержання очікуваної інформації
3	<b>D</b>	Запит диспетчера про порядок пропускання поїзда
4	<b>E</b>	Команда про пропускання по головній колії
5	<b>F</b>	Те саме, по боковій колії
6	<b>G</b>	Приймання поїзда на головну колію
7	<b>Q</b>	Те саме, на бокову колію

Таблиця 4 – Опис логічних умов у діяльності чергового по станції

Номер з/п	Символ	Зміст логічної умови
1	<b>c</b>	Віддалення поїзда, що йде попереду, достатнє
2	<b>f</b>	Головна колія вільна
3	<b>h</b>	Бокова колія для приймання поїзда c
4	<b>l</b>	Поїзд по довжині вміщується на бокову колію

Вибір алгоритмів для порівняння виконується за останньою цифрою навчального шифру за таблицею 5.

Таблиця 5 – Вихідні дані для вибору алгоритмів діяльності чергового по станції

Остання цифра навчального шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Порівняння алгоритмів	I II	I III	I IV	I V	II III	II IV	II V	III IV	III V	IV V

Варіанти логічних схем алгоритмів діяльності чергового по станції подано в таблиці 6.

Таблиця 6 – Варіанти логічних схем алгоритмів діяльності чергового по станції

Номер з/п	Алгоритм для порівняння
I	<p>6            1 2 3 4 5    2 6 3 5 6 4 1 6 7 7 6</p> <p>↓ABD c ↑ ↓ f ↑ E ↑ ↓ h ↑ F ↓ f ↑ G ↓ ↓ h ↓ h ↓ Q</p>
II	<p>6            1 2 3 4 5    2 6 3 5 6 4 1 6 7 7 6</p> <p>↓ABD c ↑ ↓ f ↑ E ↑ ↓ ↑ ↑ ↓ f ↑ G ↓ ↓ ↑ ↓ h ↓ Q</p>
III	<p>6            1 2 3 4 5    2 6 3 5 6 4 1 6 7 7 6</p> <p>↓ABD c ↑ ↓ f ↑ E ↑ ↓ ↑ F ↓ f ↑ ↑ ↓ ↓ ↑ ↓ h ↓ Q</p>
IV	<p>6            1 2 3 4 5    2 6 3 5 6 4 1 6 7 7 6</p> <p>↓ABD c ↑ ↓ ↑ E ↑ ↓ ↑ ↑ ↓ ↑ G ↓ ↓ ↑ ↓ h ↓ Q</p>
V	<p>6            2 3 4 5    2 6 3 5 6 4 6 6</p> <p>↓ABD ↓ f ↑ E ↑ ↓ h ↑ F ↑ ↓ f ↑ G ↑ ↓ h ↑ Q ↑</p>

Кількість повторень алгоритму за зміну приймається за таблицею 7.



Таблиця 7 – Кількість повторень алгоритму діяльності чергового по станції

Передостання цифра навчального шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість повторень алгоритму	50	100	200	300	400	500	450	350	250	150

**Приклад.** Визначити кількісні характеристики для алгоритму діяльності чергового по станції при прийманні та відправленні поїздів. Кількість повторень алгоритму дорівнює 100.

Перепишемо даний (базовий) алгоритм у спрощеному вигляді:

*ABD cf E h F f G hl Q.*

В алгоритмі 5 груп «операторів», у тому числі одна група – 3 «оператори» та 4 групи – по одному.

Показник стереотипності:

$$Z = \frac{3}{5} \cdot 1 + \frac{1}{4} \cdot 4 = 1,4.$$

Логічні умови розподілені по 4 групах: по дві – 2 групи та по одній – 2 групи.

Звідси показник логічної складності

$$L = \frac{2}{4} \cdot 2 + \frac{1}{4} \cdot 2 = 1,5.$$

Для обчислення значень ентропії «операторів» і логічних умов приймемо ймовірності для всіх «операторів» і логічних умов рівними. Тоді формули (12) і (13) набудуть вигляду

$$H_o = \log_2 k, \quad H_l = \log_2 m,$$

де  $k$  та  $m$  – загальна кількість «операторів» і логічних умов.

З урахуванням цього кількість інформації, біт, яка переробляється під час виконання керуючих дій:

$$H_o = \log_2 7 = \frac{\lg 7}{0,3010} = 2,79.$$

Кількість інформації, біт, що переробляється при перевірці логічних умов:

$$H_l = \log_2 4 = 2.$$

Середню швидкість переробки інформації, біт/с, визначимо таким чином: суму ентропії «операторів» і логічних умов помножимо на кількість повторень алгоритму та розділимо на тривалість чергування:

$$S = \frac{(2,79 + 2) \cdot 100}{43200} = 0,011,$$

де 43200 – час чергування,

Інтенсивність виконання алгоритму визначається як, операцій/с,

$$V_a = \frac{(7 + 4) \cdot 100}{43200} = 0,025.$$

З метою порівняння характеристик двох алгоритмів діяльності всі дані зводяться до таблиці 8.

Таблиця 8 – Порівняння характеристик алгоритмів

Характеристика алгоритму	Базовий	За шифром
Загальна кількість членів алгоритмів	11	9
Кількість «операторів»	7	5
Кількість груп «операторів»	5	4
Показник стереотипності	1,4	1,0
Кількість логічних умов	4	4
Кількість груп логічних умов	4	3
Показник логічної складності	1,5	1,5
Ентропія «операторів»	2,79	2,59
Ентропія логічних умов	2,0	2,0
Середня швидкість переробки інформації	0,011	0,01
Інтенсивність виконання алгоритму	0,025	0,030

*Примітка.* Алгоритм за шифром є менш складним за основними показниками.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Брусенцов, В.Г. Основи ергономіки на залізничному транспорті [Текст]. навч. посібник / В.Г. Брусенцов, О.В. Брусенцов, І.І. Бугайченко, С.О. Кисельова. Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 142 с.

2 Платонов, Г.А. Эргономика на железнодорожном транспорте [Текст] / Г.А. Платонов. – М.: Транспорт, 1986. – 296 с.

3 Психологические аспекты повышения надежности управления движущимися объектами [Текст] / Л.С. Нерсесян. – М.: Промедэк, 1992. – 288 с.

4 Справочник по инженерной психологии [Текст] / под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.

5 Основы инженерной психологии [Текст]: учеб. пособие / под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Высш. шк., 1977. – 335 с.

6 Широков, А.П. Основы эргономики на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб.– метод. пособие / А.П. Широков. – Хабаровск, 2000. – 300 с.



