

## УЗАГАЛЬНЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ АЛГОРИТМІВ В ЕРГОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗЕМЛЕОБРОБЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Національний технічний університет України “КПІ”  
Київський національний університет будівництва і архітектури*

*В статті викладено теоретичні дослідження щодо узагальненого підходу до виділення груп параметрів до складання раціональної геометричної моделі та складання алгоритмів аналізу діяльності машиніста землеоброблювальної машини.*

**Постановка проблеми.** Всі роботи з експлуатації та обслуговування землеоброблювальної техніки виконує людина. Саме тому необхідно враховувати „людський фактор” в системах „людина-машина-середовище”. Всебічне вивчення таких систем обумовлюється наступними обставинами: підвищенням одиничної потужності, рівнем механізації та автоматизації робіт, ускладненням інформаційного аспекту діяльності оператора, який найменш вивчений і тому менш формалізований.

**Аналіз останніх досліджень.** В області наукових досліджень основним напрямком обрані розробки методів математичної формалізації елементів трудової діяльності операторного типу, яка характерна для операторів більшості землеоброблювальних машин і засобів обслуговування цих машин. Формалізація діяльності, розробка логіко-імовірнісних моделей трудового процесу здійснюється із застосуванням елементів теорії алгоритмів, теорії імовірності, математичної логіки, теорії графів і т. ін. Основи алгоритмічного методу аналізу трудової діяльності, які базуються на використанні ідей та прийомів теорії алгоритмів, теорії інформації, теорії імовірностей, теорії графів і математичної логіки закладені в роботах Ляпунова А.А. і Шестопада Г.А. Подальший розвиток ці методи мали в роботах Зараковського Г.М., Зінченко В.П., Муніпова В.М. [1], Карана Є.Д. [2], Шибанова Г.П. [3], а також відомих вчених Середи Г.К., Ломова Б.Ф., Шеридана Т.Б., Ферела У.Р., Горшкова С.І.

**Основна частина.** Відтворення трудового процесу у вигляді набору типових дій та логічних умов дозволяє, з одного боку, кількісно оцінити енергетичний аспект діяльності, оскільки енергетична та часова оцінка кожної трудової дії не є складною, а, з іншого боку – інформаційний аспект діяльності, шляхом виявлення його імовірності або іншого виходу кожної логічної умови, що, в свою чергу, дозволяє використовувати математичний апарат теорії інформації.

Складання алгоритмів трудового процесу включає виконання чотирьох етапів.

На *першому* етапі складається опис форми алгоритму, який послідовно пояснює всі дії оператора та їх порядок в залежності від тих або інших умов з обов'язковим розкладанням на поопераційні одиниці – логічні умови ЛУ і типової дії ТД.

На *другому* етапі складається алгоритм в символній формі, так звана логіко - імовірнісна модель. Для позначення типових дій в символах використовуються великі латинські літери ( $A, T$ ), а малі літери ( $p, q$ ) – для позначення логічних умов, які визначають вибір тої або іншої дії. Кінець кожної логічної умови пронумеровано стрілкою  $\left(\overset{3}{\uparrow}\right)$ ; кінцева стрілка з таким самим номером стоїть перед іншим членом алгоритму  $\left(\overset{3}{\downarrow}\right)$ .

Серед ТД оператора можуть бути виділені аферентні акти (зчитування показів приладів, отримання команд і т. ін.), які позначаються індексом  $\alpha$ , і еферентні дії (натискання кнопок, видача команд і т. ін.), які позначаються індексом  $\varepsilon$ .

Алгоритм, який представляє формалізований запис діяльності, може відтворюватися у вигляді логічної схеми. Алгоритм починається з того, що спрацьовує лівий член схеми. Далі необхідно визначити який член повинен працювати наступним.

Якщо першим членом була типова дія, то наступним повинен спрацювати той член, який стоїть відразу за ним, тобто праворуч.

Якщо ж попередній член був логічною умовою, то можливі два випадки:

- *перший* – логічна умова, яку перевіряємо, виконується, тоді повинен працювати наступний за ним праворуч член алгоритму;

- *другий* – логічна умова не виконується, тоді повинен працювати той член, до якого веде пронумерована стрілка з вихідним номером, яка починається після даної логічної умови (наприклад,  $q \overset{\uparrow}{\dots} \overset{\downarrow}$ ).

Часто в структурну схему алгоритму вводять „завжди хибну” логічну умову  $\omega$ . При використанні „ $\omega$ ” у всіх випадках спрацьовує той член алгоритму, який вказаний стрілкою.

*Третій* етап алгоритмізації полягає у відтворенні алгоритму в граф-схему, яка є більш наочною.

На *четвертому* етапі, на стадії апріорної алгоритмізації складають мінімальний, типовий та максимальний варіанти реалізації алгоритму.

Алгоритмічний метод дозволяє кількісно проаналізувати психофізіологічні особливості діяльності за допомогою наступних показників:

1. Число членів алгоритму:

$$N = N_L + N_0, \quad (1)$$

де  $N_L$  - число логічних умов;  $N_0$  - число типових дій.

2. Число можливих варіантів реалізації повного алгоритму:

$$n_{\max} = 2^{N_L}. \quad (2)$$

3. Показник логічної складності діяльності:

$$L = \sum_{i=1}^{N_i} P_i^L X_i^L, \quad (3)$$

де  $i$  – число груп ЛУ, не розділених ТД;  $X_i^L$  - число ЛУ в кожній групі;  $P_i^L$  - частота появи груп ЛУ кожного розміру.

4. Показник стереотипності:

$$z = \sum_{j=1}^{N_0} P_j^0 X_j^0, \quad (4)$$

де  $j$  – число груп ТД, не розділених ЛУ;  $X_j^0$  - число ТД в кожній групі;  $P_j^0$  - частота появи груп ТД кожного розміру.

5. Сумарна динамічна інтенсивність процесу керування:

$$V_a = \frac{N}{\tau} \quad (5)$$

де  $\tau$  - час виконання алгоритму.

6. Середня швидкість переробки інформації:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} H_i^L + \sum_{j=1}^{N_0} H_j^0}{\tau}, \quad (6)$$

де  $H_i^L$  - ентропія появи  $i$ -ої ЛУ;  $H_j^0$  - ентропія появи  $j$ -ої ТД.

7. Загальна складність виконання алгоритму:

$$S_0 = \frac{V_a S Z}{L}. \quad (7)$$

Потрібно мінімізувати загальну складність, тобто  $S_0 \rightarrow \min$ .

Показники складності діяльності машиніста за мінімальним варіантом реалізації алгоритму наведені в табл.1.

Аналіз даних табл.1 показує, що найбільш складним елементом циклу є „копання ґрунту”.

Використання алгоритмічного підходу до опису діяльності машиністів землеоброблювальних машин дозволяє проводити якісний і кількісний аналізи енергетичної та інформаційної сумісності в підсистемі „оператор-робоче місце”.

Таблиця 1

Показники складності трудової діяльності машиніста

Показники	Елементи циклу			
	Копання ґрунту	Транспортування ґрунту	Зупинка і підйом відвала	Холостий хід з зупинкою
$Z$	2,75	2,33	2,33	3,00
$L$	1,00	1,00	1,00	1,25
$Z/L$	2,75	2,33	2,33	2,4

**Висновки.** Кількісна оцінка змін часових витрат на виконання окремих елементарних дій та логічних умов алгоритмів, а також фіксації помилок під час роботи по окремих елементах алгоритмів дозволяє, з одного боку отримати характеристики динаміки працездатності машиністів, а з другого – виявити найбільш слабкі місця інформаційного (сенсорного) та моторного полів машиніста.

### Література

1. *Зинченко В.П., Манилов В.М.* Основы эргономики, - М.: из-во Моск. Унта, 1979.-223 с.
2. *Каран Е.Д.* Оценка трудовой деятельности человека в системе “оператор-ДСМ-среда”. Учеб. пособие. – М.: МАДИ, 1978. - 120 с.
3. *Шибанов Г.П.* Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. – М.: Машиностроение. 2003. - 263 с.
4. *Инженерная психология (Под ред. Г.К.Середы),* -К.: Высш. шк., 1976. - 308 с.
5. *Основы инженерной психологии. Под ред. Б.Ф.Ломова.* – М.: Высш. школа, 1997. - 335 с.
6. *Шеридан Г.Б., Феррел У.Р.* Системы человек-машина.– М.:Машиностроение,2007.-400
7. *Производственная эргономика. Под. ред. С.И.Горшкова.* – М.: Медицина, 1999. - 312 с.
8. *Справочник по инженерной психологии. Под. ред. Б.Ф.Ломова.* – М.: Машиностроение, 2002. - 368 с.
9. *Смирнов Б.А.* Инженерная психология. Практические занятия. - К.: «Вища школа», 1979. – 192 с.

### **УЗАГАЛЬНЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ АЛГРИТМІВ В ЕРГОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗЕМЛЕОБРОБЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ Г. І. Тимкович, Н. В. Півень, Н. В. Міхлевська, В. Ю. Тимкович**

В статті викладено теоретичні дослідження щодо узагальненого підходу до виділення груп параметрів до складання раціональної геометричної моделі та складання алгоритмів аналізу діяльності машиніста землеоброблювальної машини.

### **SYNTHESIS OF PARAMETERS OF THE GEOMETRIC MODELING AND ALGRITHMS IN ERGONOMIC STADIES OF TREATSOIL TECHNOLOGY G. I. Timkovich, N. V. Piven, N. V. Mihlevska, V. Y. Timkovich**

In the article are laid out theoretical researches of algorithmic method of analysis of building machine operator’s working activities.